

“Obtención y optimización de la mezcla para una bebida instantánea dirigida a un programa de alimentación escolar”

Verónica Graciela De la Paz Castro ⁽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
vdelapaz@espol.edu.ec ⁽¹⁾; kcoello@espol.edu.ec ⁽²⁾

Resumen

El presente trabajo fue elaborado con el objetivo de ofrecer al Programa de Alimentación Escolar (PAE) del Ecuador una bebida instantánea de fácil reconstitución y almacenamiento, que cumple con los requerimientos nutricionales de niños en edad escolar.

Para conseguir el objetivo planteado se utilizó principalmente harina de soja baja en grasa que tiene 48 % de proteínas y que se obtiene como residuo del proceso de extracción del aceite de esta oleaginosa. Se probó diversas proporciones en mezcla con arroz en polvo que ayudó a darle mayor aporte calórico y que mejoró las características sensoriales del producto final.

Como parte de la metodología de este trabajo primero se establecieron los requerimientos calórico – proteicos de los niños de 5 a 10 años en etapa escolar, luego se realizó un diseño experimental 2^K con réplica en el punto central en la etapa de pre cocción en el cual se determinó el efecto de la proporción de las mezclas, la temperatura, y tiempo sobre la solubilidad, color, sabor y consistencia de las mismas. Para adquirir la mezcla óptima se diseñó un modelo matemático con el fin de maximizar la cantidad de proteínas que se encuentran presentes por cada 100 gramos del producto final manteniendo en efecto la calidad sensorial. A continuación se procedió a la etapa del secado para eliminar la humedad necesaria y obtener la estabilidad de la bebida instantánea. Luego de las etapas de molienda y tamizado se formuló, probando sabores de naranjilla y maracuyá.

Con los respectivos análisis nutritivos, sensoriales, organolépticos, microbiológicos, estimación de vida útil y costo, se determinó la formulación más aceptable para el grupo objetivo.

Palabras Claves: *harina de soja baja en grasa, arroz en polvo, bebida instantánea, alimentación social.*

Abstract

This work was prepared with the aim of offering to the School Feeding Program of Ecuador (PAE) an instant drink easy for reconstitution and storage that meets the nutritional requirements of school children.

To achieve this objective we used mainly soy flour low fat whit 48% protein which is obtained as residue from the extraction process of this oleaginous oil. Was tested in varying proportions with rice powder mixture that helped give greater caloric intake and improved the sensory characteristics of the final product.

As part of the methodology of this work first were settled caloric requirements - protein for children 5 to 10 years in school age, then was performed an experimental design with replication 2^K at the midpoint in the precooking step , in which was determined the effect of the proportion of mixing, temperature, and time on solubility, color, flavor and consistency thereof. To acquire the optimal mixture a mathematical model was designed to maximize the amount of protein present for every 100 grams of final product in effect to maintaining the sensory quality. Then we proceeded to the drying step to remove moisture and obtain the necessary stability of the instant beverage. After the stages of milling and sieving were made, testing passion fruit and naranjilla flavors.

With the respective nutritional, sensory, organoleptic and microbiological analysis, estimated useful life and cost, we determined the formulation more acceptable to the target group

Keywords: *soya flour low-fat, rice powder, instant drink, social power.*

1. Introducción

El Ecuador en los actuales momentos cuenta con el Programa de Alimentación Escolar (PAE), el cual tiene como objetivo mejorar la capacidad y eficiencia de la educación básica facilitando un complemento alimenticio para niños y adolescentes de escuelas rurales y urbano marginales, con la finalidad de disminuir el alto índice de repeticiones y deserciones escolares. Para este proyecto se elaboró la bebida instantánea con una mezcla de arroz en polvo y harina de soja baja en grasa, que es una alternativa que podría distribuirse entre los productos que ofrece el PAE o cualquier otro programa de alimentación social. Por otra parte, el sector alimenticio dedicado a la elaboración de las bebidas en polvo ha aportado en cuanto a tecnología para proporcionarle al consumidor una gran variedad de este tipo de producto, que se podría aprovechar para la producción masiva.

La harina de soja baja en grasa es una de las materias primas, rica en proteína, hierro, fósforo, potasio, zinc, vitamina B5, vitamina B1. El alto contenido de hierro puede ayudar a evitar la anemia ferropénica. Esta harina se la obtiene tras un proceso de trituración y extracción de la grasa del haba con disolvente, hasta obtener un polvo fino. Puede ser empleada en la elaboración de diferentes productos como sopa, sustituto de la carne picada, bebidas en polvo, quesos, leches infantiles, panes, cereales, pastas y comida para mascotas.

El arroz en polvo es otra de las materias primas que se emplea en este producto, las características nutricionales es igual al del grano de arroz, contiene: calcio, hierro, vitaminas como: riboflavina, tiamina, Carece de gluten por lo que es un alimento apto para celiaco, se lo obtiene por la molienda del grano. En el Ecuador la producción de esta gramínea es regular y hay alto desperdicios en el pilado.

A pesar de las bondades nutritivas que ofrecen ambas materias primas, aun en la industria alimenticia ecuatoriana no han sido aprovechadas en la elaboración de otros productos para el consumo humano.

2. Materiales y Métodos.

2.1 Diseño Experimental

Se realizó un diseño experimental 2^K con réplica en el punto central en la etapa de pre cocción para determinar el efecto de la proporción de las mezclas, la temperatura, y tiempo sobre la solubilidad, color, sabor y consistencia de las mismas.

Se definió las variables de respuestas: solubilidad, consistencia (medida por método instrumental y por evaluación sensorial), color y sabor. Ver Tabla 1

TABLA 1: CORRIDAS EXPERIMENTALES

CODIGO	X1	X2	X3
345	78	1:1	6
435	68	3:1	6
432	73	2:1	4
545	78	1:1	2
609	68	1:1	2
791	78	3:1	2
849	68	3:1	2
867	78	3:1	6
900	73	2:1	4
971	68	1:1	6

2.2 Pruebas Sensoriales

Se realizó diferentes evaluaciones sensoriales en tres etapas del proceso: pre-cocción, formulación y producto final, donde se analizaron los siguientes atributos: consistencia, color, sabor y además, la preferencia del producto final.

Una vez que se seleccionaron las muestras con mejor consistencia y más solubles, se formularon las mezclas en polvo que fueron analizadas para determinar si existen diferencias significativas en cuanto a sabor, color y consistencia de acuerdo a las diferentes proporciones ensayadas.

Para esta evaluación se empleó una prueba de ordenamiento la misma que es una de las pruebas discriminativas más comúnmente utilizada para determinar el efecto de modificación en las condiciones del proceso sobre la calidad sensorial del producto. Se elaboraron 3 fichas en donde se establecieron 3 puntos para poder evaluar cada atributo con 20 jueces y para el análisis de cada parámetro se utilizó una escala (tabla 2, 3,4)

Tabla 2: Evaluación de color

ESCALA (TABLA NUMERO DE TRATAMIENTOS O MUESTRAS CALIFICADAS)	
MAS OSCURO	-95
	-45
INTERMEDIO	0
	45
MENOS OSCURO	95

Tabla 3: Evaluación de sabor




ESCALA (TABLA NUMERO DE TRATAMIENTOS O MUESTRAS CALIFICADAS)	
MAS AMARGO	-95
	-45
INTERMEDIO	0
	45
MENOS AMARGO	95

Tabla 4: Evaluación de consistencia

ESCALA (TABLA NUMERO DE TRATAMIENTOS O MUESTRAS CALIFICADAS)	
MAS ARENOSO	-95
	-45
INTERMEDIO	0
	45
MENOS ARENOSO	95

Finalmente, se realizó una prueba sensorial afectiva, la misma que es empleada para conocer la reacción subjetiva de los jueces frente al producto, para la cual se utilizó una ficha con una escala gráfica de 3 puntos y con cuarenta y tres niños cuyas edades comprendían entre 5 y 7 años como jueces no entrenados. Y para su respectivo análisis se manejó una escala hedónica gráfica de tres puntos (tabla 5)

Tabla 5: Escala Hedónica de tres puntos

ESCALA HEDONICA DE TRES PUNTOS	
	1
	0
	-1

Los datos obtenidos en las tres evaluaciones fueron analizados empleando análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para determinar diferencias significativas y diferencia mínima significativa repectivamente.

3. Optimización

Se planteó un modelo matemático para optimizar, maximizando la cantidad de proteínas presente en 100 gramos de la bebida instantánea, salvaguardando la calidad sensorial aceptable, para lo cual se definió la siguiente función objetivo:

Tabla 7: Formulación

$$Z_{MAX} = 0.0857 \chi_1 + 0.4823 \chi_2$$

χ_1 = arroz en polvo
 χ_2 = harina de soja baja en grasa.

sujeta a las siguientes restricciones:

$$\chi_1, > 0$$

$$\chi_1 + \chi_2 = 100$$

Proteínas:	0.0857 χ_1 + 0.4823 χ_2	>16
Grasas:	0.0021 χ_1 + 0.0095 χ_2	< 4
Carbohidratos:	0.718 χ_1 + 0.3322 χ_2	>50
Calcio:	2,05 χ_1 + 0.12 χ_2	>100
Hierro:	0.09 χ_1 + 0.007 χ_2	>0.001
Tiamina:	0.007 χ_1 + 0.0006 χ_2	>0.102
Riboflavina:	0.0028 χ_1 + 0.0004 χ_2	>0.02
Costo:	0.0014 χ_1 + 0.001 χ_2	<0.5

Se obtuvo una solución óptima de relación 1:1 para X_1 y X_2 , dando un máximo de 28,40% de proteínas en 100 gramos de mezcla. Pudiéndose plantear otras soluciones (no óptimas) que si cubren los requerimientos del PAE. Ver tabla 6.

Tabla 6: Informe de sensibilidad de Solver

Microsoft Excel 12.0 Informe de sensibilidad						
Hoja de cálculo: BEBIDA INSTANTÁNEA						
Informe creado: 7/23/2012 11:03:47 AM						
Celdas cambiantes						
Celda	Nombre	Valor igual	Gradiente redondeo	Coefficiente objetivo	Aumento permisible	Aumento permisible
\$C\$23	VALOR(GR) HARINA DE ARROZ (X1)	50	0	0.00217	0,3966	1E+30
\$C\$25	VALOR(GR) HARINA DE SOJA BAJA GRASA (X2)	50	0	0,4823	1E+30	0,3966
Restricciones						
Celda	Nombre	Valor igual	Sombra precio	Restricción lado derecho	Aumento permisible	Aumento permisible
\$D\$12	CANTIDAD GRAMOS PROTEINA FORMULA	28,4	0	16	12,4	1,0E+30
\$D\$13	CANTIDAD GRAMOS CARBOHIDRATO FORMULA	52,545	0	50	2,243	1,0E+30
\$D\$14	CANTIDAD GRAMOS CALCIO FORMULA	108,5	0	100	8,5	1,0E+30
\$D\$15	CANTIDAD GRAMOS HIERRO FORMULA	4,85	0	0,001	4,849	1,0E+30
\$D\$16	CANTIDAD GRAMOS TIAMINA(B1) FORMULA	0,38	0	0,102	0,278	1,0E+30
\$D\$17	CANTIDAD GRAMOS RIBOFLAVINA (B2) FORMULA	0,16	0	0,02	0,14	1,0E+30
\$D\$18	CANTIDAD DE KILOCALORIAS FORMULA	329	0	320	9	1,0E+30
\$D\$19	CANTIDAD GRAMOS HARINA DE SOJA BAJA GRASA FORMULA	50	0,3966	50	4,4604145078	31,26579895
\$D\$20	CANTIDAD GRAMOS GRASA FORMULA	0,58	0	4	1E+30	3,42
\$D\$21	TOTAL GRAMOS FORMULA	100	0,0857	100	1628,571429	2,780781209

Para establecer la formulación detallada en tabla 7 se realizaron varias pruebas a nivel de laboratorio, considerando los resultados de las diferentes evaluaciones sensoriales que se realizaron, obteniéndose finalmente la siguiente formulación donde se combina 57,77% de la mezcla base (harina de soja baja en grasa/arroz en polvo) con los demás ingredientes.

BEBIDA INSTANTÁNEA	
INGREDIENTE	%
MEZCLA	57.77
AZUCAR	39.84
ACIDO CITRICO	0.8
GOMA XANTHAN	1.59

5. Aporte calórico-proteico del producto final

La bebida instantánea obtenida en este proyecto aporta con 372,17 kcal por cada 100 gramos del producto y contribuye con 80.72 kcal de proteínas. (Tabla 8)

Tabla 8: Aporte Calórico – Proteico de la bebida instantánea

APORTE CALÓRICO - PROTEÍCO DE LA BEBIDA INSTANTÁNEA en cada 100gramos	
PROTEÍNA(KCAL)	80.72
GRASA (KCAL)	6.57
CARBOHIDRATOS TOTALES(KCAL)	284.88
ENERGÍA (KCAL)	372.17

6. Estimación de vida útil

La muestra fue expuesta a una temperatura de 100°C por diferentes tiempos, en la tabla 9 están registrados los resultados, donde indica que a una humedad 11,52% y con una aw de 0,711 la mezcla instantánea presenta un ligero cambio de color y a una humedad de 11,89% presenta un cambio total de color volviéndose desagradable, por lo que se consideró como humedad crítica para este producto 11,52%(aw =0,711).

Tabla 9 : Resultados de prueba para determinar humedad crítica

	COLOR	TIEMPO			OBSERVACIÓN
		SEGUNDO	HR%	AW	
1(PATRON)		10	9,00	0,669	
2		20	9,83	0,673	No cambio de color ni Apelmazamiento
3		30	10,68	0,704	No cambio de color ni Apelmazamiento
4		40	11,52	0,711	Inicio de cambio de color + Apelmazamiento
5		50	11,89	0,751	Cambio total color + Apelmazamiento

Con los datos ingresados en la tabla 10 se empleó la ecuación 3 donde se obtuvo una permeabilidad de $2,89 \cdot 10^{-4}$ g H₂O/ día m² mmHg. La mezcla instantánea necesita un empaque elaborado a base polietileno, aluminio, adhesivo, polipropileno, para tener 360 días de vida útil.

$$\theta = \frac{\ln r}{\left(\frac{k}{z}\right) \times \left(\frac{A}{W_s}\right) \times \left(\frac{P_0}{b}\right)}$$

Ec. 3

Tabla 10: Datos para determinar la permeabilidad

Humedad inicial	0,244 g H ₂ O/g s.s
Humedad crítica	0,1152 g H ₂ O/g s.s
Humedad equilibrio	0,149 g H ₂ O/g s.s
Presión (25 °C)	23,75 mmHg
Área del empaque	0,036 m ²
Ws (sólidos secos)	2,6889 g
Pendiente	0,244
Tiempo vida útil	360 días

6. Estimación de costos de producción

Para la elaboración de la bebida instantánea se consideró la mano de obra directa e indirecta, sin considerar utilidad para la empresa debido a que es un producto propuesto para programas de alimentos sin fines de lucro, obteniendo como resultado una mezcla instantánea en polvo, nutritivo en la presentación de 500 gramos con un costo unitario de \$2,14. En la tabla 11 se detalla los costos fijos y variables de este análisis.

Tabla 11: Estimación de costos de producción

	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES
COSTO DE FABRICACION		
MATERIA PRIMA E INGREDIENTES		\$ 96.522,04
MANO DE OBRA DIRECTA	\$ 23.846,59	
SUMINISTROS Y SERVICIO	\$ 430,00	
MATERIALES DE LIMPIEZA		\$ 540,00
DEPRECIACIONES	\$ 5.716,60	
REPARACION Y MANTENIMIENTO		\$ 1.680,00
SEGUROS	\$ 1.200,00	
OTROS		\$ 650,00
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN		
REMUNERACIONES	\$ 16.345,60	
GASTOS DE OFICINA	\$ 600,00	
MOVILIZACIÓN Y VIÁTICOS		
DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES	\$ 5.716,60	
GASTOS DE VENTA		
REMUNERACIONES		
COMISIONES SOBRE VENTAS		
GASTOS DE TRANSPORTES	\$ 600,00	
DEVOLUCIONES		
	\$ 54.455,39	\$ 99.392,04
TOTAL ANUAL		\$ 153.847,43
NÚMEROS DE PAQUETES DE 500gr ANUALES		71898
COSTO UNITARIO DE ELABORACIÓN		\$ 2,14

8. Agradecimiento

Agradezco a todas las personas que de una u otra forma, colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente a mis padres, esposo y hermanas.

9. Conclusiones y Recomendaciones

- La mezcla instantánea está elaborada a base del 50% de harina de soja baja en grasa y un 50% de arroz en polvo, proporción idónea que fue sometida a un proceso de pre cocción para gelificar los almidones presentes en la mezcla, a una temperatura de 78°C por 6 minutos dando una masa homogénea y firme, que luego fue sometida a un proceso de secado con el cual se logró eliminar un 75,18% de humedad y tener un rendimiento total del proceso del 90,64%.
- La mezcla óptima se logró al combinar ambas materias primas en una relación 1:1, obteniéndose como máxima cantidad de proteínas el 28,40 % por cada 100 gramos de producto, validándose el modelo matemático con el análisis físico químico donde los resultados fueron de un 20,18% de proteínas presente en la mezcla final.
- La bebida instantánea desarrollada tiene una presentación de 500 gramos que rinde 14 vasos de 250ml., cada porción aporta con un 7,21% de proteínas y 132,92 Kcal.
- La mezcla base de esta bebida instantánea puede ser utilizada para elaborar bebidas de diferentes sabores como maracuyá, naranjilla, pera.
- Se recomienda aplicar correctamente las buenas prácticas de manufactura en el proceso de elaboración de la bebida instantánea; principalmente en las etapas de pre cocción, secado y formulación para evitar la contaminación cruzada.
- Para el empaque se recomienda usar fundas a base polietileno, aluminio, adhesivo, polipropileno para asegurar la conservación de las características organolépticas de la mezcla instantánea por 1 año.

10. Referencias

- [1] Aprovechamiento de sémola de Maíz y harina de soya para desarrollar alimentos infantiles de reconstitución instantánea, Jorge Blum y Martha Contreras. Tesis De Ingeniería Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2010.
- [2] Elaboración de sopa instantánea a partir de harina de arroz (Oriza Sativa), Angélica Loor y Carlos Arcos. Proyecto De Graduación Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2011
- [3] Proyecto para la creación de una planta Procesadora de leche de soya en polvo para la ciudad de Guayaquil, Figueroa Lizbeth Y Sánchez Virginia, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2006
- [4] “Alternativas de aprovechamiento de subproductos de soya y maíz de la agroindustria ecuatoriana para el desarrollo de productos dirigidos a la alimentación social”, Karin Coello, Tesis de Grado Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2011.
- [5] Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 736, 1989-05. Harina de maíz pre cocida. Determinación de la expansión. Quito, Ecuador.
- [6] Norma Técnica Ecuatoriana INEN 524, 1980-12. Harinas de origen vegetal. Determinación del Almidón de maíz pre cocida. Quito, Ecuador.
- [7] Norma Técnica Ecuatoriana INEN 519, 1980-12. Harinas de origen vegetal. Determinación de la proteína. Quito, Ecuador.
- [8] Norma Técnica Ecuatoriana INEN 519, 1980-12. Harinas de origen vegetal. Determinación de la proteína. Quito, Ecuador.
- [9] Norma Técnica Ecuatoriana INEN 517, 1980-12. Harinas de origen vegetal. Determinación del tamaño de la partícula. Quito, Ecuador.
- [10] Norma Técnica Ecuatoriana INEN 186, Segunda Revisión. Harinas de origen vegetal. Granos y Cereales. Arroz en Cascara. Requisitos. Quito, Ecuador
- [11] PAE. Programa De Alimentación Escolar. Disponible en la página de internet: <<http://www.pae.gob.ec/>>.
- [12] Kuehl, Robert O. *Diseño De Experimentos*. 2ª Edición. México D. F. Thomson Learning
- [13] Anzaldúa-Morales, Antonio. *La Evaluación Sensorial De Los Alimentos En La Teoría Y En La Práctica*. Zaragoza-España, Acribia, 1994.
- [14] Guerrero, Gustavo. *Proyectos De Inversión*. 1º Edición. Noviembre 2007
- [15] 2479-7876-1-PB Solubilidad. Disponible en la página de internet: <<http://www.rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/.../1624>>