

ELABORACION DE CEREALES DE DESAYUNO A TRAVES DEL PROCESO DE EXTRUSION

THE MAKING OF BREAKFAST CEREALS THROUGH EXTRUSION PROCESS

Ramírez Ruiz Erick¹; Sossa, Márquez, Beatriz², Colque, Roberto³ y Batállanos, Roberto³

¹Docente. Departamento de Bioprocesos. Facultad de Ciencias y Tecnología,
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

²Docente. Departamento de Química. Facultad Ciencias y Tecnología,
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

³Ingeniero Químico

Dirección para correspondencia: Erick Ramírez Ruiz, Barrio 57 Vivienda, Calle 10 de diciembre Tarlja, Bolivia.
Correo electrónico: erickramirezruiz@yahoo.com.ar

RESUMEN

El presente trabajo experimental fue desarrollado en el Laboratorio de Secado de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho". Para lo cual se ha utilizado como materia prima harina compuesta de maíz crudo, pre-cocida, harina de torta de soya e ingredientes alimenticios, adquiridos del mercado local y Santa Cruz. Entre las propiedades granulométricas de la harina de torta de soya está entre un tamiz de 1mm y 0.5 mm de abertura de malla. En el caso de la mezcla de harina de maíz crudo y pre-cocida está de un tamiz de 0.5mm y 0.25mm de abertura de malla. Las características físico-químicas, 10.82%, proteína total 7.58%, calcio total 7.22mg/100g y hierro total de 1.02 mg/100g de la Muestra 1, para 500ml de agua. En el caso de la Muestra 2 con 750ml de agua, contiene 12.45%, proteína total de 7.47% y rancidez negativo (Pos/Neg).

En base a la dosificación, se tomó en cuenta una formulación básica de harina de maíz crudo y precocida del 47.97%, harina de soya 1.88%, azúcar 1.04%, edulcorante 0.09% y agua 1.04%; para el cereal de desayuno sin colorante. Sin embargo, para formulación básica con colorante sabor a chocolate de harina de maíz crudo y precocida 47.24%, harina de soya 1.85%, azúcar 2.05%, edulcorante 0.04%, agua 1.54% y colorante de chocolate de 0.04%

Se realizó una evaluación sensorial para establecer el tipo de cereal intermedio a ser elaborado a partir de tres muestras sin colorante; utilizando la Muestra 1 con la formulación básica con diferentes tipos de dados (anillo, gusano y media luna); evaluándose los atributos de color, textura, sabor color y presentación; quedando elegida el tipo de media luna. Así mismo, se realizó la evaluación sensorial de cereal con colorante vegetal, siendo elegida con mayor puntaje en escala hedónica con saborizante a chocolate. Realizándose para todos los atributos la prueba estadística de Duncan para $p < 0.01$

En la determinación de los factores del proceso de extrusión, se pudo evidenciar que la variable cantidad de harina de soya (HS), cantidad de agua (CA), para un diseño factorial 22 con dos niveles de cada factor no existe evidencia estadística para $p < 0.01$ y se acepta la hipótesis planteada. La temperatura del proceso de extrusión, se mantiene constante en un rango de 150-160°C y presión constante a lo largo del extrusor.

En la dosificación de enriquecimiento del cereal instantáneo con los micronutrientes, se tomó en cuenta la formulación de vitamina A 50µg retinol, vitamina C 10mg y folato de 20µg. Minerales: Calcio 15mg, hierro 10mg y zinc 5mg. Cuya formulación es de leche en polvo enriquecida 29%, canela en polvo 0.10%, azúcar impalpable 15%, aceite de oliva 5%, harina extruida 51% y vainilla en polvo 0.05%.

Se realizó el análisis físico-químico del producto intermedio cereal media luna con harina de colme al 5% con un contenido de humedad 4.89%, proteína total 8.18%, valor energético 384.93 y valor de rancidez negativo después de tres meses de almacenamiento a temperatura ambiente. Para cereal de desayuno fortificado sin harina de colme con un contenido 4.30%, proteína total 10.83%, valor energético 411.21 kcal/100g. La cantidad de minerales de 48.02 mg/100g, calcio total 287.25 mg/100g y hierro total 30.05 mg/100g.

El índice de rancidez del cereal de desayuno después de dos, cuatro y seis meses de almacenamiento; muestra un valor negativo (Pos/Neg), lo que quiere decir que es apto para ser consumido ya que no presenta sabor extraño a rancidez. En cuanto, se refiere a los valores microbiológicos de coliformes totales presenta 0 NMP/g, mohos 1 NMP/g y levaduras 1 NMP/g. El producto terminado fue evaluado sensorialmente por jueces no entrenados que calificaron los atributos de aroma 8.50, color 8.30, textura 8.20 y sabor de 8.70 en escala hedónica, mostrando aceptación importante en los atributos analizados.

Palabras Claves: elaboración de cereales, desayuno, proceso de extrusión.

ABSTRACT

This experimental research was developed in the Drying Laboratory in the Food Engineering Career at the "Juan Misael Saracho" University.

Raw flour corn, previously cooked, soybean cake flour and food ingredients have been used for this research, and these were purchased from the local market and Santa Cruz.

The granule-metric properties of soybean cake flour are between a sieve strainer of 1mm and 0.5mm opening width. In the case of the combination of the raw flour and the previously cooked one the sieve strainer is 0.5mm and 0.25mm. The physicochemical characteristics, 10.82%, 7.58 % total protein, 7.22mg/100g total calcium and 1.02 mg/100g total iron from Sample 1, this for 500ml of water. 750ml water is used for Sample 2, it contains 12.45% ,7.47 % total protein and a negative rancidity (Positive / Negative) .

Based on the dosage, a basic formula of raw and precooked corn flour of 47.97 %, 1.88 % soybean flour, 1.04 % sugar, 0.09 % edulcorant and 1.04 % water was considered: this for the non-flavored breakfast cereal. However, a basic formula of raw and precooked chocolate flavored corn flour of 47.24 %, 1.85 % soybean flour, 2.05 % sugar, 0.04 % edulcorant, 1.54 % water and 0.04 % chocolate coloring was used. Likewise, a sensory evaluation of naturally flavored cereal was conducted, in which the chocolate flavored one was chosen in a high range by the hedonic scale. The Duncan statistic test for $p < 0.01$ was applied for all attributes.

When determining the factors of the extrusion process, it was evident that the variable amount of soybean flour (HS), the amount of water (CA), for a 22 factorial design with two levels for each factor, there is no statistical evidence for $p < 0.01$, and the planned hypothesis is accepted. The extrusion process temperature is kept constant in a range of 150-160 °C as well as a constant pressure along the extruder.

The vitamin A 50µg retinol, 10mg vitamin C and 20µg folate formula was used when measuring the instant cereal micronutrients enrichment. Minerals: 15mg Calcium, 10mg iron and 5mg zinc. Its formula is 29% enriched powdered milk, 0.10 % powdered cinnamon, 15 % powdered sugar, 5 % olive oil, and 51 % extruded flour and 0.05 % .powdered vanilla.

A physicochemical analysis of the intermediate product "media luna" colme flour cereal at 5% with a 4.89 % moisture content, 8.18 % total protein , 384.93 % energy value and negative rancidity value after three months' storage at room temperature was performed. For breakfast cereal fortified without colme flour containing 4.30 %, 10.83 % total protein,

411.21 kcal/100g energy value. 48.02 mg/100g mg/100g minerals, 287.25 30.05 total calcium and 30.05 mg/100g total iron.

The breakfast cereal rancidity index after two, four and six months of storage shows a negative value (Pos / Neg), which means that it is healthy for eating as it does not have a strange rancidity flavor. Concerning the microbiological values of total coliforms, it has 0 MPN / g, 1 NMP / g rust and 1 NMP/g yeast. The finished product went under a sensor evaluation by untrained judges who rated the flavor attributes at 8.50, 8.30 Color, 8.20 texture and 8.70 flavor in a hedonic scale, showing important acceptance on the analyzed attributes.

Keywords: Making, breakfast cereals, extrusion process

INTRODUCCION

El presente trabajo de Investigación e Elaboración de Cereales Desayuno a través del Proceso de Extrusión, está orientado a valorar la utilización de harinas compuestas; como ser harina de torta de soya desengrasada, harina de colme y harinas de maíz pre cocida y cruda. Para obtener un cereal (chisito) proteico y enriquecido con aminoácidos esenciales; proveniente de la harina de colme. Así mismo, un cereal instantáneo fortificado con hierro, zinc, calcio para ser aplicado en los desayunos escolares con el fin de coadyuvar a la desnutrición infantil; mejorando el aporte nutricional en vitaminas e hidratos de carbono.

El proceso de extrusión consiste en cambios químicos y nutritivos en la composición de las harinas y componentes alimenticios que involucran la elaboración de cereales de desayuno, tanto en los almidones (gelatinización), proteínas (formación de agregados insolubles) y vitaminas (cambios en su composición). Al ser el proceso de extrusión una operación unitaria continua, es factible ser aplicada en la industria alimentaria para procesar cereales; donde el trabajo mecánico combinado con el calor, gelatiniza el almidón que desnaturaliza las proteínas y favorece la formación de complejos entre lípidos, proteínas y almidón. Plastificando y reestructurando el nuevo material alimenticio con ciertas características físicas y geométricas predeterminadas.

Este tipo de cereal de desayuno por el proceso de extrusión, permite conservar el contenido nutricional del alimento, garantizando el aporte de aminoácidos esenciales por parte de los cereales, para ser más digeribles que el grano entero; con frecuencia se enriquecen con vitaminas y/o minerales que aumentan considerablemente su valor nutricional y su acción dietética (Guy, 2002). Garantizando el metabolismo y desarrollo integral de la persona por el consumo de un alimento seguro e instantáneo

Finalmente debemos indicar que en el presente trabajo, se planteó el siguiente objetivo: elaborar alimentos para desayuno escolar a través del proceso de extrusión, utilizando

mezclas de harinas enriquecidas y compuestas para obtener productos con mayor valor nutricional que fortalecen la salud del consumidor.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

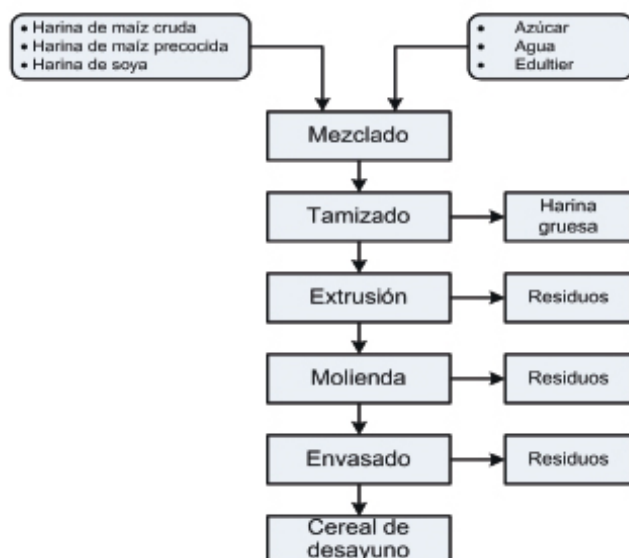
Se utilizó harina de torta de soya, harina de colme, harina de maíz cruda y precocida proveniente de la ciudad de Santa Cruz. Asimismo, insumos alimentarios como ser azúcar, edulter, colorantes y agua para realizar la dosificación del cereal de desayuno intermedio. En el caso, del cereal instantáneo, se utilizó ingredientes alimentarios de vainilla en polvo, leche en polvo fortificada Nestlé, canela en polvo, azúcar impalpable, aceite de oliva, harina extruida, sulfato de zinc, sulfato férrico y sulfato de calcio. En el caso de la maquinaria, se utilizó un Extrusor construido por la Empresa TexBol, 2009 de la ciudad de Santa Cruz; modelo STE 30-40 kg/hora. Serie 0022, molino vertical pulverizador, modelo STE: 50-60 kg/hora. Serie 0015; mezclador de harinas, de 50-60 kg/hora; cernidor manual, modelo STE: 50; y equipos de laboratorio, como ser balanza analítica, termómetro infrarrojo, sellador eléctrico, balanza de plataforma y material de laboratorio.

Metodología

En la Figura 1, se describe el proceso experimental para la obtención de cereales de desayuno, tipo Corn Flake.

Materias primas

Figura 1. Proceso de elaboración de cereal de desayuno, tipo Corn Flake



Materias primas

Se utilizó harina de maíz "Figura A" cruda, precocidad "Figura B", harina de torta de soya "Figura C" y harina de colme "Figura D".



Mezclado

El proceso de mezclado de los ingredientes básicos, consiste en mezclar primeramente en seco la harina de maíz cruda con el azúcar y edulter en la mezcladora a velocidad constante de 10-60 rpm por un tiempo de 10-15 minutos. Posteriormente, se agrega la harina pre-cocida de maíz, harina de soja y agua en proporciones preestablecidas de acuerdo a las formulaciones del producto; cereal para desayuno (Tabla 1) por un tiempo de 20 minutos.

Tabla 1. Formulación porcentual para cereal de desayuno

Insumos	Unidad	Cantidad	Porcentaje
Harina de maíz cruda	Kg	23	47.97
Harina de maíz precocida	Kg	23	47.97
Harina de soya	Kg	0.9	1.88
Azúcar	g	0.5	1.04
Edulter	Kg	0.045	0.09
Agua	ml	0.5	1.04
TOTAL		47.945	100

La formulación de cereal de desayuno, está en función de la proporción de la cantidad de agua a ser agregada (0.5-0.75) kg durante el mezclado para lograr obtener un producto esponjoso y crocante. Asimismo, no tener dificultad en el proceso de extrusión; como ser quemado y reducción de tamaño del cereal obtenido.

Tamizado

Se procede a realizar el tamizado en forma manual de las harinas en seco; utilizando un tamiz de plástico abertura de malla de 0.20 mm; con la finalidad de eliminar trozos y grumos de harina gruesa. Este proceso de tamizado consiste en tener una harina homogénea para ser alimentado hacia el extrusor.

Extrusión

Primeramente, consiste en ajustar el cabezal (gusano, camisa y dado) del extrusor; según el tipo de molde (anillo, bolitas o medio caño) a ser utilizado; ajustando la correa del cabezal de corte de cizalla con roce homogéneo entre la cuchilla y el dado del extrusor de manera que no tenga abertura libre. Luego, se realiza un precalentamiento del cabezal del extrusor a fuego directo con un quemador a GLP por un tiempo de 15-20 minutos hasta llegar a 185°C. También, se procede a realizar el ajuste del vibrador de la alimentación en vacío en el tablero electrónico del extrusor hasta mantener una carga constante en el alimentador para obtener un producto de tamaño homogéneo, es decir cereales extruidos de tamaño regular, según la forma a ser obtenido en las pruebas experimentales.

El producto obtenido es un cereal intermedio de forma y tamaño constante, para ser recibido en una tolva rectangular de acero inoxidable (Figura G) con la finalidad de ser enfriado a temperatura ambiente. Posteriormente, se traslada y fracciona el producto intermedio en bolsas de polipropileno y polietileno (Figura H) preparados para este fin



Molienda

Consiste en llevar el producto extruido intermedio,

previamente enfriado a condiciones normales de temperatura ambiente, hacia el proceso de molienda; utilizando un molino vertical pulverizador con la finalidad de reducir el tamaño de partícula en un polvo instantáneo; en base a una doble molienda repetida del producto hasta lograr obtener un polvo fino e instantáneo.

Dosificación

El producto obtenido de la molienda del cereal intermedio, se procede a realizar la dosificación de ingredientes básicos complementarios en seco y manual en un recipiente de vidrio de acuerdo a la formulación modificada:

- Leche en polvo enriquecida: 29%
- Canela en polvo 0.10%
- Azúcar impalpable: 15%
- Aceite de oliva: 5%
- Harina extruida: 51%
- Vainilla en polvo: 0.05%

- Vitamina A: 50 µg retinol
- Vitamina C: 10 mg
- Folato: 20 µg

- Calcio: 15 mg caseinato
- Hierro: 10 mg fumarato
- Zinc: 5 mg

Envasado

Se procedió a envasar el producto instantáneo (cereal de desayuno) en bolsas de polipropileno de 15x25cm (Figura F) de 50g y 12x15cm 25g (Figura E); utilizando una selladora eléctrica Industrial para costurar las bolsas con un peso de 25 g y 50 g. Para luego ser almacenado a condiciones normales de temperatura ambiente



Metodología Utilizada para la Obtención de Resultados**Características fisicoquímicas**

Se realizó la determinación de las propiedades fisicoquímicas (Tabla 2) de la mezcla de harinas y producto terminado. En el Centro de Análisis y Desarrollo (CEANID), dependiente de la UAJMS.

Tabla 2. Análisis fisicoquímicos

Componentes	Harinas	Producto	Método
Humedad	Mezcla	Terminado	NB 026-88
Azúcares totales	Mezcla	Terminado	AOAC 923-09
Cenizas	Mezcla	Terminado	NB 075-74
Proteína total	Mezcla	Terminado	NB 466-81
Rancidez	Mezcla	Terminado	NB 204-77
Hidratos carbono	Mezcla	Terminado	Cálculo

Características microbiológicas

Se realizó la determinación de las características microbiológicas del producto terminado (Tabla 3). En el Centro de Análisis y Desarrollo (CEANID), dependiente de la UAJMS.

Tabla 3. Análisis microbiológicos

Componentes	Unidades	Producto	Método
Mohos	NMP/g	Terminado	NB 32006
Coliformes totales	NMP/g	Terminado	NB 32005
Levaduras	NMP/g	Terminado	NB

Características organolépticas

Se realizó la determinación de las características organolépticas (Tabla 4) durante el proceso de elaboración y producto terminado. Utilizando jueces no entrenados y test de escala hedónica compuesta de nueve puntos. Así mismo, se procedió a utilizar las pruebas estadísticas de Duncan para valorar los atributos sensoriales.

Tabla 4. Análisis organolépticas

Componentes	Producto	Método
Sabor	Terminado e intermedio	Sensorial
Color	Terminado e intermedio	Sensorial
Textura	Terminado e intermedio	Sensorial
Presentación	Terminado e intermedio	Sensorial

Diseño experimental

Se utilizó un diseño factorial de dos niveles (2k) de variación de contenido de humedad de la mezcla de harina (cantidad de agua en la dosificación) y cantidad de harina de torta de soya. Manejando dos niveles de variación cada factor y variable respuesta (Tabla 5), como ser el contenido de humedad en el producto final.

Tabla 5. Diseño experimental en el proceso de extrusión

Corridas	Tratamientos	A	B	y ₁	y ₂
1	(1)	-	-	+	-
2	(a)	+	-	-	+
3	(b)	-	+	-	-

Cuyos factores fueron:

- Contenido de humedad en la mezcla de harinas(cantidad de agua) (ml)
- Cantidad de harina de torta de soya en la mezcla (%)
- Contenido de humedad del producto (%)

RESULTADOS

En base a la propuesta metodológica, se procedió a realizar la caracterización de los resultados obtenidos a nivel experimental.

Caracterización de la granulometría de la harina de torta de soya y mezcla de harinas de maíz (cruda y precocida)

En la Figura 2, se muestra las pruebas de granulometría realizadas en la harina de torta de soya para un tamaño de muestra de 441.02 g y tiempo de tamizado de 8 min. En la Figura 3, se muestra las pruebas de granulometría realizadas en la harina cruda y precocida de maíz para un tamaño de muestra de 526.07 g y tiempo de tamizado de 10 min.

Figura 2. Harina de torta de soya

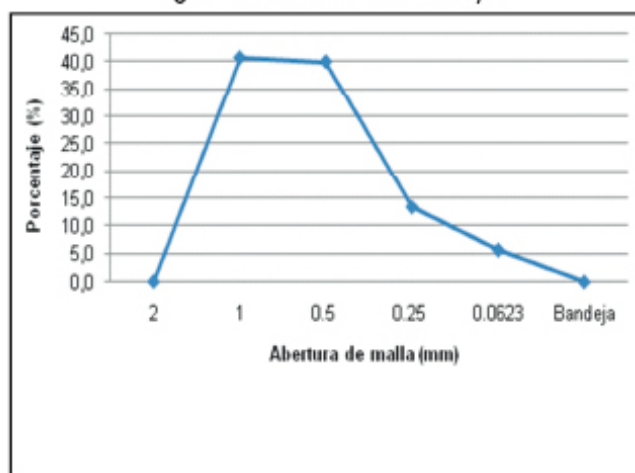
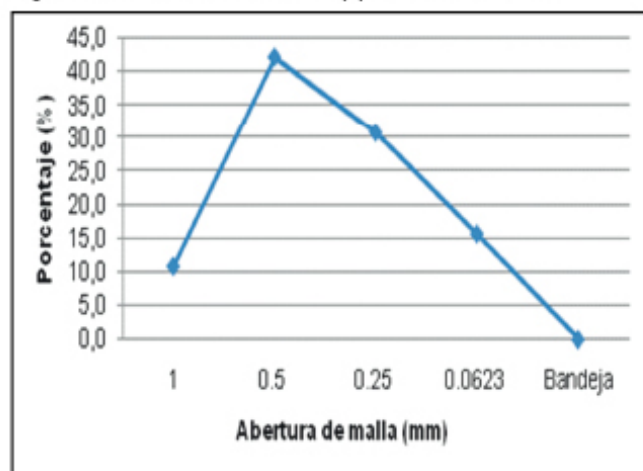


Figura 3. Harina de maíz cruda y precocida (mezcla)



En la Figura 2, el porcentaje de mayor retención de la harina de torta de soya está en un tamiz de 1 mm y 0.5 mm de abertura de malla. Sin embargo, en la Figura 3, el porcentaje de mayor retención de la mezcla de harina cruda y precocida de maíz; para un tamiz de 0.5 mm y 0.25 mm de abertura de malla.

Caracterización de las propiedades fisicoquímicas en la mezcla de harinas (proceso de mezclado)

Para caracterizar estas propiedades, se tomó en cuenta las dos formulaciones utilizadas para realizar las pruebas experimentales; es decir la mezcla inicial en la cantidad de agua agregada y cantidad de torta de soya. En la Tabla 6, se muestra los resultados de las propiedades fisicoquímicas en la mezcla de harinas de maíz-soya: Muestra 1 (750 ml agua y 1.2 kg harina de torta de soya).

Como se puede observar en la Tabla 7, el contenido de humedad es de 10.18 %, proteína total de 7.50 %, calcio total de 7.65 mg/100g y hierro total de 1.03 mg/100g de la Muestra 2.

Tabla 6. Composición fisicoquímica de la mezcla de materia prima

Parámetros	Método	Valor	Unidad
Humedad	NB 028-88	10.82	%
Hidratos de carbono	Cálculo	77.74	%
Materia grasa	NB 103-75	0.85	%
Proteína total (Nx6.25)	NB 466-81	7.58	%
Cenizas	NB 075-74	0.74	%
Fibra	Manual CEANID	2.27	%
Valor energético	Cálculo	348.93	Kcal/100 g
Calcio total	SM 3500-CaB	7.22	mg/100g
Hierro total	SM 3500-FeB	1.02	mg/100g

Tabla 7. Composición fisicoquímica de la mezcla de materia prima

Parámetros	Método	Valor	Unidad
Humedad	NB 028-88	10.18	%
Hidratos de carbono	Cálculo	78.22	%
Materia grasa	NB 103-75	1.24	%
Proteína total (Nx6.25)	NB 466-81	7.50	%
Cenizas	NB 075-74	0.74	%
Fibra	Manual CEANID	2.12	%
Valor energético	Cálculo	354.04	Kcal/100g
Calcio total	SM 3500-CaB	7.65	mg/100g
Hierro total	SM 3500-FeB	1.03	mg/100g

En la Tabla 8, se muestra los resultados de las propiedades fisicoquímicas de la muestra de harina de maíz-soja-harina de colme: Muestra 1 (750 ml agua, 0.9 kg de harina de torta de soya y 5% de harina de colme).

Como se puede observar en la Tabla 8, el contenido de humedad es de 12.45 %, proteína total de 7.47 %, hidratos de carbono 75.47%, materia grasa 3.05% y rancidez negativo (Pos/Neg). En cuanto, se refiere a la cantidad de proteína es mayor que las anteriores muestras; ya que el porcentaje de harina de colme es notorio para este incremento.

Tabla 8. Composición fisicoquímica de la mezcla de materia prima enriquecida con harina de colme

Parámetros	Método	Valor	Unidad
Humedad	NB 028-88	12.45	%
Azúcares totales	AOAC 923-00	4.11	%
Hidratos de carbono	Cálculo	75.47	%
Materia grasa	NB 103-75	3.05	%
Proteína total (Nx6.25)	NB 466-81	7.47	%
Cenizas	NB 075-74	0.48	%
Fibra	Manual CEANID	1.08	%
Valor energético	Cálculo	359.21	Kcal/100g
Rancidez	NB 204-77	Negativo	Pos/Neg

Evaluación Sensorial de Muestras de Cereales Sin Colorante

A nivel experimental, se procedió a realizar la elaboración de tres muestras de diferente forma de dado; como ser: Anillo, media luna y gusano. Utilizando la formulación básica de la muestra 1, sin colorante natural y harina de colme, con la finalidad de determinar la muestra de cereal a ser utilizada en la parte del proceso de extrusión. El proceso de evaluación sensorial, se tomó en cuenta cuatro atributos sensoriales, como ser color, sabor, textura y presentación.

En la Figura 4, se observa que la muestra C (media luna) tiene un puntaje de 6.807, muestra B (gusano) de 6.519 y muestra A (anillo) de 6.09 en puntaje de escala hedónica promedio para el atributo color.

Figura 4. Atributo color



Como se puede observar en la Figura 5, la muestra C (media luna) tiene un puntaje de 6.07, muestra B (gusano) de 6.98

Figura 5. Atributo sabor



y muestra A (anillo) de 6.73 en puntaje de escala hedónica promedio para el atributo sabor.

En base a los resultados de la evaluación sensorial, estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos M3-M1 y M2-M1 y M3-M2 no hay diferencias significativas para el atributo color sin colorante. Sin embargo, se tomaron en cuenta los valores expresados por los jueces por la muestra C (media luna), como el cereal de mayor aceptación.

Tabla 9. Prueba de Duncan para el atributo Color

Tratamientos	Valor	Diferencias	Observación
M ₃ -M ₂	0.288461	0.39671	No hay diferencias
M ₃ -M ₁	0.71153	0.41954	Si hay diferencias
M ₂ -M ₁	0.42307	0.39671	Si hay diferencias

En base a los resultados de la evaluación sensorial, estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos M3-M1 y M2-M1 y M3-M2 no hay diferencias significativas para el atributo sabor sin colorante. Sin embargo, se tomaron en cuenta los valores expresados por los jueces por la muestra B (media luna), como el cereal de mayor aceptación.

Tabla 10. Prueba de Duncan para el atributo Sabor

Tratamientos	Valor	Diferencias	Observación
M ₃ -M ₂	0.30769	0.45493	No hay diferencias
M ₃ -M ₁	0.90384	0.48111	Si hay diferencias
M ₂ -M ₁	0.59615	0.45493	Si hay diferencias

Como se puede observar en la Figura 6, la muestra C (media luna) tiene un puntaje de 6.32, muestra B (gusano) de 6.69 y muestra A (anillo) de 6.55 en puntaje de escala hedónica promedio para el atributo textura.

Figura 6. Atributo textura



Como se puede observar en la Figura 7, la muestra C (media luna) tiene un puntaje de 7.07, muestra B (gusano) de 6.63 y muestra A (anillo) de 6.42 en puntaje de escala hedónica promedio para el atributo presentación.

Figura 7. Atributo presentación



En base a los resultados de la evaluación sensorial, estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos M3-M2, M3-M1 y M2-M1 para el atributo textura sin colorante (Tabla 11).

Tabla 11. Prueba de Duncan para el atributo textura

Tratamientos	Valor	Diferencias	Observación
M ₃ -M ₂	0.13461	0.42924	No hay diferencias
M ₃ -M ₁	0.36538	0.45394	Si hay diferencias
M ₂ -M ₁	0.23076	0.42924	Si hay diferencias

Evaluación Sensorial de Muestras de Cereales con Colorante

Este atributo sensorial es muy importante; ya que tiene que ver con el factor humedad del producto y donde se puede evidenciar que cualquier de las tres muestras (anillo, media luna y gusano) representan la misma sensación de rompimiento por los jueces

En base a los resultados de la evaluación sensorial, estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos M3-M1 y M3-M2 y M2-M1 no hay diferencias significativas para el atributo presentación sin colorante (Tabla 12). Sin embargo, se tomaron en cuenta los valores expresados por los jueces por la muestra C (media luna), como el cereal de mayor aceptación en el atributo presentación.

A nivel experimental, se procedió a realizar pruebas de cereal con colorante vegetal en base a una formulación especificada; con la finalidad de valorar cuatro atributos sensoriales similares a lo presentado en el producto sin colorante. Estableciendo, dos muestras de cereal intermedio de tipo bolita (colorante de chocolate) y gusano (colorante amarillo).

En la Figura 8, la muestra M2 (bolita con chocolate) tiene

Tabla 12. Prueba de Duncan para el atributo presentación

Tratamientos	Valor	Diferencias	Observación
M ₃ -M ₂	0.44230	0.42806	Si hay diferencias
M ₃ -M ₁	0.65384	0.45270	Si hay diferencias
M ₂ -M ₁	0.21153	0.42806	No hay diferencias

un puntaje de 7,36 y muestra M1 (gusano con colorante amarillo) de 6,69 en puntaje de escala hedónica promedio para el atributo color

Figura 8. Atributo color con saborizante

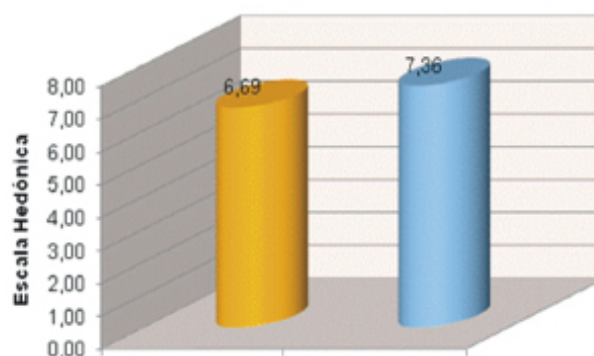


Figura 9. Atributo sabor con saborizante

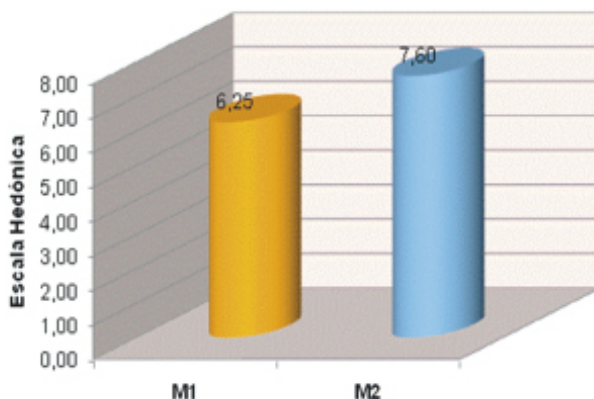


Figura 10. Atributo textura con saborizante

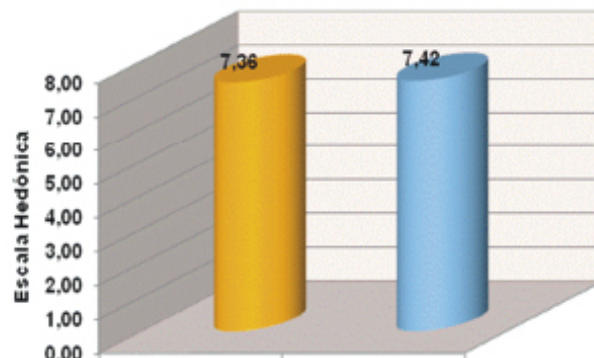
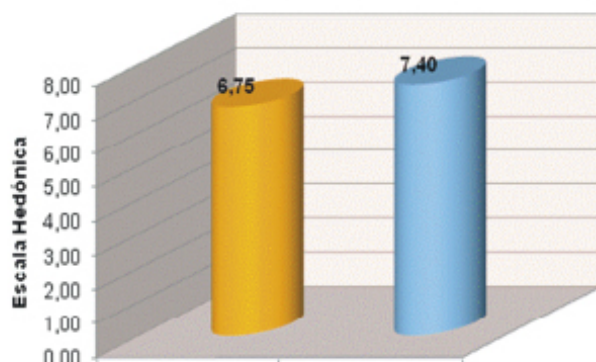


Figura 11. Atributo presentación con saborizante



En la Figura 9, la muestra M2 (bolita con chocolate) tiene un puntaje de 7.60 y muestra M1 (gusano con colorante amarillo) de 6.25 en puntaje de escala hedónica promedio para el atributo sabor.

En la Figura 10, la muestra M2 (bolita con chocolate) tiene un puntaje de 7.42 y muestra M1 (gusano con colorante amarillo) de 7.36 en puntaje de escala hedónica promedio para el atributo textura.

En la Figura 11, la muestra M2 (bolita con chocolate) tiene un puntaje de 7.40 y muestra M1 (gusano con colorante amarillo) de 6.75 en puntaje de escala hedónica promedio para el atributo presentación.

Tabla 13. Análisis de varianza del proceso de extrusión en función del contenido de humedad

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadros medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	0,30919	7			
Factor CA	0,00001	1	0,00001	0,00016	21,20
Factor HS	0,00011	1	0,00011	0,00146	21,20
Interacción CAHS	0,00031	1	0,00031	0,00405	21,20
Error	0,30875	4	0,07719		

Diseño Experimental en el Proceso de Extrusión

En base a los resultados experimentales se procedió a realizar su evaluación estadística a través de Excel 2007 for Windows XP; con un sistema de resolución aleatoria de los factores por la prueba de Fisher para un diseño experimental de 22 y determinar su influencia del factor del contenido de humedad final en el producto intermedio.

Como se puede observar en la Tabla 13, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0.00016 < 21.20$) para el factor CA (cantidad de agua), lo cual se Acepta la H_0 y no existe evidencia estadística de variación

del factor (CA) en el proceso de extrusión; para una ($p < 0.01$).

También se observa en la Tabla 13, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0.00146 < 21.20$) para el factor HS (harina de soya), lo cual se Acepta la H_0 y no existe evidencia estadística de variación del factor (HS) en el proceso de extrusión; para una ($p < 0.01$).

En la Tabla 13, también se muestra que la $F_{cal} < F_{tab}$ ($0.00405 < 21.21$), lo cual se Acepta la H_0 y no existe evidencia estadística de variación entre la interacción de los factores (cantidad de agua*harina de soya) en el proceso de extrusión; para una ($p < 0.01$).

Caracterización del Producto Intermedio y Producto Final

Para caracterizar las propiedades fisicoquímicas del producto intermedio (harina de cereal extruido); y producto final (cereal de desayuno enriquecido con micro-nutrientes), se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 14. Propiedades fisicoquímicas del producto Intermedio con harina de colme

Parámetros	Método	Valor	Unidad
Humedad	NB 028-88	4.89	%
Hidratos de carbono	Cálculo	83.44	%
Azúcares totales		2.99	%
Materia grasa	NB 103-75	2.05	%
Proteína total (Nx6.25)	NB 466-81	8.18	%
Cenizas	NB 075-74	0.60	%
Fibra	Manual CEANID	0.84	%
Valor energético	Cálculo	384.93	Kcal/100g
Rancidez	NB 204-77	Negativo	Pos/Neg

Propiedades Fisicoquímicas del Producto Intermedio con Harina de Colme (cereal extruido).

En la Tabla 14, se muestra los resultados de las propiedades fisicoquímicas del producto intermedio (cereal de desayuno) con harina de colme al 5% en la mezcla inicial.

Como se puede observar en la Tabla 14, el contenido humedad 4.89%, hidratos de carbono 83.44%, proteína total 8.18% y valor energético 384.93 Kcal/100g de muestra. El valor de rancidez, negativo para el producto intermedio almacenado durante tres meses a temperatura ambiente.

Propiedades fisicoquímicas del producto terminado (cereal de desayuno)

En la Tabla 15, se muestra los resultados de las propiedades fisicoquímicas del producto (cereal de desayuno) Instantáneo fortificado con minerales y sin harina de colme.

Los resultados muestran (Tabla 15) que el contenido de

humedad es 4.30%, hidratos de carbono 63.33%, proteína total 10.83% y valor energético 411.21 kcal/100g de muestra. La cantidad de minerales es 48.02 mg/100g, calcio total 287.25 mg/100g y hierro total 30.05 mg/100g. En tal sentido, el producto instantáneo contiene una importante composición en minerales; en comparación al producto intermedio (cereal extruido). Especialmente para satisfacer las necesidades biológicas en niños en etapa escolar y madres en etapa de gestación.

Tabla 15. Propiedades fisicoquímicas del producto (cereal de desayuno) instantáneo fortificado con minerales y sin harina de colme.

Parámetros	Método	Valor	Unidad
Humedad	NB 028-88	4.30	%
Hidratos de carbono	Cálculo	63.33	%
Materia grasa	NB 103-75	12.73	%
Proteína total (Nx6.25)	NB 466-81	10.83	%
Cenizas	NB 075-74	1.96	%
Fibra	Manual CEANID	6.85	%
Valor energético	Cálculo	411.21	Kcal/100g
Magnesio	SM 3500-MgB	48.02	mg/100g
Calcio total	SM 3500-CaB	287.25	mg/100g
Hierro total	SM 3500-FeB	30.05	mg/100g

Determinación del índice de rancidez del producto terminado (cereal de desayuno).

En la Tabla 16, se muestra el análisis de rancidez realizado al producto terminado (cereal de desayuno) en función del tiempo. Considerando la Muestra 1 (2 meses), Muestra 2 (4 meses) y Muestra 3 (6 meses) de almacenamiento a temperatura ambiente y protegidos de la luz solar en cajas de cartón.

En los resultados de la Tabla 16, se muestra que el producto terminado (cereal de desayuno después de dos, cuatro y seis meses) de almacenamiento; muestra un valor negativo (Pos/Neg), lo que quiere decir que es apto para ser consumido ya que no presenta sabor extraño a rancidez

Tabla 16. Índice de rancidez en cereal de desayuno

Parámetro	Método	Valor (Pos/Neg)		
		Muestra 1 (2 meses)	Muestra 2 (4 meses)	Muestra 3 (6 meses)
Rancidez	NB 204/77	Negativo	Negativo	Negativo

Propiedades Microbiológicas del Producto Terminado (cereal de desayuno)

En la Tabla 17, se muestra los resultados de las propiedades microbiológicas del producto (cereal de desayuno), después de seis meses de almacenamiento. Observándose los valores de coliformes totales presenta 0 NMP/g, mohos 1 NMP/g y levaduras 1 NMP/g.

Tabla 17. Propiedades microbiológicas del cereal de desayuno

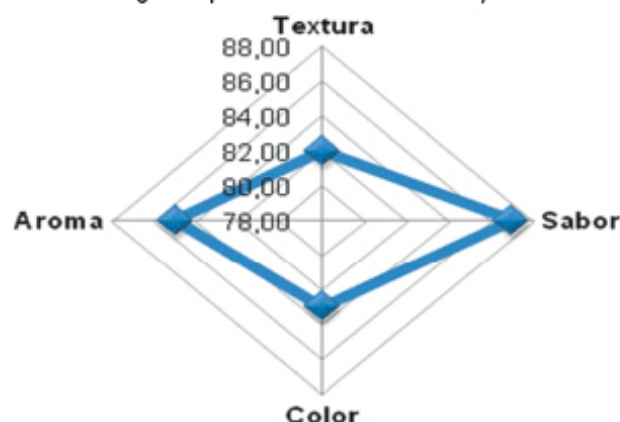
Parámetros	Método	Valor	Unidad
Coliformes totales	NB 32005	0	NMP/g
Mohos	NB 32005	1	NMP/g
Levaduras	NB 32005	1	NMP/g

Evaluación Sensorial del Producto Terminado

En la Figura 12, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos de color, aroma, textura y sabor del producto terminado (Cereal de desayuno). Utilizando una escala hedónica, compuesta de 10 jueces no entrenados.

Como se puede observar en la Figura 12, muestra un puntaje

Figura 12. Representación gráfica de los atributos organolépticos del cereal de desayuno.



en escala hedónica promedio del atributo textura 8.20, atributo sabor 8.70, atributo color 8.30 y atributo aroma 8.50. En base a los datos de la evaluación sensorial, se puede evidenciar que el producto terminado "cereal de desayuno" muestra una gran aceptación en los atributos sensoriales analizados. Lo que sería necesario evaluar desde el punto de vista nutricional en las personas que consumieron el producto.

DISCUSION

De acuerdo a los resultados del porcentaje de mayor retención granulométrica, son en la harina de torta de soya, que pasó por un tamiz de 1mm (0.5mm abertura de malla) y harina de maíz cruda y precocida, que pasa por un tamiz 0.5mm (0.25mm abertura de malla).

Realizado las propiedades fisicoquímicas de la mezcla de harina de maíz-soya: **Muestra 1** (750 ml agua y 1.2kg harina de torta de soya), contiene 10.82% de humedad, proteína total 7.58%, calcio total 7.22 mg/100g y hierro total de 1.02 mg/100g. Para la **Muestra 2** (500 ml agua y 0.9kg harina de torta de soya), presenta un contenido de humedad del 10.18%, proteína total 7.50 %, calcio total 7.65 mg/100g y hierro total 1.03 mg/100g.

Entre las propiedades fisicoquímicas realizada en la mezcla de harinas de maíz-soya y harina de colme (5%) antes de ser extruida: **Muestra 1** (750 ml agua y 0.9 kg harina de torta de soya), contiene 12.45% de humedad, proteína total 7.47%, hidratos de carbono 75.47%, materia grasa 3.05% y rancidez negativo (Pos/Neg).

En cuanto se refiere a la dosificación del cereal Intermedio, se tomó en cuenta dos formulaciones básicas, como ser: harina de maíz cruda/harina precocida del 47.97%, harina de soya 1.88%, azúcar 1.04%, edulciantes 0.09% y agua 1.04%; para cereal de desayuno sin colorante. En relación al cereal Intermedio con colorante sabor a chocolate, como ser: harina de maíz cruda/harina precocida del 47.24%, harina de soya 1.85%, azúcar 2.05%, edulciantes 0.04%, agua 1.54% y colorante de chocolate de 0.04%.

Realizado el análisis sensorial del producto Intermedio sin colorante, hubo mayor preferencia de los jueces la muestra C (tipo media luna) que obtiene el mayor puntaje en escala hedónica; en comparación con las muestras B (gusano) y muestra A (anillo). Así mismo, el producto Intermedio con colorante chocolate, hubo mayor preferencia por la muestra M2 (bolitas con chocolate), que fue la más aceptada. Realizado el análisis estadístico para el diseño 22 de los factores (harina de soya HS y cantidad de agua CA) y dos niveles de variación en el proceso de extrusión, se pudo establecer que no existe evidencia estadística para $p < 0.01$ y se acepta la hipótesis planteada. Manteniendo constante la variable temperatura entre (150-160)°C y presión constante a lo largo del extrusor.

Realizado el proceso de dosificación con micronutrientes en el cereal Instantáneo, este contiene: 50µg retinol (vitamina A), vitamina C 10mg y folato de 20µg. Minerales: Calcio 15mg, hierro 10mg y zinc 5mg. Cuya formulación final es de leche en polvo enriquecida 29%, canela en polvo 0.10%, azúcar impalpable 15%, aceite de oliva 5%, harina extruida 51% y 0.05% de vainilla en polvo. Estando dentro de los requerimientos nutricionales para este tipo de cereal.

Realizado el análisis fisicoquímico al producto Intermedio (cereal media luna con harina de colme al 5%) y cereal Instantáneo (sin harina de colme). Este contiene 4.89% de humedad, proteína total 8.18%, valor energético 384.93% y valor de rancidez negativo después de tres meses de almacenamiento a temperatura ambiente. Evidenciando que el cereal Intermedio tiene menor contenido de proteína total; en comparación del cereal Instantáneo (sin harina de colme) y enriquecido de 10.83% de proteína total y 4.30% de humedad. Por lo que los demás componentes son mayores en su composición de valor energético 411.21Kcal/100g. La cantidad de minerales de 48.02mg/100g, calcio total 287.25mg/100g y hierro total 30.05 mg/100g.

De acuerdo al índice de rancidez determinado en el cereal desayuno, para un tiempo (dos, cuatro y seis) meses de almacenamiento; presenta un valor negativo (Pos/Neg), lo que quiere decir que es apto para ser consumido; ya que no presenta sabor extraño a rancidez. Realizado el análisis microbiológico al cereal desayuno, presenta 0NMP/g para coliformes totales, 1NMP/g mohos y 1NMP/g de levaduras. Estando dentro de los rangos permisibles para este tipo de producto.

En cuanto se refiere al análisis organoléptico realizado en el cereal desayuno, este obtiene un puntaje promedio para los tributos de color 8.30, sabor 8.70, aroma 8.5 y textura 8.20 en escala hedónica. Mostrando una aceptación importante en cuanto, se refiere a los atributos analizados.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, S., A., J. (2004). *Efecto de las características granulométricas del Grits para Productos de Snacks de Harina*. Editorial Universidad Federal Rural de Río de Janeiro: Instituto de Tecnología. Curso de Pos-Graduación en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Brazil.
- Andino, V., David, E. (2006). *Evaluación de las cualidades fisicoquímicas de un alimento balanceado extruido a base de maíz y harina de soya para lechones de 28-42 días*. Editorial Universidad ZAMORANO. Carrera de Agroindustria. Honduras.
- Apró, Nicolás; Rodríguez, Julián; Gornatti, Carlos; Cuadrado, Claudio y Secreto, Pedro. (2000). *La Extrusión como Tecnología Flexible de Procesamiento de Alimentos*. Editorial Instituto Nacional de Tecnología Industrial y Centro Regional Pampeano. Buenos Aires-Argentina.
- Ascheri, P., Diego; Andrade, T., Cristina; Carvalho, W., Carlos y Ascheri, L., José. (2006). *Efecto de Extrusión sobre la adsorción del Agua de Harinas Mixtas Pre-Gelatinizadas de Arroz y Bagazo de Jabuticaba*. Editorial Ciencia y Tecnología Alimentaria. Campinas-Brazil. 26(2): 325-335.
- Callejo, María. (2002). *Industrias de Cereales y derivados*.

AMV Ediciones. Madrid España.

EAL, (Énfasis Alimentación Latinoamericana). (2010). *Funciones del Hierro y Zinc en la Alimentación. Alimentos Fortificados de Productos Lácteos*. Editorial Lipotech S.A. Publicaciones Técnicas.

Escribano, León, Daniel; Martín, Vaqueiro, Eric; Pino, Pérez, David. *Cereales para el Desayuno*. Editorial Química y Análisis de los Alimentos.

Guillen, Fernando (1990). *Caracterización y Análisis de Crecimiento de Dos Ecotipos de Coime (Amaranthus caudatus) en Condiciones de Cultivo de Campo*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma. Tarija-Bolivia. 166-200 p.

Guzmán Ruiz Yolanda. (2002). *Dosificación de Harina de Amaranto en la Elaboración de Galleta*. Tesis de Ingeniería de Alimentos de la UAJMS-Tarija Bolivia.

LAUNAY, B.; KONE, T. (1999). *Twin-screw extrusion-cooking of corn starch: flour properties of starch pastes*. In ZEUTHEN, P.; CHEFTEL, J. C.; ERICKSSON, C.; JUL, M.; LEE, E. Y.; RYU, G. H.; LIM, S. T. *Effects of processing parameters on physical properties on corn starch extrudates expanded using supercritical CO₂ injection*. *Cereal Chemistry*, V. 76, n.1, p.63-69.

Merck. (2005). *The Merck Veterinary Manual. Management and Nutrition, Nutrition Pigs*. (En línea). Consultado 4 septiembre 2006. Disponible en: <http://www.merckvetmanual.com/mvm/index.jsp?cfile=htm/bc/182702.htm>

Prieto, García Prieto y Gordillo Martínez Alberto José. (2006). *Evaluación de las Isotermas de Sorción en Cereales de Desayuno*. Editorial Universidad Autónoma de Hidalgo. Centro de Investigaciones Químicas. Hidalgo-México.

Ramírez, Ruiz Erick. (2010). *Metodología de la Investigación, asignatura INA 064. Carrera de Ingeniería de Alimentos*, UAJMS-Tarija-Bolivia.

TEXBOL. (2009). *Tecnología en Extrusión Boliviana. Mini Planta Extrusora de Laboratorio para Cereales Corn Flake y Suplemento Instantáneo en Polvo a Base de Cereales Andinos y Orientales*, Santa Cruz-Bolivia.

Valls, Porta, A. (1993). *El proceso de Extrusión en Cereales y Habas de Soja. Efecto de la Extrusión sobre la utilización de nutrientes*. Editorial FEDNA. IX Curso de Especialización. Barcelona-España.

Zamora, G. Jesús. (1991). *Industrialización del Coime*. Tesis de Ingeniería Química UAJMS, Tarija-Bolivia.