

Design of centroid-simplex mixture for the formulation of a high-protein energy bar based on the edible fungus *Suillus Luteus* (Cuzco-Peru)

Neyra- Benites, Milagros^{ORCID}, Ingeniero, Rúa- Pomahuacre-Silvia^{ORCID}, Maestra, Alvites-Ruestas, Walter^{ORCID}, Magister, Pesantes-Arriola, Genaro^{ORCID}, Doctor, Huamaní-Palomino, Wilmer^{ORCID}, Doctor, Brios-Avendaño, Juvencio^{ORCID}, Doctor, Rocha-Fernández, Víctor^{ORCID}, Doctor

Universidad Nacional del Callao, Perú, mneyrab@unac.edu.pe, spruap@unac.edu.pe, walvitesr@unac.edu.pe, gcpesantesa@unac.edu.pe, whuamanip@unac.edu.pe, jhbriosa@unac.edu.pe, verochaf@unac.edu.pe

Resumen– El hongo *Suillus luteus* deshidratado proveniente de la comunidad de Yuracmayo la provincia de Quispicanchi, Cusco. contiene altas concentraciones de proteínas. El uso del hongo comestible por su alto contenido de proteínas promueve productos saludables como las barras energéticas. Mediante el diseño de la mezcla centroide- simplex se evaluó el uso de tres componentes para la elaboración de una barra energética: (X1: plátano, X2: hongo deshidratado, X3 aglutinante). Las variables de respuesta fueron: Humedad (%), Carbohidratos (%), Ceniza (%), Grasa (%) y Proteínas (%). Los resultados muestran que en los 17 experimentos se obtuvieron valores de Humedad (%), Proteínas (%), Ceniza (%), Grasa (%), Carbohidratos (%) de 4.12 a 70.43, 0.12 a 22.21, 0.32 a 5.53, 0 a 9.6, 29.91 a 88.34, respectivamente, presentando modelos estadísticos cuadráticos y cúbicos con valores de R^2 adj mayores a 0.99 y valores p menores a 0.01 indicando un alto grado de correlación entre los valores experimentales y predichos. Las condiciones óptimas determinadas por el diseño es una mezcla de hongo *Suillus luteus* deshidratado de 60 a 80%, plátano menor al 25% y aglutinante menor al 25% para mantener una aceptable concentración de proteínas de 15 a 22% en la barra energética.

Palabras clave. - *Suillus luteus*; proteínas; diseño centroide-simplex; optimización; barra energética.

Diseño de mezcla centroide-simplex para la formulación de una barra energética con altas proteínas a base del hongo comestible *Suillus Luteus* (Cuzco-Perú)

Neyra- Benites, Milagros^{ORCID}, Ingeniero, Rúa- Pomahuacre-Silvia^{ORCID}, Maestra, Alvites-Ruestas, Walter^{ORCID}, Magister, Pesantes-Arriola, Genaro^{ORCID}, Doctor, Huamaní-Palomino, Wilmer^{ORCID}, Doctor, Brios-Avenidaño, Juvencio^{ORCID}, Doctor, Rocha-Fernández, Víctor^{ORCID}, Doctor

Universidad Nacional del Callao, Perú, mrneyrab@unac.edu.pe, spruap@unac.edu.pe, walvitesr@unac.edu.pe, gcpesantesa@unac.edu.pe, whuamanip@unac.edu.pe, jhbriosa@unac.edu.pe, verochaf@unac.edu.pe

Resumen– El hongo *Suillus luteus* deshidratado proveniente de la comunidad de Yuracmayo la provincia de Quispicanchi, Cusco, contiene altas concentraciones de proteínas. El uso del hongo comestible por su alto contenido de proteínas promueve productos saludables como las barras energéticas. Mediante el diseño de la mezcla centroide- simplex se evaluó el uso de tres componentes para la elaboración de una barra energética: (X1: plátano, X2: hongo deshidratado, X3 aglutinante). Las variables de respuesta fueron: Humedad (%), Carbohidratos (%), Ceniza (%), Grasa (%) y Proteínas (%). Los resultados muestran que en los 17 experimentos se obtuvieron valores de Humedad (%), Proteínas (%), Ceniza (%), Grasa (%), Carbohidratos (%) de 4.12 a 70.43, 0.12 a 22.21, 0.32 a 5.53, 0 a 9.6, 29.91 a 88.34, respectivamente, presentando modelos estadísticos cuadráticos y cúbicos con valores de R^2_{adj} mayores a 0.99 y valores p menores a 0.01 indicando un alto grado de correlación entre los valores experimentales y predichos. Las condiciones óptimas determinadas por el diseño es una mezcla de hongo *Suillus luteus* deshidratado de 60 a 80%, plátano menor al 25% y aglutinante menor al 25% para mantener una aceptable concentración de proteínas de 15 a 22% en la barra energética.

Palabras clave. – *Suillus luteus*; proteínas; diseño centroide-simplex; optimización; barra energética

I. INTRODUCCIÓN

Antes de la pandemia COVID-19 se estuvo produciendo un cambio en los patrones relacionados al consumo de alimentos nutritivos, asequibles, sabrosos y fáciles de consumir definiendo estilos de vida saludables [1]. Actualmente, el Covid-19 ha causado efectos significativos y positivos en la sociedad sobre la conciencia de la salud, conduciendo a una nutrición saludable y actitudes positivas hacia el abandono de los alimentos no saludables [2].

La mejora en el estilo de vida de las personas ha manifestado una disminución en la ingesta de azúcar y dietas ricas en grasas que facilita una disminución de las tasas de obesidad [3] incrementando un consumo en alimentos funcionales. La mayoría de los alimentos funcionalmente beneficiosos disponibles en el mercado son de naturaleza procesada y se venden como productos alimenticios con valor agregado [4].

Los principales alimentos funcionales del mercado son las barras energéticas [4] y estas se consideran un tipo de alimento saludable ricas en fibra y bajas en grasa [5], con una amplia gama de nutrientes; están disponibles en pequeños paquetes, livianos, cómodos de llevar; y se puede comer en cualquier momento [6]. Las barras energéticas tienen amplias perspectivas de desarrollo y demuestran una fuerte competitividad en el mercado entre muchos alimentos nutricionales [7].

Recientemente, ha aumentado el interés en el consumo de hongos comestibles por su alto contenido de proteínas y fibras insolubles, aminoácidos, bajo contenido de lípidos y compuestos bioactivos, que proporcionan beneficios nutricionales y para la salud [8]. La demanda de los hongos comestible *Suillus luteus* se ha incrementado en la última década [8], contiene 20 gramos de proteínas, 57 gramos de carbohidratos, 6 gramos de grasas y 6 gramos de minerales [9].

En el Perú, el consumo hongos *Suillus luteus* es parte de la dieta de comunidades locales [10], la producción de productos comestibles a base hongos *Suillus luteus* no ha sido objeto de un análisis detallado en la literatura. Por lo tanto, la utilización de este hongo como una barra energética dio origen a la idea de utilizarlo como ingrediente alimentario funcional alto en proteínas. Este estudio cubre principalmente la formulación y optimización de una barra energética a base del *Suillus luteus*.

Esto se logra mediante un diseño de mezcla diseño de mezcla centroide-simple y la optimización se basa en parámetros como el contenido proteico.

II. MÉTODOS

Los hongos comestibles *Suillus luteus* se recolectaron en la comunidad de Yuracmayo, provincia de Quispicanchi, Cusco, Perú, en el mes de febrero 2021, es un cultivo para consumo local. En la Figura 1a, se muestra el bosque de Pino donde se ha recogido las muestras de los hongos y la Figura 1b, muestra un Hongo *Suillus luteus* presentes en la zona. Los hongos son recolectados, limpiados y deshidratados en secadores artesanales propios de la comunidad.

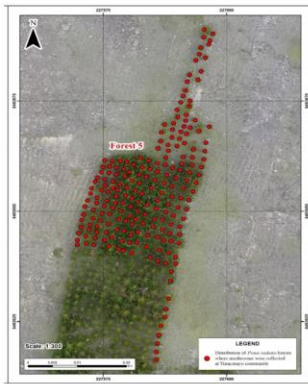


Fig 1. (a) Ubicación del bosque de Pino de la comunidad de Yuracmayo donde se recolectó muestras, (b) Muestras de hongos *Suillus luteus*.

2.1 Caracterización del *Suillus luteus*

Se caracterizó una muestra del hongo *Suillus luteus* deshidratado proveniente de la recolección comunal en la provincia de Quispicanchi, Cusco. El contenido proximal del hongo incluye proteínas (g/100g), Grasa (g/100g), Humedad (g/100g), Ceniza (g/100g) y Carbohidratos (g/100g) como se describe en el método AOAC, (2019), nro 978.04-c3, 980.09-c3, 930.04-c3, 930.04-c3, 930.04-c3, respectivamente.

2.2 Ingredientes de la mezcla de la barra energética

En la elaboración de la barra energética se incluye el Hongo *Suillus Luteus* en polvo, plátano y aglutinante (azúcar, miel de abeja y glucosa) preparación modificada de [11,5]. El polvo de Hongo deshidratado se preparó usando un secador de a 40°C hasta que alcance una humedad del 5%. Se consideró la composición del aglutinante los porcentajes de 40% de azúcar, 40% de miel de abeja y 20% de glucosa. El plátano se procesó con ayuda de una licuadora.

2.3 Preparación de la barra energética

Las muestras de sopa se prepararon / cocinaron con agua en una proporción de 1:20. Se tomaron 20 g de las mezclas de sopa en polvo para cada combinación, se mezclaron con 400 ml de agua y se cocieron a 95 ° C durante 5 min. Después del proceso de cocción, las muestras de sopa se enfriaron a la temperatura de medición de 40 ± 2 ° C mediante volteo y agitación. Luego se transfirió al recipiente apropiado para la medición respectiva.

2.4 Análisis fisicoquímicos

Se analizó el contenido de las barras energéticas en función de proteínas (g/100g), Grasa (g/100g), Humedad (g/100g), Ceniza (g/100g) y Carbohidratos (g/100g) como se describe en el método AOAC, (2019), nro 978.04-c3, 980.09-c3, 930.04-c3, 930.04-c3, respectivamente.

2.5 Diseño experimental

La composición de la mezcla para la barra energética se optimizó utilizando el diseño de mezcla centroide-simple con tres parámetros independientes: polvo de hojas plátano (A)=1-100%, hongo (B)=1-100% y aglutinante (C)=1-100%. Se aplicó el diseño centroide-simple (DCS) con 17 puntos experimentales que incluían réplicas de los puntos central y de borde como se indica en la Tabla 1., con una suma igual al 1 o al 100% [12].

TABLA I

DISEÑO DE MEZCLA ÓPTIMA-PUNTOS EXPERIMENTALES DE COMPOSICIÓN DE LA BARRA ENERGÉTICA

N° de corridas	A: Plátano (%)	B: Hongos (%)	C: Aglutinante (%)
1	0	50	50
2	50	0	50
3	0	0	1
4	50	50	0
5	33.3	33.3	33.3
6	50	50	0
7	66.7	16.66	16.66
8	0	100	0
9	0	0	100
10	50	0	50
11	1	0	0
12	0	50	50
13	16.66	66.66	16.66
14	100	0	0
15	0	100	0
16	100	0	0
17	16.66	16.66	66.66

Nota: La tabla anterior representa los puntos experimentales en el centroide formado por el diseño de mezcla centroide-simple para los tres parámetros independientes en %. Se ajustaron modelos especiales de regresión cuadráticas para las variaciones de todas las respuestas estudiadas en función de los efectos de interacción significativos ($p < 0,05$) entre las proporciones, con coeficientes de determinación aceptables ($R^2 > 0,85$). Eq. (1) representa estos modelos

$$y = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i < j < k} \beta_{ijk} x_i x_j x_k + \varepsilon \quad (1)$$

donde Y_i es la respuesta predicha; 'q' representa el número de componentes del sistema; ' X_i , X_j , X_k ' son las variables independientes codificadas; ' β_i ' es el coeficiente de regresión para cada término de efecto lineal; y ' β_{ij} ' y ' β_{ijk} ' son los términos del efecto de interacción binaria y ternaria, respectivamente.

2.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software Desing expert versión 11. para el diseño experimental, análisis de datos y la construcción de modelos, con un nivel significativo determinado con un límite de confianza del 95%. Para dar aceptabilidad del modelo de cada respuesta se analizó el valor F y el p value.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis proximales del hongo *Suillus Luteus*

El hongo *Suillus luteus* deshidratado presentó un contenido de Proteína de 22.34 (g/100g), Grasa 10.58 (g/100g), Humedad 9.85 (g/100g), Ceniza 5.7 (g/100g) y 51.53 Carbohidratos (g/100g), calorías 390.70 (kcal/100g). Las altas concentraciones de proteínas sugieren una ventaja de esta especie de hongos comestibles para su aprovechamiento y exportación [13].

3.2 Análisis de regresión y ajuste de modelos

Mediante la matriz experimental (Tabla 2) se obtuvieron los valores de respuesta como Humedad (%), Proteínas (%),

Ceniza (%), Grasa (%), Carbohidratos (%) en función de sus porcentajes (%). El rendimiento observado de los parámetros de

respuesta vario entre 4.12 a 70.43%, 0.12 a 22.21%, 0.32 a 5.53%, 0 a 9.6%, 29.91 a 88.34, respectivamente.

TABLA II
MATRIZ EXPERIMENTAL DE CORRIDAS

Nº corrida	A: Plátano	B: Hongos	C: Aglutinante	Humedad (%)	Proteínas (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)
1	0	50	50	5.59	11.64	2.94	3.75	76.08
2	50	0	50	28.07	0.74	0.64	0.05	70.55
3	0	0	1	11.1	0.12	0.32	0	88.34
4	50	50	0	32.63	14.11	4.22	4.49	44.55
5	33.3	33.3	33.3	24.94	9.12	2.71	2.64	60.59
6	50	50	0	32.5	13.79	4.6	5.22	43.89
7	66.7	16.66	16.66	42.6	5.22	3.02	1.28	47.88
8	0	100	0	4.3	22.21	5.53	9.6	58.36
9	0	0	100	11.1	0.12	0.32	0	88.34
10	50	0	50	31.23	0.68	0.65	0.05	67.44
11	1	0	0	67.77	1.12	1.21	0.05	29.9
12	0	50	50	6.23	10.59	2.67	3.9	76.61
13	16.66	66.66	16.66	16.68	15.04	4.02	5.69	58.57
14	100	0	0	70.43	1.01	1.3	0.05	27.26
15	0	100	0	4.12	22.18	5.53	9.6	58.57
16	100	0	0	67.58	1.15	1.36	0.05	29.91
17	16.66	16.66	66.66	16.14	4.46	1.58	0.97	76.85

Las ecuaciones obtenidas por el modelamiento estadístico en términos de factores codificados (Hongos, plátano y aglutinante) permiten realizar predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor [14]. Las ecuaciones codificadas son útiles para identificar el impacto relativo de los factores comparando los coeficientes de los factores [15]. Como se muestra en la Tabla 3, todas las variables independientes y de respuesta se probaron para ajustarse a un modelo lineal, cuadrático o cúbico especial. El modelo cúbico especial se identificó como el modelo más adecuado para los carbohidratos y las cenizas, mientras que los modelos lineales y cuadráticos se ajustaron con mayor representatividad a la humedad, grasas y proteínas.

TABLA III

MATRIZ DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CENTROIDE SIMPLE PARA LA PRODUCCIÓN DE UNA BARRA ENERGÉTICA POR LA MEZCLA DE HONGOS SULLIUS LUTEUS DESHIDRATADO, PLÁTANO Y AGLUTINANTE.

Parámetros	Ecuaciones
Humedad (%)	$Y=+68.33A+4.34B+10.96C-10.39AB-36.39AC-1.27BC$
Carbohidratos (%)	$Y=+1.30A+5.54B+0.3314C+4.05AB-0.5869AC-0.4345BC+66.90A^2BC-55.63AB^2C+3.95ABC^2$
Ceniza (%)	$Y=+1.30A+5.54B+0.3314C+4.05AB-0.5869AC-0.4345BC+66.90A^2BC-55.63AB^2C+3.95ABC^2$
Grasa (%)	$Y=+0.0515A+9.60B-0.0028C-1.10AB-0.1199AC-4.13BC$
Proteínas (%)	$Y=+1.09A+22.08B+0.1858C+8.86AB+0.4073AC-0.3731BC$

Se utilizó el coeficiente de determinación, R2, R2adj y la prueba F (análisis de varianza-ANOVA) para verificar la calidad de los modelos de la Tabla 3. Los altos coeficientes de determinación (R2) y (R2ajustado) indican que las funciones de respuesta se ajustan a los datos experimentales [16]. Los valores

de R2adj de las ecuaciones fueron mayor a 0.99 como se muestra en la Tabla 4, indicando un alto grado de correlación entre los valores experimentales y predichos. Los valores p de la falta de ajuste para las ecuaciones fueron menores a 0.01, indicando un alto grado de precisión y confiabilidad de los valores experimentales.

El R2Pred está razonablemente de acuerdo con R2adj es decir, la diferencia es inferior a 0,05 entre todos los parámetros de respuesta. El indicador Adeq Precision mide la relación señal/ruido, para esto es deseable una relación superior a 4, según la Tabla 4 la relación de todas las respuestas indica una señal adecuada. Por lo tanto, los modelos estadísticos presentados en la Tabla 3 pueden ser usados para navegar por el espacio del diseño experimental.

	Humedad (%)	Carbohidratos (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteínas (%)
F-value	518.19	617.46	225.32	3579.34	1246.45
p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
C.V %	6.37	1.88	6.64	3.52	4.94
R ²	0.996	0.998	0.996	0.999	0.998

R^2_{adj}	0.994	0.997	0.991	0.999	0.997
R^2_{Pred}	0.991	0.995	0.953	0.998	0.996
Adeq precisión	76.79	82.52	42.99	166.57	95.08

3.3 Análisis de gráficos 3D

Las propiedades químicas como la humedad se vieron afectada por el plátano y su interacción con el polvo hongo y aglutinante, mientras que los carbohidratos están afectados por las combinaciones del hongo, plátano y aglutinante en diferentes proporciones. Sin embargo, las proteínas están afectadas directamente por el polvo de Hongo, siendo el plátano y los aglutinantes no significantes.

Como componente importante de los alimentos, el contenido y la distribución del agua tienen una influencia significativa en las características de calidad y la estabilidad de almacenamiento de los alimentos [17]. La región de contorno obtenida por la ecuación predictiva para Humedad, demostró que se puede obtener una alta humedad con una mezcla principalmente binaria de plátano y aglutinante (Figura 2a). El contenido de humedad oscila entre 4.12-70.43 % siendo mayor que el reportado en otras investigaciones de obtención de barras a base de frutas y granos [18,1].

Las grasas cumplen una importancia en la nutrición, son vehículo de vitaminas liposolubles o de ácidos grasos poliinsaturados esenciales como fuentes de energía metabólica [19]. Para productos de tendencia actual de consumo es deseable un menor contenido de grasas ya que los productos reducidos en calorías [20]. En este sentido, la cantidad de grasas y cenizas en las formulaciones se mantiene en rangos bajos (Figura 2c y Figura 2d)

El contenido de carbohidratos de las muestras osciló entre 29.91 a 88.34 g / muestra de 100 g (Tabla 2). Los resultados de este estudio fueron comparables con el alto contenido de carbohidratos que generalmente se encuentran en las barras de cereales formuladas con frutas exóticas (59.6-73.31%) [21], barra de cereal con haba tonka (*Dipteryx lacunifera* Ducke) (69,3%) [22], barra de cereal sin gluten con cultivares de amaranto (64,80%) [23] y barras de cereal a base de soya (60,97%) un alto contenido en carbohidratos [24]. La composición de carbohidratos juega un papel importante en las propiedades químicas en las barras energéticas. La cantidad relativa de carbohidratos (es decir, azúcar o tetraterpeno (carotenoide)) en las frutas y/o los aglutinantes afecta el contenido químico cuando se usa en concentraciones más altas [25]. El aumento de la cantidad de plátano y aglutinante tiene un efecto sobre los carbohidratos (Figura 2 e).

Las proteínas son macromoléculas de importancia para el ser humano, son catalizadores de reacciones metabólicas, promueven el movimiento energético celular y la formación de macromoléculas [26]. Los contenidos de proteínas en las formulaciones se mantuvieron altas. El aporte de proteínas está directamente relacionado al hongo *Sullius Luteus* deshidratado, estudios similares como [19], muestran especies de *Sullius Luteus* recolectados en la granja Porcon, Cajamarca, con

cantidad de proteínas 23.57 (g/100g), Ponce de León, (2019) en Pampallacta, región Cusco con valores de 19.80 (g/100g) y los estudios de Chambi & Ichuta, (2020) 22.32 (g/100g), cantidades similares a la muestra recolectadas, manteniéndose en las barras elaboradas.

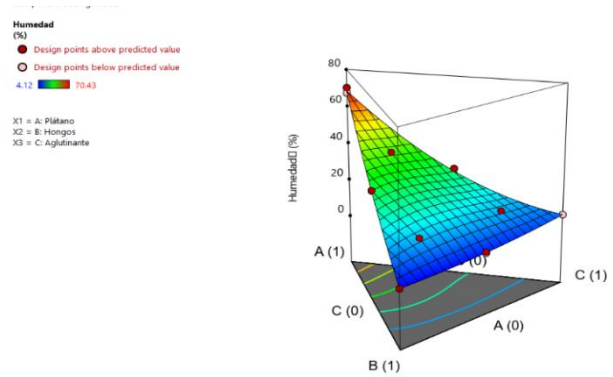


Fig 2a. Gráficas de contorno 3D de los modelos estadísticos de humedad

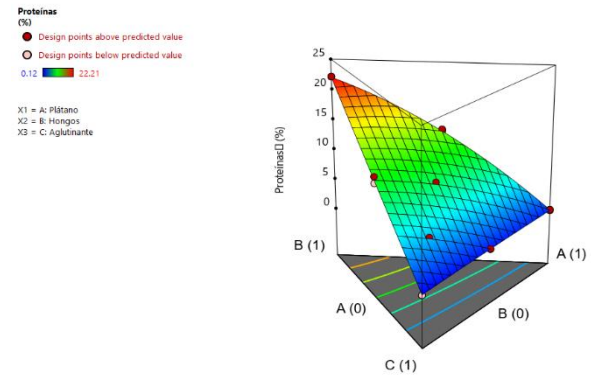


Fig 2b. Gráficas de contorno 3D de los modelos estadísticos de proteínas

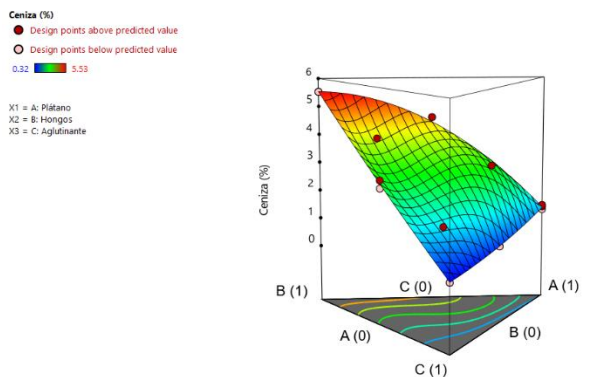


Fig 2c. Gráficas de contorno 3D de los modelos estadísticos de ceniza

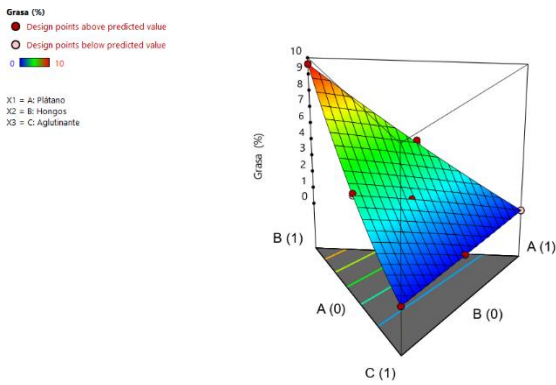


Fig 2d. Gráficas de contorno 3D de los modelos estadísticos de grasa

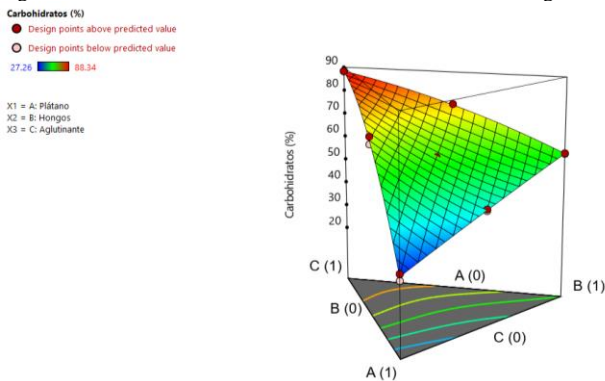


Fig 2e. Gráficas de contorno 3D de los modelos estadísticos de carbohidratos

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.4 Modelo de optimización

El objetivo de la optimización en la elaboración de la barra energética con altas proteínas implica un buen control de los ingredientes de mezcla para lograr un equilibrio entre la consistencia de la barra y los componentes proximales. En general, la cantidad de proteína en la barra energética es directamente proporcional a la cantidad de hongos *Sullius Luteus* como ingrediente. Para optimizar las condiciones de mezcla, se estableció el rango de valor que debe contener de humedad la barra se encuentre en 4- 20 %, 15-22% de proteína, 0.35 a 5% en ceniza, máximo de 10% de grasa y de 50 a 80% de carbohidratos (Figura 3).

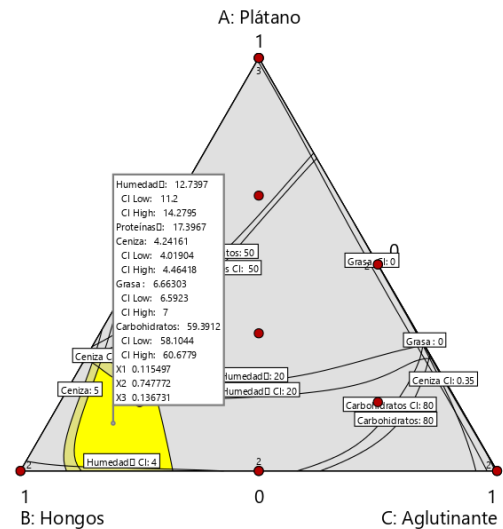


Fig 3. Gráfico de optimización para el hongo *Sullius luteus*, plátano y aglutinante

La Fig 3 muestra el gráfico de optimización para el rango de formulación del hongo *Sullius luteus*, plátano y aglutinante. La parte amarilla del gráfico representa los valores de las variables respuestas que pueden ser aceptados (Rango de proteína de 15 a 22%). Este rango óptimo está comprendido a una mezcla de hongo *Sullius luteus* de 60 a 80%, plátano menor al 25% y aglutinante menor al 25%.

En este estudio, se investigaron por primera vez la elaboración de una barra energética con altas proteínas mediante el uso del hongo *Sullius Luteus* deshidratado con adición de plátano y aglutinante. Los 17 experimentos se obtuvieron Los valores de Humedad (%), Proteínas (%), Ceniza (%), Grasa (%), Carbohidratos (%) en función de sus porcentajes (%). El rendimiento observado de los parámetros de respuesta vario entre 4.12 a 70.43%, 0.12 a 22.21%, 0.32 a 5.53%, 0 a 9.6%, 29.91 a 88.34, respectivamente.

Los experimentos indicaron modelos estadísticos cuadráticos y cúbicos representativos con valores de R^2_{adj} mayores a 0.99 indicando un alto grado de correlación entre los valores experimentales y predichos, así como valores p de la falta de ajuste menores a 0.01, indicando un alto grado de precisión y confiabilidad de los valores experimentales.

Las condiciones óptimas determinadas por una mezcla de hongo *Sullius luteus* deshidratado de 60 a 80%, plátano menor al 25% y aglutinante menor al 25% para mantener una aceptable concentración de proteínas de (15 a 22%) en la barra energética.

REFERENCES

- [1] Momanyi, D., Owino, W., & Makokha, A. (2020). Formulation, nutritional and sensory evaluation of baobab based ready-to-eat sorghum and cowpea blend snack bars. *Scientific African*, 7, e00215.
- [2] Aksoy, N. C., Kabadayi, E. T., & Alan, A. K. (2021). An unintended consequence of Covid-19: Healthy nutrition. *Appetite*, 105430.
- [3] Mota, M. C., Silva, C. M., Balieiro, L. C. T., Gonçalves, B. F., Fahmy, W. M., & Crispim, C. A. (2019). Association between social jetlag food consumption and meal times in patients with obesity-related chronic diseases. *PLoS One*, 14(2), e0212126.

- [4] Sugumar, J. K., & Guha, P. (2020). Study on the formulation and optimization of functional soup mix of *Solanum nigrum* leaves. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 20, 100208.
- [5] Samakradhamrongthai, R. S., Jannu, T., & Renaldi, G. (2021). Physicochemical properties and sensory evaluation of high energy cereal bar and its consumer acceptability. *Heliyon*, e07776.
- [6] Yadav, L., & Bhatnagar, U. (2015). Optimization of ingredients in cereal bar. *Food Science Research Journal*, 6, 273–278.
- [7] Adámek, M., Adámková, A., Mlček, J., Borkovcová, M., & Bednářová, M. (2018). Acceptability and sensory evaluation of energy bars and protein bars enriched with edible insect. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*.
- [8] Jacinto-Azevedo, B., Valderrama, N., Henríquez, K., Aranda, M., & Aqueveque, P. (2021). Nutritional value and biological properties of Chilean wild and commercial edible mushrooms. *Food Chemistry*, 356, 129651.
- [9] Burrola-Aguilar, C., Montiel, O., Garibay-Orijel, R., & Zizumbo-Villarreal, L. (2012). Conocimiento tradicional y aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres en la región de Amanalco, Estado de México. *Revista Mexicana de Micología*, 35, 1–16.
- [10] Herrera Défaz, M. C. (2018). Evaluación de la aceptabilidad de Hongos Comestibles, Hongo del Pino, (*Suillus luteus*) en la dieta de las familias de la Comunidad de Guayamá Grande en el periodo Julio–Octubre 2018. PUCe-Quito.
- [11] Granados Leiva, J. J., & Torres Bances, E. L. (2018). Diagnóstico situacional Agrosocioeconómico de la producción de Hongo Silvestre Comestible (*Suillus luteus*), en tres comunidades campesinas del distrito de Incahuasi-Lambayeque.
- [12] Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. John Wiley & sons.
- [13] Muro Ruiz, R. F. (2021). Exportación de hongos comestibles (*Suillus Luteus*) del distrito de Incahuasi a Sao Paulo, Brasil.
- [14] Nunes Filho, R. C., Galvan, D., Effting, L., Terhaag, M. M., Yamashita, F., Benassi, M. de T., & Spinosa, W. A. (2021). Effects of adding spices with antioxidants compounds in red ale style craft beer: A simplex-centroid mixture design approach. *Food Chemistry*, 365, 130478. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130478>
- [15] Dias, F. F. G., de Castro, R. J. S., Ohara, A., Nishide, T. G., Bagagli, M. P., & Sato, H. H. (2015). Simplex centroid mixture design to improve l-asparaginase production in solid-state fermentation using agroindustrial wastes. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(4), 528–534. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2015.09.011>
- [16] Zhang, B., Yan, P., Chen, H., & He, J. (2012). Optimization of production conditions for mushroom polysaccharides with high yield and antitumor activity. *Carbohydrate Polymers*, 87(4), 2569–2575. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.11.042>
- [17] Zhu, D., Liang, J., Liu, H., Cao, X., Ge, Y., & Li, J. (2018). Sweet cherry softening accompanied with moisture migration and loss during low-temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(10), 3651–3658.
- [18] Coello, K. E., Frias, J., Martínez-Villaluenga, C., Carrea, M. E., Velasco, P., & Peñas, E. (2022). Manufacture of healthy snack bars supplemented with moringa sprout powder. *LWT*, 154, 112828. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112828>
- [19] Vera Alcántara, A. E. (2019). Análisis proximal en *Suillus luteus* (hongo silvestre comestible) deshidratado procedente de Cajamarca.
- [20] Sloan, A. E. (2000). Top ten functional food trends. *Food Technology*.
- [21] Torres, E. R., Castro, E. S., Santana, R. F., Cardoso, J. C., Soares, C. M. F., & Lima, Á. S. (2011). Cereal bar development using exotic fruit. *Proceedings of 11th ICEF Conference on Engineering and Food, Food Process Engineering in a Changing World*, Athens, Greece.
- [22] Carvalho, M. G. (2008). Cereal Bar with almond chichá, sapucaia and Brazil-Gurguéia, complete with pineapple bark. Brazil: Federal-University of Ceará, Fortaleza. MSc Thesis.
- [23] Pagamunici, L. M., Souza, A. H. P., Gohara, A. K., Souza, N. E., Gomes, S. T. M., & Matsushita, M. (2014). Development, characterization and chemometric analysis of a gluten-free food bar containing whole flour from a new cultivar of amaranth. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(3), 270–277.
- [24] Freitas, D. G. C., & Moretti, R. H. (2006). Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. *Food Science and Technology*, 26, 318–324.
- [25] Murray, R. K., Bender, D. A., & Botham, K. M. (2010). *Harper: bioquímica ilustrada*. McGraw-Hill.
- [26] Clemens, R. A., Jones, J. M., Kern, M., Lee, S., Mayhew, E. J., Slavín, J. L., & Zivanovic, S. (2016). Functionality of sugars in foods and health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 433–470.