

Optimización de una formulación de butifarra dulce seca con carne de llama, pecanas y kañiwa

Optimization of a formulation of dry sweet butifarra made with llama meat, pecans and kañiwa

Judith Aydee Larico-Condori^{1*}, Carlos César Augusto Elías-Peñañiel² y Bettit Karim Salvá-Ruiz³

Abstract

In the formulation of dried sweet sausage, pork meat and fat are traditionally used, which can be replaced by healthy products such as pecans (*Carya illinoensis*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), as well as llama meat (*Lama glama*) that is low in fat and cholesterol. For this reason, the present investigation aimed to optimize a formulation of dried sweet sausage considering three main components: llama meat, kañiwa flour and pecans. The D-Optimal mixture design method of the Design-Expert®7 program was applied, obtaining fourteen formulations. For each formulation, color, water activity and texture profile were evaluated. Only the cohesiveness fits in a meaningful mathematical model. Subsequently, the optimization of the variable response was carried out, using the desirability function of the "objective value" type, so that the product could resemble the target (sausage made with pork meat and fat). In the sensory analysis of the optimal formulation, four sensory attributes (color, odor, taste and texture) were evaluated in a Z test to demonstrate whether the sample mean of the degree of satisfaction for each attribute of the product was acceptable or not. All these attributes are believed to be above the population mean taken as a target. In conclusion, the optimal formula was composed of 80% llama meat and 20% pecans, observing that kañiwa flour did not improve the texture and color of the sausage.

Keywords: optimization, mathematical models, food industry, meat.

Resumen

En la formulación de butifarra dulce seca se utiliza tradicionalmente carne y grasa de cerdo, que pueden ser reemplazados por productos saludables como las pecanas (*Carya illinoensis*) y kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*); así como también, por carne de llama (*Lama glama*) que es baja en grasa y colesterol. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo optimizar una formulación de butifarra dulce seca considerando tres componentes principales: carne de llama, harina de kañiwa y pecanas. Se aplicó el método de diseño de mezclas D-Optimal del programa Design-Expert®7 obteniendo catorce formulaciones. Para cada formulación se evaluaron: color, actividad agua y perfil de textura del producto; sólo la cohesividad se ajustó a un modelo matemático significativo. Posteriormente, se realizó la optimización de la variable respuesta, utilizándose la función de deseabilidad del tipo "valor objetivo", para que el producto se asemeje al patrón (butifarra elaborada con carne y grasa de cerdo). En el análisis sensorial de la formulación óptima se evaluaron cuatro atributos sensoriales: color, olor, sabor y textura, en una prueba Z para demostrar si la media muestral del grado de satisfacción para cada atributo del producto es aceptable o no. Se observó que todos estos atributos estuvieron por encima de la media poblacional tomada como referente. En conclusión, la fórmula óptima estuvo compuesta por 80% de carne de llama y 20% de pecanas, observándose que la harina de kañiwa no mejoraba la textura y el color de la butifarra.

Palabras clave: optimización, modelo matemático, industria alimentaria, carne.

Recibido: 18/01/2021

Aceptado: 15/03/2021

Publicado: 15/04/2021

Sección: Artículo original

*Autor correspondiente: bsalva@lamolina.edu.pe

Introducción

En los últimos años, la industria cárnica ha experimentado importantes transformaciones como consecuencia de continuas innovaciones tecnológicas y cambios en las demandas de los consumidores, lo cual conlleva a experimentar procesos de reformulación usando ingredientes de diversas procedencias (Ivorra, 2020), siendo el método de diseño de mezclas de mucha utilidad para optimizar formulaciones y estandarizar procesos productivos (Ramírez *et al.*, 2016; Ramos Ramírez *et al.*, 2019). Una alternativa es la incorporación de productos vegetales con propiedades funcionales y grasas saludables, en reemplazo de las grasas saturadas presentes en la carne (Fernández-López *et al.*, 2021).

¹Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-0122>.

²Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5857-2058>.

³Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú y Facultad de Ciencias de los Alimentos, Universidad Le Cordon Bleu, Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5383-0890>.

Cómo citar: Larico-Condori, J. A., Elías-Peñañiel, C. C. A. y Salvá-Ruiz, B. K. (2021). Optimización de una formulación de butifarra dulce seca con carne de llama, pecanas y kañiwa. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(2), 77–84. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2021.232>.



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

En la región altoandina, específicamente en el Altiplano del sureste de Perú y el oeste de Bolivia, así como en Chile y Argentina, se tiene una importante población de llamas (Criscitiello *et al.*, 2020), cuya carne es semejante en color, apariencia y textura con la carne de bovino; pero es más baja en grasa, colesterol y con un perfil de ácidos grasos más saludable (Popova *et al.*, 2021). La carne de llama (*Lama glama*) se puede utilizar para la elaboración de productos cárnicos de bajo contenido de humedad, que permitirían darle mayor valor agregado y conservarla sin que requiera cadena de frío (Ramos-Ramírez *et al.*, 2020).

La harina de kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) que tiene un alto contenido de proteínas (14-19%), es rica en lisina (aminoácido considerado deficiente en la mayoría de los cereales) y contiene péptidos que han demostrado tener propiedades antioxidantes y antihipertensivas in vitro (Chirinos *et al.*, 2018). También las pecanas (*Carya illinoensis*) son fuente de compuestos bioactivos; entre ellos ácidos grasos monoinsaturados (más del 60% de ácido oleico) y poliinsaturados, tocoferoles y fitoesteroles que ayudan a disminuir la concentración de colesterol plasmático y actúan como antioxidantes previniendo la enfermedad coronaria además poseen fibra dietética, vitaminas, minerales y compuestos fenólicos, los que presentan beneficios para la salud (Rábago-Panduro *et al.*, 2020). Las pecanas pueden contrarrestar los efectos proinflamatorios de una dieta rica en ácidos grasos saturados, comúnmente consumidos en exceso, característicos de la dieta occidental. Además, su consumo se ha relacionado con un menor riesgo de parámetros fisiológicos asociados con enfermedades cardiovasculares o trastornos metabólicos, demostrándose su correlación con mejoras en los parámetros de lípidos en la sangre, así como con la reducción de la circunferencia de la cintura (Atanasov *et al.*, 2018).

Por otro lado, la butifarra dulce pertenece a la categoría de productos cárnicos con un bajo contenido de humedad, es un embutido seco crudo curado de pequeño calibre, elaborado con carne picada, generalmente de cerdo, especias y sal (Casafont y i Olivé, 2019). Así como, otros productos tradicionales como el *lup cheong* de China y la morcilla dulce de Canarias, la butifarra dulce presenta un contenido de humedad intermedio. Debido a ello, son estables al almacenamiento por varios meses, que responde a una adecuada formulación, composición, pH, aditivos y principalmente la actividad de agua (*Aw*) que se encuentra aproximadamente entre 0,6 y 0,84, lo que reduce la sobrevivencia de microorganismos patógenos. Al reducir la *Aw*, este grupo de bocadillos cárnicos, serían estables y seguros durante el almacenamiento incluso a temperatura ambiente (Kumar *et al.*, 2019).

Por lo expuesto, la presente investigación tuvo como objetivo reemplazar la carne y grasa de cerdo que tradicionalmente se emplean para la elaboración de una butifarra dulce por carne de llama, harina de kañiwa y pecanas mediante la aplicación del método de diseño de mezclas para optimizar su formulación.

Materiales y métodos

Se empleó carne de llamas (sexo: macho, raza: k'ara) con una edad entre 12 a 18 meses, provenientes de Ninacaca

Tabla 1. Color, actividad de agua y parámetros de textura de formulaciones de butifarra dulce

	A: Carne de Llama	B: Pecana molida	C: Harina de Kañiwa	Luminosidad (L*)	Tendencia al rojo (a*)	Croma (C*)	Aw*	Dureza (N)	Cohesividad	Masticabilidad (N.mm)	Elasticidad
1	80,00	10,00	10,00	30,22±2,36	5,65±0,64	5,75 ±0,61	0,836 ±0,004	52,85± 5,46	0,39± 0,01	11,64±1,09	0,57±0,01
2	70,00	20,00	10,00	28,29±1,55	6,47±0,24	6,52 ±0,23	0,854 ±0,004	48,36± 3,98	0,32± 0,01	89,58±8,01	0,57±0,02
3	75,00	20,00	5,00	28,10±0,99	7,44±0,21	7,48 ±0,18	0,827±0,003	43,78± 3,35	0,35± 0,02	83,48±7,20	0,57±0,02
4	78,33	13,33	8,33	28,72±0,78	6,70±0,33	6,75 ±0,34	0,821 ±0,001	59,63± 5,78	0,43± 0,02	13,89±1,00	0,54±0,01
5	80,00	15,00	5,00	28,61±1,33	6,39±0,23	6,48 ±0,23	0,828 ±0,004	45,45± 4,12	0,42± 0,02	10,37±1,33	0,54±0,01
6	75,00	15,00	10,00	27,69±3,20	6,51±0,25	6,60 ±0,33	0,832 ±0,001	46,59± 4,45	0,45± 0,02	10,43±1,01	0,50±0,01
7	80,00	20,00	0,00	29,91±0,35	8,74±0,35	8,88 ±0,36	0,810 ±0,001	40,99± 3,12	0,47± 0,03	12,12±1,50	0,61±0,03
8	80,00	20,00	0,00	31,86±1,68	8,00±0,79	8,13 ±0,75	0,806 ±0,003	37,38± 2,91	0,44± 0,02	92,89±8,70	0,57±0,03
9	80,00	10,00	10,00	27,46±1,70	5,86±0,27	5,87 ±0,29	0,829 ±0,001	52,77± 5,30	0,41± 0,02	12,34±1,02	0,55±0,02
10	75,00	15,00	10,00	28,55±2,47	6,30±0,29	6,55 ±0,30	0,830 ±0,002	52,64± 5,10	0,40± 0,02	11,58±1,15	0,55±0,02
11	78,33	18,33	3,33	25,71±1,27	7,60±0,62	8,19 ±0,05	0,801 ±0,005	41,01± 3,90	0,42± 0,02	98,70±8,93	0,58±0,03
12	76,67	16,67	6,67	23,87±1,17	7,59±0,46	8,44 ±0,40	0,808 ±0,003	36,09± 2,96	0,39± 0,01	83,36±7,95	0,56±0,02
13	70,00	20,00	10,00	26,16±1,95	6,65±0,20	7,02 ±0,21	0,820 ±0,006	51,25± 5,30	0,36± 0,01	10,51±1,11	0,53±0,01
14	73,33	18,33	8,33	33,14±2,20	4,91±0,27	5,21 ±0,37	0,790 ±0,004	50,97± 4,90	0,38± 0,02	10,68±1,20	0,56±0,03

Tabla 2. Resumen de estadísticas del análisis de varianza (ANOVA) que muestra la prueba F y valor p ($\text{Prob}>F$), interacción de los términos y falta de ajuste del modelo polinomial ajustado sobre la propiedad de cohesividad. También son mostradas Medidas de bondad de ajuste que incluye los coeficientes de variación (CV), suma de cuadrados del error residual predicho (PRESS), coeficiente de determinación (R^2), R^2 ajustado (R^2 adj), R^2 predicho (R^2 -pred) y precisión adecuada (AdPrec).

	ANOVA	Calidad de ajuste	
Modelo	8,05 (0,0055)	CV (%)	5,310
Términos lineales de la mezcla	12,08 (0,0038)	PRESS	0,012
Carne de llama x Pecanas	10,73 (0,0113)	R^2	0,8342
Carne de llama x Kañiwa	5,10 (0,0539)	R^2 ajustado	0,7306
Pecanas x Kañiwa	-	R^2 predicho	0,4638
Falta de Ajuste	0,20 (0,9268)	AdPrec	81,660

(Cerro de Pasco, Perú), pecanas molidas y harina de kañiwa. Además, se utilizó azúcar blanca (40%), sal común (1%), canela molida (0,2%) y tripas naturales de cordero con calibre de 18 a 20 mm.

El proceso de elaboración de la butifarra dulce seca se realizó en la Planta Piloto de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La carne de llama en trozos de 2 cm³ fue curada en seco con sal (20 g/kg), azúcar (4 g/kg) y nitritos (150 ppm) y se mantuvo a 4°C durante 24 horas. Posteriormente se molió y mezcló homogéneamente con los demás ingredientes, dejándose en reposo por 24 horas a 4°C, para luego embutir en tripas de cordero de calibre 18 a 20 mm, por medio de una embutidora manual. El secado se realizó en cámara climática marca Climacell®, modelo CLC111-TV (EE.UU), a una temperatura de 12°C y humedad relativa controlada entre 80 a 65 por ciento (Hélder *et al.*, 2020), durante 16 días a una temperatura constante y humedad relativa que fue disminuyendo un 5 por ciento cada 4 días. Finalmente se empacó al vacío y se almacenó a 4°C hasta su análisis.

La medición de color se realizó utilizando Colorímetro Minolta modelo CR-400 (Dussán-Sarria *et al.*, 2020), con iluminante D65 y 10° como ángulo del observador. Se realizó la medición de color sobre una superficie plana directamente sobre la muestra, sin dejar espacio entre el producto y el lente del colorímetro. Se realizaron tres mediciones, cada una en un punto diferente de la superficie de la butifarra. Se reportaron los resultados utilizando el sistema CIELab que expresa el color como L*(luminosidad), a* (tendencia al rojo), b* (tendencia al amarillo) y con estos datos se obtuvo el Cromo (C*). Para la determinación de Aw se utilizó el equipo AquaLab Water Activity Meter (Decagon Devices Inc®) (Devices, 2015) y para la textura instrumental se empleó un texturómetro INSTRON® Modelo 3365, con el accesorio: *Compression Anvil*. Se programó doble compresión (50%), velocidad de cabezal de 120 mm/min y un tiempo de espera de 5 segundos entre compresiones, para la determinación de dureza, cohesividad, masticabilidad y elasticidad (Vidaurre-Ruiz *et al.*, 2019).

Para el análisis del diseño de mezclas D-Optimal se utilizó el software Design-Expert® 7 (versión de prueba), teniendo en cuenta las siguientes restricciones: carne de

llama (70-80%), pecanas molidas (10-20%) y harina de kañiwa (0-10%), obteniéndose 14 formulaciones en las que se realizaron los análisis de color, Aw y textura instrumental. Para verificar si dichas variables se ajustan a un modelo matemático significativo se realizó un análisis de varianza, con criterios para la calidad de ajuste del modelo (Valor- p < 0,05; R^2 , R^2 ajustado 0,7).

Luego se procedió a realizar la optimización en términos de la función deseabilidad del tipo “valor objetivo”. Para esto se elaboró por triplicado una butifarra patrón con carne de cerdo (60% carne, 40% azúcar, 1% sal y 0,2% canela en polvo) y luego se le analizó en función a las variables respuestas, con estos datos se aplicaron restricciones a la superficie de respuesta.

A la fórmula óptima de butifarra dulce seca se le realizó un análisis proximal con los métodos oficiales de la AOAC (Guerra y Pozo, 2018), así como un análisis sensorial (color, olor, sabor y textura), con cien panelistas no entrenados (Castro *et al.*, 2019) mediante una escala hedónica de siete puntos, siendo “Me gusta extremadamente” el número 7 y “Me disgusta extremadamente” el número 1. Para definir si el nivel de agrado de los atributos del producto es aceptable o no, se utilizó una transformación de escala verbal a escala numérica, media aritmética y prueba de distribución normal.

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los valores del color expresado en L* (luminosidad), a* (tendencia al rojo) y C* (croma), la Aw y el análisis de perfil de textura, correspondientes a las 14 formulaciones de butifarra dulce seca. El análisis estadístico demostró que los componentes de la mezcla no influyeron significativamente en el color. El modelo no presentó significancia con respecto a L*, lo que se evidencia en bajos niveles de los coeficientes de determinación ($R^2 = 0,3990$ y R^2 ajustado = 0,2898). Con respecto al valor a*, el modelo tampoco presentó significancia, lo que se evidencia en los bajos valores de los coeficientes de determinación ($R^2 = 0,3149$ y R^2 ajustado = 0,1903). Finalmente, para el valor de croma, el análisis de varianza evidenció que el modelo seleccionado fue estadísticamente significativo; pero tanto el R^2 como el R^2 ajustado fueron de 0,6078 y 0,5365 respectivamente, por lo que se puede afirmar que el modelo no explica la relación existente entre la variable respuesta (croma) y las variables estudiadas (carne de llama, pecanas y harina de kañiwa).

De otra parte, el análisis estadístico de los valores de Aw demostró que las diferentes proporciones de los componentes de la mezcla no tuvieron una influencia significativa, puesto que el análisis de varianza evidenció que el modelo seleccionado no fue estadísticamente significativo (valor p > 0,05), además, presentaron R^2 y R^2 ajustado de 0,6132 y 0,2817, respectivamente.

El análisis estadístico demostró que los componentes de la mezcla no explican la masticabilidad, elasticidad y dureza ($R^2=0,3524$, $R^2=0,3462$ y $R^2=0,5670$, respectivamente) a excepción de la cohesividad que presentó evidencias estadísticas significativas en el análisis de varianza (valor-p < 0,05); además de presentar R^2 y R^2 ajustado para el modelo seleccionado de 0,8342 y 0,7306, respectivamente. Los valores observados de cohesividad

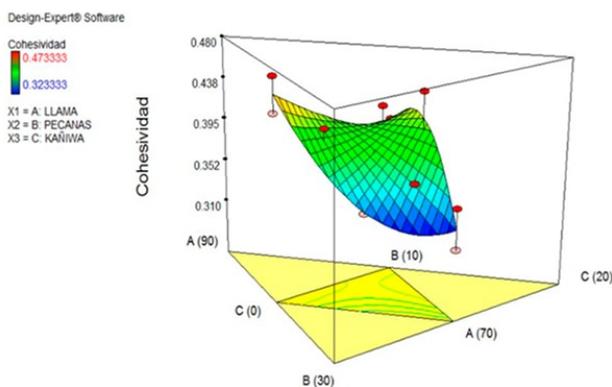


Figura 1. Superficie de respuesta de la cohesividad en función de la proporción de los componentes de la mezcla.

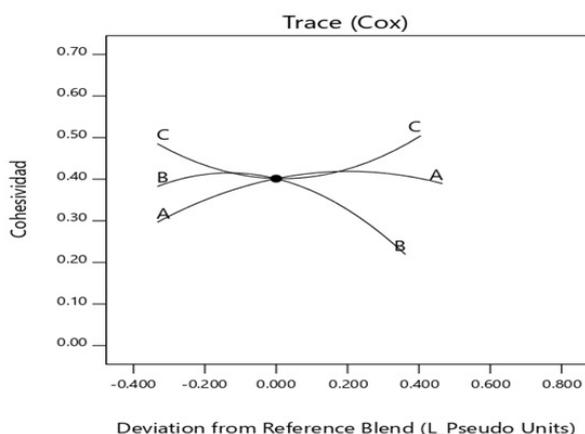


Figura 2. Trazos de Cox de la cohesividad en función de la proporción de los componentes de la mezcla (A:carne de llama, B: Pecanas y C: harina de kañiwa).

fueron sometidos al análisis de regresión múltiple, ajustándose el modelo a una ecuación cuadrática, que se detalla en la tabla 2: $\hat{y} = -0,000183455*A - 0,15990*B + 0,17346*C + 0,0022935*A*B - 0,00191257*A*C$, donde \hat{y} representa la cohesividad estimada, mientras que A, B y C corresponden a los porcentajes de carne de llama, pecana molida y harina de kañiwa, respectivamente.

En la Figura 1 se puede observar que los componentes que ejercen mayor influencia sobre la cohesividad son la carne de llama y la harina de kañiwa, siendo las pecanas el componente de menor influencia. Esto se confirma en los trazos de Cox (Figura 2) donde se puede observar que, a la derecha de la intersección, los valores de cohesividad de los componentes A (carne de llama) y C (kañiwa) son notoriamente mayores que el componente B (pecanas).

Posteriormente, se realizó la optimización de la variable cohesividad en términos de la función de deseabilidad del tipo “valor objetivo”, para lo que se determinó el valor de cohesividad de la butifarra patrón (0,467). La formulación óptima estimada estuvo compuesta de los siguientes porcentajes: 80, 20 y 0, de carne de llama, pecana molida y harina de kañiwa, respectivamente, con un valor de 0,457 de cohesividad. La caracterización de la butifarra elaborada con la fórmula optimizada presentó la composición química que se muestra en la Tabla 3.

En la Tabla 4, se observa los resultados del análisis sensorial de la fórmula óptima, donde la textura tuvo

Tabla 3. Análisis químico proximal de la butifarra dulce seca con fórmula optimizada*

Componente	Base húmeda (%)	Base seca (%)
Humedad	25,30±0,10	—
Proteína	17,90±0,18	23,95
Grasa	10,63±0,11	14,23
Carbohidratos totales	42,67±0,07	57,12
Cenizas	3,50±0,06	4,69

*Fórmula optimizada: 80 % de carne de llama y 20 % de pecanas, n=3

un mayor puntaje seguida del color, sabor y olor. La frecuencia de respuestas que determinaron un grado de satisfacción o nivel de agrado para cada atributo del producto mantuvo una distribución unimodal.

Por otro lado, en la Tabla 5, se muestran los resultados de la prueba Z, para demostrar si la media muestral del grado de satisfacción para cada atributo del producto es aceptable o no, teniendo como referencia una media poblacional aceptable a partir del grado de satisfacción “No me gusta, ni me disgusta” equivalente a 4. Los resultados del tratamiento estadístico concluyen aceptando la hipótesis alterna, la cual indica que la media muestral para cada atributo evaluado es mayor a la media poblacional del grado de satisfacción, con esto se demuestra que la media del grado de satisfacción para cada atributo es aceptable con un nivel de confianza del 95 %.

Discusión

El valor de croma (C*) conocido como valor de saturación, indica el nivel de intensidad del color. Para las butifarras dulces varió entre 5,21 a 8,88. Al respecto, se ha encontrado valores mayores de croma (13,99), elaborando cabanossi con 80 % de carne de llama, 10 % de papa cocida y 10 % de grasa de cerdo (Ramos Ramírez *et al.*, 2019), probablemente la mayor cantidad de grasa en la formulación otorgaría mayor intensidad del color al producto.

Con respecto a la Aw, se encontraron valores entre 0,790 a 0,854, debido a los diferentes porcentajes de azúcar empleados en las formulaciones. Dichos valores ubican a la butifarra dulce como un producto de humedad intermedia (Aw menor a 0,85), que puede ser estable a temperatura ambiente. Un producto como el *cabanossi* que solo presenta deshidratación tiene una Aw entre 0,93 a 0,94 (Mahachi *et al.*, 2019), mientras que la butifarra dulce elaborada, adicionalmente a la deshidratación tiene una considerable cantidad de azúcar, la misma que liga el agua y justifica Aw tan bajas como las encontradas.

Respecto a la dureza, los valores encontrados estuvieron en un rango de 36,09 hasta 59,63 N. La fórmula óptima presentó una dureza (40,99 N) similar a la reportada en salchichas secas de cerdo con un 50 % de sustitución de grasa por quinua cocida (41,3 N) (Fernández-Diez *et al.*, 2016), lo que sugiere la factibilidad del reemplazo de grasa por pecana, logrando magnitudes de dureza semejantes.

Tabla 4. Nivel de agrado de las butifarras dulces secas con 80% de carne de llama y 20% de pecana molidas

Nivel de agrado	Puntaje	Color	Olor	Sabor	Textura
Me gusta extremadamente	7	7	2	4	10
Me gusta mucho	6	21	15	28	41
Me gusta ligeramente	5	32	34	29	26
No me gusta ni me disgusta	4	26	23	16	17
Me disgusta ligeramente	3	11	18	15	4
Me disgusta mucho	2	3	8	6	2
Me disgusta extremadamente	1	0	0	2	0
Total de consumidores		100	100	100	100
Media aritmética		4,78	4,36	4,64	5,30
Desviación estándar		1,19	1,23	1,40	1,12

Tabla 5. Evaluación de la aceptabilidad de los atributos de la butifarra dulce seca

Atributo	S*	Zc*	Zt ($\alpha = 0,05$)*	Comparación	Conclusión
Color	1,194	6,532	1,645	Zc>Zt	Se acepta Ha
Olor	1,227	2,934	1,645	Zc>Zt	Se acepta Ha
Sabor	1,396	4,583	1,645	Zc>Zt	Se acepta Ha
Textura	1,115	11,663	1,645	Zc>Zt	Se acepta Ha

*S: Desviación estándar; Zc: Z calculado; Zt: Z teórico; α : Nivel de significación.

Los valores encontrados de elasticidad estuvieron en un rango de 0,503 hasta 0,607. Bis-Souza *et al.* (2020), encontraron que al disminuir la grasa por inulina en salami se incrementaban los valores de elasticidad (de 0,302 a 0,445), lo que está alineado a nuestros resultados ya que la fórmula optimizada tuvo el mayor valor de elasticidad (0,607).

Los valores de masticabilidad tienen una amplia variabilidad (entre 10,37 a 98,70 N.mm), debido a los diferentes porcentajes de pecanas en las formulaciones teniendo la fórmula óptima, con 20% de pecanas, un valor de 12,12 N.mm, el cual es similar al hallado en salchichas frescas de cordero (14,19 N.mm) con 20% de aceite de nuez tigre (*Cyperus esculentus*) (de Carvalho *et al.*, 2020).

En un estudio realizado en salchichas con una sustitución del 100% de grasa animal por la incorporación de oleogel de aceite de soya y celulosas, se encontró que las muestras resultaron más suaves, más elásticas y cohesivas. A diferencia de aquellas salchichas en las que se empleó semillas de calabaza, las que resultaron más duras y menos cohesivas (González y Totosaus, 2017). Por otro parte, se ha encontrado que la harina de kañiwa otorga mayor cohesividad en masas de pan respecto a otros componentes como almidón de yuca, suero de leche o goma xantana (Zegarra *et al.*, 2019). Respecto a las pecanas, su elevado contenido de grasa y la interrupción de la interacción de las proteínas por los glóbulos de grasa explicarían los bajos niveles de cohesividad en mezclas cuyas formulaciones tienen mayor proporción de pecanas. La cohesividad de la fórmula óptima (0,46) fue similar a la encontrada en salchichas secas con un 25% de sustitución con palma aceitera (0,42) (Kılıç y Özer, 2017), siendo semejante este valor de cohesividad al que presentó la butifarra patrón (0,47).

En cuanto a la composición química de la butifarra con la formulación óptima, se puede observar un contenido alto de proteínas (17,9%) que es importante desde el

punto de vista nutricional, así como un elevado tenor de carbohidratos (42,7%), que le da un aporte calórico. En cuanto al nivel de grasa (10,6%), fue menor que en otros productos deshidratados semejantes que reportan valores entre 15,7 y 28,9% (Mahachi *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2019). El bajo contenido de humedad (25,3%), se sitúa en el rango de 25 al 50%, característico de los alimentos de humedad intermedia (Granados-Conde *et al.*, 2020), lo que aunado a la baja Aw (0,81), podría contribuir a su estabilidad en anaquel, sin necesidad de refrigeración.

Finalmente, la prueba de nivel de agrado permitió concluir que la butifarra dulce seca tuvo un adecuado nivel de agrado en sus atributos sensoriales de color, olor, sabor y textura por encima del valor medio de la escala hedónica de siete puntos (3,5). De Carvalho *et al.* (2020), utilizando una metodología sensorial semejante, encontró niveles de agrado por encima del valor medio en salchichas frescas con sustitución total de grasa de cerdo por aceite de nuez tigre (*Cyperus esculentus*).

Conclusiones

Se logró obtener una formulación óptima de butifarra dulce seca que estuvo compuesta de 80% de carne de llama y 20% de pecana molida; así como una ecuación cuadrática para predecir su cohesividad. La sustitución total de carne y grasa de cerdo por carne de llama y pecana molida permitió elaborar un producto con menor contenido en grasa y alto en proteínas, con una Aw por debajo de 0,85 (alimento de humedad intermedia), siendo además aceptable sensorialmente en sus atributos de color, olor, sabor y textura. Con ello se brinda una alternativa para el desarrollo de productos a partir de carne de llama, tanto por el valor nutricional de la misma, como por su baja Aw, que podría favorecer su comercio e incrementar su consumo.

Agradecimientos

El presente trabajo de investigación ha sido financiado por el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú) de acuerdo con el Contrato 129-PNICP-PIAP-2015 “Mejoramiento de la producción, calidad y procesamiento tecnológico de la carne de llama procedentes de la sierra central del Perú”.

Referencias

- Atanasov, A. G., Sabharanjak, S. M., Zengin, G., Mollica, A., Szostak, A., Simirgiotis, M., Huminiecki, Ł., Horbanczuk, O. K., Nabavi, S. M. y Mocan, A. (2018). Pecan nuts: A review of reported bioactivities and health effects. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 246–257- <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.019>.
- Bis-Souza, C. V., Penna, A. L. B. y da Silva Barretto, A. C. (2020). Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructooligosaccharides: in vitro screening and technological evaluation. *Meat Science*, 168, 108186. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108186>.
- Casafont, M. L., y i Olivé, J.-M. R. (2019). Alimentació i gastronomia al diccionari normatiu. *Terminàlia*, 19, 7–16. <http://revistes.iec.cat/index.php/Terminàlia/article/view/145857>.
- Castro, L., Quispe, F., Suca, F., Villa, Y. y Zegarra, J. (2019). Optimization in the elaboration of an energy bar based on germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow). *Agroindustrial Science*, 9(2), 163–172. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.02.09>.
- Chirinos, R., Ochoa, K., Aguilar-Galvez, A., Carpentier, S., Pedreschi, R. y Campos, D. (2018). Obtaining of peptides with in vitro antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibitory activities from cañihua protein (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal of Cereal Science*, 83, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.004>.
- Criscitello, M. F., Kraev, I. y Lange, S. (2020). Deiminated proteins in extracellular vesicles and serum of llama (*Lama glama*)—Novel insights into camelid immunity. *Molecular Immunology*, 117, 37–53. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2019.10.017>.
- de Carvalho, F. A. L., Munekata, P. E. S., de Oliveira, A. L., Pateiro, M., Domínguez, R., Trindade, M. A. y Lorenzo, J. M. (2020). Turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on oxidative stability, physicochemical and sensory properties of fresh lamb sausage with fat replacement by tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil. *Food Research International*, 136, 109487. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109487>.
- Decagon Devices, INC. (2015). *Aqualab. Water Activity Meter. Operator's Manual for Serie 4, 4TE, 4TEV DUO*. Decagon Dev. Inc. http://www.ictinternational.com/content/uploads/2014/04/13484_AquaLab-Series-Four_Web.pdf.
- Dussán-Sarria, S., Garzón-García, A. M. y Melo-Sevilla, R. E. (2020). Development and evaluation of a color measurement prototype in fresh vegetables. *Información Tecnológica*, 31(1), 253–260. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000100253>.
- Fernández-Diez, A., Caro, I., Castro, A., Salvá, B. K., Ramos, D. D. y Mateo, J. (2016). Partial Fat Replacement by Boiled Quinoa on the Quality Characteristics of a Dry-Cured Sausage. *Journal of Food Science*, 81(8), C1891–C1898. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13393>.
- Fernández-López, J., Viuda-Martos, M. y Pérez-Alvarez, J. A. (2021). Quinoa and chia products as ingredients for healthier processed meat products: Technological strategies for their application and effects on the final product. *Current Opinion in Food Science*, 40, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.05.004>.
- González, B. M. F. y Totosaus, A. (2017). *Textura y aceptación de salchichas cocidas utilizando un oleogel de aceite de soya o manteca de semilla de calabaza como reemplazo de grasa* [Tesis profesional, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec]. bit.ly/3bKFcrj.
- Granados-Conde, C., Torrenegra-Alarcon, M., Leon-Mendez, G., Pineda, Y. A., Jimenez-Nieto, J. y Carriazo-Marmolejo, L. (2020). Deshidratación osmótica método alternativo de conservación de alimentos. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 17(2), 101–114. http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/4005/2263.
- Guerra, D. y Pozo, P. (2018). Análisis proximal y perfil de aminoácidos del aislado proteico del chocho andino ecuatoriano (*Lupinus mutabilis*). *infoANALÍTICA*, 6(1), 55–66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7113389>.
- Hélder, F., Lema, C., Vítor, D., Ramalheira, M. y Bragança, M. (2020). *Influência dos métodos de preservação na composição química e atividade antioxidante de pólen apícola* [Tesis de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança]. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/22885>.
- Ivorra, A. (2020). *Uso de la quinoa (Chenopodium quinoa) en el desarrollo de productos cárnicos funcionales* [Trabajo de fin de grado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. <http://dspace.umh.es/handle/11000/6537>.
- Kılıç, B. y Özer, C. O. (2017). Effects of replacement of beef fat with interesterified palm kernel oil on the quality characteristics of Turkish dry-fermented sausage. *Meat Science*, 131, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.020>.
- Kumar, P., Verma, A. K., Kumar, D., Umaraw, P., Mehta, N. y Malav, O. P. (2019). Chapter 11 - Meat Snacks: A Novel Technological Perspective. En C. Galanakis (Ed.), *Innovations in Traditional Foods* (pp. 293–321). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814887-7.00011-3>.
- Mahachi, L. N., Rudman, M., Arnaud, E., Muchenje, V. y Hoffman, L. C. (2019). Development of semi dry sausages (cabanossi) with warthog (*Phacochoerus africanus*) meat: Physicochemical and sensory attributes. *LWT*, 115, 108454. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108454>.
- Popova, T., Tejeda, L., Peñarrieta, J. M., Smith, M. A., Bush, R. D. y Hopkins, D. L. (2021). Meat of south American Camelids-Sensory quality and nutritional composition. *Meat Science*, 171, 108285. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108285>.

- Rábago-Panduro, L. M., Martín-Belloso, O., Weltri-Chanes, J. y Morales-de la Peña, M. (2020). Changes in bioactive compounds content and antioxidant capacity of pecan nuts [*Carya illinoensis* (Wangenh. K. Koch)] during storage. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(3), 1439–1452. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim1149>.
- Ramírez, E. J. P., López, R. R., Borbón, M. I. R., y Mandujano, H. A. T. (2016). Aplicación del diseño por mezclas en la industria alimentaria. *Cultura Científica y Tecnológica*, 56, 140–151. <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/809>.
- Ramos Ramírez, M. E., Jordán, O., Tuesta, T., Silva, M., Silva, R., y Salvá, B. (2020). Physicochemical, mechanical and sensory characteristics of cabanossi-type dry sausages made with llama (*Lama glama*) and pork (*Sus scrofa domestica*) meat. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(3), 411–422. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000300411>.
- Ramos Ramírez, M., Jordán Suárez, O., Jaimes, M. S., y Salvá Ruiz, B. (2019). Optimización de la formulación de cabanossi con carne de llama (*Lama glama*) y papa (*Solanum tuberosum*) mediante el diseño de mezclas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(1), 15–28. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.442>.
- Vidaurre-Ruiz, J. M., Salas-Valerio, W. F., y Repo-Carrasco-Valencia, R. (2019). Propiedades de pasta y texturales de las mezclas de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) en un sistema acuoso. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(1), 5–14. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.441>.
- Wang, X., Xu, M., Cheng, J., Zhang, W., Liu, X., y Zhou, P. (2019). Effect of *Flammulina velutipes* on the physicochemical and sensory characteristics of Cantonese sausages. *Meat Science*, 154, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.04.003>.
- Zegarra, S., Muñoz, A. M., y Ramos-Escudero, F. (2019). Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(5), 561–570. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561>.

