



“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) PARA ALIMENTO PORCINO”

Autores:

Iván Patricio Viteri García

Docente Universidad De Guayaquil
Universidad Técnica De Babahoyo

Wendy Joana Vélez Sarmiento

Docente Universidad Técnica Estatal De Quevedo

Enrique Javier Tandazo Delgado

Docente Universidad De Guayaquil

Ana O. Guillén Tufiño

Docente Universidad De Guayaquil

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Iván Patricio Viteri García, Wendy Joana Vélez Sarmiento, Enrique Javier Tandazo Delgado y Ana O. Guillén Tufiño (2020): “Evaluación del proceso de elaboración de harina de cáscara de cacao (*theobroma cacao*) para alimento porcino”, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* (diciembre 2019). En línea:
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/01/elaboracion-harina-cacao.html>

RESUMEN

En esta investigación se aplicó un diseño AxBxC (2x2x2), utilizando tres factores de estudio A: Variedades de cáscara de cacao (nacional y CCN51). B: Temperaturas de secado: (60°Cx 24 horas) y (45°Cx 36 horas), C: Tipo de antioxidante (metabisulfito de sodio y ácido cítrico). En el presente proyecto, tiene como finalidad determinar la influencia de los factores de estudio en las características bromatológicas como: humedad, pH, cenizas, proteínas, grasa, y fibra; para evaluar estos factores y sus respectivos niveles, se realizó la prueba de Tukey al 5%.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los tratamientos, se consideró el mejor tratamiento al T2: Cáscara de cacao nacional + Temperatura de secado de 60°Cx 24 horas + Ácido Cítrico.

Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en la Finca Experimental “La María” (Cantón Mocache- Recinto San Felipe, Km 7 ½ vía a Quevedo - El Empalme, provincia de Los Ríos - Ecuador). En

cuanto a las respuestas de los análisis químicos, así como los microbiológicos, fueron realizados en laboratorios AGROLAB de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas

ABSTRACT

This investigation performed a AxBxC (2x2x2), using three factors of Study: cocoa shell varieties (national and CCN51). B: Drying temperatures: (60 °C x 24 hours) and (45 °C x 36 hours) C: type antioxidant (sodium metabisulphite and citric acid). The present project aims to determine the influence of the factors studied in the qualitative characteristics such as moisture, pH, ash, protein, fat, and fiber, to evaluate these factors and their levels, we performed the Tukey test 5%. According to the results of the treatments, it was considered the best treatment at T2: National Cocoa Shell drying temperature of 60°C x 24 hours Citric Acid. This research was conducted in the laboratory of Food Science, Quevedo State Technical University, located at the Experimental Farm "La Maria (Canton Mocache- Trade San Felipe, Km 7½-Quevedo road to the Junction, province of Los Ríos), regarding responses chemical analysis and microbiological, were conducted in laboratories AGROLAB of the Province of Santo Domingo of the Tsáchilas

INTRODUCCIÓN

El cacao ecuatoriano es muy apreciado por su calidad y aroma, alcanzando una producción nacional de 212.249 T.M anuales, siendo la provincia de Los Ríos la mayor productora de cacao, con un 35 % de la producción nacional, en donde se comercializa este producto para diversos usos agroindustriales, sin aprovechar la cáscara del cacao, también llamada baya (Banco Central del Ecuador, 2007).

Es por ello que mediante esta investigación se indagará sobre el proceso de elaboración de harina a partir de la cáscara de cacao, en vista de que este desecho, es un gran alimento para novillos, vacas, caballos y cerdos, debido a que contiene abundante vitamina A y C, minerales como calcio y magnesio, el cual será utilizado como insumo para alimento animal. (Instituto de Nutrición, Educación y Desarrollo, 2012).

En todo el sistema de producción animal, la alimentación requiere una mayor atención, por lo que resulta apremiante aprovechar los recursos de nuestra región, como la cáscara de cacao, transformada en harina para insumo alimenticio animal, trayendo consigo grandes beneficios; ya que mejorará la calidad del alimento y ayudará a completar la ingesta diaria, en épocas de sequía, en donde los forrajes son escasos. Por otro lado será un nicho de uso del rechazo de productos agrícolas, con el objeto de aprovechar a nivel industrial los componentes de este residuo, dando valor agregado a la misma, evitando así la contaminación del aire, y a la vez

disminuir los costos por concepto de alimentación. Las hipótesis están planteadas en base a lo que se pretende comprobar, el valor nutricional y también el buen color y aroma del producto final, en concordancia con los objetivos específicos y las normas INEN. Para lo cual se investigó la temperatura óptima de secado, el tipo de antioxidante más apropiado, para no perder los valores nutricionales de la cáscara de cacao y obtener de esta manera una harina que cumpla con los requerimientos de un insumo para alimento porcino.

METODOLOGIA

Materiales en general

Materia prima

- Cáscara de cacao Nacional
- Cáscara de cacao CCN51 Utensilios de campo

Antioxidantes

- Metabisulfito de sodio
- Ácido cítrico

Equipos

- Molino Industrial
- Estufa MEMERT AL 204-01
- Balanza analítica METTLER
- Balanza Electrónica
- Mufla
- Extractor de grasa y aceites
- Bomba calorífica
- Autoclave eléctrica
- Equipo de titulación
- pH- metro
- Molino Pulverizador
- Incubadora de convención
- Contador de colonia Automático

Materiales de vidrio

- Vasos de precipitación
- Probeta de 500 ml y 10 ml
- Varilla de agitación
- Pipeta
- Erlenmeyer de 1 litro
- Termómetro

Materiales otros

- Algodón
- Agua destilada
- Papel de aluminio
- Envases plásticos
- Papel filtro
- Marcador permanente

Materiales personales

- Mandil
- Guantes
- Mascarilla de filtros 3m.
- Cofia
- Alcohol 96°

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la Finca Experimental “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

MÉTODO

El método que se utilizó fue analítico- experimental aplicado en la investigación descriptiva, dado que se partió de un problema tecnológico agroindustrial, aprovechando los residuos (cáscaras de cacao) de las zonas cacaoteras del cantón Buena Fe, para la elaboración de harina como insumo alimenticio de porcinos.

En cuanto al método experimental, se analizó los aspectos de los factores: Variedades de cáscara de cacao (Nacional y CCN51), Temperatura de secado y Tipo de antioxidantes, mediante una observación del proceso, y para determinar las propiedades bromatológicas (pH, proteína, grasa, fibra, humedad y cenizas), como microbiológicas, se realizó el análisis respectivo.

Los factores de estudio que intervinieron en esta investigación son 3, Factor A: (Variedades de cáscara de cacao), Factor B (Temperatura de secado) y Factor C (Tipo de antioxidante), que se detallan a continuación con sus respectivos niveles.

Cuadro 1.	Factores de estudio para la Evaluación del proceso de elaboración de harina de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) para alimento porcino.		
Factor	Símbolo	Niveles	
Factor A Variedad de cáscara de cacao	a ₀	Cacao Nacional	

	a ₁	Cacao CCN51
Factor B Temperatura de Secado	b ₀	60°C*24 h
	b ₁	45°C*36 h
Factor C Tipo de antioxidante	c ₀	Metabisulfito de sodio
	c ₁	Ácido Cítrico

Autora: Vélez, 2012.

Tratamientos para la obtención de harina de cáscara de cacao

En la presente investigación se utilizó un arreglo factorial A*B*C, con los niveles en A= 2; B= 2, C=2, dando así un total de 8 tratamientos con 2 repeticiones obteniendo los tratamientos como se detalla a continuación.

Cuadro 2. Combinación de los tratamientos propuestos para la elaboración de harina de cáscara de cacao para alimento de porcinos.

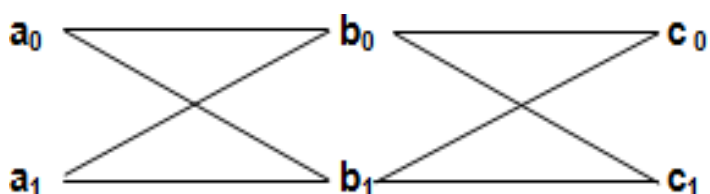
<u>Tratamientos</u>		Detalles
<u>N°</u>	<u>Símbolo</u>	
<u>Cacao Nacional</u>		
T1	a ₀ b ₀ c ₀	Cáscara de cacao Nacional + (60°C x 24h de secado) + Metabisulfito de sodio
T2	a ₀ b ₀ c ₁	Cáscara de cacao Nacional + (60°C x 24h de secado) + Ácido Cítrico.
T3	a ₀ b ₁ c ₀	Cáscara de cacao Nacional + (45°C x 24h de secado) + Metabisulfito de sodio
T4	a ₀ b ₁ c ₁	Cáscara de cacao Nacional + (45°C x 24h de secado) + Ácido Cítrico
<u>Cacao CCN51</u>		
T5	a ₁ b ₀ c ₀	Cáscara de cacao CCN51 + (60°C x 24h de secado) + Metabisulfito de sodio
T6	a ₁ b ₀ c ₁	Cáscara de cacao CCN51 + (60°C x 24h de secado) + Ácido Cítrico.
T7	a ₁ b ₁ c ₀	Cáscara de cacao CCN51 + (45°C x 24h de secado) + Metabisulfito de sodio
T8	a ₁ b ₁ c ₁	Cáscara de cacao CCN51 + (45°C x 24h de secado) + Ácido Cítrico.

Autora: Vélez Sarmiento, 2012.

Diseño Experimental

Producir un experimento significa comprobar la validez de una hipótesis establecida sobre un conjunto de situaciones; en otras palabras, analizar hechos observables para posteriormente tomar una decisión que se convierte en poder probar o rechazar una hipótesis planteada.

Se aplicó el Diseño A*B*C, con tres factores para la elaboración de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) para alimento porcino en el cantón Buena Fe, en donde: A= Variedad de Cáscara de cacao; B= Temperatura y tiempo de secado; C= Tipo de antioxidante. Las combinaciones son de la siguiente manera:



Características del experimento

N° de repeticiones = 2

N° de Tratamientos = 8

Unidades Experimentales =16

Análisis Estadístico

Se realizó el análisis de varianza para el arreglo factorial A*B*C, se aplicó ADEVA para ver el comportamiento.

Cuadro 3. Análisis de varianza para el arreglo factorial del diseño A*B*C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad		Cuadrados medios	Razón de varianz a
Repeticiones	SCR	(r-1)	1	CMR=SCR/(r-1)	
Factor A	SCA	(a-1)	1	CMA=SCA/(a-1)	CMA/CME
Factor B	SCB	(b-1)	1	CMB= SCB/(b-1)	CMB/CME
Factor C	SCC	(c-1)	1	CMC= SCC(c-1)	CMC/CME
Inter (AB)	SC(AB)	(a-1)(b-1)	1	CM(AB)=SC(AB)/(a-1)(b-1)	CM(AB)/CME

Inter (AC)	SC(AC)	(a-1)(c-1)	1	CM(AC)=SC(AC/a-1) (c-1)	CM(AC)/CM E
Inter (BC)	SC(BC)	(b-1)(c-1)	1	CM(BC)=SC(BC/b-1) (c-1)	CM(BC)/CM E
Inter (ABC)	SC(ABC)	(a-1) (b-1) (c-1)	1	CM(ABC)=SC(ABC/a-1)(b-1)(c-1)	CM(ABC)/C ME
Error	SCE	(abc-1)(r-1)	7	CME=SCD/(ab-1)(r-1)	
TOTAL	SCT	(abcr-1)	15		

Prueba de significación

Para detectar diferencias estadísticas entre medias de los tratamientos, luego de realizar el análisis de varianza, se utilizó la prueba de rangos de Tukey al 1% y al 5% de probabilidades.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los análisis bromatológicos, microbiológicos y organolépticos fueron realizados mediante la aplicación de los siguientes métodos.

Análisis Físico:

Tamaño de partículas. - Para determinar el tamaño de partículas, para la caracterización física, se consultó en las Normas INEN 517 de Harinas de Origen Vegetal.

Rendimiento: Se realizó una vez determinado el mejor tratamiento, mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

Análisis Químico:

Temperatura de secado: se realizó un control de tiempos y temperaturas de secado a los 8 tratamientos y sus réplicas.

pH: Se realizó una vez obtenido el producto final a los 8 tratamientos y sus respectivas repeticiones, con un pH- metro de punzón a cada muestra de harina, de acuerdo a las Normas INEN 405Rev. 1988-05.

Análisis Bromatológicos:

Grasa: Se determinó, una vez obtenido el producto final a los 8 tratamientos y sus respectivas repeticiones, mediante la utilización del extractor de grasa, rigiéndose bajo el método de la norma INEN 783.

Humedad: Se realizó, una vez obtenido el producto final a los 8 tratamientos y sus respectivas repeticiones, bajo el método de la norma INEN 540.

Cenizas: Se determinó, una vez obtenido el producto final a los 8 tratamientos y sus respectivas repeticiones, bajo el método de la norma INEN 544.Rev. 1980-12.

Fibra: Se comprobó, una vez obtenido el producto final a los 8 tratamientos y sus respectivas repeticiones, bajo el método de la norma INEN 542.

Proteína: Se determinó, una vez obtenido el producto final a los 8 tratamientos y sus respectivas repeticiones, bajo el método de la norma INEN 543.

Análisis microbiológicos

Se realizó el análisis microbiológico al mejor tratamiento, para determinar si el producto presenta contaminación con microorganismos patógenos, las muestras fueron enviadas al laboratorio Agrolab de Sto. Domingo, en las cuales se analizaron bajo las Normas INEN 620 Rev. 1988-05 para la cantidad permitida de coliformes fecales, cantidad reflejada en los resultados de coliformes totales, y para la determinar la cantidad de mohos y levaduras, mediante las normas NTE- INEN 1 529-11:98 Rev. 1998-01.

Análisis organoléptico (color, olor y aspecto).

Para determinar el color de la harina del mejor tratamiento, se consultó en la Norma Técnica Ecuatoriana: 1645, de Alimentos Zootécnicos, donde se indica que la harina debe presentar un color característico a la materia prima que indique un proceso adecuado de elaboración.

Para determinar el olor y textura de la harina de cáscara de cacao, se basó en las normas INEN 472. Rev. 1988-04. La cual debe presentar un aspecto homogéneo, con olor típico del producto bien procesado sin rancidez, mohos, infestación de insectos, ni rastros de roedores, o algún olor extraño objetable.

Descripción del proceso para la elaboración de harina.

Recepción, Pesado y Selección. Se empleó cáscaras de cacao de 2 variedades Nacional y CCN51, las cuales deben estar sin presencia de mohos.

Lavado y Troceado. Las mazorcas seleccionadas se lavan con agua limpia y se cortan en pedazos pequeños de 2 cm.

Molido. - Una vez troceados se proceden a moler la cáscara para disminuir su textura.

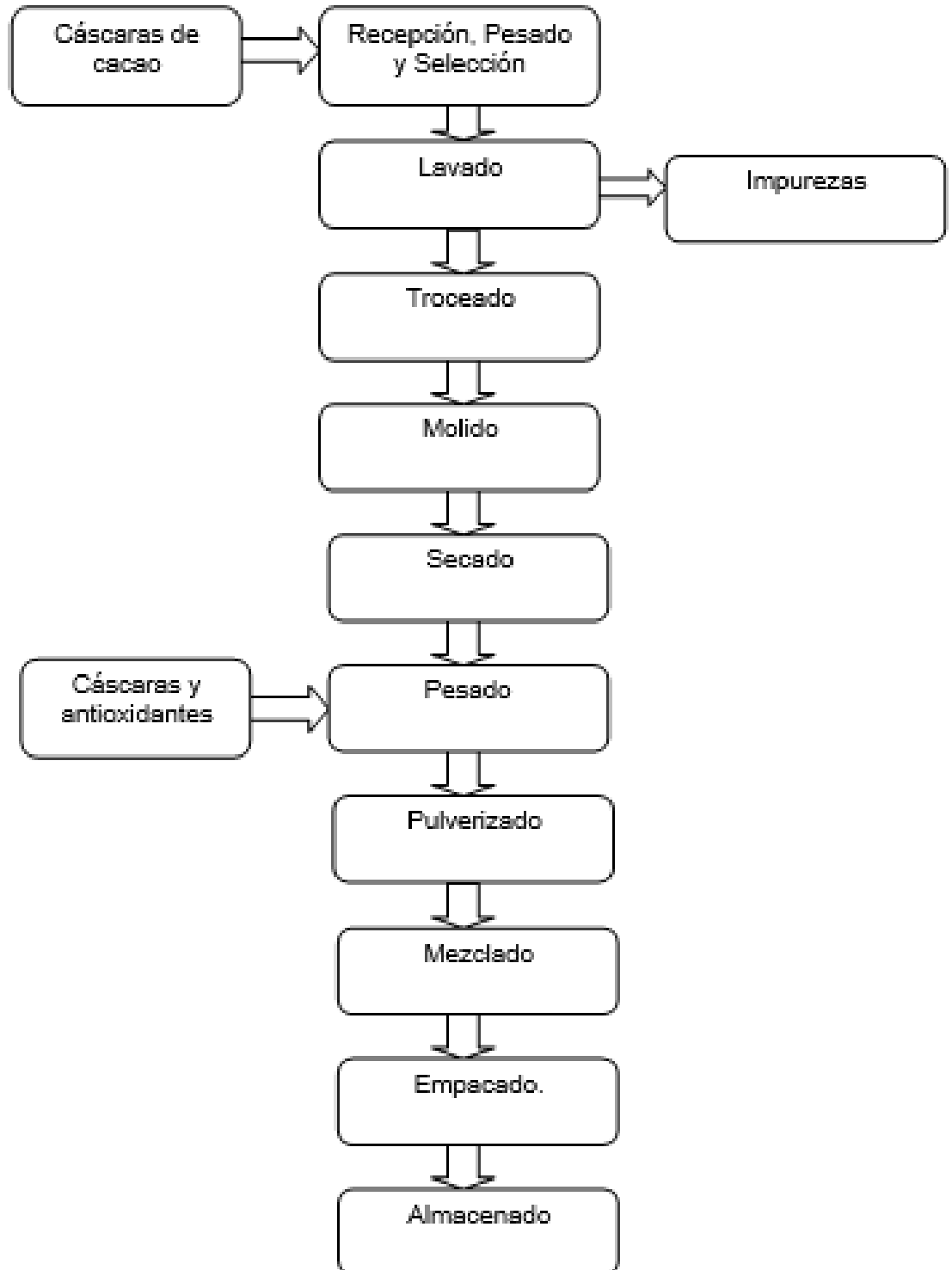
Secado- Se secan las cáscaras, por medio de la estufa a Temperaturas de acuerdo a los tratamientos.

Pesado: Se procedió a pesar la materia prima y en relación a esto los aditivos, antioxidantes como: Metabisulfito de sodio y ácido cítrico.

Mezclado y Pulverizado - Se mezcla las cáscaras secas, y se adicionó 2g de antioxidante por cada Kg de muestra, para luego pulverizar y obtener la harina.

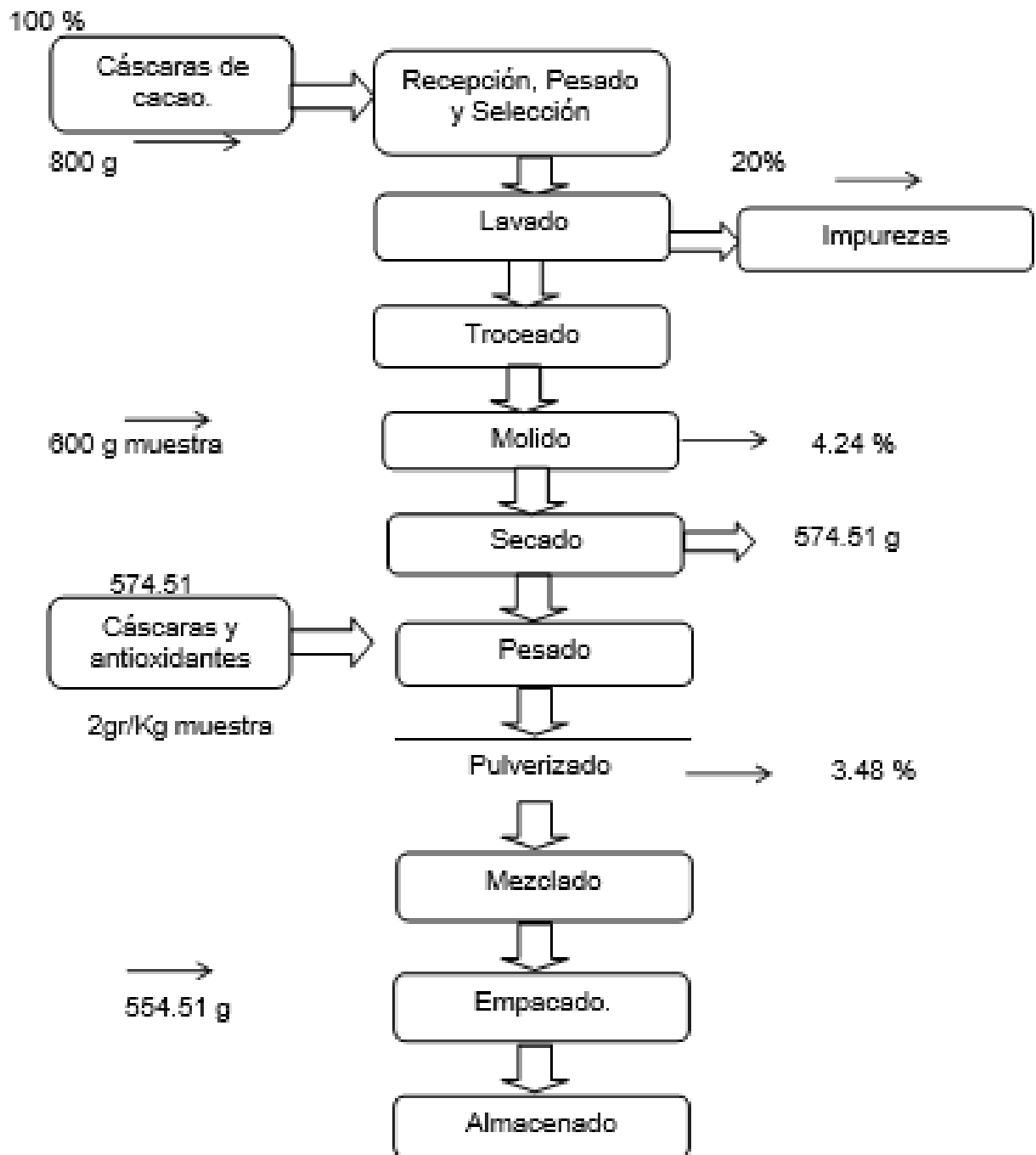
Almacenado. - El producto se empaca en fundas especiales de 100 y 50 g, luego la harina es pesada para completar y ajustar el peso requerido, luego se procede a sellar.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE CACAO.



RESU
LTAD
OS Y
DISCU
SIÓN

Balance de materiales del mejor tratamiento.



Descripción del Balance de materiales

Para la elaboración del mejor tratamiento se procedió a realizar la recepción, pesado y selección de la materia prima, la misma que estaba compuesta de la de los siguientes materiales: 800 g de Cáscara de cacao y 2g de antioxidante, ácido cítrico, por cada Kg de muestra.

Como primer paso se procedió a seleccionar las cáscaras de cacao, (variedad Nacional), observando, que estén exentas de mohos y levaduras, para ello se utilizó cáscaras frescas de más o menos una semana de cosecha.

Seguidamente se realizó un molido de las cáscaras de cacao (cacao Nacional), obteniéndose unos 600 g, luego se procede a ingresar a la estufa las muestras para ser secadas a una temperatura de 60°C x 24 horas, dio como resultado

574.51 g, en vista de que se pierde 25.49 g, en el momento de secado, debido a que baja el contenido de humedad de la misma.

Posteriormente se procede a agregar 2 g de antioxidante por cada Kg. de muestra, el tipo de antioxidante que se agregó fue metabisulfito de sodio, luego se pulverizó la muestra, perdiendo unos 20 g de la misma, quedó como resultado una cantidad de 554.51 g, siendo transformadas en harina de cáscara de cacao, para luego ser empaquetadas en fundas o envases plásticos, que tendrán como objetivo ser parte de una ración alimenticia para consumo de porcino.

Determinación del rendimiento al mejor tratamiento (a₀b₀c₁)

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{554.51}{800 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de Rendimiento} = 69.31 \%$$

Descripción del rendimiento.

La mejor rentabilidad que se obtuvo fue del tratamiento T2 (A₀B₀C₁), es decir utilizó la variedad de cáscara nacional, a 60°Cx 24 horas, con la adición de metabisulfito de sodio como antioxidante, lo cual resultó un 69.31 % de rentabilidad.

ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DE LA HARINA DE CÁSCARA DE CACAO

Análisis del contenido de humedad

Tabla 1. Análisis de Varianza

HUMEDAD

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	RAZÓN DE VARIANZA	F. DE TABLA	
					5%	1%
Repeticiones	0.030	1	0.03000	1.23	4.54	8.68
Factor A	1.480	1	1.48000	60.93**		
Factor B	0.008	1	0.00800	0.32		
Factor C	0.722	1	0.72200	29.72**		
Inter (AxB)	0.002	1	0.00200	0.08		
Inter (AxC)	0.288	1	0.28800	11.85**		
Inter (BxC)	0.940	1	0.94000	38.69**		
Inter (AxBxC)	1.170	1	1.17000	48.16**		
Error	0.170	7	0.02429			
TOTAL	4.810	15				

Fuente: Vélez, 2012

* Diferencia Significativa

**Diferencia Altamente Significativa

En cuanto a los resultados obtenidos en la Tabla 1. Del análisis de varianza (ADEVA), comparó con los valores de la tabla de Fridman, correspondientes a un nivel de significación del 1% y 5%, observamos que:

FACTOR A (variedades de Cáscara de cacao), y FACTOR C (Tipo de antioxidante), presentan diferencia altamente significativa al 1%, lo que permitió determinar que existe un nivel de confianza del 99%, mientras que en el Factor B, no existe diferencia alguna, por lo que se acepta la hipótesis nula.

INTERACCIÓN AxC, BxC y AxBxC, presentan diferencia altamente significativa al 1%, lo que indica un nivel de 99 % de confianza, mientras que en la interacción AxB, no existe diferencia significativa alguna, por lo que se aceptó la hipótesis nula.

Análisis del contenido de pH.

Tabla 2. Análisis de Varianza

pH

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	RAZON DE VARIANZA	F. DE TABLA	
					5%	1%
Repeticiones	0.3980	1	0.398	11.05	4.54	8.68
Factor A	1.0100	1	1.010	28.05**		
Factor B	1.2600	1	1.260	35.00**		
Factor C	0,0054	1	0.005	0.13		
Inter (AxB)	0.0200	1	0.020	0.55		
Inter (AxC)	0.0900	1	0.090	2.5		
Inter (BxC)	0,0638	1	0.063	1.75		
Inter (AxBxC)	0.0190	1	0.019	0.52		
Error	0.2580	7	0.036			
TOTAL	3.1250	15				

Fuente: Vélez, 2012

* Diferencia Significativa

**Diferencia altamente significativa

En cuanto a los resultados en la Tabla N°2. Del análisis de varianza (ADEVA), comparó con los valores de la tabla de Fridman, correspondientes a un nivel de significación del 1% y 5%, se observó que: FACTOR A (variedades de Cáscara de cacao), y FACTOR B (Tipo de antioxidante), presentan diferencia altamente significativa al 1%, lo que permitió determinar que existe un nivel de confianza del 99%.

Mientras que en el Factor C y las interacciones AxB, AxC, BxC y AxBxC no presentan diferencia alguna, por lo cual se aceptó la hipótesis nula.

Análisis del contenido de cenizas Tabla 3.

Análisis de Varianza

CENIZAS

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	RAZÓN DE VARIANZA	F. DE TABLA	
					5%	1%
Repeticiones	0.0239	1	0.0239	1.12	4.54	8.68
Factor A	0.1439	1	0.1439	6.80		
Factor B	0.3189	1	0.3189	15.07*		
Factor C	0.3414	1	0.3414	16.13*		
Inter (AxB)	0.3536	1	0.3536	16.71**		
Inter (AxC)	1.9736	1	1.9736	93.27**		
Inter (BxC)	0.0026	1	0.026	1.22		
Inter (AxBxC)	1.5874	1	1.5874	75.01**		
Error	0.1481	7	0.02116			
TOTAL	4.8934	15				

Fuente: Vélez, 2012.

* Diferencia Significativa

**Diferencia Altamente Significativa

En cuanto a los resultados obtenidos en la tabla N°3 del análisis de varianza (ADEVA), comparó con los valores de la tabla de Fritman correspondientes a un nivel de significación al 1% y al 5% se contempla que:

FACTOR A. (Variedades de cáscara de cacao). Existe diferencia significativa al 5%, es decir con un nivel de confianza del 95%.

FACTOR B. (Temperatura de secado) Existe diferencia significativa al 1%, en cuanto al contenido de cenizas del producto terminado, por lo que se admitió la hipótesis alternativa, es decir presentó un nivel de confianza del 99%.

FACTOR C. (Tipo de antioxidante). Existe diferencia significativa al 1%, por lo que se admite la hipótesis alternativa, es decir presenta un nivel de confianza del 99%.

En las interacciones AxB, AxC, AxBxC, existe diferencia altamente significativa, al 1% es decir presenta un nivel de confianza al 99%, mientras que en la interacción BxC, no existe diferencia alguna.

Con los resultados en la tabla de ADEVA, se procedió a realizar Tukey, (prueba de rango), con un nivel de confianza del 95%, entre los niveles estudiados.

Prueba de múltiples rangos (Tukey) para ceniza según Factor A.

$$|Y_i - \bar{Y}_j| > r; GLE \sqrt{CME / b.c.r}$$

$A_0=90.64/8$	$0.19 > 3.34$	(0.05143)
$A_1=89.12/8$	$0.19 > 0.1717$	

Tabla 4. Prueba de Tukey del factor A.

Niveles del factor A			
Variedades de cáscara de cacao		a_0	a_1
		11,14	11,33
a_0		11,14	0,19*
a_1		11,33	0

* Indica diferencia significativa.

De acuerdo a los datos obtenidos en la prueba de Tukey denota que el factor A (Variedades de cáscara de cacao, presenta diferencia significativa al 5% entre los niveles a_0 y a_1 . Y se aceptó de esta manera la hipótesis alternativa.

Análisis del contenido de grasa

Tabla5. Análisis de Varianza

GRASA

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	RAZÓN DE VARIANZA	F. DE TABLA	
					5%	1%
Repeticiones	0.00075	1	0.00075	0.15	4.54	8.68
Factor A	5.65000	1	5.65000	1130**		
Factor B	0.01700	1	0.01700	3.40*		
Factor C	0.06100	1	0.06100	12.20*		
Inter (AxB)	0.08500	1	0.08500	17.00*		
Inter (AxC)	0.00100	1	0.00100	0.20		
Inter (BxC)	0.00140	1	0.00140	0.28		
Inter (AxBxC)	0.00140	1	0.00140	0.28		
Error	0.04950	1	0.04950	9.90*		
TOTAL	0.03500	7	0.00500			
	5.90000	15				

Fuente: Wendy Vélez, 2012.

* Diferencia Significativa

**Diferencia Altamente Significativa

En cuanto a los resultados obtenidos en la tabla N°5 del análisis de varianza (ADEVA), lo cual se comparó, con los valores de la tabla de Fritman correspondientes a un nivel de significación al 1% y al 5% se contempla que:

FACTOR A. (Variedades de cáscara de cacao). Existe diferencia altamente significativa al 5%, es decir con un nivel de confianza del 95%.

FACTOR B. (Temperatura de secado) Existe diferencia significativa al 5%, en cuanto al contenido de grasa del producto terminado, por lo que se admite la hipótesis alternativa, es decir presenta un nivel de confianza del 95%.

FACTOR C. (Tipo de antioxidante). Existe diferencia altamente significativa al 1%, por lo que se admite la hipótesis alternativa, es decir presenta un nivel de confianza del 99%.

En las interacciones AxB, y AxBxC, existe diferencia significativa, al 1% es decir presenta un nivel de confianza al 99%, mientras que en las interacciones AxC y BxC, no existe diferencia alguna.

Con los resultados en la tabla de ADEVA, se procedió a realizar TUKEY, (prueba de rango), con un nivel de confianza del 95%, entre los niveles estudiados.

Prueba de múltiples rangos para grasa según Factor A.

$$A_0=3.76/8$$

$$A_1=13.27/8$$

$$|Y_i - \bar{Y}_j| > r; GLE \sqrt{CME / b.c.r}$$

$$1.18 > 3.34 (0.00437)$$

$$1.18 > 0.0145$$

Tabla 6. Prueba de Tukey del factor A.

Niveles del factor A

Variedades de cáscara de cacao	a_0	a_1
	0.47	1.65
a_0	0.47	0
a_1	1.65	-

* Indica diferencia significativa.

En la tabla 6, de acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Tukey denota en lo que representa al factor A (Variedades de cáscara de cacao), presenta diferencia altamente significativa al 5% entre los niveles a_0 y a_1 , lo que indica, que la variedad de cáscara de cacao influye en el contenido de grasa del producto final, se aceptó de esta manera la hipótesis alternativa.

4.2.4.1 Prueba de múltiples rangos para grasa según Factor B.

Datos:

$$b_0=8.25/8$$

$$b_1=8.78/8$$

Tabla 7. Prueba de Tukey del factor B.

Niveles del factor B

Temperatura de secado	b_0	b_1
	1.03	1.09
b_0	1.03	0
b_1	1.09	-

* Indica diferencia significativa.

En lo que respecta al Factor B, (temperatura de secado), empleada para la elaboración de harina de cáscara de cacao, se comprueba que existe diferencia significativa al 5% entre los niveles b_0 (60°Cx24 h) y b_1 (45°Cx36h), por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

Análisis del contenido de fibra

Tabla 8. Análisis de Varianza

FIBRA

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	RAZON DE VARIANZA	F. DE TABLA	
					5%	1%
Repeticiones	0,8980	1	0,8980	16,285	4.54	8.68
Factor A	16,140	1	16,140	292,694**		
Factor B	11,170	1	11,170	202,565**		
Factor C	0,2048	1	0,2048	3,714*		
Inter (AxB)	4,0910	1	4,0910	74,189**		
Inter (AxC)	0,0001	1	0,0001	0,002		
Inter (BxC)	0,1914	1	0,1914	3,471*		
Inter (AxBxC)	0,8236	1	0,8236	14,936**		
Error	0,3860	7	0,0551			
TOTAL	33,910	15				

Fuente: Vélez Sarmiento, 2012.

* Diferencia Significativa

**Diferencia Altamente Significativa

En cuanto a los resultados obtenidos en la Tabla N°8. Del análisis de varianza (ADEVA), se comparó con los valores de la tabla de Fridman, correspondientes a un nivel de significación del 1% y 5%, se observó que:

FACTOR A. (Variedades de cáscara de cacao). Existe diferencia altamente significativa al 1% y 5%, es decir con un nivel de confianza del 95%, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

FACTOR B. (Temperatura de secado). Existe diferencia significativa al 5%, en cuanto al contenido de fibra del producto terminado, por lo que se admite la hipótesis alternativa, es decir presenta un nivel de confianza del 95%

FACTOR C. (Tipo de antioxidante). Existe diferencia significativa al 5%, por lo que se admite la hipótesis alternativa, es decir presenta un nivel de confianza del 95%.

En las interacciones AxB, y AxBxC, existe diferencia significativa, al 1% es decir presenta un nivel de confianza al 99%, en cuanto a la interacción BxC, existe diferencia significativa al 5%, mientras que en las interacciones AxC, no existe diferencia alguna.

Con los resultados en la tabla de ADEVA, se procedió a realizar TUKEY, (prueba de rango), con un nivel de confianza del 95%, entre los niveles estudiados.

Prueba de múltiples rangos para fibra según Factor A.

Datos:

$$A = 250,78/8$$

$$A1=266,85/8$$

Tabla 9. Prueba de Tukey del factor A.

Niveles del Factor A.			
variedades de cáscara		a ₀	a ₁
		31,3475	33,35625
a ₀	31,3475	0	2,01
a ₁	33,35625	*	0

* Indica diferencia significativa.

En la tabla 9, de acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Tukey denota en lo que representa al factor A (Variedades de cáscara de cacao), presenta diferencia altamente significativa al 5% entre los niveles a₀ y a₁, lo que indicó que la variedad de cáscara de cacao influye en el contenido de fibra del producto final, y se aceptó de esta manera la hipótesis alternativa.

Prueba de múltiples rangos para fibra según Factor B.

Datos:

$$A = 252.13/8$$

$$A_1 = 265.5/8$$

Tabla 10. Prueba de Tukey del factor B.

Niveles del Factor B.			
Temperatura de secado		b ₀	b ₁
		31,51625	33,1875
b ₀	31,51625	0	1,67
b ₁	33,1875	*	0

* Indica diferencia significativa.

En la tabla 10, de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de Tukey denota en lo que representa al factor B (Temperatura de secado), presenta

diferencia altamente significativa al 5% entre los niveles α_0 y α_1 , lo que indicó que la temperatura de secado influye en el contenido de fibra del producto final, se admitió de esta manera la hipótesis alternativa.

Análisis del contenido de proteína.

Tabla 11. Análisis de Varianza

PROTEÍNA

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	RAZON DE VARIANZA	F. DE TABLA	
					5%	1%
Repeticiones	0,1040	1	0,104	24,267	4,54	8,68
Factor A	15,460	1	15,460	3607,333		
Factor B	3,4300	1	3,430	800,333		
Factor C	0,0068	1	0,0068	1,587		
Inter (AxB)	0,2580	1	0,2580	60,200		
Inter (AxC)	0,0018	1	0,0018	0,420		
Inter (BxC)	0,0060	1	0,006	1,400		
Inter (AxBxC)	0,0014	1	0,0014	0,327		
Error	0,0300	7	0,0042			
TOTAL	19,300	15	1,2866			

Fuente: Vélez Sarmiento, 2012.

* Diferencia Significativa

**Diferencia Altamente Significativa

En cuanto a los resultados obtenidos en la tabla N° 11. del análisis de varianza (ADEVA), se comparó con los valores de la tabla de Fritman correspondientes a un nivel de significación al 1% y al 5% se contempla que:

FACTOR A. (Variedades de cáscara de cacao). Existe diferencia altamente significativa al 5%, es decir con un nivel de confianza del 95%.

FACTOR B. (Temperatura de secado) Existe diferencia altamente significativa al 5%, en cuanto al contenido de proteína del producto terminado, por lo que se admite la hipótesis alternativa, es decir presenta un nivel de confianza del 95%.

FACTOR C. (Tipo de antioxidante). No existe diferencia significativa por lo que se acepta la hipótesis nula.

En las interacciones AxB, existe diferencia altamente significativa al 1% es decir presenta un nivel de confianza del 99%, en cuanto a la interacción AxC, BxC y AxBxC, no existe diferencia alguna.

Con los resultados en la tabla de ADEVA, se procedió a realizar TUKEY, (prueba de rango), con un nivel de confianza del 95%, entre los niveles estudiados.

Prueba de múltiples rangos para fibra según Factor A.

$$| \bar{Y}_i - \bar{Y}_j | > r; \text{GLE } \sqrt{CME / a.c.r}$$

$$1.97 > 3.34 (0.00437)$$

$$1.97 > 0.0145$$

$$A1 = 69.39/8$$

$$A0 = 85.12/8$$

Tabla 12. Prueba de Tukey del factor A.

Niveles del Factor A.			
variedades de cáscara		a1	a0
		8,67375	10,64
a1		8,67375	0
a0		10,64	*
			1,97
			0

* Indica diferencia significativa.

En la tabla 12, de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de Tukey denota en lo que representa al factor A (Variedades de cáscara de cacao), presenta diferencia altamente significativa al 5% entre los niveles a_0 y a_1 , lo que indica que la variedad de cáscara de cacao influye en el contenido de proteína del producto final, se admitió de esta manera la hipótesis alternativa.

Prueba de múltiples rangos para proteína según Factor B.

Datos:

$$B1 = 69.39/8$$

$$B0 = 73.55/8$$

Tabla 13. Prueba de Tukey del factor B.

Niveles del Factor B			
Temperatura de secado		b1	b0
		9,19375	10,12
b1		9,19375	0
b0		10,12	*
			0,93
			0

* Indica diferencia significativa.

En la tabla 13, de acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey, denota en lo que representa al factor B (Temperatura de secado), presentó diferencia altamente significativa al 5% entre los niveles a_0 y a_1 , lo que indica que la variedad de cáscara de cacao influye en el contenido de proteína del producto final, de lo cual se aceptó de esta manera la hipótesis alternativa.

Análisis del Rendimiento del producto.

Tabla 14. Rendimiento de los tratamientos

RENDIMIENTO

N°	Tratamientos	R1	R2
1	A ₀ B ₀ C ₀	72.80	72.60
2	A ₀ B ₀ C ₁	75.00	75.30
3	A ₀ B ₁ C ₀	73.70	73.00
4	A ₀ B ₁ C ₁	73.50	74.00
5	A ₁ B ₀ C ₀	68.00	67.8
6	A ₁ B ₀ C ₁	70.00	70.2
7	A ₁ B ₁ C ₀	74.80	75.00
8	A ₁ B ₁ C ₁	72.00	72.30

Fuente: Vélez, 2012

Tabla 15. Análisis de varianza

ADEVA DE RENDIMIENTO

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	RAZON DE VARIANZA	F. DE TABLA	
					5%	1%
Repeticiones	0.01	1	0.01	0.132	4.54	8.68
Factor A	24.50	1	24.50	323.58		
Factor B	17.22	1	17.22	227.43		
Factor C	1.32	1	1.32	17.43		
Inter (AxB)	24.01	1	24.01	317.11		
Inter (AxC)	2.89	1	2.89	38.17		
Inter (BxC)	12.25	1	12.25	161.792		
Inter (AxBxC)	2.10	1	2.10	27.73		
Error	0.53	7	0.07571			
TOTAL	84.84	15	5.65			

Fuente: Vélez, 2012

En cuanto a los resultados de la tabla N° 15 del análisis de varianza (ADEVA), por lo que se comparó con los valores de la tabla de Fritman correspondientes a un nivel de significación al 1% y al 5% se contempla que:

FACTOR A. (Variedades de cáscara de cacao). Existe diferencia altamente significativa, en cuanto al rendimiento del producto final.

FACTOR B. (Temperatura de secado) Existe diferencia altamente significativa al, en cuanto al rendimiento del producto terminado.

FACTOR C. (Tipo de antioxidante) Existe diferencia altamente significativa, por lo tanto, el tipo de antioxidante si influye en el rendimiento del producto final.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos durante la presente investigación, durante la evaluación del proceso de elaboración de harina de cáscara de cacao, con 2 variedades de cáscara de cacao a diferentes temperaturas de secado, lo cual se adicionó antioxidantes, y se encontró diferencia significativa estadística en los parámetros evaluados.

Factor A: (Variedades de cáscara de cacao).

Se llega a la conclusión que la cáscara de cacao del nivel A₀, correspondiente a la variedad nacional, es la más adecuada para este proceso, ya que produjo mejores resultados, y brindó un producto terminado con las características deseadas tanto en consistencia, como en olor, color y rendimiento, así como los resultados obtenidos de los análisis bromatológicos en humedad, fibra, cenizas, proteína, pH y grasa y se ajusta a las Normas INEN 1 643 de alimentos Zootécnicos.

El nivel A₁, (CCN51, también permite resultados aceptables, dentro del proceso por lo que se lo puede considerar como una segunda opción.

Factor B: (Temperaturas de secado)

En lo que respecta a la temperatura aplicada en el nivel B₀ (60°Cx 24 h), se obtuvo mejores resultados, por lo cual su periodo de vida útil será más prolongado, sin embargo, cabe recalcar que todos los tratamientos estuvieron dentro del rango permitido de temperatura de secado, puesto que la Norma INEN 540, indica un porcentaje máximo de humedad 10 %para alimentos animales.

Factor C: (Tipo de antioxidante)

Se consideró, al nivel c_1 : (ácido cítrico, al 0.1 %), como mejor tipo de antioxidante, ya que ayudó a disminuir la cantidad de humedad, lo cual evitó así el pardeamiento enzimático en el producto terminado, lo que mantuvo constante sus características organolépticas, extendiendo la vida útil del producto y haciéndolo más apetecible para el animal.

Análisis bromatológicos

En el análisis bromatológico, el mejor tratamiento con mejores resultados fue el ($A_0B_0C_1$), cáscara de cacao nacional, temperatura de secado $60^\circ\text{C} \times 24$ horas, con la adición de ácido cítrico como antioxidante, el mismo que cumple con las normas INEN establecidas, tanto en humedad, pH, cenizas, fibra, grasa, proteína, lo cual se obtuvo un producto con las propiedades que requiere un insumo para alimento porcino.

Análisis microbiológicos del mejor tratamiento ($A_0B_0C_1$)

Se concluye que, de acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos, realizados al mejor tratamiento: Demuestra ausencia de coliformes y Echerichia coli, en cuanto al recuento de mohos - levaduras, y en recuento de aerobios mesófilos, la misma que se encuentra dentro del rango permitido de la norma INEN 1 529.

RECOMENDACIONES

Aplicar el tipo de temperatura más idónea, 60 °C x 24 horas, para obtener un mejor secado y facilitar el proceso de pulverización, a la vez, disminuye la cantidad de humedad, lo cual evita el pardeamiento enzimático en el producto terminado, y de esta manera lograr utilizar una harina que cumpla con las características para ser un insumo para alimento porcino.

Hacer pruebas con animales ya que la harina de la cáscara de cacao definitivamente no es tóxica cuando es consumida hasta en niveles de 2 kilos por día, en los porcinos, para conocer el comportamiento de los animales y la digestibilidad en cuanto a la aceptación de sus componentes.

Se recomienda mezclarlas variedades de cáscara de cacao, (Nacional y CCN51), en forma de harina, para brindar alternativas para la reutilización de este residuo agroindustrial, aprovechando al máximo los recursos de la zona, ya que no existe diferencia significativa en cuanto al contenido de sus nutrientes.

Llevar a efecto la elaboración de un balanceado, utilizando como parte de su formulación harina para disminuir los costos de alimentación, ya que el valor de la harina de mazorca de cacao es similar al de la harina de maíz con zuro.

BIBLIOGRAFIA

Andrade, C. 2005. Compañía Nacional de Chocolates. Corpoica. Medellín, (En línea). Disponible en:
http://www.cortolima.gov.co/2006/images/stories/centro_documentos/estudios/pomca/planes_negocios.pdf

Asociación Ecuatoriana de Fabricación de Alimentos Balanceados para Animales. 2009. (En línea). Consultado el 20-12-2012. Disponible en:
<http://www.afaba.org/index2.htm>.

Braude, M. 1999. FAO (En línea) Consultado el 13-08-2012. Disponible en:
<http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afris/es/Data/521.html>

Chandler, S. 2010. Laboratorio de alimentos. Consultado el 15-01-2013.
Disponible en:
http://www.ehowenespanol.com/metabisulfito-sodio-sobre_124210/

Fernández, S. 2005. "Uso de enzimas termoestables en la alimentación animal".
(En línea) Consultado 13-01-2013. Disponible en:
<http://www.engormix.com.htm>

FAO. 2003. *FAOSTAT Database results.*; consulta: 30 de octubre de 2012.
Disponible en: En: <http://www.fao.org>

INIAP, 2006. Memoria del taller: Calidad física y organoléptica del cacao (teoría y práctica). Quevedo. (En línea) Disponible en:
http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Caracterizacion_organoleptica_cacao%20Theobroma%20cacao%20L.html

Instituto de Nutrición, Educación y Desarrollo, 2012. Corpoica. (En línea)
Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Default.asp>

Williamson, George. 2002. "Explotación de animal". Consultado el 29 de octubre de 2012. (En línea). Disponible en:
<http://www.dietas.net/nutrición/la-fibra-alimentaria.html>

Inteligencia de Mercados, el Cacao; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, 2002. (En línea). Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/33600422/Proyecto-Del-Cacao>