



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ARTÍCULO CIENTÍFICO

EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE UN SNACK A BASE DE MAÍZ, FRÉJOL Y CAMOTE

Autora: Saskia Poleth Carvajal Basantes

Director: Ing. Luis Manosalvas, MSc.

Asesores: Ing. Rosario Espín, MSc

Ing. Marco Lara, MSc

Ing. Ángel Satama, Msc

IBARRA – ECUADOR

2019

DATOS INFORMATIVOS



Apellidos: Carvajal Basantes

Nombres: Saskia Poleth

Cédula: 172451997-8

Teléfono: 02-2363 903

Celular: 0987962627

Correo electrónico: saskiacarvajal_@hotmail.com

Dirección: Cayambe Ascázubi N6-53 e Imbabura

Año: 2019

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

FICAYA- UTN

Fecha: 07 de enero del 2019

SASKIA POLETH CARVAJAL BASANTES. EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE UN SNACK A BASE DE MAÍZ, FRÉJOL Y CAMOTE/ TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra. EC. ENERO 2019.

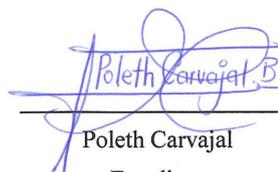
DIRECTOR: ING. ARMANDO MANOSALVAS, MSc

Los cereales, leguminosas y tubérculos son fuentes ricas en el contenido de proteína, carbohidratos complejos, vitaminas y minerales de alto valor nutricional. Por lo tanto, la presente investigación propone evaluar el proceso productivo mediante la extrusión, para la obtención de un snack nutritivo que incluye la adición de griz de maíz, fréjol y camote, mediante la aplicación térmica, para obtener productos expandidos, crujientes, nutritivos y listos para el consumo. El objetivo fue determinar los efectos de las condiciones del proceso: temperatura (110°C – 140°C), humedad (15% - 20%) y tipo de mezcla: maíz *Zea mays*, fréjol *Phaseolus vulgaris* y camote *Ipomoea batata* en relación (p/p): 80/10/10 y 70/15/15 sobre las propiedades nutricionales del snack. Los resultados registrados en las propiedades físico-químicas mostraron que el mayor contenido nutricional de los productos extruidos, fueron los de la mezcla: 70/15/15 acondicionada a 15% de humedad y procesada a 140°C, con valores de proteína (12,48%), ceniza (1,36%) y fibra (1,28%) con relación al testigo tipo comercial (100% maíz) que presento contenidos de proteína (8,32%), ceniza (0,57%) y fibra (0,64%).

Este estudio demostró que la incorporación de leguminosas y tubérculos a una mezcla con maíz puede mejorar tanto las características físico-químicas de los productos extruidos ya que incrementa el contenido y calidad nutricional del mismo.



Ing. Armando Manosalvas
Director de tesis



Poleth Carvajal
Estudiante

Efecto de los parámetros de extrusión sobre la composición nutricional de un snack a base de maíz, fréjol y camote

Effect of extrusion parameters on the nutritional composition of a snack based on maize, beans and sweet potatoes

Poleth Carvajal_1^a, Armando Manosalvas_2^{a,b}, Elena Villacrés_3^c

^a Ingeniería Agroindustria/Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales/ Universidad Técnica del Norte /, Ecuador

^b Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP/, Ecuador

spcarvajal@utn.edu.ec, lamanosalvas@utn.edu.ec, elena.villacres@iniap.gob.ec

I. Resumen

La extrusión en caliente permite obtener snacks alimenticios de alta aceptabilidad sensorial, la cual depende de las condiciones del proceso, la calidad y la versatilidad de las materias primas utilizadas. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de las condiciones del proceso: temperatura (110°C – 140°C), humedad (15% - 20%), la matriz alimentaria: maíz *Zea mays*, fréjol *Phaseolus vulgaris* y camote *Ipomoea batata* y su proporción (p/p): 80/10/10 y 70/15/15 sobre los cambios nutricionales del snack. Se registró mayor contenido nutricional en los extruidos de la proporción 70% maíz + 15% fréjol + 15% camote, acondicionada a 15% de humedad y procesada a 140°C, con valores de proteína (12,48%), ceniza (1,36%) y fibra (1,28%) con relación al testigo comercial (100% maíz) que presento contenidos de proteína (8,32%), ceniza (0,57%) y fibra (0,64%). Se concluye que la incorporación de leguminosas y tubérculos a una mezcla con maíz incrementa el contenido y calidad de la proteína del snack extruido expandido.

Palabras clave: extrusión, mezcla, humedad, temperatura, snack

II. Abstract

The extrusion cooking allows to obtain food snacks with high sensory acceptability, which depends on the process conditions, the quality and the versatility of the raw materials used. The objective of this research was to determine the effect of the process conditions: temperature (110°C - 140°C), humidity (15% - 20%), the food matrix: *Zea mays* corn, *Phaseolus vulgaris* beans and *Ipomoea batata* sweet potato and its proportion (p / p): 80/10/10 and 70/15/15 on the nutritional changes of the snack. Higher nutritional content was recorded in the extruded products of the 70% corn + 15% beans + 15% sweet potato, conditioned at 15% moisture and processed at 140°C, with protein (12.48%), ash (1.36%) and fiber (1.28%) in relation to the commercial control (100% corn) that presented protein contents (8.32%), ash (0.57%) and fiber (0.64%). It is concluded that the incorporation of legumes and tubers to a mixture with corn increases the

content and quality of the expanded extruded snack protein.

III. Introducción

El consumo de snacks se ha incrementado un 64% en los últimos 4 años, ya que son alimentos de fácil acceso, bajo costo y consumidos fuera del hogar (Ensanut, 2014).

Los snacks extruidos son productos elaborados a partir de maíz, el cual contiene un alto contenido de almidón, lo que contribuye a exceder las necesidades energéticas diarias.

Los alimentos son un recurso fundamental en la vida del ser humano, en este contexto la investigación se enfoca en desarrollar nuevos productos accesibles, agradables, con alto valor nutritivo, que contribuyan a resolver problemas de mal nutrición en niños y adolescentes.

Para ello se requiere utilizar materias primas alternativas, como la mezcla de grits de maíz, fréjol y camote para la elaboración de un snack, ya que estos materiales presentan altos contenidos proteicos, carbohidratos complejos, vitaminas y minerales de alto valor nutricional, mediante la aplicación térmica, para obtener productos expandidos crocantes, nutritivos y listos para el consumo.

La mayoría de los investigadores dan a conocer efectos positivos y negativos del proceso de extrusión en la calidad nutricional de los alimentos a diferentes condiciones de operación (temperatura,

Keywords: extrusion, mixture, moisture, temperature, snack

humedad de alimentación, velocidad y configuración del tornillo) y características de la materia prima (composición y tamaño de partícula). Cheftel (1986) Asp & Bjorck (1989) Camire et al. (1990) y Areas (1992).

El documento presenta los cambios nutricionales ocurridos durante el proceso de extrusión. Los efectos sobre carbohidratos, grasa, fibra y proteína en la calidad nutricional del snack

IV. Materiales y métodos

• Materias Primas

Se utilizó gritz de maíz amarillo duro, fréjol rojo INIAP 481 y camote blanco, con una granulometría de 2,80 mm de diámetro. Los cuales fueron obtenidos previo a procesos de deshidratación, molienda y tamizado, hasta cumplir las condiciones para extrusión en caliente.

Tabla 1.

Composición nutricional de las materias primas (gritz)

PARÁMETROS	MAÍZ	FRÉJOL	CAMOTE
Humedad	% 12,42	5,05	8,28
Cenizas	% 0,63	3,57	2,27
Proteína	% 9,42	22,11	2,98
Extracto etéreo	% 2,09	2,30	1,06
Fibra bruta	% 0,89	0,99	1,36
Carbohidratos	% 75,44	66,97	85,41
Almidón	% 72,68	68,55	74,80
Amilosa	% 21,04	16,76	23,49
Amilopectina	% 78,96	83,24	76,51

Laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad (INIAP) (2018)

- **Parámetros de extrusión**

Para la elaboración de snacks extruidos expandidos se utilizó un extrusor de tornillo simple con un diámetro de matriz de 2,50 mm. La temperatura del barril utilizada fue de 110°C y 140°C, la velocidad de rotación del tornillo se mantuvo constante a 300 rpm para los tratamientos.

- **Propiedades Nutricionales**

La determinación de humedad, cenizas, proteína (Nx6.25), fibra, grasa y carbohidratos (por diferencia) en el producto final se realizó según las metodologías de la AOAC (1999).

- **Diseño Estadístico**

Se utilizó tres factores de estudio: A: % formulación de la mezcla (a1 = maíz 70% fréjol 15% + camote %; a2 = maíz 80% fréjol 10% + camote % 10), B: % humedad de la mezcla (b1=15%; b2=20%) y C: temperatura de extrusión (c1=110°C; c2=140°C). Se empleó un diseño completamente aleatorizado con arreglo de tratamientos factorial mixto 2³, con una unidad experimental de 3kg.

Las variables de respuesta evaluadas fueron proteína, cenizas, fibra, grasa y carbohidratos. Cuando el análisis de varianza (ANOVA) resultó significativo ($p < 0.05$), se realizó una comparación de medias aplicando la prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$).

V. Resultados y discusión

- **Proteína**

El valor nutricional de la proteína depende de la digestibilidad y disponibilidad de aminoácidos esenciales, que son determinantes en la calidad de la proteína (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], Organización mundial de la salud [OMS], Universidad de las Naciones [UNU], 1985).

La digestibilidad en snacks extruidos tiene un valor significativo con relación a otros productos, esto se debe a la desnaturalización de la proteína e inactivación de enzimas y factores anti-nutricionales (Singh & Heldman, 2014).

En la Tabla 2 se observa el incremento del contenido proteico de los tratamientos con relación al testigo, ya que al incorporar mayor cantidad de fréjol a la mezcla, se incrementa este nutriente desde 8.32% al 12.48%, en los snacks del mejor tratamiento (T2).

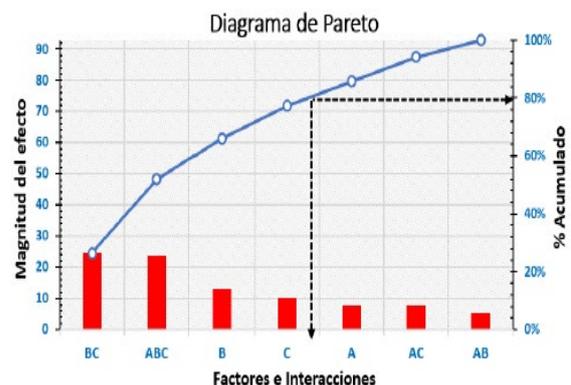


Figura 1. Diagrama de Pareto de factores e interacciones sobre el contenido de proteína de los productos extruidos

Según el diagrama de Pareto la interacción de los factores BC (humedad de la mezcla/temperatura), mostró un mayor efecto en esta variable, ya que a medida que

disminuye el contenido de humedad de 20% a 15% e incrementa la temperatura de extrusión de 110°C a 140°C, el contenido de proteína del snack aumenta.

- **Cenizas**

El contenido de cenizas en los tratamientos resultó ser inferior al 1,36%. Mian & Galen, (2012) mencionan que la extrusión usualmente tiene bajo impacto sobre los minerales, ya que son bastante inertes. El proceso puede reducir el tamaño de las partículas minerales e incrustarlos en toda la matriz del producto, debido a fuerzas dispersantes y distributivas de mezcla.

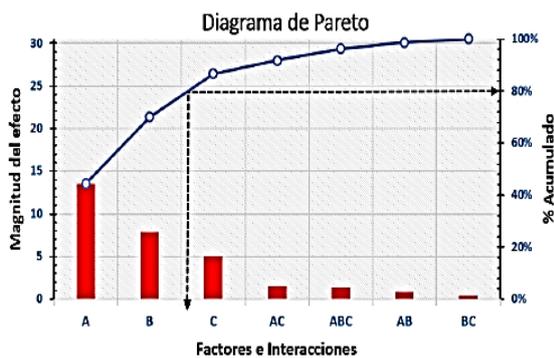


Figura 2. Diagrama de Pareto de factores e interacciones sobre el contenido de cenizas de los productos extruidos

La Figura 2 muestra el análisis de Pareto, el cual indica que el factor A (formulación) y B (humedad de la mezcla), son altamente significativos ($p < 0.01$) sobre el contenido de cenizas de los productos extruidos. Es evidente que la formulación tuvo mayor efecto sobre esta variable, es decir, que a medida que se sustituye el maíz por fréjol y camote en la formulación, el contenido de cenizas incrementa en el producto final.

- **Fibra**

Las mezclas compuestas por 70% maíz y 15% fréjol o camote, muestran valores superiores en el contenido de fibra, con relación al testigo (100% maíz). Lo cual se atribuye a la incorporación de fréjol y camote.

Mian & Galen, (2012) mencionan que es recomendable que la adición de fibra no sea superior al 5%, para que el impacto durante la extrusión sea el menor posible, ya que según McCleary, (2007) las moléculas interactúan con todos los componentes nutricionales durante el proceso. Dada la condición anterior, se concluye que el porcentaje de fibra presente en las materias primas no tuvo mayor efecto sobre los snacks extruidos, ya que todos los tratamientos tienen contenidos inferiores al 1.28%.

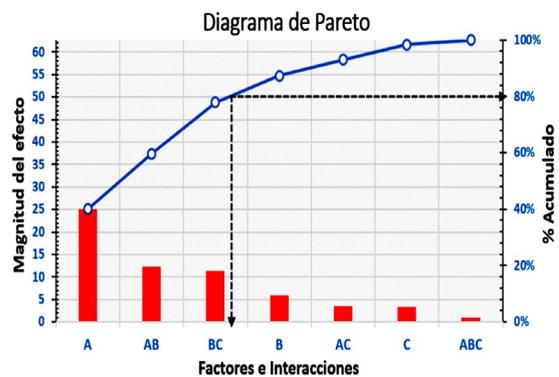


Figura 3. Diagrama de Pareto de factores e interacciones sobre el contenido de fibra de los productos extruidos

La Figura 3 indica que el factor A (formulación de la mezcla) y las interacciones AB (formulación/humedad de la mezcla) y BC (humedad de la mezcla/temperatura) mostraron mayor magnitud del efecto sobre el contenido de fibra de los tratamientos.

- **Grasa**

Un estudio realizado por Torres & Pérez (2006) expresa que, es importante controlar el nivel de grasa en la extrusión, ya que en algunos casos una pequeña variación de esta puede afectar drásticamente al producto, debilitando la estructura celular, causando fusión y porosidad.

El contenido de grasa de los productos elaborados en este estudio es menor al 1%. Al respecto, Mian & Galen (2006) afirman que, cuando los niveles de adición de grasa superan el 17%, el producto extruido puede tener poco o nada de expansión y la durabilidad puede verse afectada significativamente.

Los productos extruidos de la presente investigación presentaron buena expansión y posiblemente una mayor durabilidad en almacenamiento. El contenido de grasa de todos los tratamientos se encuentra dentro del rango que establece la norma técnica colombiana NTC 3659; 2006, para snacks extruidos.

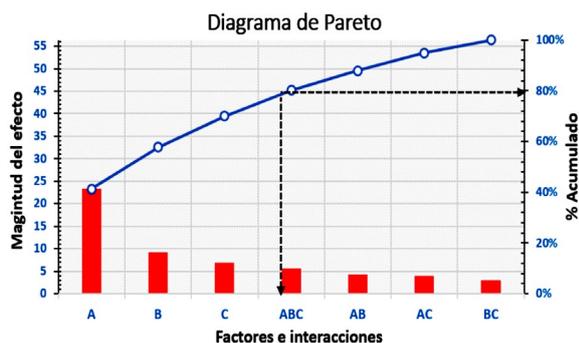


Figura 4. Diagrama de Pareto de factores e interacciones sobre el contenido de fibra de los productos extruidos

Como indica el análisis de Pareto de la Figura 4, los factores: A (formulación de la mezcla), B (humedad de la mezcla) y C (temperatura de extrusión), mostraron una

mayor magnitud de efecto sobre el contenido de grasa presente en los extruidos, siendo el factor A el que más influyó en el proceso con relación a los demás factores.

- **Carbohidratos**

En la extrusión los carbohidratos sufren reacciones críticas para la calidad nutricional y sensorial del producto final, uno de estos cambios es la gelatinización del almidón ya que lo vuelve resistente y a la vez más digerible (Maskan & Altan, 2011).

El almidón se presenta como amilosa y amilopectina. La amilopectina promueve el inflado y la amilosa una textura quebradiza. El almidón es insoluble en agua fría pero cuando está en contacto con agua caliente absorbe, se hincha y revienta; este fenómeno es denominado gelatinización. Para tener un producto inflado y quebradizo es conveniente tener de 5 a 20% de amilosa (Torres & Pérez, 2006).

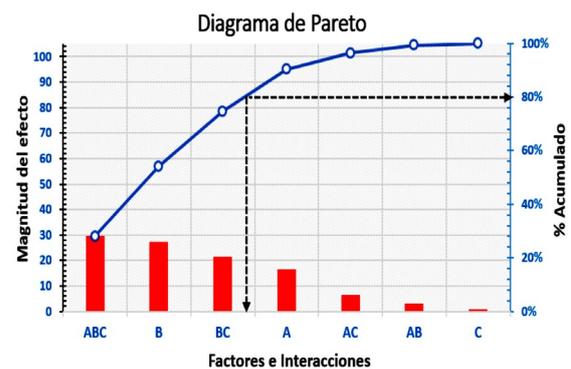


Figura 5. Diagrama de Pareto de factores e interacciones sobre el contenido de carbohidratos de los productos extruidos

El análisis de Pareto de la Figura 5 indica que la interacción BC (humedad de la mezcla/temperatura) mostró mayor efecto

sobre el contenido de carbohidratos de los tratamientos y testigo.

Los resultados obtenidos son consistentes con el estudio realizado por Lezcano & Cuggino (2002), quienes afirman que los gránulos de almidón necesitan de humedad y altas temperaturas para lograr la gelatinización.

Los resultados reportados en los snacks extruidos permiten apreciar que el testigo (100% maíz) presenta el contenido más alto en carbohidratos a diferencia de los demás tratamientos de este nutriente. (Muños, 2012).

Tabla 2.

Perfil nutricional de los productos extruidos con incorporación de camote y fréjol

Tratamientos	Proteína	Cenizas	Fibra	Grasa	Carbohidratos
T1 (a1b1c1)	8,73±0,04 ^e	1,36±0,02 ^a	1,13±0,04 ^{cd}	0,50±0,01 ^b	83,61±0,10 ^e
T2 (a1b1c2)	12,48±0,26 ^a	1,33±0,04 ^{ab}	1,22±0,02 ^{ab}	0,42±0,00 ^a	80,73±0,25 ^b
T3 (a1b2c1)	10,41±0,16 ^b	1,25±0,01 ^{bc}	1,28±0,03 ^a	0,41±0,01 ^a	78,45±0,12 ^a
T4 (a1b2c2)	8,72±0,10 ^e	1,18±0,09 ^c	1,19±0,02 ^{bc}	0,40±0,00 ^a	82,03±0,04 ^c
T5 (a2b1c1)	9,76±0,02 ^{cd}	1,20±0,01 ^c	1,03±0,02 ^{ef}	0,54±0,01 ^c	82,99±0,02 ^c
T6 (a2b1c2)	9,95±0,04 ^c	1,07±0,03 ^d	1,08±0,02 ^{de}	0,53±0,00 ^c	83,05±0,05 ^d
T7 (a2b2c1)	9,38±0,13 ^d	1,07±0,02 ^d	0,98±0,02 ^f	0,53±0,00 ^c	81,96±0,20 ^d
T8 (a2b2c2)	9,47±0,04 ^d	0,99±0,01 ^d	0,80±0,02 ^g	0,50±0,00 ^b	81,01±0,11 ^b
Testigo	8,32±0,21 ^e	0,57±0,01 ^e	0,64±0,01 ^h	0,54±0,02 ^c	85,44±0,28 ^f
CV	1,42	3,23	2,06	1,67	0,19

Xm/DS; Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$)

VI. Conclusiones

La incorporación de diferentes niveles de griz de fréjol y camote en la formulación a extruir a base de maíz y el efecto de los factores del proceso de extrusión (humedad de la mezcla y temperatura de extrusión) permitió la elaboración de productos expandidos con mayor contenido nutricional.

La humedad y la interacción humedad vs temperatura de extrusión presentaron mayor efecto sobre el aumento del contenido de proteína de los productos extruidos.

La mayor adición de fréjol y camote en la formulación tuvo mayor efecto sobre el incremento de los contenidos de fibra y cenizas en los snacks.

A medida que aumenta la inclusión de fréjol y camote en la formulación, disminuye el contenido de carbohidratos en los extruidos expandidos, favoreciendo a la salud del consumidor.

VII. Referencias Bibliográficas

- AOAC. (1999). Official methods of analysis (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Agricultural Chemists
- Areas, J.A.G. (1992). Extrusion of proteins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 32, 365–392.
- Asp, N.G. & Bjorck, I. (1989). Nutritional properties of extruded foods. In: *Extrusion Cooking* (edited by C. Mercier, P. Linko & J.M. Harper). Pp. 399–434. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, Inc
- Camire, M.E. (1990). Chemical and nutritional changes in food during extrusion. In: *Extruders in Food Applications* (edited by M.N. Riaz). Pp. 127–147. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Cheftel, J.C. (1986). Nutritional effects of extrusion cooking. *Food Chemistry*, 20, 263–283.
- Ensanut-. (2014). Estadística de Salud y Nutrición. Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización mundial de la salud, Universidad de las Naciones. (1985). Necesidades de energía y proteínas. Informe de una Reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU de Expertos. Serie de Informes Técnicos n.º 724, Ginebra, OMS.
- Lezcano, A. E. P., & Cuggino, M. I. (2002). Desarrollo de alimentos precocidos por extrusión a base de maíz-leguminosa. *Alimentos*

Argentinos, 50, 1–90.

Maskan, M., & Altan, A. (2011).
Advances in Food Extrusion
Technology.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

McCleary, B. (2007). An integrated
procedure for the measurement
of total dietary fibre (including
resistant starch), non-digestible
oligosaccharides and available
carbohydrates. *Analytical and
Bioanalytical Chemistry*, 291-
308.

Mian, N. ., & Galen, J. . (2012).
Extrusion problems solved.
Semiconductor Nanowires.
<https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-253-2.09001-0>

Muños, L. (2012). Estación Experimental
Santa Catalina - Granos
Andinos. Quito, Ecuador.
Obtenido de Productos Andinos.

NTC 3659. (2006). EXPANDIDOS
EXTRUÍDOS A BASE DE
CEREALES. Colombia:
Instituto Colombiano de Normas
Técnicas y Certificación.

Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2014).
Extrusion Processes for Foods.
Introduction to Food Engineering,
743–766.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398530-9.00014-0>

Torres, O., & Pérez, W. (2006).
Tecnología de extrusión en
alimentos. En *Ciencia y
tecnología de alimentos* (págs.
78-86). Cuba. Recuperado el 12
de 5 de 2017, de *Ciencia y
Tecnología de alimentos*:
<http://www.ebrary.com>

