

Guía del Autor para Preparar el Artículo de Tesis de Grado de la ESPOL “Alternativa de utilización del okara en el desarrollo de un producto dirigido a la alimentación escolar”

Stephanie Guerrero Beltrán ⁽¹⁾ M.Sc. Karín Elizabeth Coello Ojeda ⁽²⁾
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción ⁽¹⁾⁽²⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
sguerrer@espol.edu.ec⁽¹⁾; kcoello@espol.edu.ec ⁽²⁾

Resumen

En la actualidad, el Programa de Alimentación Escolar del Ecuador PAE, atiende con desayunos a más de un millón novecientos mil niños en más de quince mil escuelas de nuestro país con productos tales como Galletas tradicional y Sanduca, Colada tradicional y Barra Nutrico-Nueva. Estos productos llevan en su composición principalmente harina de trigo y aunque éste es uno de los cereales más ampliamente producidos a nivel mundial, en el Ecuador siempre ha sido deficitario, teniendo que importarse debido a la gran demanda existente. Es por ello que en el presente trabajo se propone sustituir la harina de trigo y desarrollar una mezcla de okara conjuntamente con harina de soya baja en grasa y sémola de maíz para innovar las formulaciones ya existentes y obtener una masa de galletas que tenga un valor nutricional adecuado, buenas características organolépticas y bajo costo. Es importante destacar que estos tres subproductos podrían convertirse en componentes emergentes de la alimentación humana en los países en vía de desarrollo. Por ejemplo tanto el okara; que es un residuo de la obtención de la leche de soya y la harina de soya baja en grasa obtenida de la extracción del aceite son buenas fuentes de proteínas.

Palabras Claves: okara, harina de soya baja en grasa, sémola de maíz, galletas, alimentación social.

Abstract

At present the School Feeding Program PAE Ecuador, with breakfast served more than one million nine hundred thousand children in more than fifteen thousand schools of our country with traditional products such as cookies and Sanduca, Casting Nutrico traditional bar-News. These products are mainly in the composition of wheat flour and although this is one of the most widely produced cereals worldwide, in Ecuador have always been in deficit, having to be imported due to high demand. That is why in this paper is to replace the wheat flour and develop a mixture of okara in conjunction with low soy fat flour and corn semolina to innovate the existing formulations and to get cookie dough that has a nutritional value adequate, good organoleptic characteristics and low cost. Importantly, these three products could become emerging components of human nutrition in the developing countries. For example both the okara, which is a residue from the production of soy milk and low soy fat flour obtained from the extraction of oil are good sources of proteins.

Keywords: Okara, Soy flour low fat, corn semolina, cookies, social feeding.

1. Introducción

El presente trabajo propone sustituir la harina de trigo presente en galletas tradicionales, para desarrollar una mezcla de okara, harina de soya baja en grasa y sémola de maíz e innovar las formulaciones ya existentes en el programa de Alimentación escolar del Ecuador; obteniéndose galletas con un valor nutricional adecuado, buenas características organolépticas y bajo costo.

Es importante destacar que el okara es un residuo de la obtención de la leche de soya; y tanto la harina de soya baja en grasa como la sémola de maíz son subproductos de la extracción del aceite; sin embargo siguen siendo buenas fuentes de proteínas y carbohidratos.

2. Materiales y Métodos.

Se caracterizan las materias primas con el fin de obtener un proceso estandarizado, los parámetros

básicos a considerar son los físico-químicos y microbiológicos. Para formular el producto, es importante conocer la composición nutricional de las harinas y del okara.

La evaluación sensorial nos permite conocer la incidencia de las proporciones mezcla de harinas en primer lugar el sabor, color, dureza y crujencia. Y también para conocer la preferencia de los niños.

La prueba de estabilidad del producto final se realiza mediante el método de estabilidad acelerada a 45 días; correspondiente a 6 meses de vida útil.

3. Diseño Experimental

Se estableció el diseño experimental para las mezclas de estos tres componentes: okara, harina de soya baja en grasa y sémola de maíz. El objetivo fue medir el efecto de las proporciones de los tres componentes sobre la textura, color y sabor de las galletas.

Las variables independientes son las proporciones de las mezclas de los tres componentes: X1 = Harina de soya baja en grasa, X2 = Okara, X3 = Sémola de maíz. Las variables de respuesta son: Y1= Dureza, Y2= Fracturabilidad, Y3=Color, Y4=Sabor a soya. Ajustados a las siguientes restricciones: $0, 40 \leq X1 \leq 0,70$; $0,10 \leq X2 \leq 0,50$; $0,10 \leq X3 \leq 0,20$. Energía ≥ 450 Kcal / 100 gr de producto. Proteínas ≥ 11 gr / 100 gr de producto. La sumatoria de X1 + X2 + X3 siempre será igual a 1.

NIVELES Y PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS DE LOS COMPONENTES

NIVELES	X1	X2	X3	Total	Código de muestra
1	0,70	0,10	0,20	1	561
2	0,70	0,20	0,10	1	792
3	0,60	0,20	0,20	1	423
4	0,60	0,30	0,10	1	219
5	0,50	0,30	0,20	1	573
6	0,50	0,40	0,10	1	921
7	0,40	0,40	0,20	1	128
8	0,40	0,50	0,10	1	259

Figura 1. Corridas experimentales

4. Pruebas Sensoriales

Para la interpretación de los resultados sobre el sabor se realizó la prueba de ordenamiento y el Método de Totales de Rangos de Larmond (1977) en 8 muestras, según los datos obtenidos ninguna muestra presenta diferencia significativa en cuanto a sabor a soya, nivel de significancia 5%. Se puede interpretar que el sabor a soya no es percibido en menor o mayor grado, todas tienen igual sabor.

Muestras	5732	9523	7290	4561	8219	6423	7289	9213
Totales	36	34	50	50	52	35	52	45

Fig. 2 Totales de rango para prueba de ordenamiento

Para analizar el efecto de varios niveles de una variable, como el color, sabor o crujencia, se comparó la varianza procedente de dicha variable con la residual. Si hay diferencias significativas de las fuentes de color, dureza y crujencia como variaciones consideradas sobre los resultados. Existe suficiente evidencia estadística de que al variar las proporciones de las mezclas de los tres ingredientes principales sí tienen incidencia sobre el color, dureza y crujencia. Al menos una muestra es diferente a las demás.

F_v	41,24	>	F_{tv}	2,17
F_j	6,98	>	F_{tj}	2,03

Fig. 3 Resultado de prueba descriptiva para crujencia

Para establecer cuál es la diferencia mínima significativa (D.M.S) entre las muestras se aplica la prueba de Tukey (Snedecor, 1956), se calculan las medias para cada tratamiento y se las ordena, luego se calcula el Error Estándar

$$e_s = D_e / (tm)1/2$$

En donde:

e_s = Es el Error estándar

D_e = Es la Desviación estándar

Tm = Es el Tamaño muestral.

Luego se calcula el Rango Estudentizado Significativo (RES); este lo podemos encontrar en el folleto "La Evaluación Sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica", de Antonio Anzaldúa – Morales (apéndice VI), entrando con el número de tratamientos y los grados de libertad del error. A continuación calculamos la Diferencia Mínima Significativa (D.M.S)

$$D.M.S = e_s * RES$$

Por último, para el análisis se comparan las diferencias entre las medias; aquellas diferencias que sean mayores a D.M.S se consideran significativas.

Códigos	A	B	C	D	E	F	G	H
Pruebas	5732	9523	7290	4561	8219	6423	7289	9213
COLOR								
Medias	2,8	4,5	6	5,3	7,4	3,3	3,3	2,6
Códigos en orden	E	C	D	B	F	G	A	H
Medias en orden	7,4	6	5,3	4,5	3,3	3,3	2,8	2,6
DUREZA								
Medias	4,9	4,2	5,5	4,1	8,2	4,5	2,6	1,6
Códigos en orden	E	C	A	F	B	D	G	H
Medias en orden	8,2	5,5	4,9	4,5	4,2	4,1	2,6	1,6
CRUJENCIA								
Medias	2,1	1,7	2,6	2,6	5,9	1,8	1,2	1,1
Códigos en orden	E	C	D	A	F	B	G	H
Medias en orden	5,9	2,6	2,6	2,1	1,8	1,7	1,2	1,1

Figura 4. Medias para prueba de Tukey

PARÁMETROS	COLOR	DUREZA	CRUJENCIA
ERROR ESTÁNDAR	0,24	0,28	0,19
RES	4,35	4,35	4,35
D.M.S	1,04	1,21	0,84

Figura 5. Datos para cálculo de la diferencia mínima significativa

Para la interpretación de los resultados de las pruebas afectivas se ha utilizado la tabla de significancia para pruebas de dos muestras (Roessler y col., 1956). Prueba de dos colas; nivel de probabilidad de 1%; Sí existe preferencia significativa de las galletas con chispas de chocolate en comparación con las de naranja.

5. Formulación

Para cumplir con el requerimiento nutricional y calórico del Programa de Alimentación Escolar, se plateó la siguiente formulación base:

INGREDIENTES	PORCENTAJES %
INGREDIENTES PRINCIPALES (Harina de soya, sémola de maíz y okara)	50
OTROS INGREDIENTES	50
TOTAL	100

Figura 6. Fórmula base para galletas

El 50 % de los ingredientes lo conforma el okara, la harina de soya baja en grasa y la sémola de maíz, en los respectivos porcentajes.

INGREDIENTES PRINCIPALES	PORCENTAJES %
OKARA	25
HARINA DE SOYA BAJA EN GRASA	20
SÉMOLA DE MAÍZ	5
SUBTOTAL	50

Figura 7. Ingredientes principales de galletas

El otro 50 % lo conforma el resto de ingredientes, detallados a continuación, en donde se fueron variando ciertos ingredientes para ajustar un sabor más dulce en el caso de la glucosa y mejorar la consistencia de la masa en el caso de las yemas de huevo.

OTROS INGREDIENTES	FÓRMULA FINAL 1 % PORCENTAJES	FÓRMULA FINAL 2 % PORCENTAJES
Mantequilla	16	16
Glucosa en polvo	16	17,5
Yemas de huevos	10	7,5
Leche entera en polvo	2,5	2,5
Esencia de vainilla	1	2,5
Chispas de chocolate	3,5	2,5
Polvo de hornear royal	1	1,5
SUBTOTAL	50	50

Figura 8. Fórmulas finales

6. Aporte calórico-protéico del producto final

La siguiente tabla muestra los parámetros físico-químicos, nutricionales y microbiológicos, el valor de carbohidratos y calorías se han obtenido por cálculo. Es importante destacar que se cumple con el requerimiento calórico-proteico del Programa de Alimentación Escolar que es energía \geq a 450 Kcal / 100 gr de producto y proteínas \geq a 11 gr / 100 gr de producto.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	
Humedad (%)	13,17 \pm 0,13
Proteína (%)	19,10
Grasa (%)	38,40
Fibra (%)	0,01
Cenizas (%)	3,64 \pm 0,07
PARAMETROS NUTRICIONALES	
Proteína (%)	19,10
Grasa (%)	38,40
Carbohidratos totales (%)	25,64
Energía (Kcal/100 g)	524,92
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes totales (UFC/g)	< 10
Levaduras y Mohos (UFC/g)	< 10
Bacillus Cereus	< 10

Fig. 9 Parámetros Físico-Químicos, Nutricionales y Microbiológicos de las galletas

6. Estimación de vida útil

Los resultados están dentro de los límites propuestos por el Programa de Alimentación Escolar del Ecuador y también dentro del rango permisible de la Norma INEN. Puede concluirse que las galletas presentan un crecimiento mínimo bacteriano, siendo esto no perjudicial para los consumidores y dándole un tiempo de vida útil de seis meses al producto.

Producto:	Galletas	Condiciones ambientales	Temperatura a 22 +/- °C	Humedad 65 +/- 5 %
Ensayo microbiológico	Tiempo inicial (0 días)	Tiempo (15 días)	Tiempo (30 días)	Tiempo (45 días)
Bacterias Aeróbicas	27,6 * 10 ¹ UFC/ g	31,9 * 10 ¹ UFC/ g	3,3 * 10 ¹ UFC/ g	46,7 * 10 ¹ UFC/ g
Levaduras y Hongos	< 10 UFC/ g	< 10 UFC/ g	< 10 UFC/ g	1*10 ¹ UFC/ g
Coliformes totales	< 3 NMP/ g	< 3 NMP/ g	< 3 NMP/ g	< 3 NMP/ g

Figura 10. Ficha de estabilidad de galletas

7. Estimación de costos de producción

Los costos de materia prima comprenden los componentes del producto que se incorporan al mismo en su presentación final.

INGREDIENTES	Gramos necesarios para 1 Kilo de producto	Costo por kilogramo	Costo para 1 kilo de producto
Harina de soya	300,75	0,9	0,2707
Sémola de maíz	75,19	1	0,0752
Okara	375,94	0,05	0,0188
Mantequilla	240,6	4	0,9624
Azúcar	263,16	1,02	0,269
Huevos	112,78	4,82	0,5434
Leche en polvo	37,59	8	0,3008
Esencia de vainilla	37,59	4	0,1504
Polvo royal	22,56	12	0,2707
Chispas de chocolate	37,59	6	0,2256
Total	1503,76	41,79	3,0868

Elaborado por: Stephanie Guerrero B, 2012

Figura 11. Costos de materia prima para un Kilo de producto

Del gráfico anterior, podemos anotar que elaborar 1000 gramos de producto final, o aproximadamente 140 galletas de soya cuesta \$3,08. Es decir que cada galleta tendría un costo de \$0,022 y el paquete con 6 galletas tendría un costo de \$0,13; más el empaque sería \$0,20.

En un batch saldrían 300 galletas, y al día se trabajaría 4 batches es decir 1200 galletas ó 200 paquetes de galletas al día. Como son 5 días a la semana y 20 días al mes serían 4000 paquetes al mes y 48000 paquetes al año.

COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN (paquete de 6 galletas)		\$ 0,2
UNIDADES/DÍA		200
UNIDADES/MES		4000
UNIDADES/AÑO		48000

COSTO DE PRODUCCIÓN	COSTO/DÍA	COSTO/MES	COSTO/AÑO
MATERIA PRIMA	\$ 40	\$ 800	\$ 9600

Elaborado por: Stephanie Guerrero B, 2012

Figura 12. Costo anual de materia prima

Los costos indirectos de fabricación son aquellos rubros que no forman parte inherente al proceso pero son necesarios para el proceso de elaboración del mismo.

Material	Cantidad por día	Cantidad por mes	Costo unitario	Costo mensual	Costo anual
Mandiles	4	-	\$ 10	\$ 40	\$ 40
Cofias	2	40	\$ 0,1	\$ 4	\$ 24
Botas (pares)	4	-	\$ 15	\$ 60	\$ 60
Material de limpieza	1	2	\$ 5	\$ 10	\$ 120
Energía eléctrica	-	-	\$ 1,5	\$ 30	\$ 360
Gas industrial	1	10	\$ 5	\$ 50	\$ 600
Agua potable	-	-	\$ 0,4	\$ 8	\$ 96
TOTAL			\$ 37	\$ 202	\$ 1300

Elaborado por: Stephanie Guerrero B, 2012

Figura 12. Costos indirectos de fabricación

Como el proceso no es automatizado, se designa a dos personas para la elaboración de las galletas, previamente capacitadas en cuanto a las Buenas Prácticas de Manufactura y al proceso de fabricación de las mismas.

	Salarios US \$			
	Mensual	Anual	Mensual Total	Anual Total
Obreros 2	292,00	3504,00	584,00	7008,00
Compensaciones	2,00	24,00	48,00	576,00
Bono Navideño (13 ro)	24,33	291,96	48,66	583,92
Bono escolar (14 to)	22,00	264,00	44,00	528,00
Vacaciones	12,76	146,00	25,52	306,24
Aporte patronal	27,30	327,60	54,60	655,20
total	380,39	4557,56	804,78	9657,36
TOTAL			\$ 804,78	\$ 9.657,36

Elaborado por: Stephanie Guerrero B, 2012

Figura 13. Costos Directos de Mano de Obra

8. Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante, a mi esposo: Miguel Ángel y a mis dos hijos: Mathias y Luis por su apoyo y amor incondicional. A mi profesora MSc. Karín Coello.

9. Conclusiones y Recomendaciones

Fue posible la utilización del okara, harina de soya baja en grasa y sémola de maíz para obtener galletas; libres de gluten; de alto valor nutricional, de bajo costo, buena presentación y de sabor agradable.

Se mejoró nutricionalmente la formulación ya existente en el PAE. Con un incremento del 8,1 % de proteínas y 74 Kcal más de las que ya se presentan en las especificaciones técnicas de la galleta tradicional por cada 100 g de producto.

Las galletas de okara, harina de soya baja en grasa y sémola de maíz presentaron un 19,1% de proteínas; 38% de grasa; 25,64% de carbohidratos y 524 Kcal por cada 100 gramos de producto final.

El harina de soya utilizada ha sido sometida a un pre-tratamiento térmico, que asegura la inhibición de factores anti nutricionales, principalmente la actividad de los inhibidores de tripsina, sustancia que inhibe la actividad proteolítica enzimática, que puede generar inhibición del crecimiento, reducción del metabolismo energético, hipertrofia pancreática, entre otros.

El diseño de experimentos midió el efecto de las proporciones de los tres componentes principales sobre características sensoriales tales como: la textura, color y sabor de las galletas obteniéndose datos y conclusiones objetivas y se evitó pruebas que implican gastos innecesarios de recursos.

Con el análisis de las pruebas discriminativas, según los datos obtenidos ninguna muestra presenta diferencia significativa en cuanto a sabor a soya, a un nivel de significancia 5%, se puede interpretar que el sabor a soya no es percibido en menor o mayor grado, todas las muestras tienen igual sabor a soya.

El análisis de varianza y la prueba de, definen que al variar las proporciones de las mezclas de los tres ingredientes principales tuvieron incidencia sobre el color. Al establecer la diferencia mínima significativa, se concluye que las muestras con mayor porcentaje de harina de soya (0,6-0,7%) son las más oscuras.

Existe suficiente evidencia estadística de que al variar las proporciones de las mezclas de los tres ingredientes principales sí tuvieron incidencia sobre la dureza. Con el cálculo de la diferencia mínima significativa, se puede concluir que las muestras con mayor porcentaje de harina de soya (0,6- 0,7%) fueron las más duras y al momento de ir aumentando el okara (0,4%) se ablandaron.

Coincidiendo con el análisis sensorial de dureza, los valores de dureza de las galletas obtenidos en el texturómetro de Andijzer indican que las muestras con mayor porcentaje de harina de soya (0,6% harina; 0,3% Okara y 0,1% sémola) y (0,7% harina; 0,2% Okara y 0,1% sémola) presentaron mayor dureza; pero al disminuir el porcentaje de harina de soya y aumentar el de okara (0,4% harina; 0,4% okara y 0,2%

sémola) y (0,4% harina; 0,5% okara y 0,1% sémola) la dureza disminuyó.

De igual manera al variar las proporciones de las mezclas de los tres ingredientes principales tuvieron incidencia sobre la crujencia. Así la muestra con mayor porcentaje de harina de soya (0,6%) es más crujiente que las que tuvieron menor porcentaje de la misma (0,4-0,5%) según el cálculo respectivo de la diferencia mínima significativa.

Se eligió la fórmula base, con 25 % de okara, 20 % de harina de soya y 5 % de sémola de maíz código experimental 259 y código sensorial 9523 al ser la mejor mezcla en cuanto a su facilidad de manejo frente a las demás en el laminado, moldeo y corte.

Con el análisis de las pruebas de aceptación a los consumidores potenciales; que fueron los niños, se pudo constatar que las galletas tuvieron un sabor agradable y que al incluirles chispas de chocolate en su formulación mejoraron su presentación y sabor.

En la prueba de estabilidad acelerada a 45 días, las galletas presentaron un crecimiento mínimo bacteriano, al no afectar la salud de los consumidores se le dio un tiempo de vida útil de seis meses al producto.

El costo unitario de producción de un paquete con seis galletas y un peso neto aproximado de cuarenta y ocho gramos fue de USD. \$ 0,40.

Se recomienda hacer otros estudios reológicos, que permitan valorar el comportamiento de la masa elaborada a base de una mezcla nueva y libre de gluten.

El producto final tuvo una humedad de 13 % por lo que se recomienda disminuir la temperatura de horneado de 140 a 130 ° c y a la vez aumentar el tiempo de cocción de 45 a 50 minutos para que estén dentro del rango de los requisitos de la normativa INEN, menor a 10%.

Se recomienda aplicar correctamente las buenas prácticas de manufactura en el proceso; principalmente en las etapas de laminación, corte y moldeo y enfriamiento para evitar la contaminación cruzada.

Para el empaque se recomienda usar polipropileno laminado, pues así podrá asegurarse la conservación de las características organolépticas del producto, así como también su grado de crujencia.

Se recomienda hacer un estudio sobre el uso de mejoradores de textura; en lo que respecta a la dureza

y crujencia de galletas a base de derivados de soya como es el caso de su harina desgrasada y del okara.

14. Referencias

- [1] GAMBOA, Vannia. Diseño de proceso para el desarrollo de barras energéticas como subproducto en la obtención de leche saborizada de soya. Tesis de Ingeniería. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2007
- [2] VARGAS, Jenny y ÁLVAREZ, Jairo. Producción y comercialización de yogurt de soya en Guayaquil como unidad estratégica de negocios para industrias lácteas Toni. Proyecto De Graduación de Ingeniería. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2003
- [3] FIGUEROA, Lizbeth y SÁNCHEZ, Virginia Proyecto para la creación de una planta procesadora de leche de soya en polvo para la ciudad de Guayaquil, Proyecto De Graduación de Ingeniería. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2006
- [4] BLUM, Jorge y CONTRERAS, Martha. Aprovechamiento de sémola de maíz y harina de soya para desarrollar alimentos infantiles de reconstitución instantánea. Tesis de Ingeniería. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2010.
- [5] NTE-INEN 2085:2005. Norma Técnica Ecuatoriana. Primera revisión. Galletas. Requisitos. Quito, Ecuador.
- [6] KUEHL, Robert O. Diseño De Experimentos. 2ª Edición. México D. F. Thomson Learning.
- [7] ANZALDÚA-MORALES, Antonio. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y en la Práctica. Zaragoza-España, Acribia, 1994.
- [8] GUERRERO, Gustavo. Proyectos de Inversión. 1º Edición. Noviembre 2007
- [9] PAE. Programa de Alimentación Escolar. En línea. Internet. 2011. Disponible en la página de internet: <http://200.25.183.74/>.
- [10] Akicorp. Okara. En línea. Internet. 2011. Disponible en la página de internet: <https://sites.google.com/a/akicorp.net/akicorp/okara>
- [11] TORRES, Nimbe y TOVAR, Armando “La historia del uso de la soya en México”. Sistema de Información Científica Redalyc, 2009. Disponible en la página de internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=10612549011>
- [12] PRADEEP, Khanna “Proteína de Soya” National Soybean Research Laboratory, 2012. Disponible en la página de internet: <http://nsrl.uiuc.edu>