

## Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína

### Evaluation of quality characteristics in cereal bars with high fiber and protein content

### Avaliação das características de qualidade nas barras de cereais com fibra alta e contenido à proteína

LUIS FRANCISCO MÁRQUEZ-VILLACORTA<sup>1</sup>, CARLA CONSUELO PRETELL-VÁSQUEZ<sup>1</sup>

#### RESUMEN

*La utilización subproductos agroindustriales y cereales andinos en elaboración de alimentos funcionales se evidencian en actuales investigaciones. Las barras de cereales se destacan como comidas rápidas de elevado valor nutricional. El objetivo de la investigación fue formular barras de cereales con ingredientes de estudio salvado de avena, polvo de cáscara de piña y copos de quinua; con valores adecuados de proteína, firmeza, aceptación sensorial, fibra dietética y compuestos fenólicos. Se aplicó diseño de mezclas simplex con centroide ampliado con rango de trabajo de 0 - 31,34%. Encontrándose efecto significativo del salvado de avena, polvo de cáscara de piña y copos de quinua, sobre las variables respuesta. El modelo apropiado para representar el comportamiento de las variables respuestas fue seleccionado*

Recibido para evaluación: 26 de Febrero de 2018.

Aprobado para publicación: 12 de Mayo de 2018.

- 1 Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación de Tecnología Postcosecha y Utilización de Subproductos Agroindustriales. M.Sc. Tecnología de Alimentos. Trujillo, Perú.

Correspondencia: [imarquezv@upao.edu.pe](mailto:imarquezv@upao.edu.pe)

considerando valores  $p < 0,05$ ;  $R^2 > 0,80$  y falta de ajuste  $> 0,05$ ; siendo el modelo especial cúbico el que mejor ajustó datos para proteína y aceptabilidad general; mientras que para fibra dietética fue el modelo cuadrático. Se determinó que el tratamiento óptimo fue constituido por 4,12% salvado de avena; 10,04% polvo cáscara de piña y 17,18% copos de quinua, presentando contenido de proteína (11,37%), fibra dietética (13,28%) y aceptabilidad general (7,47 puntos) que equivale a percepción muy bueno.

## ABSTRACT

The utilization of agro-industrial by-products and andean cereals in the elaboration of functional foods is evidenced in current research. Cereal bars stand out as fast foods with high nutritional value. The objective of the research was to formulate cereal bars counting as ingredients of oat bran study, pineapple peel powder and quinoa flakes; with adequate values of protein, firmness, sensory acceptance, dietary fiber and phenolic compounds. A simplex mix design with expanded centroid with a working range of 0 - 31,34% was applied. A significant effect of oat bran, pineapple peel powder and quinoa flakes was found on the response variables. The appropriate model to represent the behavior of the response variables was selected considering the values of  $p < 0,05$ ;  $R^2 > 0,80$  and lack of fit  $> 0,05$ ; being the cubic special model the one that better adjusted the data for protein and general acceptability; while for dietary fiber it was the quadratic model. It was determined that the optimal treatment was constituted by 4,12% oat bran; 10,04% pineapple shell powder and 17,18% quinoa flakes, having a protein content (11,37%), dietary fiber (13,28%) and general acceptability (7,47 points) which is equivalent to a very good perception.

## RESUMO

A utilização de subprodutos agroindustriais e cereais andinos na elaboração de alimentos funcionais é evidenciada na pesquisa atual. As barras de cereais destacam-se como alimentos rápidos com alto valor nutricional. O objetivo da pesquisa foi formular barras de cereais contando como ingredientes do estudo de farelo de aveia, casca de abacaxi e flocos de quinua; com valores adequados de proteína, firmeza, aceitação sensorial, fibra dietética e compostos fenólicos. Foi aplicado um projeto de mistura simples com centróide expandido com uma faixa de trabalho de 0 a 31,34%. Um efeito significativo do farelo de aveia, da casca de abacaxi e dos flocos quinua foi encontrado nas variáveis de resposta. O modelo apropriado para representar o comportamento das variáveis de resposta foi selecionado considerando os valores de  $p < 0,05$ ;  $R^2 > 0,80$  e falta de ajuste  $> 0,05$ ; sendo o modelo especial cúbico o que melhor ajustou os dados de proteína e aceitabilidade geral; enquanto que para fibras alimentares era o modelo quadrático. Determinou-se que o tratamento ótimo foi constituido por 4,12% de farelo de aveia; 10,04% de pó de abacaxi e 17,18% de flocos de quinua, com maior teor de proteína (11,37%), fibra dietética (13,28%) e aceitabilidade geral (7,47 pontos), o que equivale a uma percepção muito boa.

## PALABRAS CLAVES:

Cáscara de piña, Fibra dietética, Quinoa, Snack saludable, Diseño de mezcla.

## KEYWORDS:

Pineapple peel, Dietary fiber, Quinoa, Healthy snack, Mix design.

## PALAVRAS-CHAVE:

Casca de abacaxi, Fibra dietética, Quinoa, Lanche saudável, Design de mistura.

## INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos, nutritivos y seguros está creciendo en todo el mundo, y una ingesta equilibrada de alimentos es la forma correcta de prevenir o incluso remediar problemas de salud, como la obesidad, diabetes, desnutrición, cardiopatías y otros, que en gran medida se origina a partir de errores dietéticos [1]. En la población universitaria se asocia el comportamiento alimentario y estilo de vida con la irregularidad en el patrón de comidas, que unido a un incremento de los requerimientos nutricionales, dificultarán el seguimiento de dietas sanas y equilibradas [2].

Frente a este problema, se hace necesario modificar los hábitos alimentarios en las personas, promoviendo el aumento de actividad física y alimentación saludable consumiendo frutas, cereales, alimentos con bajo contenido de azúcar y alto aporte de fibra dietética para inducir mayor saciedad [3, 4]. En los últimos años, la demanda y el consumo de alimentos que contienen nutrientes y otros compuestos con propiedades beneficiosas para la salud han aumentado rápidamente; estos son conocidos como alimentos funcionales [5]. Actualmente, los consumidores prefieren alimentos en los cuales se perciba propiedades de salud y, al mismo tiempo, convenientes para un fácil consumo, almacenamiento y manipulación. En este sentido, los productos listos para consumir, como las barras de cereal, son muy apreciadas por esta conveniencia [6].

Las barras de cereales representan un producto alternativo que podría usarse para introducir nutrientes y compuestos funcionales beneficiosos para la salud en la dieta. Las barras de cereal son productos relacionados con alimentos con propiedades benéficas, y son obtenidos de la compresión de cereales, que contienen frutos secos, nueces, saborizantes e ingredientes aglutinantes. Ingredientes usualmente contenidos en barras de cereales son mezclas de cereales (trigo, maíz, avena, arroz), frutas secas y nueces, jarabe de maíz, miel, azúcar, lecitina y saborizantes. Por lo tanto, es posible obtener este tipo de producto con mayor calidad nutricional y funcional eligiendo y complementando las materias constituyendo una opción de comida con beneficios [5, 7, 8].

Comercialmente hay varios tipos de barras alimenticias disponibles, como barras de reemplazo de comidas, barras orientadas a las necesidades nutricionales

de los diabéticos, mujeres y niños, altas en proteínas, fibra, calorías, minerales y ricas en vitaminas, barras con aditivos funcionales como prebióticos, etc. También se han hecho populares debido a las ventajas nutricionales asociadas con ellas [9]. Un número de estudios relacionados al consumo de barras de cereales como sustitutos de la comida han demostrado su efectividad, así mismo, se están investigando el desarrollo de barras bajas en calorías, que producen saciedad o con baja índice glucémico [10].

Actualmente, hay un creciente interés en diferentes países, especialmente en Europa, para introducir la quinua. La quinua es un pseudocereal con alto contenido en proteínas, lípidos, fibra, vitaminas y minerales que puede usarse como reemplazo de productos de cereales en barras de alimentos. Este cultivo andino presenta un buen equilibrio de ácidos grasos esenciales y aminoácidos. La quinua también contiene numerosos fitoquímicos: fitoesteroles, compuestos fenólicos y péptidos bioactivos [5, 11]. La industria alimentaria desarrolla rutinariamente nuevos productos como una estrategia para conquistar nuevos mercados; en este contexto, las barras de cereales se destacan con un mercado que crece en un volumen anual de 20% [12].

Los residuos agroindustriales a menudo no se aprovechan adecuadamente (los principales destinos de estos residuos orgánicos generados son la alimentación animal o el desecho en vertederos) y plantean un problema importante de eliminación para las partes interesadas. Los desechos de procesamiento de alimentos son fuentes prometedoras de compuestos valiosos como fibra dietética, antioxidantes, ácidos grasos esenciales, antimicrobianos, minerales; existiendo una gran variedad de materias primas disponibles (cáscara, semilla, bagazo, frutas y vegetales dañados o con problemas de madurez y calidad) [13]. En consecuencia, se viene prestando mucha atención al uso de subproductos vegetales que no son de uso común por la industria alimentaria y la población. El uso de estos subproductos agrega valor a la producción, además de contribuir a la formulación de nuevos productos alimenticios y minimizar las pérdidas [14].

Los residuos generados por el sistema de procesamiento de la fruta, como la cáscara, la semilla y el bagazo, se pueden usar en la dieta humana mediante técnicas apropiadas, evitando así el desperdicio de materiales que se pueden utilizar, al agregarles valor, y este material puede tener como base algunos sustratos, que

no tienen ningún valor comercial. Como un ejemplo del uso de estas materias primas, es utilizar tanto la cáscara y el corazón de piña en formulaciones de barras de cereales, jarabe (utilizado en conservas), vinagre, mermeladas y galletas. Así mismo, los residuos de piña son de interés general ya que presentan altos niveles de fibra dietética soluble e insoluble [15, 16].

Las técnicas de optimización se pueden aplicar a un producto en desarrollo como intento por encontrar la formulación ideal, o incluso para investigar cómo las variables independientes afectan a una o más variables dependientes. Por lo tanto, la metodología del diseño de mezcla es adecuada para productos alimenticios que requieren una composición o combinación de ingredientes clave, ya que las proporciones de los ingredientes en la mezcla y sus niveles dependen uno del otro, y la suma de todos los componentes es siempre 1 ó 100% [17].

Por ello el objetivo planteado en esta investigación fue evaluar el efecto de los componentes base salvado de avena, polvo de cáscara de piña y copos de quinua sobre el contenido de proteína, fibra dietética total, firmeza, aceptabilidad general, y compuestos fenólicos; en barras de cereales.

## MÉTODO

### Ingredientes

Los ingredientes base para las barras de cereales (copos de quinua, kiwicha y arroz, salvado de avena, pasas, ajonjolí, azúcar blanca) fueron obtenidos en el Mercado Zonal Palermo del Distrito de Trujillo-Perú. La maltodextrina, lecitina de soya, gelatina, ácido cítrico, glucosa de maíz y esencia de vainilla; utilizados para la elaboración del jarabe aglutinante fueron adquiridos en la empresa Linros Interinsumos E.I.R.L., Trujillo-Perú.

### Obtención de polvo de cáscara de piña

Se elaboró a partir de los residuos de piña variedad Golden producidos en la sección de jugos y ensaladas de frutas en el Mercado Zonal Palermo de Trujillo. Para ello, las cáscaras fueron enjuagadas con agua potable, escurridas y luego colocadas en un secador híbrido (solar-eléctrico) de capacidad 30 kg/lote, a 60°C durante 12 h, hasta alcanzar una hume-

dad del 10%. Finalmente la cáscara seca se sometió a molienda en un molino de martillos (marca Nawel, modelo F-180) para reducir su tamaño en una malla Mesh N° 100 (150 µm).

### Formulación base para barras de cereales

En la Cuadro 1, se presenta la formulación base para la elaboración de barras de cereales, a partir de la cual se sustituyó porcentajes de salvado de avena por polvo de cáscara de piña y copos de quinua para la obtención de los tratamientos.

### Elaboración de barras de cereales

El jarabe aglutinante se preparó en un recipiente de acero inoxidable para inicialmente fundir y disolver el azúcar, agua y ácido cítrico hasta obtener el azúcar invertido, seguido por la adición de glucosa, maltodextrina, gelatina pre-disueltas y lecitina. Los ingredientes se mantuvieron bajo calentamiento y agitación constante, y el contenido de sólidos solubles se comprobó periódicamente con un refractómetro de mano (marca Atago 58-90%, modelo Master 3M) hasta que se obtuvo una concentración de 82°Brix. Los ingredientes secos se incorporaron en el jarabe de aglutinación a una temperatura de aproximadamente 95°C, y la masa se mezcló constantemente hasta que se homogenizó por completo. Luego se procedió a verter la masa en un molde de acero inoxidable de 30 x 27 x 1,5 cm, con la ayuda de un cilindro de acero inoxidable se laminó uniformemente para compactar. El molde con la masa se secó en el secador hí-

Cuadro 1. Formulación base para barras de cereales.

Ingredientes	(%)
Copos arroz	5,70
Copos kiwicha	11,40
Salvado avena	31,34
Ajonjolí	4,75
Maltodextrina	6,65
Lecitina soya	0,19
Pasas	2,85
Gelatina	7,03
Ácido cítrico	0,04
Vainilla	0,06
Glucosa	15,00
Azúcar invertido	15,00
Total	100,00

brido durante 1 h a 60°C para después dejar enfriar a temperatura ambiente. Finalmente se cortaron las barras en unidades de 9 cm x 3 cm x 1,5 cm, las cuales tuvieron un peso de 20 a 25 g y se envolvieron en una película flexible.

## MÉTODO

### Contenido de proteína

Se determinó por el método micro Kjeldahl (equipo marca J.P. Selecta, digestor con neutralizador de gases y destilador) utilizando el factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6,25 [18].

### Firmeza

Se evaluó con ayuda del texturómetro Universal Instron, serie 3342 (Massachusetts, USA) y software Bluehill 2. El accesorio empleado para medir la fuerza de corte fue un punzón tipo guillotina. El equipo operó bajo las siguientes condiciones: velocidad antes de la prueba de 1 mm/s; velocidad de ensayo 2 mm/s; y después de la prueba de velocidad de 1 mm/s, con distancia de corte 10 mm. La distancia entre los dos puntos de soporte fue de 5 cm [19].

### Aceptabilidad general

Se evaluó en base a las características sensoriales de color visual, firmeza táctil y sabor de las barras de cereales usando una escala hedónica de 9 puntos, donde 1: extremadamente malo, 3: malo, 5: aceptable y límite de aceptabilidad, 7: bueno y 9: excelente. Se trabajó con 50 panelistas no entrenados entre 18 y 35 años, representativos del público consumidor. A cada panelista se le presentó cinco muestras debidamente codificadas al azar con 3 dígitos, luego de 10 min, se mostró las cinco muestras faltantes. Se le colocó un vaso con agua para que entre muestra no exista saturación al momento de emitir el juicio [14, 20].

### Contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble

Se trabajó de acuerdo al método descrito por la Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2005) [21].

## Compuestos fenólicos

Se utilizó la metodología descrita por Rezende *et al.* (2015) [1] con modificaciones. La extracción de los compuestos fenólicos fue desarrollada con alcohol etílico al 80%, por agitación magnética durante 2 h a temperatura ambiente, en proporción 1:25 (p/v). Los extractos fueron evaporados hasta 25 mL y sujetos a determinación, usando el reactivo Folin-Ciocalteu. El ácido gálico fue usado como estándar.

## Diseño estadístico

Se empleó un diseño de mezclas, para evaluar el efecto de tres ingredientes y sus combinaciones: salvado de avena (SA), polvo de cáscara de piña (CP) y copos de quinua (CQ); en el 31,34% de la formulación base sobre el contenido de proteína, fibra dietética total, firmeza, aceptabilidad general y compuestos fenólicos con un total de 10 tratamientos como se observa en el Cuadro 2, los mismos que fueron corridos en tres repeticiones. El análisis de varianza, se aplicó con un nivel de confianza del 95%, para validar los modelos obtenidos se consideró  $R^2 > 0,80$ , valor  $p < 0,05$  y la falta de ajuste mayor a 0,05. Se utilizó el programa Minitab Statistical Software, versión 17,0 (Minitab Inc., 2014) para obtener las ecuaciones, generar las figuras de superficie de respuesta y optimizar las variables independientes.

En el Cuadro 2 se presentan las mezclas de ingredientes que constituyen los tratamientos para elaborar las barras de cereales.

Cuadro 2. Mezclas de ingredientes para elaborar las barras de cereales.

Tratamiento	SA (%)	CP (%)	CQ (%)
1	0,00	0,00	31,34
2	31,34	0,00	0,00
3	0,00	31,34	0,00
4	15,67	0,00	15,67
5	0,00	15,67	15,67
6	15,67	15,67	0,00
7	10,45	10,44	10,45
8	5,22	5,22	20,90
9	20,90	5,22	5,22
10	5,22	20,90	5,22

## RESULTADOS

### Contenido de proteína

El contenido de proteína que presentaron las barras de cereales estuvo entre 10,65 – 15,88%; correspondiendo los valores más elevados a los tratamientos con mayor contenido de copos de quinua (Cuadro 3). Así mismo, otras investigaciones en barras de cereales con alto contenido proteico reportaron valores de 18,1% [22]; 14,37% [23]; 12,63% [24]; 12,30% [9]; 2,02% [18] y 7,77% [25].

El contenido de proteína en barras de cereales está en función de la cantidad incorporada de sus ingredientes en las formulaciones, así como, a la calidad de las proteínas que estos presentan [26]. La kiwicha, quinua y kañiwa son cereales procedentes de los andes de América del Sur, donde se han mantenido como una materia prima básica desde la época prehispánica, debido a su cantidad y calidad proteica (comparable a la caseína), y a un alto contenido en fibra y compuestos bioactivos [27].

El uso de quinua inflada o en copos en las barras alimenticias mejora los valores nutricionales (como el contenido de proteínas) y funcionales, en comparación, con el uso de productos tradicionales como el arroz u otros cereales inflados [5].

### Firmeza

La firmeza para las muestras analizadas varió entre 23,9 a 33,8 N; denotándose los valores más altos en los tratamientos con mayor contenido de salvado de avena y cáscara de piña en polvo (Cuadro 3). Otras investigaciones en barras cereales reportan 63,60 - 135,33 N [28]; 73,53 N [29]; 56,47 [1]; 44,05 N [30]; 44,13 N [31]; 24,20 N [32] y 13,31 N [33]. Lo cual evidencia la amplia gama de firmeza en estos productos alimenticios.

En general, los productos elaborados con alto contenido de fibra resultan en productos más densos y duros, lo que no implica una menor aceptación del producto [6]. La adición de ingredientes fibrosos influye en la textura de los alimentos en general, mejorando la dureza, la masticabilidad y la adhesividad [17]. Las propiedades de textura están fuertemente influenciadas por el tamaño o la estructura de las partículas de las harinas u otras sustancias a granel. Además,

los atributos de la textura sin duda contribuyen enormemente a la frescura de la percepción del producto por parte de los consumidores [29].

El aumento en la resistencia al corte o firmeza en las barras de cereales puede explicarse por la compactación del producto causado por la presencia de la fibra dietética, además de las diferencias granulométricas entre los insumos agregados en la elaboración [1]. En el análisis de firmeza instrumental de barras de cereales existe una gran variación de fuerzas ejercidas por el texturómetro para romper el producto, esto debido a la diversidad de estructuras presentes en las formulaciones como son los copos de arroz, quinua, castañas, pasas, y otros componentes [19].

### Aceptabilidad general

La aceptabilidad general para las muestras analizadas varió entre 5,0 a 7,9; denotándose el valor más alto en el tratamiento con contenido equitativo de copos de quinua y cáscara de piña en polvo (15,67%), seguido del tratamiento combinado con 20,90% de copos de quinua; 5,22 de cáscara de piña en polvo y 5,22 de salvado de avena (Cuadro 3). Otros investigadores reportan que los mayores resultados de aceptabilidad general utilizando una escala hedónica de 9 puntos en barras de cereales con fibra fueron de 7,25 [29]; 7,11 [34]; 6,9 [17] y 6,7 [5].

La incorporación de ingredientes de subproductos agroindustriales de frutas que contienen carbohidratos y fibra soluble como la pectina repercuten en su sabor, olor agradable y adecuada consistencia de las barras de cereales, haciéndolos más aceptados por los consumidores [18]. El efecto positivo de la mezcla de los tres componentes (harina de cáscara de plátano, copos de arroz y harina de avena) en la aceptabilidad sensorial puede estar relacionado con el hecho de que las barras de cereales se formulan con una mezcla de varios ingredientes secos y aglutinantes; sugiriendo que la harina o polvos de subproductos agroindustriales pueden ser potenciales ingredientes para ser utilizados en estos productos [17].

Las características de textura como masticabilidad y crocantes son las de mayor relevancia para los panelistas en las pruebas sensoriales de barras de cereales; y en cuanto a la intensidad de compra y aceptabilidad es el flavor y apariencia los que más influyen [23]. En los resultados de la presente investigación se pudo obser-

var que los panelistas demostraron mayor aceptación en las barras que presentaron cantidades intermedias de polvo de cáscara de piña, debido a que ésta aporta un agradable aroma intenso a fruta, mejor que el salvado de avena que es usado como fuente convencional de fibra en este tipo de productos. Además, en altos niveles de copos de quinua se obtuvieron mejores comentarios en cuanto a masticabilidad y firmeza.

### Contenido de fibra dietética

El contenido de fibra dietética total varió entre 8,30 a 14,13%; denotándose los valores más elevados en los tratamientos con mayor contenido de cáscara de piña en polvo y su combinación equitativa con salvado de avena (15,67%) (Cuadro 4). Elevados valores de fibra dietética en alimentos son esenciales para mantener la buena salud y reducir el riesgo

de varias enfermedades tales como la enfermedad del corazón y diabetes. Las barras de cereales con contenido mayor del 6% pueden clasificarse como productos ricos en fibra, pudiendo ser denominados alimentos funcionales. También se menciona que los elevados contenidos en fibra pueden explicarse por la adición de ingredientes con elevada concentración de este componente [1]. Las barras de cereales con alto contenido de fibra se caracterizan como alimentos prebióticos debido a que la presencia de la fibra permite un cambio en la actividad y composición de la flora microbiana intestinal con perspectiva de la promoción de la salud de la persona que ingiere el producto [35]. Otras investigaciones referidas a barras de cereal con alto contenido de fibra dietética total reportaron valores entre 12,72 - 22,04% [24]; 18,79 - 20,77% [6]; 19,78% [18] y 14,60% [36].

**Cuadro 3.** Efecto del salvado de avena, polvo de cáscara de piña y copos de quinua sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de barras de cereales.

Tratamiento	SA (%)	CP (%)	CQ (%)	Contenido proteína (%)	Firmeza instrumental (N)	Aceptabilidad general (puntos)
1	0,00	0,00	31,34	15,88	23,9	7,20
2	31,34	0,00	0,00	13,73	28,1	5,00
3	0,00	31,34	0,00	10,65	26,7	6,80
4	15,67	0,00	15,67	14,67	32,3	7,40
5	0,00	15,67	15,67	13,68	24,1	7,90
6	15,67	15,67	0,00	12,37	37,8	6,40
7	10,45	10,44	10,45	12,41	30,9	6,80
8	5,22	5,22	20,90	13,68	22,8	7,60
9	20,90	5,22	5,22	12,84	33,4	6,20
10	5,22	20,90	5,22	11,60	27,2	7,00

**Cuadro 4.** Efecto del salvado de avena, polvo de cáscara de piña y copos de quinua sobre la fibra dietética total, soluble e insoluble, y compuestos fenólicos totales de barras de cereales.

Tratamiento	SA (%)	CP (%)	CQ (%)	Fibra dietética total (%)	Fibra dietética soluble (%)	Fibra dietética insoluble (%)	Compuestos fenólicos (g AG/100 g)
1	0,00	0,00	31,34	8,30	6,23	2,07	0,20
2	31,34	0,00	0,00	11,97	8,38	3,59	0,26
3	0,00	31,34	0,00	14,13	5,65	8,48	1,82
4	15,67	0,00	15,67	10,71	7,50	3,21	0,31
5	0,00	15,67	15,67	12,26	5,03	7,54	0,71
6	15,67	15,67	0,00	12,67	5,52	6,74	1,17
7	10,45	10,44	10,45	11,75	5,29	6,46	1,23
8	5,22	5,22	20,90	10,52	6,31	4,21	0,47
9	20,90	5,22	5,22	11,55	6,58	4,97	0,64
10	5,22	20,90	5,22	12,93	5,56	7,37	1,36

Cada año se producen miles de millones toneladas de subproductos agrícolas a lo largo de los procesos agroindustriales. Es necesario tomar medidas adicionales para explorar el potencial interno de los agro-residuos para usarlos como ingredientes alimentarios sustituyendo parcial o totalmente, los presentes en la lista tradicional de alimentos. Algunos de los residuos agrícolas contienen los nutrientes más valiosos de la planta y es realmente un desperdicio eliminarlos [13].

Una opción de aporte en fibra en barras de cereales es adicionar ingredientes obtenidos de subproductos industriales como residuos obtenidos del procesamiento de piña tales como corazón y cáscara [15]. Ha sido reportado un contenido de fibra dietética total de 62,54%, soluble de 21,66% e insoluble de 40,88% en polvo de cáscara de piña [37].

El salvado es la capa comestible más externa del grano (subcapa de la aleurona, capa de aleurona y la contigua al endospermo amiláceo del embrión) de avena y se produce moliendo granos limpios o avena triturada para separar la harina luego del tamizado, cernido vibratorio y otros medios adecuados. Tiene un total de  $\beta$ -glucanos y fibra dietética no inferior a 5,5 y 16,0%; respectivamente, con al menos un tercio de la fibra dietética total en forma de fibra soluble [38]. Las barras alimenticias son productos versátiles hechos a menudo con avena, un cereal reconocido por sus características tecnológicas, que también proporciona beneficios para la salud y propiedades reductoras del colesterol asociadas con los  $\beta$ -glucanos, una fibra soluble [24].

### Compuestos fenólicos

El contenido de compuestos fenólicos totales varió entre 0,20 a 1,82 g AG/100 g, denotándose el valor más alto en el tratamiento con mayor contenido de cáscara de piña en polvo, seguido del tratamiento con 20,90 de cáscara de piña en polvo; 5,22% con copos de quinua y 5,22% de salvado de avena (Cuadro 4). Otras investigaciones referidas a barras de cereales reportaron valores entre 0,51 g AG/100 g [5]; 1,60 g ácido tánico/100 g [1].

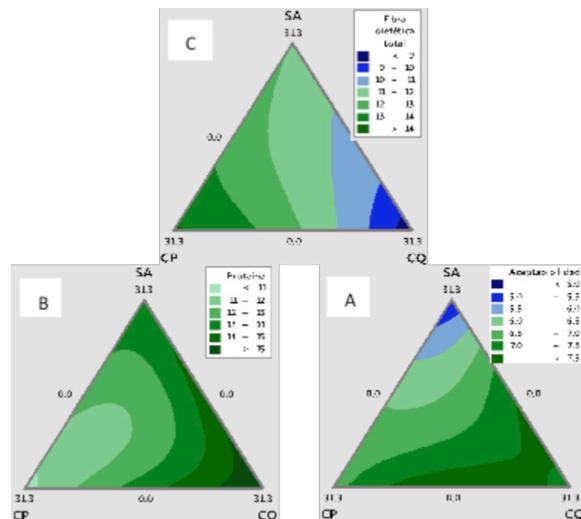
Se ha demostrado interés en la aplicación de subproductos agroindustriales como ingredientes alimentarios funcionales, ya que son ricos en fibra dietética y compuestos bioactivos. Los compuestos fenólicos de los subproductos de plantas superiores pueden

actuar como antioxidantes o agentes de otros mecanismos como por ejemplo de acción anticarcinogénica o cardioprotectora. Los polifenoles vegetales son multifuncionales y pueden actuar como agentes reductores, antioxidantes donantes de hidrógeno y extintores de oxígeno singlete [13]. Los principales subproductos del procesamiento reportan un contenido de compuestos fenólicos totales de 2787,09 mg AG/ 100 g en residuos liofilizados de piña [18].

En granos de cereales los compuestos fenólicos están localizados principalmente en el pericarpio, pudiendo ser concentrados mediante el descascarillado del grano obteniéndose el salvado, que puede ser incorporado en productos alimentarios tales como panes, galletas, tortillas y barras, incrementando sus propiedades nutraceuticas. Se ha reportado un contenido de compuestos fenólicos totales de 480 mg AG/ 100 g de salvado de avena [40].

El consumo generalizado de productos a base de cereales implica que pequeños cambios en la concentración de compuestos específicos pueden tener efectos positivos en la salud humana. Algunos cultivos subutilizados, como trigo mediterráneo, alforfón, quinua y amaranto, contienen cantidades relevantes de moléculas nutricionalmente valiosas, especialmente compuestos antioxidantes como ácidos fenólicos, polifenoles, carotenoides y tocoferoles [41].

Figura 1. Superficie de contornos del diseño de mezcla para el contenido de fibra dietética total (A), proteína (B) y aceptabilidad general (C).



## Diseño experimental y modelos de superficie de respuesta

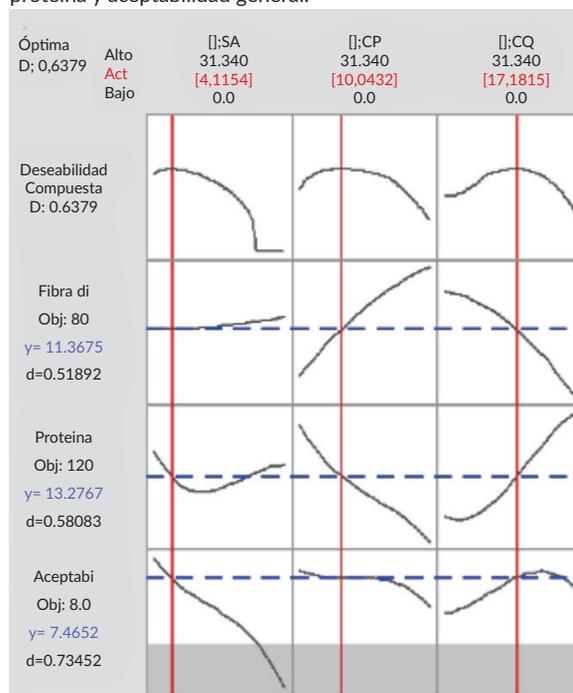
Los resultados analizados con el diseño de mezcla, determinaron que el modelo cuadrático para proteína y firmeza, especial cúbico para fibra dietética total y aceptabilidad general y lineal para fenoles fueron los que mejor ajustaron los datos, en base al análisis de varianza que mostró la significancia del modelo ( $p < 0,05$ ), valor más elevado de coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y a la falta de ajuste del modelo ( $p > 0,05$ ). Además, se determinó los coeficientes de regresión y su significancia usados para establecer la ecuación del modelo seleccionado como se puede observar en el Cuadro 5.

En la Figura 1 se muestra los contornos generados por el diseño de mezcla, donde se está representado por la zona que corresponde a los límites de combinación de salvado de avena, polvo de cáscara de piña y copos de quinua entre 0 a 15,67%; 0 a 5,22% y 15,67 a 31,34%; respectivamente. Se aprecia la región de interés que indica el mayor contenido de proteína en el producto, Sin embargo el efecto simple de los tres ingredientes, efecto binario de salvado de avena-cáscara de piña y copos de quinua-cáscara de piña contribuyeron de forma positiva en el modelo obtenido. En la Figura 1B se muestra los contornos generados por el diseño de mezcla, donde se aprecia la región de interés que indica el mayor contenido de fibra dietética total, el cual está representado por la zona que corresponde a los límites de combinación de salvado de avena, polvo de cáscara de piña y copos de quinua entre 0 a 5,22%; 15,67 a 31,34% y 0 a 15,67%; respectivamente. Así mismo, se observó que el efecto simple de los tres ingredientes, así como, la combinación de salvado de avena-copos de quinua y copos de quinua-cáscara de piña contribuyeron de forma positiva en el modelo obtenido. En la Figura

1C se aprecia la región de interés que indica la mayor aceptación sensorial, estando representado por la zona que corresponde a los límites de combinación de salvado de avena, polvo de cáscara de piña y copos de quinua entre 0 a 5,22%; 0 a 15,67% y 15,67 a 31,34%; respectivamente. Los contornos en la figura indicó que el efecto simple y binario de los tres ingredientes, contribuyeron en el modelo obtenido para la aceptabilidad general.

En la Figura 2 se observa la optimización de las variables independientes sobre las respuestas contenido de proteína, fibra dietética total, y aceptabilidad general, consideradas como más importantes por el aporte nutri-

Figura 2. Optimización de contenido de fibra dietética, proteína y aceptabilidad general.



Cuadro 5. Modelos y bondad de ajuste para el contenido de proteína, fibra dietética total y aceptabilidad general.

Variable	Ecuación	R <sup>2</sup> (%)	Valor-p	Falta de ajuste	
Proteína	$y = 0,44*SA + 0,34*CP + 0,50*CQ + 0,0008*SA*CP - 0,0007*SA*CQ + 0,002*CP*CQ - 0,001*SA*CP*CQ$	97,25	0,019	0,997	
Fibra	$y = 0,38*SA + 0,45*CP + 0,27*CQ - 0,002*SA*CP + 0,002*SA*CQ + 0,004*CP*CQ - 0,00003*SA*CP*CQ$	99,27		0,016	0,992
Aceptabilidad	$y = 0,16*SA + 0,22*CP + 0,23*CQ + 0,002*SA*CP + 0,005*SA*CQ + 0,004*CP*CQ - 0,0006*SA*CP*CQ$	99,04		0,006	0,999
Firmeza	$y = 0,91*SA + 0,84*CP + 0,74*CQ + 0,04*SA*CP + 0,03*SA*CQ - 0,01*CP*CQ - 0,003*SA*CP*CQ$	82,83		0,042	0,611
Fenoles	$y = 0,01*SA + 0,06*CP + 0,01*CQ + 0,001*SA*CP + 0,0002*SA*CQ - 0,001*CP*CQ + 0,0004*SA*CP*CQ$	95,15		0,003	0,951

cional según la Organización Mundial de Salud (OMS) y acompañadas de una evaluación de aceptabilidad para una posible compra por parte de los consumidores

Al superponer las regiones de interés de las superficies de contorno, se determinó que las áreas óptimas corresponden a cantidades de 4,12% de salvado de avena, 10,04% de polvo de cáscara de piña y 17,18% de copos de quinua, logrando las mejores características de calidad con 13,28% de contenido de proteína, 11,37% de fibra dietética; y aceptabilidad general de 7,47 puntos; que equivale a una percepción de muy bueno.

## CONCLUSIÓN

Existió efecto significativo de la concentración de salvado de avena, copos de quinua y polvo de cáscara de piña sobre el contenido de proteína, fibra dietética, firmeza, aceptabilidad general, y compuestos fenólicos en las barras de cereales. Se encontró la región de interés para un adecuado contenido de proteína, fibra dietética y aceptabilidad general en la barra de cereales. Los resultados permiten concluir que el uso de subproductos agroindustriales de frutas y copos de quinua puede ser una buena alternativa de aplicación en alimentos de baja humedad que además aporten beneficios a la salud.

## REFERENCIAS

- [1] REZENDE, T., DUARTE, A., DE CARVALHO, A., ASSAID, A., MARQUES, A. and DE OLIVEIRA, V. Cereal bars enriched with antioxidant substances and rich in fiber, prepared with flours of acerola residues. *Journal Food Science Technology*, 52(8), 2015, p. 5084–5092.
- [2] OSCUVILCA, E., SOSA, W., CÁCERES, O., PEÑA, W. y PALACIOS, J. Hábitos alimentarios y estado nutricional de los estudiantes de las universidades de la región Lima – 2015. *Big Bang Faustiniiano*, 2016, 5(3), p. 18–22.
- [3] QUITRAL, V., ATALAH, E., JARA, M., ECHEVERRÍA, F., VIVANCO, J. y LÓPEZ, X. Estudio de aceptabilidad y saciedad de barritas de cereal altas en fibra dietética en escolares de una escuela rural de Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 2016, p. 68–74.
- [4] PERESSINI, D., FOSCHIA, M., TUBARO, F. and SENSIDONI, A. Impact of soluble dietary fibre on the characteristics of extruded snacks. *Food Hydrocolloids*, 43, 2015, p. 73-81.
- [5] RIOS, F., LOBO, M. and SAMMAN, N. Acceptability of beehive products as ingredients in quinoa bars. *Journal Science Food Agriculture*, 98, 2018, p. 174–182.
- [6] RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A., GAYTÁN-MARTÍNEZ, M., MORALES-SÁNCHEZ, E. and LOARCAPIÑA, G. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. *LWT - Food Science and Technology*, 89, 2018, p. 674–680.
- [7] LEITE, C., AVELLANEDA, R., TAÍS, V., SANJINEZ, E., AIKO, P. and RODRIGUES, M. Preparation of a cereal bar containing bocaiuva: physical, nutritional, microbiological and sensory evaluation. *Acta Scientiarum. Technology*, 36(3), 2014, p. 553–560.
- [8] COVINO, R., GIRIBONI, A., SILVA, M., RODRIGUES, D. and BENOSSI, L. Manufacturing cereal bars with high nutritional value through experimental design. *Acta Scientiarum Technology*, 37(1), 2015, p. 149-154.
- [9] RAWAT, N. and DARAPPA, I. Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of fibre and protein enriched baked energy bars. *Journal Food Science Technology*, 52(5), 2015, p. 3006–3013.
- [10] ARRUDA, V., DE OLIVEIRA, T., DE SOUZA, M., DELLA, S., FERNANDES, L., RODRIGUES, V. and BRESSAN, J. Influence of package and health-related claims on perception and sensory acceptability of snack bars. *Food Research International*, 101, 2017, p. 103-113.
- [11] CERÓN-FERNANDEZ, C., GUERRA-MORCILLO, L., LEGARDA-QUINTERO, J., ENRÍQUEZ-COLLAZOS, M. y PISMAG-PORTILLA, Y. Efecto de la extrusión sobre las características físico-químicas de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 2016, p. 92-99.
- [12] APPELT, P., ALVES, M., GUERRA, A., KALINKE, C. and APARECIDO, V. Development and characterization of cereal bars made with flour of jabuticaba peel and okara. *Acta Scientiarum Technology*, 37(1), 2015, p. 117-122.
- [13] LAI, W., KHONG, N., LIM, S., HEE, Y., SIM, B., LAU, K. and LAI, O. A review: modified agricultural by-products for the development and fortification

- of food products and nutraceuticals. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 2017, p. 148–160.
- [14] FRITSCH, C., STAEBLER, A., HAPPEL, A., CUBERO, M., AGUILO-AGUAYO, I., ABADIAS, M., GALLUR, M., CIGOGNINI, I., MONTANARI, A., LOPEZ, M., SUAREZ-ESTRELLA, F., BRUNTON, N., LUENGO, E., SISTI, L., FERRI, M. and BELOTTI, G. Processing, valorization and application of bio-waist derived compounds from potato, tomato, olive and cereals: A review. *Sustainability*, 9, 2017, p. 2–46.
- [15] GARCÉZ DE CARVALHO, M., CORREIA-DA COSTA, J., PASSOS- RODRIGUES, M., MACHADO-DE SOUSA, P. and CLEMENTE, E. Formulation and sensory acceptance of cereal-bars made with almonds of chichá, sapucaia and gurguêia nuts. *The Open Food Science Journal*, 5, 2011, p. 26–30.
- [16] HOYOS, D. y PALACIOS, A. Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación [Tesis Ingeniero de Alimentos]. Cali (Colombia): Universidad del Valle, 2015, 116 p.
- [17] SILVA, V. and CONTISILVA, A. Cereal bars produced with banana peel flour: evaluation of acceptability and sensory profile. *Journal Science Food Agriculture*, 98, 2018, p. 134–139.
- [18] SILVA, J., MARQUES, T., SIMÃO, A., CORRÊA, A., PINHEIRO, A. and SILVA, R. Development and chemical and sensory characterization of pumpkin seed flour-based cereal bars. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 34(2), 2014, p. 346-352.
- [19] SALAZAR, D., ACURIO, L., PÉREZ, L., VALENCIA, A. y PEÑAFIEL, J. Efecto de la utilización de emulsificantes en la textura de barras energéticas de amaranto. *Revista Alimentos Hoy*, 23(36), 2015, p. 97-111.
- [20] OZORES, B., STORCK, C. e DE OLIVEIRA, A. Aceitabilidade e características tecnológicas de bolo enriquecido com farinha de maracujá. *Disciplinarum Scientia*, 16(1), 2015, p. 61-69.
- [21] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). AOAC 985.29 Total Dietary Fiber in Foods Enzymatic-Gravimetric Method. Rockville (USA): 2005.
- [22] TRAMUJAS, J., DE CARLI, C., VIEIRA, N., LUCCHETTA, L. and BENEDETTI, I. Assessment of nutritional and lipid quality of salted cereal bars prepared with different binding agents. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(4), 2017, p. 350-359.
- [23] ZENTENO, S. Barras de cereales energéticas y enriquecidas con otras fuentes vegetales. *Revista de Investigación Universitaria*, 3(2), 2014, p. 58-66.
- [24] RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A., GAYTÁN-MARTÍNEZ, M., MORALES-SÁNCHEZ, E. and LOARCA-PIÑA, G. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds, *LWT - Food Science and Technology*, 89, 2017, p. 674–680.
- [25] BCHIR, B., JEAN-FRANCOIS, T., RABETAFIKA, H. and BLECKER, C. Effect of pear apple and date fibres incorporation on the physico-chemical, sensory, nutritional characteristics and the acceptability of cereal bars. *Food Science and Technology International*, 0(0), 2017, p. 1-11.
- [26] OSORIO, P., ISLAS, J., AGUIRRE, A. y CARMONA, R. Elaboración de una barra de trigo con harina de plátano y amaranto. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 2016, p. 734-738.
- [27] RAMOS, J., SUURONEN, J., DEEGAN, K., SERIMAA, R., TUORILA, H. and JOUPPILA, K. Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kaniwa flour. *LWT - Food Science and Technology*, 64, 2015, p. 1047-1056.
- [28] YADAV, L. and BHATNAGAR, V. Effect of legume supplementation on physical and textural characteristics of ready to eat cereal bars. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 36(3), 2017, p. 246-250.
- [29] SILVA, E., SIQUEIRA, H., DAMIANI, C. and VILAS, E. Physicochemical and sensory characteristics of snack bars added of jerivá flour (*Syagrus romanzoffiana*). *Food Science and Technology*, 36(3), 2016, p. 421–425.
- [30] SUN-WATERHOUSE, D., TEOH, A., MASSAROTTO, C., WIBISONO, R. and WADHWA, S. Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. *Food Chemistry* 119, 2010, p. 1369–1379.
- [31] WANG, Y., ZHANG, M. and MUJUMDAR, A. Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks. *LWT - Food Science and Technology*, 47, 2012, p. 175-182.
- [32] NADEEM, M., REHMAN, S., ANJUM, F., MURTAZA, M. and MUEEN-UD-DIN, G. Development, characterization, and optimization of protein level in date bars using response Surface methodology. *The Scientific World Journal*, 2012, p. 1-10.

- [33] SU-AH, J., AHMED, M. and EUN, J-B. Physicochemical characteristics, textural properties, and sensory attributes of low-calorie cereal bar enhanced with different levels of saccharin during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), 2017, p. 1–7.
- [34] SILVA, E., SIQUEIRA, H., DAMIANI, C. and VILLAS, E. Effect of adding flours from marolo fruit (*Annona crassiflora* Mart) and jervá fruit (*Syagrus romanzoffiana* Cham Glassm) on the physicals and sensory characteristics of food bars. *Food Science and Technology*, 36(1), 2016, p. 140–144.
- [35] MENDES, M. Desenvolvimento de barra de cereal com alto teor de fibras [Tese Mestre em Ciências Farmacêuticas]. Sorocaba (Brasil): Universidade de Sorocaba, 2014, 74 p.
- [36] WOLEVER, T., VAN KLINKEN, J., BORDENAVE, N., KACZMARCZYK, M., JENKINS, A., CHU, Y. and HARKNESS, L. Reformulating cereal bars: high resistant starch reduces in vitro digestibility but not in vivo glucose or insulin response; whey protein reduces glucose but disproportionately increases insulin. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 104 (4), 2017, p. 995–1003.
- [37] CHAVEZ-CEPEDA, L., CRUZ-MENDEZ, G., GRACIA DE CAZA, L., DIAZ-VELA, J. y PEREZ-CHABELA, M. Utilización de subproductos agroindustriales como fuente de fibra para productos cárnicos. *Nacameh*, 3(2), 2009, p. 71–82.
- [38] PAUCEAN, A., MAN, S. and POP, A. Development of oat based-food formulation and quality characteristics. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 21(3), 2015, p. 261–266.
- [39] MOO-HUCHIN, V., MOO-HUCHIN, M., ESTRADA-LEÓN, R., CUEVAS-GLORY, L., ESTRADA-MOTA, I., ORTIZ-VÁZQUEZ, E., BETANCUR-ANCONA, D. and SAURI-DUCH, E. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, 166, 2015, p. 17–22.
- [40] ALRAHMANY, R. and TSOPMO, A. Role of carbohydrases on the release of reducing sugar, total phenolics and on antioxidant properties of oat bran. *Food Chemistry* 132, 2012, p. 413–418.
- [41] HIDALGO, A., FERRARETTO, A., DE NONI, I., BOTTANI, M., CATTANEO, S., GALLI, S. and BRANDOLINI, A. Bioactive compounds and antioxidant properties of pseudocereals-enriched water biscuits and their in vitro digestates. *Food Chemistry*, 240, 2018, p. 799 – 809.