INFLUENCIA DEL ULTRASONIDO APLICADO AL DESHIDRATADO CONVECTIVO DE CARNE DE ALPACA *(Vicugna pacos)* EN LA MEJORA DE SU CALIDAD

Juan C. Ponce Ramírez
Instituto de Investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia
Programa de Investigación en Procesos Industriales - Área de Procesos Alimentarios y Agroindustriales
E-mail: carlosponcerr@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la influencia del ultrasonido aplicado al deshidratado convectivo de carne de la alpaca (Vicugna pacos) en la mejora de su calidad. Para ello se utilizó un equipo de ultrasonido ELMASONIC de 37 kHz. Se caracterizó la carne de alpaca fresca y deshidratada proveniente de Wayraccasa en el distrito de Vinchos, provincia de Huamanga utilizando protocolos estandarizados; además se optimizo las variables Potencia de ultrasonido (30-50 w), carga (0,25-0,50 kg/m2) y temperatura (50-60 °C), utilizando un diseño central compuesto rotable con la aplicación de la metodología de superficie de respuesta (MRS) que maximizo la calidad comercial. Los resultados de la caracterización de la carne de alpaca, fueron: humedad 73,22%, proteínas 22,12%, grasa 1,98% y cenizas 0,88%. La carne deshidratada alcanzo valores de Humedad (18,11%), proteína (62,27%), grasa (6,67%), siendo superior a la carne deshidrata tradicional. Las condiciones óptimas para la carne de alpaca deshidratada con ultrasonido fueron: (X1: 35,6 watt, X2: 0,49 kg/m2 y X3:50 °C), permitiendo obtener un charqui de mejor calidad comercial (Y: 2,59), este modelo propuesto tuvo una buena correlación con los datos experimentales (p>0,05). La carne de alpaca deshidratada con ultrasonido (M1) alcanzó valores menores de índice de peróxido (21,99 meq/g), variación de color (ΔC 1,52) y recuento de mesófilos (<1,45 ufc/g), presentando mejor calidad al compararlo con la carne de alpaca deshidratada comercial (M2).

Palabras clave: ultrasonido, carne de alpaca deshidratada.

INFLUENCE OF ULTRASOUND APPLIED TO THE CONVECTIVE DEHYDRATION OF ALPACA MEAT *(Vicugna pacos)* IN THE IMPROVEMENT OF ITS QUALITY

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the influence of ultrasound applied to the convective dehydration of alpaca meat (Vicugna pacos) in the improvement of its quality. To this end, an ELMASONIC ultrasound equipment of 37 kHz was used. The fresh and dehydrated alpaca meat from Wayraccasa in the district of Vinchos, Huamanga province was characterized using standardized protocols; The variables Ultrasound power (30-50w), load (0,25-0,50 kg/m2) and temperature (50-60°C) were also optimized, using a central rotable composite design with the application of the methodology response surface (MRS) that maximized commercial quality. The results of the characterization of alpaca meat were: humidity 73,22%, proteins 22,12%, fat 1,98% and ash 0,88%. Dehydrated meat reached values of Humidity (18,11%), protein (62,27%), fat (6,67%), being superior to traditional dehydrated meat. The optimum conditions for dehydrated alpaca meat with ultrasound were: (X1:35,6 watt, X2:0,49 kg/m2 and X3:50°C), allowing to obtain a better commercial quality jerky (Y:2,59), this proposed model had a good correlation with the experimental data (p>0,05). The alpaca meat dehydrated with ultrasound (M1) reached lower values of peroxide index (21,99 meq / g), color variation (ΔC 1,52) and mesophilic count (<1,45 cfu/g), presenting better quality when compared to commercial dehydrated alpaca meat (M2).

Keywords: ultrasound, dehydrated alpaca meat.

INTRODUCCIÓN

El charqui de llama y alpaca es fácil de procesar, tiene un sabor típico y no necesita refrigeración durante su comercialización debido a su baja actividad de agua (aw), se caracteriza por contener altos niveles de proteína y baja humedad (Mamani-Linares y Cayo, 2011; Pachao, 2006). El desarrollo futuro del charqui de carne de alpaca es prometedor, en la actualidad los niveles de consumo se van incrementando como resultado de la migración de la población andina hacia la ciudad y se viene exportado como carne exótica (Campero, 2005).

Sin embargo existe el problema la baja calidad comercial, debido a que tienden a presentar mayor actividad microbiana de color y oxidación de lípidos (Rancidez). Esta última es una de las mayores causas de deterioro de la calidad en el charqui (Tichivangana y Morrissey, 1985). Esto se produce debido a una serie de factores extrínsecos o ambientales como la temperatura, la luz y el nivel de oxígeno, la temperatura y el tiempo de secado que influyen en la oxidación de los lípidos e incremento de la actividad microbiana en los alimentos cárnicos.

Ante este problema el objetivo de la investigación ha sido determinar la influencia del ultrasonido de alta intensidad aplicado al deshidratado convectivo de carne de alpaca (*Vicugna pacos*) en la mejora de su calidad comercial.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se caracterizó la carne de alpaca fresca y deshidratada provenientes de Wayraccasa en el distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho a 4500 m.s.n.m. utilizando protocolos estándares para humedad 950.46, proteína 981.10, grasa, ceniza 920.153 y carbohidratos por diferencia (AOAC, 2000).

Mediante el diseño central compuesto rotable con la aplicación de la metodología de superficie de respuesta (MRS) se determinaron las condiciones óptimas de las variables independientes en estudio Potencia de ultrasonido (30-50 w), carga (0,25-0,50 kg/m^2) y temperatura (50-60 °C), para maximizar la calidad comercial, utilizando una escala de 7 (Excelente) y 1(Muy malo). Los tratamientos se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos experimentales, según el DCA.

Nivel codificado		Denominación	Nivel real		
(Xi)	(Xi)		Pot Ultras. (watts)	Temperatura (°C)	Carga (kg/m^2)
-α	-1,682	Nivel mínimo (Z_1)	30,0	50,0	0,25
-1	-1	Nivel bajo (Z_2)	34,1	52,0	0,30
0	0	Nivel medio (Z_3)	40,0	55,0	0,38
1	1	Nivel alto (Z_4)	45,9	58,0	0,45
α	1,682	Nivel máximo (Z_5)	50,0	60,0	0,50

Los datos obtenidos fueron procesados en el paquete estadístico Statgraphics Centurión XVI. Posteriormente las variables optimizadas del deshidratado convectivo de la carne de alpaca (M_1) se comparó su calidad con carne de alpaca deshidratada comercial (M_2).

Se evaluó el índice de peróxido (meq/kg) AOAC 965.33, variación del color (ΔC) y recuento de microorganismos aerobios viables (ufc/g).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización físico química

En la tabla 2., se muestra el análisis proximal de la carne fresca y deshidratada de alpaca, procedente de la localidad de Wayraccasa. El contenido de humedad (18,11%), proteína (62,27%) y ceniza (6,73%), resultaron ligeramente inferiores a los valores de humedad (19,05%), proteína (66,12%) y ceniza (8,54%) descritos por Mamani y Cayo (2014). El contenido de grasa fue mayor al reportado por (Mamani y Cayo 2014; Mateo et al, 2013). Finalmente el contenido de carbohidratos fue mayor al 5,3% encontrado en la carne de alpaca deshidratada (Mateo et al, 2013).

Tabla 2. Análisis químico proximal de carne fresca y deshidratada de alpaca.

Parámetro	Carne fresca		Charqui	
	Promedio	D.E	Promedio	D.E
Humedad	73,22	0,245	18,11	0,42
Proteínas	22,12	0.124	62,27	1,50
Grasa	1,98	0,134	6,67	0,17
Ceniza	0,88	0,281	6,73	0,13
Carbohidratos	2,05	0,132	6,23	1,32

Optimización de las variables

En la figura 1.1 se aprecia la superficie obtenida, la cual prolonga las curvas de nivel o contornos de la superficie, con una tendencia hacia los valores óptimos para niveles medios de Potencia de ultrasonido (PU), temperatura (T) y carga (C). De los resultados obtenidos, se puede concluir que los tratamientos centrales fueron los que alcanzaron los mayores valores de calidad, estos valores oscilaron entre 2,40 – 2,60 de la escala empleada.

De la superficie obtenida se observa que al prolongar las curvas de nivel o contornos de la superficie, se tiene una tendencia hacia lo óptimo para niveles medios de Potencia de ultrasonido, temperatura y carga.

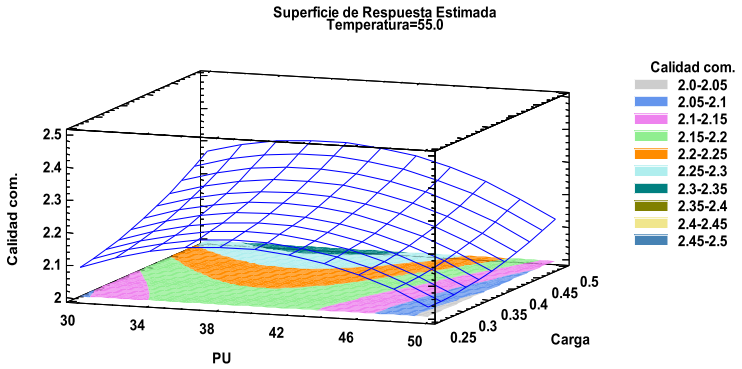

Figura 1.1: Superficie de respuesta, del mayor valor de calidad comercial de la carne deshidratada de alpaca.

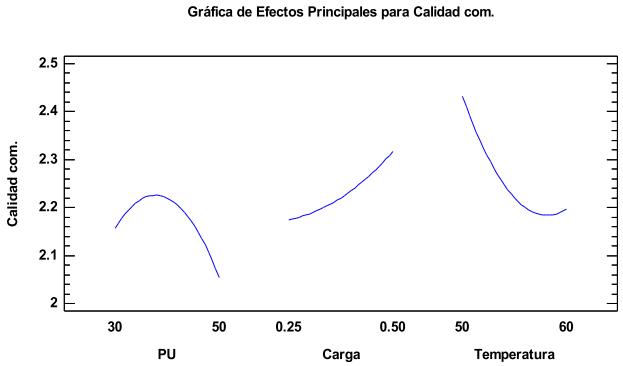

Figura 1.2: Efecto de los factores sobre la calidad comercial en el deshidratado de carne de alpaca.

En la Figuras 1.2, se observa los efectos, determinándose que el factor X_2(Carga) a medida que se incrementa su valor mejora la calidad, para el caso del factor X_1(Potencia de ultrasonido W) afecta en forma positiva hasta cierto nivel. El factor X_3(Temperatura), a medida que incrementa su valor afecta la calidad comercial de la carne de alpaca deshidratada. Este resultado se fundamenta en que el ultrasonidos se utiliza para mejorar los procesos de secado de alimentos, especialmente para alimentos sensibles a la temperatura (Vikhu et al, 2008; Nowacka, 2014).

Este resultado concuerda con el uso del ultrasonido como pretratamiento en el secado con aire caliente de algunos alimentos donde se redujo el tiempo de proceso, mejorando su calidad sensorial, tales como zanahoria (García - Pérez, et al., 2009); filetes de tilapia (Min Li et al, 2017), filetes de atún (Fuentes at al, 2016).

De igual manera el empleo del ultrasonido en carne de cerdo fresca, mejoro su calidad principalmente en el color, su perfil de textura como masticabilidad, dureza y Cohesividad (Vera et al, 2016) y en carne fresca de res se mejoró su calidad tecnológica (Ureta et al, 2016).

La ecuación polinomial codificado de superficie de respuesta del modelo ajustado, fue la siguiente:

$$Y = 12,83 + 0,064PU + 3,75Ca - 0,44T - 0,001\ PU^2 - 0,018PU.Ca + 0,0005\ PU.T + 1,63\ Ca^2 - 0,067\ Ca.T + 0,004\ T^2$$

Las variables optimizadas para maximizar la calidad de la carne de alpaca deshidratada (Y=2,59), fueron PU: 35,67 w, Ca: 0,499 kg/m^2 y T°: 50 °C

Tabla 3. ANOVA para maximizar la calidad de la carne de alpaca deshidratada.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:PU	0,00637	1	0,0064	8,24	0,017
B:Carga	0,02078	1	0,0208	26,87	0,000
C:Temperatura	0,04358	1	0,0436	56,36	0,000
AA	0,00373	1	0,0037	4,83	0,053
AB	0,00037	1	0,0004	0,48	0,503
AC	0,00052	1	0,0005	0,67	0,431
BB	0,00010	1	0,0001	0,13	0,728
BC	0,00143	1	0,0014	1,85	0,204
CC	0,00167	1	0,0017	2,16	0,172
Error total	0,00773	10	0,0008		
Total (corr.)	0,30418	19			

En el ANOVA de la tabla 3, se analizó la variabilidad de los resultados de la calidad, con respeto a los factores independientes en estudio (potencia de ultrasonido (A), carga (B) y temperatura (C)), observándose que la relación (A), la relación (B) y la relación (C) tienen valores p inferiores a ($p<0,05$), estos resultados nos indica que son significativamente diferentes al 95% del nivel de confianza, por lo tanto influyen en maximizar la calidad en la carne de alpaca deshidratada. De acuerdo al R– cuadrado indica que el modelo alcanza un 97,46% de la variabilidad del contenido de proteínas en el deshidratado de carne de alpaca.

Estas diferencias significativas concuerdan con los resultados en los parámetros de dureza y elasticidad con ultrasonido en carne de lomo de atún presentaron diferencias significativas comparados con la muestra control ($p<0,05$) (Fuentes et al, 2016; Min Li et al, 2017).

Evaluación de la calidad comercial

Las variables optimizadas (PU: 35,67 watts, Ca: 0,49 kg/m^2 y T° 50 °C), se procedió a compararlo con un carne de alpaca deshidratada comercial (Charqui), determinándose que la muestra comercial presenta valores superiores en cuanto a rancidez, variación del color (ΔC) y recuento de microorganismos aerobios mesófilos por lo que su calidad comercial es menor en comparación con la muestra optimizada, estos resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.4. y en la figura 1.3.

Tabla 4: Evaluación de la calidad comercial de carne de alpaca deshidratado.

Muestra	Ind. Peróxido (meq/kg)	ΔC	Mesófilos (ufc/g)
Muestra Optimizada	21,99	1,52	1,4E+05
Muestra comercial	49,20	4,56	1,2E+06

Figura 1.3. Muestra de carne de alpaca deshidratada optimizada (M_1) y carne de alpaca deshidratada comercial (M_2)

Los resultado en la reducción de la pérdida del color y recuento de mesófilos concuerda con los resultados obtenidos en filetes de tilapia (Min Li et al, 2017), filetes de atún (Fuentes at al, 2016). No se ha encontrado investigaciones que estudiaron el índice de peróxidos en carnes deshidratadas; sin embargo de acuerdos a los fundamentos teóricos de (Vilkhu et al, 2008; Salvat et al, 2012, Chemat et al, 2011; Min Li et al, 2017) coinciden al indicar que la calidad de las carnes deshidratadas mejoran en comparación con el deshidratado convencional.
Los valores alcanzados en el recuento de Mesófilos ($<10^6$ ufc/g) e índice de peróxido (10 meq/g) fueron menores a las NTP 201.059, 2006, por lo cual la carne de alpaca deshidratada con ultrasonido permitió generar la cavitación de las células, facilitando la transferencia de calor en la carne, manteniendo la calidad del mismo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Campero F. (2005). Situación Actual de los Camélidos Sudamericanos en Bolivia. FAO. Roma; 55pp.

Chemat, F. M.K. Khan. 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. Ultrasonics Sonochemistry 18(4): 813-835.

Delgado J.O. 2011. Aplicación del ultrasonido en la Industria de los Alimentos. Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales. Colombia. Pp. 141-151.

FAO. (2005). Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. Proyecto de cooperación técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los camélidos sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914. Roma. Italia. 63 págs.

Fuentes L., Acevedo D., Gélvez V. 2016. Efecto del Ultrasonido y Campos Magnéticos en la Carne de lomo Atún (*Thunnus albacares*). Información Tecnológica – Vol. 27 Nº 2 2016.

García-Pérez J.V, J.A. Cárcel, E. Riera, A. Mulet. 2009. Influence of the applied acoustic energy on the drying of carrots and lemon peel. Drying Technology. 27:281-287.
Kadim It, Mahgoub O, Al-Marzooqi W, Al-Zadjali S, Annamalai K, Mansour MH. (2006). Effects of age on composition and quality of muscle Longissimus thoracis of the Omani Arabian camel (*Camelus dromedaries*). Meat Sci 73: 619-625.

Nowacka M., Fijalkowska A., Dadan M., Rybak K., Wiktor A., Witrowa-Rajchert D. (2017). Effect of ultrasound treatment during osmotic dehydration on bioactive compounds of cranberries. Ultrasonics. (2017) doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ultras.2017.06.022.

NTP (2006). Norma Técnica Peruana 201.059: 2006. Carne y Productos Cárnicos. Charqui. Requisitos. Lima, Perú.

Mamani-Linares Lw, Cayo F, Gallo CB. 2014. Características físico-químicas del charqui de llama. Rev. Inv. Vet. Perú 2014; 22 (4): 290-300.

Mateo, J., Salvá, B. K., Ramos, D. D., Caro, I., Prieto, B., González, A. E. (2010). Características de la Carne de Alpaca y Procesamiento de Charqui en los Departamentos de Puno y Cusco. Ed. Salvá, B. K. León, España.

MENA P.E. 2012. Estudio investigativo de la carne de alpaca e introducción a la gastronomía ecuatoriana. Tesis de Administrador Gastronómico. Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador. 137 págs.

Min Lin, Biao Y., Zhiqiang G., Yunting G., Jun L., Chang Ming L. (2017). Impact of ultrasound assisted osmotic dyhidration as a pre treatment on the quality of head pump dried tilapia fillets. Energy Procedia 123 (2017) 243–255.

Pachao, N. (2006). Characteristics of the supply and demand of charqui. En: South American Camelids Research (Vol I), pp. 261-270. Eds. Gerken, M., Renieri, C. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands.

Salvá, B. K., Fernández-Diez, A., Ramos, D. D., Caro, I., Mateo, J. (2012). Chemical composition of alpaca (*Vicugna pacos*) charqui. Food Chem. 130: 329-334.

Tichivangana Jz, Morrissey PA. (1985). Myoglobin and inorganic metals as proxidants in raw and cooked muscles system. Meat Sci 15: 107-116.