



CYTAL-ALACCTA 2019

Buenos Aires, 20 – 22 noviembre 2019

REEMPLAZO PARCIAL DE CARNE DE CERDO POR HARINA DE POROTOS ALUBIA EN HAMBURGUESAS

N. S. Argel¹, N. Ranalli^{1, 2}, A. N. Califano¹, S. C. Andrés¹

1 Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA, CONICET-CICPBA-UNLP), La Plata, Argentina.

2 Dpto. Ingeniería Química, Fac. Ingeniería, UNLP, La Plata, Argentina.

Email: natalia.argel@gmail.com

RESUMEN

En Argentina el consumo per cápita de legumbres es bastante bajo respecto al de otros países donde estos alimentos se encuentran muy arraigados. En el caso de los porotos, el 95 - 98% de la producción de cada campaña se destina al mercado externo, siendo su cultivo el más importante dentro del sector legumbres. Es importante promover un mayor consumo tanto por su riqueza en carbohidratos de liberación lenta, proteínas, fibra dietaria, minerales y vitaminas, como por la sustentabilidad ambiental y seguridad alimentaria, dada la urgente necesidad de incrementar el empleo de proteínas vegetales en alimentación humana y así reducir las de origen animal.

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del reemplazo parcial de carne de cerdo por harina de porotos Alubia (con un 18,61 % de fibra dietaria) en hamburguesas modelo con aceite girasol alto oleico pre-emulsificado (10 %) sobre sus principales factores de calidad empleando un diseño de mezclas de tres componentes, harina de porotos (8-15 %), agua (10-30 %) y carne (nalga) de cerdo (43,5-70,5 %) a través del modelado por el Método de Superficie de Respuesta (MSR). Posteriormente se realizó una optimización multivariable para encontrar la formulación óptima, utilizando el criterio de función objetivo o de conveniencia. Sobre los productos cocidos se evaluaron los principales parámetros: rendimiento, reducción del diámetro, color (parámetros L*, b* y a*), jugosidad por presión y textura mediante Análisis de Perfil de Textura (parámetros dureza, elasticidad, cohesividad, adhesividad, masticabilidad y resiliencia). El rendimiento en la cocción fue mayor cuando el reemplazo de carne por harina fue máximo y la cantidad de agua agregada fue mínima. La dureza y la elasticidad siguieron un comportamiento similar, pero menos dependiente de la cantidad de harina agregada. Los valores más altos de luminosidad se encontraron a mayor cantidad de agua y menor de harina. Un efecto contrario se encontró para el parámetro b*. No se encontraron diferencias significativas entre las formulaciones para la reducción del diámetro. Se determinó la combinación óptima de harina, agua y carne mediante el cálculo de la función conveniencia, considerando maximizar el rendimiento los demás parámetros en rangos similares a uno comercial analizado de igual forma. La formulación óptima correspondió a 15 % de harina de porotos, 19,44 % de agua y 54,06 % de carne de cerdo. De acuerdo con la composición de la harina de porotos, con esta incorporación, se obtendría un producto con aproximadamente un 3% de fibra dietaria. De esta manera



es posible obtener un producto con adecuadas características fisicoquímicas, constituyendo una alternativa de más sustentable y con mayor valor agregado.

Palabras clave: harina de porotos, hamburguesas de cerdo, reemplazo parcial de carne

1. Introducción

La carne y los productos derivados de la misma son pilares importantes en la dieta debido a su alto contenido proteico, su composición aminoacídica, alta concentración de vitaminas del grupo B, minerales y otras sustancias (Westerterp-Plantenga y col., 2009). Por otro lado, se ha asociado el consumo de carne, debido a su contenido lipídico, con el aumento del riesgo cardiovascular (Hygreeva y col., 2014). Esto puede modificarse adicionando ingredientes que sean considerados beneficiosos para la salud o eliminando/reduciendo los componentes que se consideran perjudiciales. El contenido lipídico en los productos cárnicos procesados puede ser reducido a través del uso de cortes de carne magros o reduciendo las grasas adicionadas reemplazándolas por agua u otros ingredientes que contribuyan con pocas o ninguna caloría (Pennisi Forell y col., 2010). Además, esto puede ser aprovechado para obtener productos con características nutricionales superiores incorporando, por ejemplo, ácidos grasos insaturados, resultando en una alternativa más saludable que las grasas saturadas que comúnmente se encuentran en este tipo de productos, adicionando aceites de origen marino o vegetal (Choi y col., 2009) o bien fibra dietaria (Mehta y col., 2015) y proteínas no cárnicas con elevado valor nutricional y adecuadas propiedades funcionales.

Existe evidencia que el consumo de legumbres y otros alimentos de origen vegetal tiene efectos benéficos para la salud asociados con la disminución del riesgo de padecer enfermedades cardio-metabólicas (Padhi y Ramdath 2017). Consecuentemente, los consumidores demandan poder acceder a productos más saludables, estimulando el desarrollo de alimentos más sustentables incorporando fuentes vegetales, conocidos como “productos híbridos” (Raphaely, 2015).

Las dietas basadas en el consumo de fuentes vegetales son consideradas más amigables con el ambiente en comparación con aquellas que hacen gran uso de fuentes intensivas, como la carne (González-García y col., 2018). El rápido aumento de la población mundial lleva a considerar que el cambio a una dieta más sustentable que implique menor dependencia a los alimentos de origen animal implica un reto para la



industria a explorar nuevas fuentes proteicas alternativas (Day, 2013). En este contexto, las legumbres representan una importante fuente de macronutrientes y minerales, conteniendo además una variedad de compuestos bioactivos como fitoesteroles y antioxidantes (Amarowicz y Pegg, 2008) además de ser una fuente de proteínas sustentable y con menor impacto ambiental que las de origen animal (González-García y col., 2018). Particularmente en Argentina el poroto es el cultivo que se destaca dentro de la cadena de legumbres. En promedio, las principales variedades producidas son el poroto alubia (45,2%) y el poroto negro (39,0%). La producción de poroto se concentra en la región NOA, principalmente en la provincia de Salta (62,6%) y, en menor medida, en Santiago del Estero (26,4%), Jujuy (6,4%) y Tucumán (4,1%). El consumo interno de legumbres es marginal respecto a los niveles de consumo mundial, particularmente más del 95% de lo producido es exportado. Es importante generar un aumento del valor agregado en la producción y comercialización de porotos mediante el procesamiento y desarrollo de distintos tipos de productos alimenticios.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el reemplazo parcial de carne de cerdo por harina de porotos Alubia (con un 18,61 % de fibra dietaria) en hamburguesas modelo con aceite de girasol alto oleico pre-emulsificado, evaluando el efecto de la cantidad de harina adicionada y la relación agua/harina, controlando los principales parámetros de calidad para obtener una alternativa más saludable y de menor impacto ambiental que su versión tradicional.

2. Materiales y métodos

2.1 Formulación y elaboración

Se utilizó nalga de cerdo a la cual se le retiraron depósitos de grasa y tejido conectivo visible. La totalidad de la carne suficiente para elaborar todas las formulaciones (3 nalgas, 9 kg) se picó, homogeneizó y fraccionó convenientemente (500 g) en bolsas Cryovac BB4L (PO_2 : $35\text{cm}^3/(\text{m}^2.\text{día}.\text{bar})$) a 23°C , Sealed Air Co., Buenos Aires, Argentina), se congeló a -20°C y empleó dentro los 21 días posteriores a su preparación. La carne para cada formulación fue descongelada 24 horas antes de su uso en la heladera. Cada lote se homogeneizó en un procesador de alimentos comercial (Universo, Rowenta, Alemania).



El diseño consistió en mezclas de tres componentes, harina de porotos (8-15 %), agua (10-30 %), correspondiente a las siguientes relaciones agua/harina: 1,25; 1,6 y 2 g/g, y carne (nalga) de cerdo (43,5-70,5 %) (Tabla 1). Todas las formulaciones incluyeron aceite de girasol alto oleico (10 g/100 g), cloruro de sodio (1 g/100 g) y tripolifosfato de sodio (0,5 g/100 g) como ingredientes comunes.

Tabla 1. Ingredientes variables para preparar 100 g de hamburguesas crudas

Formulaciones	Ingredientes		
	Carne de cerdo	Harina	Agua
1	70.50	8	10
2	67.70	8	12.8
3	64.50	8	16
4	54.75	15	18.75
5	49.50	15	24
6	43.50	15	30

Para la elaboración de las hamburguesas se realizó una emulsión del aceite con parte de la harina de porotos y el agua, y una vez obtenida fue mezclada en procesadora junto a la carne picada, las sales y el resto del agua/harina necesaria para obtener las formulaciones requeridas. La pasta resultante se llevó a heladera una hora antes de formar las hamburguesas. Las mismas fueron congeladas hasta el momento de la cocción. Las hamburguesas fueron cocidas en plancha calefactora de doble contacto (Modelo 3882, Oster, China). Luego de la cocción, se dejaron enfriar sobre papel absorbente a temperatura ambiente dejándolas seis minutos de cada lado antes de realizar las determinaciones.

2.2 Determinaciones realizadas

El rendimiento se determinó como la relación entre el peso del producto cocido y crudo. La reducción del diámetro fue determinado de acuerdo con Serdaroğlu y col., (2005), como la relación entre la diferencia entre el diámetro crudo y cocido, respecto al diámetro crudo.



La jugosidad fue determinada como el porcentaje de líquido extraído por presión (100 N, 2 min) de muestras cocidas entre láminas de papel de filtro en analizador de textura TA-xT2i (Texture Analyzer, Stable Micro Systems, UK) a temperatura ambiente. Asimismo, se realizó un Análisis de Perfil de Textura sobre muestras cilíndricas (1,5 cm x 1,7 cm) con compresión de 30% de su altura original, velocidad de la sonda de 0,5 mm/seg, determinándose los parámetros dureza, adhesividad, cohesividad, masticabilidad, elasticidad y resiliencia.

El color fue determinado sobre la superficie interna de los productos cocidos a temperatura ambiente utilizando un colorímetro Chroma Meter CR-400, determinándose los parámetros L^* , a^* y b^* .

2.3 Análisis estadístico

Los análisis de varianza se realizaron por separado en las variables dependientes estudiadas teniendo en cuenta cada formulación. Se calcularon las superficies de respuesta para las distintas variables medidas. Posteriormente se realizó una optimización multivariable para encontrar la formulación óptima, utilizando el criterio de “función objetivo” o “de conveniencia”. Se calcularon las funciones conveniencia para cada una de las variables estudiadas y la media geométrica de los valores de conveniencia individuales. Todos los procedimientos estadísticos fueron calculados usando el programa SYSTAT 12 (SYSTAT, Inc., Evanston, IL.).

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización de los productos obtenidos

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para el rendimiento, jugosidad, parámetros de TPA y color para las diferentes formulaciones analizadas.

El rendimiento estuvo por encima del 88% para todas las formulaciones. Para la reducción del diámetro no se encontraron diferencias significativas entre las formulaciones ensayadas, siendo el valor medio 2,51% (0,3). Los valores de dureza y masticabilidad disminuyeron al aumentar el contenido de agua. Junto la elasticidad, siguieron un comportamiento similar, pero menos dependiente de la cantidad de harina agregada. Los valores de adhesividad fueron despreciables. Los valores de resiliencia estuvieron en el rango 0,32-0,40. Los valores más altos de luminosidad se encontraron a



mayor cantidad de agua y menor de harina. Un efecto contrario se encontró para el parámetro b*.

Tabla 2. Rendimiento, jugosidad y parámetros del TPA y color para las diferentes formulaciones.

Determinaciones	Formulaciones					
	1	2	3	4	5	6
Rendimiento	97,37 ^a	89,41 ^b	88,92 ^b	90,97 ^a	89,23 ^b	88,64 ^b
Jugosidad	0,20 ^b	0,21 ^b	0,25 ^b	0,11 ^c	0,24 ^b	0,34 ^a
Dureza	17,58 ^a	16,81 ^a	14,22 ^{ab}	15,39 ^{ab}	12,28 ^{bc}	9,19 ^c
Cohesividad	0,55 ^a	0,54 ^a	0,54 ^{ab}	0,53 ^b	0,51 ^c	0,50 ^c
Elasticidad	0,88 ^a	0,86 ^{ab}	0,83 ^{bc}	0,84 ^{bc}	0,82 ^{cd}	0,78 ^d
Masticabilidad	8,51 ^a	7,88 ^{ab}	6,40 ^{bc}	6,81 ^{abc}	5,19 ^{cd}	3,66 ^d
Resiliencia	0,40 ^a	0,38 ^{ab}	0,37 ^{bc}	0,36 ^c	0,33 ^d	0,32 ^d
L*	77,75 ^{ab}	77,07 ^b	77,54 ^{ab}	77,08 ^b	77,45 ^b	78,03 ^a
a*	3,58 ^a	3,80 ^a	3,74 ^a	3,38 ^a	2,58 ^b	2,32 ^b
b*	12,03 ^b	11,44 ^c	11,22 ^c	12,67 ^a	12,65 ^a	12,19 ^{ab}

*Diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según el ensayo de Tukey.

3.2 Análisis por superficie de respuesta

La metodología de superficie de respuesta fue utilizada para modelar y analizar cómo la composición (A: agua, B: harina, C: carne) afectó las variables de interés. Se observó que el modelo lineal fue el que mejor ajustó ya que los modelos cuadráticos resultaron no significativos. En la determinación de la función conveniencia no se incluyeron la reducción de diámetro por no presentar diferencias significativas entre formulaciones, a* por no encontrar un modelo de ajuste, ni la masticabilidad por ser función lineal de la dureza, elasticidad y cohesividad.

La Tabla 3 muestra los coeficientes de regresión calculados para cada variable dependiente en función de la composición. En todos los casos se comprobó la validez del modelo mediante un ensayo de falta de ajuste. En la Figura 1 se muestran las superficies de respuesta obtenidas de acuerdo con las predicciones del modelo.



Tabla 3. Coeficientes de regresión obtenidos para el modelo propuesto para las variables: rendimiento, dureza, cohesividad, elasticidad, resiliencia, L* y b.

Coefficiente	A	B	C	Falta de ajuste (p)
Rendimiento	67,11	124,01	89,96	0,24
Dureza	-26,8	46,89	22,22	0,52
Cohesividad	0,4	0,52	0,58	0,66
Elasticidad	0,46	1,04	0,91	0,26
Resiliencia	0,17	0,3	0,44	0,36
L*	93,96	56,29	76,63	0,95
b*	7,4	26,14	10,77	0,28

Por observación de las superficies se pudo ver que el rendimiento fue mayor cuando el reemplazo de carne por harina fue máximo y la cantidad de agua agregada fue mínima. La dureza y la elasticidad siguieron un comportamiento similar, dependiendo principalmente de la cantidad de agua adicionada. Las matrices más cohesivas resultaron en aquellas con menor reemplazo de carne por harina. Los valores más altos de luminosidad se encontraron a mayor cantidad de agua y menor de harina. Un efecto contrario se encontró para el parámetro b*.

La siguiente etapa consistió en determinar la combinación óptima de harina, agua y carne mediante el cálculo de la función conveniencia, considerando maximizar el rendimiento y manteniendo los demás parámetros en rangos similares a un producto comercial analizado de igual forma. La función de conveniencia establece una relación funcional de la respuesta con los factores de tal manera que su rango es el intervalo [0,1], proporcionando la mayor conveniencia cuando el valor es 1 y la mínima conveniencia deseada (completamente indeseable) cuando toma el valor 0. Se empleó la media geométrica de los valores de conveniencia individuales para obtener un valor de conveniencia global D. Mediante este análisis se encontró que la combinación óptima era 15% de harina de poroto, 19,44% de agua y 54,06% de carne de cerdo. El valor calculado para la deseabilidad global D fue de 0,688, lo que reflejó una buena aproximación a un producto similar comercial cuyos parámetros fisicoquímicos fueron considerados como los óptimos.

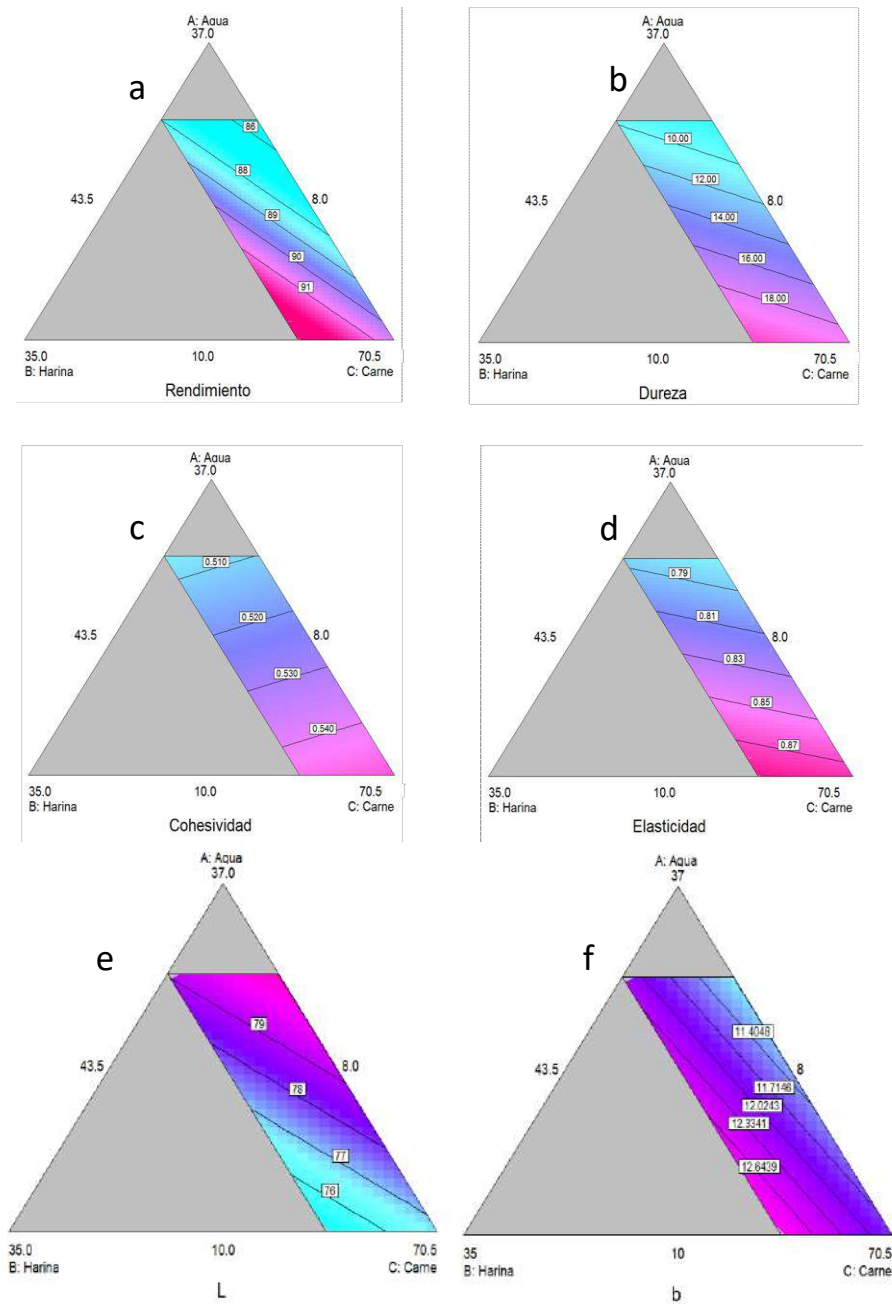


Figura 1. Superficies de respuesta correspondientes a los valores esperados rendimiento (a), dureza (b), cohesividad (c), elasticidad (d), luminosidad (e), parámetro b* (f), para las hamburguesas con diferentes reemplazos de carne de cerdo por harina de porotos.

4. Conclusiones

Todas las formulaciones analizadas presentaron características adecuadas al tipo de producto cárnico esperado. Sin embargo, esta metodología permitió obtener la formulación que optimiza sus parámetros, la cual correspondió a 15 % de harina de



porotos, 19,44 % de agua y 54,06 % de carne de cerdo. De acuerdo con la composición de la harina de porotos, con esta incorporación, se obtendría un producto con aproximadamente un 3% de fibra dietaria y una reducción en el contenido de carne del 30 %. De esta manera es posible obtener un producto con adecuadas características fisicoquímicas, constituyendo una alternativa de más sustentable y con mayor valor agregado.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET, Argentina), Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Argentina), Universidad Nacional de La Plata y la Estación Experimental Agropecuaria INTA Salta. En memoria de la Dra Alicia N. Califano (1951-2019), investigadora (CIDCA-CONICET, Argentina) altamente respetada y compañera a quien extrañamos profundamente.

Referencias

- Amarowicz, R., Pegg, R. B. (2008). Legumes as a source of natural antioxidants. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 865-878.
- Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim H.Y., Lee MA, Kim HW, Jeon JY, Kim CJ (2009) Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat Science* 82(2) 266-271.
- Day, L. (2013) Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science and Technology* 32(1), 25-42
- González-García S., Esteve-Llorens X., Moreira, M.T., Feijoo, G. (2018). Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. *Science of Total Environment*, 644, 77-94.
- Hygreeva, D., Pandey, M. C., & Radhakrishna, K. (2014). Potential applications of plant-based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Science*, 98(1), 47–57.
- Mehta, N., Ahlawat, S.S., Sharma, D.P., Dabur, R.S. (2015) Novel trends in development of dietary fiber rich meat products-a critical review. *Journal of Food Science and Technology* 52(2), 633-647
- Padhi, E.M.T., Ramdath, D.D. (2017). A review of the relationship between pulse consumption and reduction of cardiovascular disease risk factors. *Journal of Functional Foods* 38, 635-643.
- Pennisi Forell, S.C., Ranalli, N., Zaritzky, N.E., Andrés S.C., Califano, A.N. (2010). Effect of type of emulsifiers and antioxidants on oxidative stability, colour and fatty acid profile of low-fat beef burgers enriched with unsaturated fatty acids and phytosterols. *Meat Science*, 86(2), 364-370.
- Raphaely T (2015) Impact of meat consumption on health and environmental sustainability. IGI Global, Pennsylvania
- Serdaroğlu, M., Yıldız-Turp, G., Abrodímov, K. (2005). Quality of low-fat meatballs containing legume flours as extenders. *Meat Science*, 70(1), 99-105.
- Westerterp-Plantenga, M. S., Nieuwenhuizen, A., Tome, D., Soenen, S., & Westerterp, K. R. (2009). Dietary protein, weight loss, and weight maintenance. *Annual Review of Nutrition*, 29, 21–41.