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

Jorge Jair Blum Salazar [1], Martha Gabriela Contreras Moreno [2],
Ing. Karín Elizabeth Coello Ojeda, Director de Tesis, ESPOL [3]
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción [1] [2] [3]
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)[1] [2] [3]
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
jjblum1994@hotmail.com [1], martuca75@hotmail.com [2], kcoello@espol.edu.ec [3]

Resumen

La desnutrición crónica en el Ecuador afecta al 26,4% de niños y niñas menores de 5 años. Para los escolares, de la calidad de la alimentación depende el rendimiento, comportamiento y atención en las aulas. El presente trabajo propone aprovechar un subproducto del gritz de maíz y combinarlo con harina de soya para obtener mezclas de harinas pre-cocidas a escala semi-industrial y desarrollar dos productos infantiles de reconstitución instantánea, mediante la caracterización de sus materias primas, determinación de los parámetros experimentales idóneos para su proceso, evaluación sensorial de su aceptación y estimación de su vida útil. Concluyendo que es posible realizar mezclas de harinas pre-cocidas a escala semi-industrial con alto tiempo de vida útil y desarrollar con las mismas, productos instantáneos tales como bebida y papilla con buen nivel de aceptación.

Palabras Claves: *Harinas pre-cocidas, colación escolar, alimentos de reconstitución instantánea, bebida, papilla.*

Abstract

Cronic desnutrition in Ecuador affects to 26,4% of girls and boys youngers than 5 years old. For scholars kids,their development depends of their nutrition, also their behavior and attention on class depends on feeding quality. This project propose to exploit an industrial subproduct obtained from corn gritz process and to combine it with soy flour in order to get pre-cooked flours in semi-industrial scale and develope two instant reconstitution child products, trough by defining raw materials, determinating suitable experimental parameters forprocessing, evaluating sensorial acceptance and estimating it shelf life. Concluding that is possible to realize pre-cooked meals at a semi-industrial scale with high lifetime and is possible to develop with them, instant products with good level of acceptance such as beverage and pap.

Keywords: *Precooked meals, school snack, instant reconstitution meal, beverage, pap.*

1. 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 [1]. Además la probabilidad de que sufran desnutrición en condiciones de extrema pobreza es entre un 40 y 130% superior al promedio [2]. 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 [3].

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 [4].

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.

2. Generalidades

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

2.1. Obtención de sémola de maíz

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 amarillo duro (*Zea mays L*). Durante este proceso se obtienen sémolas y harina de diferentes granulometrías.

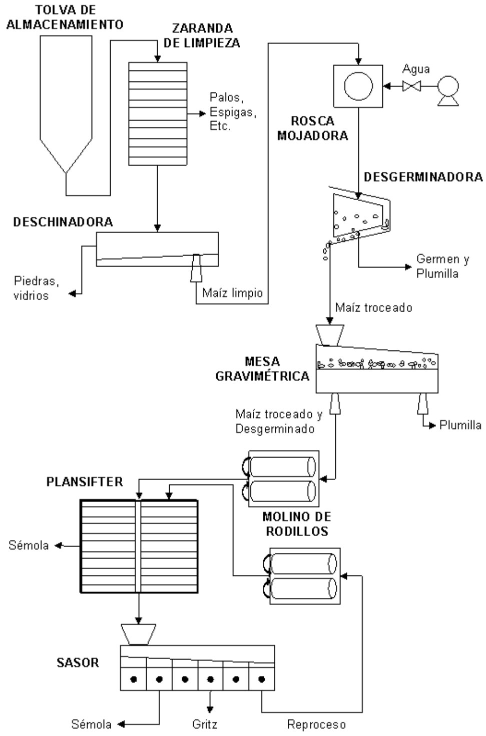

Figura 1. Diagrama del proceso de obtención de sémola de maíz

2.1.1. Característica del Almidón de Maíz. El almidón de maíz está conformado por un 25 por ciento de amilosa y 75 por ciento de amilopectina. Cuando los gránulos de almidón se colocan en agua fría absorben agua y se hinchan de forma reversible, sin afectar su cristalinidad ni birrefringencia. Sin embargo, cuando los gránulos son sometidos al calor, se hinchan enormemente produciéndose un empastamiento conocido como gelatinización, un proceso irreversible [5].

2.2. Obtención de harina de soya

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.

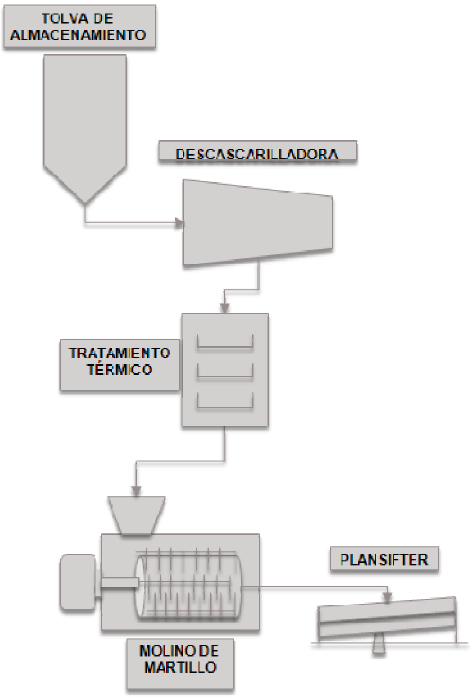

Figura 2. Diagrama del proceso de harina de soya

2.2.1. Efectos del calor en la Proteína de Soya. La proteína es muy susceptible de degradación por efectos del calor, pudiendo provocar reacciones de Maillard, donde los carbohidratos se conjugan con ciertos aminoácidos produciendo pardeamiento y compuestos con características químicas similares a las de la lignina, fibra no polisacárida que en exceso afecta la digestibilidad de la fibra. Adicionalmente durante esta reacción se pierden aminoácidos esenciales como la termolábil lisina [6].

Se 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 [7].

2.3 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, adicionalmente están la falta de higiene y enfermedades propias de lugares pobres e insalubres.

La importancia de la desnutrición crónica 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 [8] .

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

3. Materiales y Métodos

Primeramente se especifican los parámetros de la materia prima para luego, realizar los ensayos de pre-cocción húmeda, secado y molienda. Se determinó el índice de solubilidad, la densidad y la viscosidad de las harinas pre-cocidas resultantes.

3.1. Parámetros de Materias Primas

Ambas Materias Primas fueron analizadas en sus características físico-químicas y microbiológicas como se aprecia en las siguientes tablas:

Tabla 2. 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

Tabla 3. 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	
Energia (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

3.2. Diseño Experimental

Para realizar la pre-cocción, etapa medular del proceso de obtención de harinas pre-cocidas, se aplica un 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".

Se trabajó con la hipótesis nula, Ho: No existe diferencia significativa en las características sensoriales de textura y color entre los diferentes tratamientos. Y, su hipótesis alternativa, Ha: Al menos en un tratamiento las características sensoriales de textura y color son diferentes.

Tabla 4. Tratamientos y niveles de experimentación para pre-cocción

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

3.2.1 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. La escala de color (tonalidad) consta de 4 puntos:

Tabla 5. 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

La escala de textura (consistencia) cuenta con 3 puntos como se muestra en la tabla:

Tabla 6. Escala de evaluación de parámetro "textura"

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

3.3. Parámetros de Secado

Para las pruebas se colocó la masa en bandejas de papel aluminio y se utilizó un secador de flujo horizontal de laboratorio "Stabil Therm" Modelo OV-475A-3. El secado fue realizado hasta peso constante de la masa, tomando los pesos en intervalos de 5 minutos durante la primera hora, y de 10 minutos a partir de la segunda hora. Los materiales utilizados se describen en la tabla.

Tabla 7. Parámetros de Secado

Área de Secado por bandeja (m^2)	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

3.4. Evaluación Sensorial

Se analizó la aceptación entre dos formulaciones para cada producto (Colada y Papilla), se utilizó una escala hedónica de cinco puntos con etiquetas verbales que fue ponderada a escala numérica para su respectivo análisis estadístico. Se seleccionaron 40 jueces no entrenados para cada producto, para 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 entre los 5 y 10 años.

3.5. Estimación de Vida Útil

Para estimar la vida útil de las harinas pre-cocidas se procedió a analizar la ganancia de humedad que tendrían las mismas en empaques de polietileno (permeabilidad 0,154456 [g H_2O/m^2-dia-mmHg]) de 18 cm x 20 cm (área 360 cm^2) para colocar 500 gramos de producto, a °T ambiente de 30 °C y asumiendo una humedad relativa de Guayaquil de 80 %HR. Se determinaron la Humedad Inicial (m_o) y Humedad Crítica (m_c), medida en el punto donde se identificó por observación simple el apelmazamiento de la masa.

Ecuación para estimar la vida útil de las harinas pre-cocidas:

$$\theta = \frac{\ln\tau}{\left(\frac{k}{x}\right)\times\left(\frac{A}{W_S}\right)\times\left(\frac{P_o}{b}\right)} \quad \text{(Ec. 3.1)}$$

Para calcular la tendencia de permeabilidad del empaque o gamma crítico

$$\ln\tau = \ln\left(\frac{m_e - m_o}{m_e - m_c}\right) \quad \text{(Ec. 3.2)}$$

Ecuación de la pendiente de la isoterma

$$b = \frac{m_c - m_o}{a_{w_c} - a_{w_o}} \quad \text{(Ec. 3.3)}$$

4. Análisis de Resultados

4.1. Pre-cocción

Las masas que obtuvieron mayor puntaje sensorial en la etapa de pre-cocción fueron SM101 (proporción soya/maíz 1:1) y SM212 (proporción soya/maíz 2:1).

Tabla 8. Parámetros de Pre-cocción

Mezcla	Producto	°T Proceso	Tiempo Proceso
SM101	Papilla	72 °C	4 min.
SM212	Colada		

4.2. Secado

La isoterma de la Harina SM101 tuvo un valor de monocapa de BET de 0,0483 g H_2O/g sólido y un R^2 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.

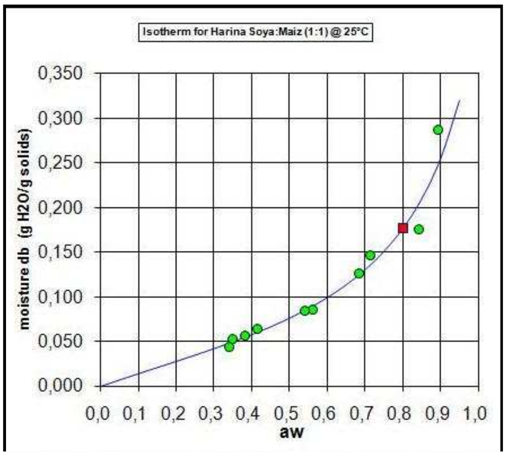

Figura 3. Isoterma para harina SM101

La Harina SM212 presenta un valor de monocapa de BET de 0,0466 g H_2O/g sólido y un R^2 de 0,9788. Esta isoterma cumple con la forma del tipo II o sigmoide que corresponden a alimentos con alto contenido de proteínas, dado que la harina de soya está en una mayor proporción en esta mezcla.

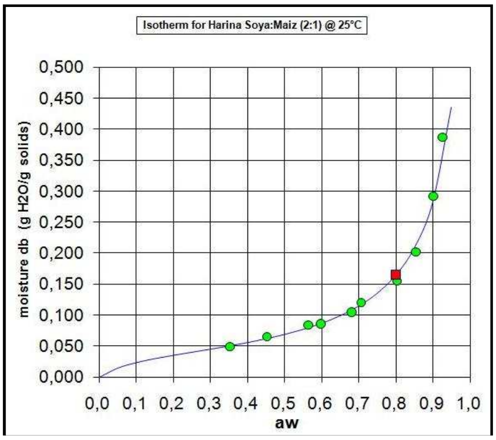

Figura 4. Isoterma para harina SM212

4.3. 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 [9, 10, 11].

Tabla 8. Índice de solubilidad en agua para harinas pre-cocidas

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

4.4. Densidad

Es la relación entre masa y volumen, expresada en kg/m^3. La harina SM101 reportó un valor de 704,2 kg/m^3, mientras la harina SM212 presentó un valor de 710,2 kg/m^3.

4.5. Viscosidad

Se preparó una solución al 15% de sólidos con las harinas resultantes, obteniendo resultados de 18533,3±163,3 Cp para harina SM101 y de 6766,7±81,7 Cp para harina SM212.

4.6. Pruebas de Aceptación

Las harinas pre-cocidas fueron combinadas con leche en polvo, azúcar y saborizantes permitidos para obtener los alimentos infantiles de reconstitución instantánea propuestos. En ambos casos la fórmula A, con menor contenido de harina pre-cocida en su formulación (65,7% en Papilla y 61% en Colada) resultaron ser las de mayor aceptación.

4.7. Composición Nutricional

Se determinó teóricamente la composición nutricional de ambas harinas pre-cocidas, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 9. Composición nutricional harinas pre-cocidas

Harinas	Contenido en 100 g			
	CHO	**Grasa**	**Prot**	**Energía**
SM101	54,4	2,11	28,7	351,36
SM212	48	1,76	35,3	349,08

4.7.1. Aporte Nutricional de 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 para la B 263,1 Kcal, ambas correspondientes al 20% de los requerimientos diarios para niños menores de 3 años, (1300 Kcal). El contenido de proteínas (en 65 g) es de 15 gramos, correspondientes a 56% de los requerimientos diarios de niños de hasta 12 meses y 9 kg de peso.

4.7.2. Aporte Nutricional de Colada. 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 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.

4.8. Estimación de Vida Útil

Los resultados de humedad crítica y de equilibrio fueron:

Tabla 10. Valores de Humedad y a_w en base seca

Harina	m_o (b. s.)	a_{w_0}	m_c (b. s.)	a_{w_c}	m_e (b. s.)
SM101	0,078	0,54	0,126	0,7	0,215
SM212	0,084	0,56	0,130	0,75	

Para la Harina SM101 se estimó una vida útil de 345 días, equivalentes a 11 meses y medio. En el caso de la Harina SM212 la vida útil estimada fue de 278 días correspondientes a 9 meses aproximadamente.

4.8. Proceso Semi-industrial para Harinas Pre-cocidas

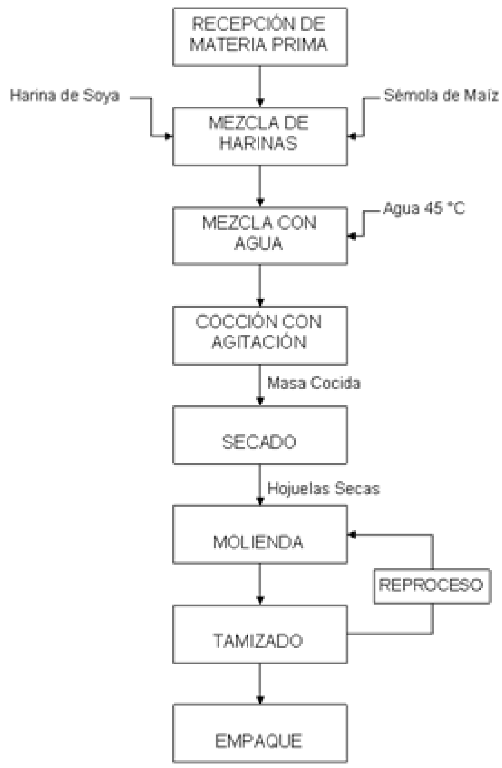

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harinas pre-cocidas

Para el proceso de secado a nivel semi-industrial debe usarse un secador de tambor rotatorio con un diámetro de 70 cm y longitud de 1,5 m; que otorgue una superficie de secado de 3,30 m^2, y una carga de alimentación de 66,97 kg/h.

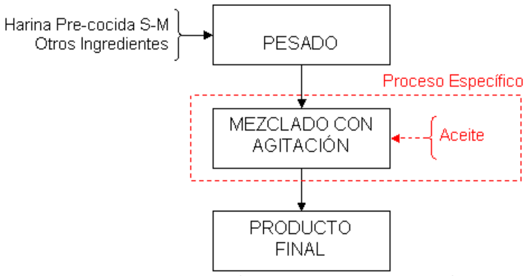

Figura 5. Diagrama de flujo de alimentos infantiles de reconstitución instantánea

El mezclado con agitación debe realizarse en un tambor con agitación, al cual debe poder agregarse aceite por goteo según el producto a realizar, como en el caso de la colada, la cual necesita mayor contenido calórico.

5. Conclusiones y recomendaciones

La etapa crítica del proceso de elaboración de las mezclas de harinas ensayadas es la pre-cocción. Se determinó que el tiempo de cocción y la temperatura del proceso tienen un efecto notorio sobre la calidad de la mezcla. Un proceso de cocción de 68 °C no es suficiente para cumplir con las características necesarias, en ningún rango de tiempo. Procesos por encima de los 10 minutos, en cualquier temperatura, generan cambios de color indeseables en la mezcla. La experimentación muestra que al secar a temperaturas mayores a 80ºC se afectan características organolépticas de la mezcla de harinas pre-cocida; en cambio, a temperaturas menores a 70 °C el tiempo de proceso se prolonga y su secado no es uniforme. La Actividad de Agua (aw) 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.

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. 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.

6. Agradecimientos

Agradecemos sobre todo a Dios; a nuestros profesores, nuestra Directora de Tesis; a nuestros padres, hermanos y demás familiares; a todos nuestros amigos y compañeros.

7. Referencias

[1] VI Censo de Población y V de Vivienda 2001. INEC - Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos. Fecha de la última actualización. Disponible en http://inec.gov.ec

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] Charley, Helen. Tecnología de alimentos: procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. Limusa. México. 1997

[6] 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*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina, 2008.

[7] 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. Argentina, 2006.

[8] MIES - Ministerio de Inclusión Económica y Social. "Aliméntate Ecuador - Nutrición". Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2010. Quito, Ecuador. Agosto 2007.

[9] RODRÍGUEZ SANDOVAL, Eduardo; et al. Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. Universidad del Valle. Cali, Colombia, 2006.

[10] 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.

[11] 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.