

PROPIEDADES TECNOLÓGICAS Y COMPUESTOS VOLÁTILES DEL CHARQUI ANDINO DE ALPACA (*Vicugna pacos*) RECIÉN ELABORADO Y DESPUÉS DE CINCO MESES DE ALMACENAMIENTO

Technological quality traits and volatile compounds of Andean alpaca (*Vicugna pacos*) charqui freshly prepared and after five months of storage

Fernández-Diez A.³, Salvá-Ruiz B.K.¹, Ramos-Delgado D.D.², Caro I.³, Mateo J.³

¹ Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú

² Departamento de Salud Animal y Salud Pública, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Avenida Circunvalación Cdra 28 s/n, San Borja, Lima, Perú

* **Autor para correspondencia** y ³ dirección actual: Javier Mateo, Higiene y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de León, 24008 Campus Vegazana s/n, León, España. Tal: 00 34 987 291 247, Fax: 987 291 184, Email: jmato@unileon.es

Historial del artículo:

Recibido: 13 noviembre 2012

Aceptado: 23 enero 2013

RESUMEN

Se han determinado los valores de diversos parámetros de interés tecnológico (pH, capacidad de retención de agua, rendimiento, color, estabilidad oxidativa), así como el contenido de compuestos volátiles en el espacio de cabeza en el charqui andino de alpaca recién elaborado y el producto después de 5 meses de almacenamiento a 15 °C, protegido con película impermeable al vapor de agua y de alta permeabilidad al oxígeno. Para el estudio se utilizaron 30 muestras de charqui de pierna de alpaca deshilachado procedente de 30 elaboradores de la región de Puno en Perú. Después del almacenamiento se observaron incrementos significativos en las pérdidas de sólidos durante la hidratación, el pH, las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico y el color, respecto al producto recién elaborado. También se observó una disminución en el contenido en compuestos volátiles en el espacio de cabeza, que podría afectar de forma notoria al sabor del charqui.

Palabras clave: charqui, producto cárnico, humedad intermedia, aroma, conservación.

ABSTRACT

Selected technological quality traits (pH, water holding capacity, yield, colour and oxidative stability), and headspace volatile compounds in alpaca Andean charqui have been assessed. The determinations were carried out in both, fresh charqui and stored charqui (for 5 months at 15 °C, packaged with a moisture impermeable and high oxygen permeability film). A total of thirty shredded charqui samples made from alpaca legs elaborated by thirty different producers from the Puno region in Peru were analysed. Stored charqui showed significantly higher values of total solids losses during hydration, pH, thiobarbituric acid substances and colour parameters than the fresh charqui. In addition, a decrease in most of the volatile compounds of headspace was detected after storage, which could be responsible for flavour time-related changes.

Key words: charqui, meat product, intermediate moisture, flavour, storage.

INTRODUCCIÓN

El charqui andino es un producto cárnico elaborado con tiras o trozos de carne, salados y desecados. El origen del charqui es ancestral y en la actualidad gran parte del mismo se elabora con carne de alpaca, llama e híbridos de alpaca y llama, en Perú, Bolivia, Argentina y Chile. En Perú, el país con más producción, se elaboran aproximadamente 500 toneladas anuales de charqui, estando dicha producción focalizada en las zonas rurales del altiplano (Pachao, 2006). Las etapas típicas en el proceso de elaboración del charqui andino son: corte y preparación de la carne, salado intenso de la carne en seco o en salmuera concentrada durante varios días, apilado y prensado de las piezas de carne (varios días, volteándose las piezas periódicamente), secado al aire de la carne salada extendida en bandejas con eventual apilado en las noches o días lluviosos, para luego volver a extenderse, cortado final de las piezas de charqui y envasado para su comercialización (Fernández-Baca, 2005; Pachao, 2006; Mateo y cols., 2010). El charqui puede comercializarse en distintos formatos: en piezas enteras con o sin hueso, fileteado, cortado en cubos o en pequeñas tiras, deshilachado o desmenuzado. Antes de su cocinado, el charqui andino debe ser desalado permaneciendo en remojo en agua durante varias horas. Posteriormente, el charqui hidratado es cortado en trozos pequeños y es utilizado como

ingrediente de numerosas comidas regionales, sopas, guisos o frituras.

El charqui andino está incluido en el grupo de los productos cárnicos de humedad intermedia [caracterizados por presentar valores de actividad del agua (a_w) entre 0,60 y 0,90; Leistner y Rödel, 1976] elaborados con piezas de carne de rumiante. En ese grupo también se encuentran otros productos cárnicos de diferentes orígenes como el charqui y el jerki brasileño (Picchi, 1991; Biscontin y cols., 1996; de Felicio, 2002) del continente americano, la cecina, la bresaola o la pastirma europeas (Leistner, 1987; García y cols., 1995; Paleari y cols., 2000; Paleari y cols., 2003; Kaban, 2009) o el biltong y el kilishi africanos (Lewis y cols., 1957; Bender, 1992; Chuckwu e Imodiboh, 2009). Dentro de este grupo de productos el charqui andino tiene un lugar especial debido a su alto contenido en sal, escasa humedad y su baja a_w . Salvá y cols. (2012) encontraron un contenido medio de sal en el charqui de alpaca superior al 30% y una a_w inferior a 0,75, con un valor medio de 0,64.

Las características sensoriales del charqui andino seco son su color típico, con tonalidades blanco pajizas, olor característico, exento de olores de rancidez y otros olores extraños, y textura seca al tacto, sin presentar apariencia viscosa (Norma Técnica Peruana NTP 201.059; INDECOPI, 2006). Una vez cocinado, el charqui presenta un sabor característico, en el que se detecta un ligero sabor salado. En la Norma

Técnica Peruana 201.059 (INDECOPI, 2006) se establecen los niveles mínimos de proteína (45% de la materia seca) y máximos de grasa (12% de la materia seca) y de humedad (20%) del charqui.

En un estudio anterior (Salvá y cols., 2012) se han descrito tanto la composición como el perfil de compuestos volátiles del charqui andino elaborado con carne de alpaca. No se han encontrado en la bibliografía estudios adicionales que traten sobre la composición de este tipo de charqui, ni sobre sus propiedades tecnológicas o sus cambios durante el almacenamiento. Por este motivo, el objetivo del presente trabajo ha sido estudiar diversos parámetros de interés tecnológico en el producto recién elaborado y después de un periodo de almacenamiento de 5 meses, así como los compuestos volátiles del charqui almacenado durante dicho tiempo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestras, muestreo, conservación y preparación de muestras para análisis

Se analizaron 30 muestras de charqui andino proporcionadas por productores de charqui. En todos los casos, el charqui fue elaborado a partir de piernas de alpaca y la toma de muestras tuvo lugar durante los 7 primeros días posteriores a su procesado, en los meses de junio y julio de 2007. Las muestras procedieron de la región de Puno, de 30 productores (1 kg de charqui por cada productor) los cuales pertenecían a las dos mayores asociaciones de productores: Aswangari (20 productores) y Azangarinita (10 productores) de la zona. Se eligió esta región por considerarse el mayor centro de producción de charqui en los Andes (Pachao, 2006). El tipo de charqui muestreado fue charqui deshilachado (pequeñas tiras de charqui), que es el más frecuente en la zona y tiene gran superficie de exposición al aire, lo que a priori hace que sea más vulnerable a la alteración durante su conservación. Con la fina-

lidad de conocer algunas características de las alpacas utilizadas en la elaboración del charqui muestreado y de su tecnología de elaboración se pidió a los productores que rellenaran un cuestionario ideado para tal fin (Salvá y cols., 2012). Los productores utilizaron carne de alpacas de raza Huacaya procedentes de más de 10 rebaños, que se criaron en régimen extensivo sobre el pasto característico de la sierra Andina, y posteriormente se sacrificaron a los 2-3 años de edad. Las piernas de alpaca se deshuesaron y filetearon (filetes de grosor aproximado de 0,5-1 cm), retirándose el exceso de grasa y tejido conectivo. Posteriormente la carne fue sometida a salado en tanques con una solución saturada de NaCl (el 60% de los productores utilizó sal yodada) en una proporción carne:salmuera de 1:1 a 1:2 (p/p), durante 3-8 días, a temperatura de 10-12 °C. Durante esta etapa, los filetes de carne de alpaca se agitaron y voltearon una vez al día o en días alternos. Además, en este tiempo de salado, en dos o tres ocasiones, a la salmuera se le adicionó sal o se procedió a la sustitución parcial de la salmuera de los tanques por una salmuera a saturación recién preparada, con el fin de mantener en la medida de lo posible una concentración de NaCl en los tanques de salado no inferior al 20 % en peso. Posteriormente los filetes de charqui se lavaron con agua y, una vez escurrida el agua, se resalaron en superficie y se apilaron durante 1-2 días. A la mitad de esta etapa, las láminas de carne se voltearon de manera que los filetes de arriba pasaron abajo y viceversa. A continuación, los filetes de charqui se cubrieron con una capa de sal de grano fino, depositados de forma extendida en bandejas para su secado al sol durante 4-7 días, a la intemperie (temperatura media de secado de 7 °C y humedad relativa del 35%). Finalmente, las láminas de charqui se cortaron en tiras finas (o hilachas) de aproximadamente 1 g de peso cada tira y se envasaron las tiras para su comercialización.

Una vez adquiridas, las muestras se transportaron al laboratorio donde una parte repre-

sentativa (300 g) se envasó a vacío y se congeló -80 °C, permaneciendo así almacenada hasta su análisis. Una parte de los análisis se realizaron sobre el charqui descongelado (a temperatura ambiente durante 24 horas) y otra parte sobre el charqui descongelado e hidratado. Para su hidratación, el charqui, una vez descongelado, se sumergió en agua desionizada, en proporción charqui:agua de 1:10, se dejó en reposo durante 18 horas a temperatura ambiente y, a continuación se separó el agua del charqui con ayuda de un colador fino y las tiras de charqui se colocaron sobre una hoja de papel de filtro para favorecer su secado superficial. Los análisis realizados sobre el charqui fueron, sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) en el charqui seco, ganancia de peso y pérdidas de sólidos en la hidratación, pH en charqui hidratado, capacidad de retención de agua (CRA) determinada mediante las pérdidas de líquidos por cocción y presión en charqui hidratado, color en charqui seco e hidratado.

Para la determinación del efecto del almacenamiento sobre las propiedades del charqui se utilizaron otros 300 g de cada una de las muestras de charqui recién obtenidas. Estas submuestras se colocaron en bandejas de poliestireno expandido y se envolvieron con una película plástica de polietileno permeable al O₂ (14.000 ml/(m² 24 h)) e impermeable al agua. El almacenamiento de las muestras se tuvo una duración de cinco meses a 15 °C, en oscuridad. Tras el almacenamiento las muestras se envasaron a vacío y se congelaron a -80 °C hasta su análisis. Una vez descongeladas, se llevaron a cabo los análisis correspondientes en muestra seca (color y TBARS) y la hidratación del charqui siguiendo el procedimiento descrito anteriormente (sumergiendo 300 g de charqui en 3 l de agua desionizada, durante 18 horas a temperatura ambiente) para el posterior análisis de ganancia de peso y pérdidas de sólidos en la hidratación, CRA, color y compuestos volátiles.

Propiedades de la calidad tecnológica del charqui

La ganancia de peso después de la hidratación se realizó por diferencia de peso entre el charqui hidratado y el charqui seco y se expresó como porcentaje (peso del charqui hidratado menos el peso de charqui seco, dividiendo dicho valor entre el peso del charqui hidratado y multiplicándolo por 100). Las pérdidas de sólidos del charqui al hidratarse se determinaron por duplicado desecando de una alícuota de 5 ml del agua de hidratación en una estufa a 100 °C durante 4 h. El porcentaje de pérdida de sólidos (%PS) del charqui en el agua de hidratación se calculó como porcentaje en base húmeda [%PS (base húmeda) = (Pc+ms - Pc) / (Pc+s - Pc) * (PST / Pch)] y base seca [%PS (base seca) = (Pc+ms - P c) / (Pc+s - Pc) * (PST / Pmsch)], donde Pc es el peso (g) de la cápsula, Pc+ms es el peso (g) de la cápsula y la muestra después de desecar, Pc+ses el peso (g) de la cápsula y la muestra antes de desecar, PST es el peso (g) del agua total de hidratación, Pch es el peso (g) del charqui antes de hidratarse y Pmsch es la materia seca del charqui antes de hidratarse, determinada gravimétricamente (ISO, 1973).

La medida del pH se llevó a cabo por duplicado a temperatura ambiente (~ 20 °C) con un pH-metro Crison modelo GLP 22 (Crison, Barcelona, España) acoplado a un electrodo de pH 52-02 de la misma marca, sobre 3 g de charqui hidratado finamente picados y mezclados con 3 ml de agua desionizada. Las pérdidas por cocción se determinaron por triplicado a partir de 15 g de charqui hidratado que se envolvieron en papel aluminio y se envasaron individualmente en bolsas con cierre hermético, evacuando manualmente la mayor cantidad posible del aire contenido en las bolsas y se cerraron las bolsas. Las bolsas con el charqui se sumergieron en agua a 75 °C durante 35 min. Posteriormente, se retiró la envoltura, se escurrió la carne, se secó la superficie con papel y se pesó. Las pérdidas se calcularon como porcentaje a partir

de los pesos del charqui antes y después de la cocción. Finalmente, las pérdidas por presión se determinaron por triplicado con una hilacha de charqui hidratado siguiendo el método de Grau y Ham (1957) modificado de la manera que se indica seguidamente. La hilacha se pesó (el peso aproximado de las hilachas fue de 1,50 g) y se colocó en un papel de filtro previamente pesado y todo ello se colocó entre dos placas de plexiglás y se sometió a una fuerza de compresión (1 kg) durante 5 min. Tras la compresión se separó cuidadosamente la carne del papel húmedo y éste se pesó. El incremento de peso, que corresponde al jugo liberado, se expresa como porcentaje del peso inicial del charqui.

La determinación instrumental del color se llevó a cabo sobre la superficie de las hilachas del charqui seco y sobre las del charqui hidratado siguiendo las recomendaciones de la *American Meat Science Association* (AMSA, 1991) y de Honikel (1997). Se colocaron aproximadamente 50 g de charqui en un film plástico y se compactó la masa, asegurándose que la profundidad de dicha muestra fuera mayor de 3 cm. Se realizaron las lecturas de color por triplicado utilizando un colorímetro Minolta (CR-400; Konika Minolta, Osaka, Japón). Las condiciones de medida fueron, iluminante D65, 10° como ángulo del observador, apertura de 8 mm y modo SCI. Se midió con el sistema CIELab, obteniéndose las coordenadas de luminosidad (L^*), componente rojo-verde (a^*) y componente amarillo-azul (b^*).

El grado de oxidación de los lípidos en el charqui hidratado se determinó por duplicado a partir de las TBARS siguiendo el método descrito por Nam y Ahn (2003). La recta patrón se preparó según Lawlor y cols. (2000) con 1,1,3,3-Tetraetoxipropano (TEP; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Se tomaron 25 g de charqui y se homogeneizaron en una picadora doméstica y con una precisión de $\pm 0,01$ g, se pesaron 2 g y se homogeneizaron con 20 ml de agua desionizada mediante un Ultraturax T18 (IKA, Labortechnik, Stafen, Germany) a 9500

rpm durante 1 min. Tanto los blancos (1 ml agua desionizada), como las soluciones patrón (1 ml) y los homogeneizados de las muestras (1 ml) se transfirieron a un tubo de ensayo de tapa de rosca (13x 100 mm). Posteriormente, se adicionaron 50 μ l de butirato de hidroxitolueno (7,2% en etanol, v/v; Sigma-Aldrich; solo a los tubos con muestra) y 2 ml de la solución TBA/TCA (20 mM TBA/15% TCA, p/v). Los tubos se agitaron e incubaron en baño de agua a 90 °C durante 15 min hasta desarrollar el color. Tras enfriar durante 10 min en agua fría, los tubos se centrifugaron a 5800 g durante 20 min a 5 °C. Finalmente el sobrenadante se recogió en tubos de ensayo y se midió la absorbancia a 531 nm. Las concentraciones se expresaron en mg de malondialdehído (MDA)/kg de charqui de acuerdo a los valores obtenidos de la recta patrón.

Determinación de compuestos volátiles del charqui

Un total de 20 g de charqui hidratado se envolvieron en papel de aluminio y se introdujeron en bolsas y se calentaron en agua siguiendo el procedimiento descrito en la determinación de las pérdidas por cocción (75 °C durante 35 min) y seguidamente, se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 min y congelaron en las bolsas a -35 °C por un día, hasta el momento del análisis.

La identificación y cuantificación de los compuestos volátiles de las muestras de charqui se efectuó por duplicado mediante la técnica de espacio de cabeza estático y análisis por cromatografía de gases acoplada a un detector de espectrometría de masas. Las muestras se descongelaron durante 40 minutos a temperatura ambiente, se trocearon con un cuchillo y se trituraron con una picadora doméstica. Seguidamente, se colocaron 5 g de muestra triturada en los correspondientes viales de espacio de cabeza de 20 ml y se añadieron 0.073 g de NaCl y 4,7 ml de agua desionizada y los viales

se cerraron herméticamente con tapón metálico y con septo de silicona/teflón (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EEUU).

El análisis de los compuestos volátiles se realizó en un cromatógrafo de gases CG7890A acoplado a un espectrómetro de masas EMD 5975C (Agilent Technologies), equipado con un autoinyector de espacio de cabeza estático CTC Combi PAL (CTC Analytics AG, Zwingen, Suiza). Los compuestos volátiles fueron separados usando una columna DB-5EM (60 m x 0.25 mm I.D. x 0.25 μ m grosor del relleno; J&W Scientific, Folsom, CA, EEUU). Previamente a la inyección se procedió al equilibrado de la muestra con el espacio de cabeza en los viales manteniendo estos a 60 °C en un incubador con agitación intermitente (750 rpm, 5 s de marcha, 2 s de paro) durante un total de 40 min. A continuación se extrajo un volumen de 1 ml del gas de espacio de cabeza y se inyectó en el cromatógrafo con una jeringa de 2,5 ml Combi PAL (CTC Analytics AG). Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: gas portador, helio; velocidad de flujo constante: 1,5 ml; temperatura de la jeringa de inyección, 100 °C; velocidad de llenado de la jeringa, 100 μ l/s; velocidad de inyección, 250 μ l/s; temperatura del inyector, 260 °C; modo de inyección, split – relación 2:1. La programación del horno comenzó a una temperatura de 37 °C durante 1 min, posteriormente se incrementó hasta 50 °C a una velocidad de 10 °C/min, 4 °C/min hasta 146 °C, 20 °C/min hasta 200 °C y 50 °C/min hasta 250 °C, temperatura a la cual se mantuvo durante 11 min. La temperatura de transferencia en el detector fue de 280 °C, la energía electrónica de impacto de 70 eV y el detector trabajó en modo barrido con un rango de masas de de m/z 40-400 a 3,94 s/barrido.

Los compuestos volátiles detectados se identificaron comparando su espectro de masas con los de las bases de datos NIST/EPA/NIH-08 incluidas en el software del equipo y, en su caso, con referencias bibliográficas. Además, se utilizó una serie de n-alcános, hidrocarburos de cadena lineal de de 5 a 20 átomos de carbono,

para calcular los tiempos de retención relativos o experimentales (TRR) o índices de Kovats para cada compuesto volátil (David y cols., 2002) y siempre que fue posible las identificaciones se confirmaron por comparación de los TRR estimados en este trabajo con los TRR publicados. La mezcla de n-alcános se obtuvo adicionando en un vial con cierre hermético 1 ml de n-hexano y 50 μ l de cada uno de los siguientes compuestos: n-pentano, n-heptano, n-octano, n-nonano, n-decano, n-undecano, n-dodecano, n-tridecano, n-tetradecano, n-pentadecano, n-hexadecano, n-heptadecano, n-octadecano, n-nonadecano y n-eicosano (Sigma-Aldrich) y se inyectó en el cromatógrafo 1 μ l de la mezcla en las mismas condiciones descritas para las muestras. La cuantificación se realizó en base a la comparación de las áreas de pico de los compuestos volátiles encontrados con el área de n-undecano (Sigma-Aldrich) obtenida inyectando la serie de n-alcános anteriormente descrita.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el software Estadística 6.0 (StatSoft Inc., 2001). Se realizó un análisis de varianza de una vía que tuvo como variable independiente o de agrupación el tiempo de almacenamiento.

RESULTADOS

Calidad tecnológica

En la Tabla 1 se muestra el efecto del almacenamiento durante 5 meses a 15°C sobre los parámetros de interés tecnológico en el charqui tales como: ganancia de peso y pérdida de sólidos durante su hidratación, pH y CRA del charqui hidratado y TBARS en charqui seco. La ganancia de peso del charqui después de su hidratación no se vio afectada ($P>0.05$). Por el contrario, la migración de sólidos al agua, principalmente de NaCl, sí aumentó ($P<0,05$). En lo referente al pH del charqui, después de

Tabla 1. Efecto del almacenamiento a 15°C sobre diversos parámetros tecnológicos de charqui andino deshilachado seco o hidratado

	Promedio \pm DE (n = 30)	
	Mes 0	Mes 5
<i>Charqui seco</i>		
TBARS	2,93 \pm 0,97 ²	3,76 \pm 1,09 ¹
<i>Durante la hidratación del charqui</i>		
Ganancia de peso (%)	47,95 \pm 6,41	47,51 \pm 3,23
Pérdida de sólidos (% en base húmeda)	38,98 \pm 5,28 ²	42,34 \pm 2,40 ¹
Pérdida de sólidos (% en base seca)	44,79 \pm 5,56 ²	48,80 \pm 4,32 ¹
<i>Charqui hidratado</i>		
pH	5,75 \pm 0,12 ²	5,82 \pm 0,18 ¹
CRA		
Pérdidas por presión (%)	13,73 \pm 3,43	11,67 \pm 2,51
Pérdidas por cocción (%)	29,40 \pm 3,77	29,51 \pm 4,53

DE: Desviación estándar.

CRA (capacidad de retención de agua).

TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, mg malondialdehído/kg).

^{1,2}: Valores promedio en la misma fila con superíndice diferente presentaron diferencias significativas con respecto al tiempo en la prueba de Tukey ($P<0,05$).

Tabla 2. Efecto del almacenamiento a 15°C sobre el color de charqui andino deshilachado seco o hidratado

	Promedio \pm DE (n= 30)			
	Seco		Hidratado	
	Mes 0	Mes 5	Mes 0	Mes 5
L^*	71,62 \pm 2,70 ²	74,81 \pm 2,69 ¹	44,06 \pm 2,94 ²	48,19 \pm 2,46 ¹
a^*	3,16 \pm 0,63	3,14 \pm 0,62	3,38 \pm 1,19	3,56 \pm 0,76
b^*	14,73 \pm 1,32 ²	16,82 \pm 1,33 ¹	10,25 \pm 2,67	10,63 \pm 2,55

DE: Desviación estándar.

^{1,2}: Para charqui seco o hidratado, los valores promedio en la misma fila con superíndice diferente presentaron diferencias significativas con respecto al tiempo en la prueba de Tukey ($P<0,05$).

su hidratación se observó un aumento, que aunque inferior a una décima, fue significativo ($P<0,05$). Las pérdidas por cocción y presión no variaron significativamente; en cambio, el contenido de TBARS sí que mostró un incremento significativo tras el almacenamiento.

En la Tabla 2 se muestra el efecto del almacenamiento sobre los parámetros de color: L^* (luminosidad), a^* (componente rojo-verde) y b^* (componente azul-amarillo) en charqui seco e hidratado. Se observaron incrementos significativos ($P<0,05$) en los valores de L^* , tanto en

charqui seco como hidratado, y b^* , solo en el charqui seco. El valor de a^* no se vio afectado.

Compuestos volátiles

En la Tabla 3 se recoge el contenido de compuestos volátiles de las muestras de charqui deshilachado tras un periodo de conservación de 5 meses a 15 °C. El contenido de compuestos volátiles en el charqui deshilachado recién elaborado se encuentra descrito en un trabajo previo (Salvá y cols., 2012) y no se muestra en

la Tabla. Sin embargo, con objeto de evaluar el cambio en la concentración de compuestos volátiles del charqui almacenado con respecto al recién elaborado, se incluye un cociente obtenido de dividir la cantidad de cada compuesto volátil del charqui almacenado (5 meses) entre la cantidad del charqui recién elaborado. Igualmente, para cada compuesto se indica el nivel de significación de la comparación entre ambos tiempos (0 y 5 meses).

Se detectó un total de 68 compuestos volátiles de las siguientes familias: hidrocarburos (48

Tabla 3. Concentración (ng de undecano por g) de los compuestos volátiles detectados en el charqui de alpaca deshilachado tras 5 meses de almacenamiento y su variación respecto al charqui recién elaborado

	5 meses (n=30)	Cociente ^a	P	EEM	TRR	MI ^b
<i>Hidrocarburos alifáticos</i>	191,10	0,90	NS	11,29		
Pentano	49,20	0,80	*	2,86	500	EM+TRR
Ciclopentano	8,49	2,00	NS	1,20	565	TRR
Hexano	23,35	0,60	**	1,98	603	EM+TRR
Hepteno	1,54	1,90	*	0,18	691	TRR
Heptano	9,13	0,70	NS	1,09	700	EM+TRR
3-Metilen-heptano	4,03	7,60	***	0,18	788	EM
Octeno	ND	0,00	-	-	790	TRR
Octano	8,69	0,70	NS	1,05	800	EM+TRR
4-Metil-octano	0,77	25,70	***	0,07	859	EM+TRR
4-Metil-hepteno	1,06	6,60	***	0,10	931	EM
Canfeno	0,91	0,50	**	0,14	945	EM+TRR
Metil-nonano	0,71	1,40	NS	0,08	960	TRR
Pentametil-heptano	38,15	19,40	***	1,34	981	EM+TRR
2,2,4,6,6-Pentametil-heptano	2,95	0,50	***	0,34	1011	EM
3-Metil-decano	0,34	0,30	***	0,07	1079	EM-TRR
Undecano	0,15	0,60	NS	0,05	1099	
Dodecano	0,10	0,80	NS	0,04	1200	
Tetradecano	0,11	0,50	NS	0,04	1400	
Alcanos ramificados no identificados ^c	46,63	0,70	NS			
Alquenos ramificados no identificados ^c	1,53	-	-	-		
<i>Aldehídos alifáticos</i>	117,80	0,60	***	8,78		
3-Metil-butanal	4,87	0,90	NS	0,45	662	EM+TRR
2-Metil-butanal	0,03	-	-	-	674	EM+TRR
Pentanal	16,65	0,70	**	1,25	704	EM+TRR

	5 meses (n=30)	Cociente ^a	P	EEM	TRR	MI ^b
Hexanal	69,64	0,60	***	5,38	804	EM+TRR
Heptanal	17,92	0,60	***	1,65	894	EM+TRR
Octanal	4,15	0,60	***	0,37	998	EM+TRR
Nonanal	4,54	0,60	***	0,31	1089	EM+TRR
Decanal	0,43	1,30	NS	0,06	1210	TRR
<i>Alcoholes alifáticos</i>						
1-Octen-3-ol	2,19	1,40	*	0,13	975	EM+TRR
<i>Cetonas alifáticas</i>						
2-Heptanona	16,62	1,10	NS	1,05		
2-Heptanona	1,03	1,30	NS	0,09	885	EM+TRR
2,3-Octanodiona	0,22	0,30	***	0,07	977	TRR
<i>Alquil furanos</i>						
2-Pentil-furano	4,06	0,80	NS	0,26	983	EM+TRR
<i>Compuestos azufrados</i>						
Metanotiol	136,56	0,80	NS	21,79		
Disulfuro de carbono	83,06	1,20	NS	4,00		
Disulfuro de carbono	53,01	0,50	NS	20,89	544	EM+TRR
Dimetil disulfuro	0,36	0,60	NS	0,10	746	EM+TRR
Dimetil trisulfuro	0,12	0,30	*	0,06	967	EM+TRR
<i>Compuestos bencénicos</i>						
Tolueno	3,98	0,70	NS			
Tolueno	2,46	0,80	NS	0,23	770	EM+TRR
Benzaldehído	1,52	0,60	***	0,12	962	EM+TRR
<i>Compuestos no identificados</i>						
	1,73	2,60				
44, 91(32), 94(31), 53(28), 80(28), 95(28), 55(24), 96(20), 121(18)	0,43	2,00	NS	0,06	926	
57, 44(95), 70(90), 55(69), 69(59), 41(53), 71(50), 56(48)	1,30	2,90	***	0,09	1094	
Suma total	484,19	0,80	NS	34,86		

^a Cociente obtenido de dividir la cantidad de cada compuesto volátil en el charqui almacenado entre la cantidad en el charqui recién elaborado.

^b MI: Método de identificación. EM, espectro de masas coincidente con el espectro de masas de la base de datos NIST/EPA/NIH98 y validado por interpretación personal del mismo. TRR: El TRR experimental coincidente con el TRR encontrado en la bibliografía (Kondojan y Berdagué, 1996).

^c La relación de alcanos (28 compuestos) y alquenos (2 compuestos) no se muestra en la tabla EEM: Error estándar de la media.

P: Nivel de significación, NS: No significativo; *, P<0,05; **, P<0,01; ***, P<0,001.

TRR: Tiempo de retención relativo experimental.

ND: Compuesto no detectado (<0,03 ng/g).

compuestos), aldehídos (8), alcoholes (1) y cetonas (2) alifáticos, alquil furanos (1), compuestos azufrados (4) y compuestos bencénicos (2). Se añadió un octavo grupo de compuestos no identificados (2). Dentro de los hidrocarburos alifáticos se incluyeron 28 alcanos y 2 alquenos ramificados cuya estructura molecular no pudo determinarse. La relación de estos hidrocarburos de cadena ramificada no se muestra en la Tabla para no hacerla muy extensa.

Cualitativamente, los compuestos identificados en el charqui almacenado durante 5 meses fueron muy similares a los observados en el charqui recién elaborado. Después del almacenamiento, únicamente se detectó la aparición de pequeños niveles de 2-metil-butanal y de un alqueno ramificado, que en el charqui recién elaborado no alcanzaron niveles detectables; mientras que ocurrió lo contrario en el caso del octeno.

Comparando los niveles de los distintos compuestos volátiles entre el charqui recién elaborado y el almacenado se observa que la mayoría de los compuestos volátiles, los niveles se reducen tras el almacenamiento, es decir, se aprecian cocientes inferiores a uno. No obstante, en alguno de los compuestos detectados las cantidades fueron considerablemente superiores después del almacenamiento (cocientes mayores a uno).

DISCUSIÓN

Calidad tecnológica

La migración de sólidos del charqui al agua de hidratación se debe mayoritariamente a la migración de sal, por ser el sólido soluble más abundante. La diferencia observada en las pérdidas de sólidos y pH tras el almacenamiento se podrían atribuir a cambios en la estructura de las proteínas (procesos de desnaturalización u oxidación), que pueden tener lugar a los bajos niveles de a_w y elevada fuerza iónica que mues-

tra el charqui estudiado, y que se han descrito en otros productos cárnicos de humedad intermedia como es el caso del jamón madurado (Gil y cols., 1999; Cava y cols., 2009).

Para interpretar los resultados de las TBARS lo primero que hay que tener en cuenta que la relación entre la cantidad de TBARS y el grado de oxidación de la grasa solamente es estrecha en las fases de iniciación y propagación de la oxidación lipídica (Melton, 1983), perdiendo fuerza a medida que avanza el proceso. Esto es debido a que durante el almacenamiento y maduración de la carne y los productos cárnicos las TBARS reaccionan con otras sustancias del propio producto observándose una disminución de las mismas (Shahidi y Pegg, 1994; Marco y cols., 2006). Por este motivo, en productos cárnicos madurados, el nivel de TBARS no siempre ofrece buenos resultados como indicador de oxidación. En el caso del charqui, los niveles de TBARS aumentaron ligeramente (menos de 1 mg/kg) después del almacenamiento, lo que indicaría una ligera oxidación. Al igual que en el presente estudio, se han encontrado moderados incrementos en los niveles de TBARS (0,5-1 mg/kg) durante el almacenamiento (varios meses) de otros productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con carne de rumiantes, tales como el charqui de vacuno (Torres y cols., 1989) o el kilishi (Igene, 1988). Estos cambios no se pueden asociar con un deterioro sensorial de tipo oxidativo de estos productos.

Los cambios observados en el color del charqui andino (L^* y b^*) se pueden atribuir a la oxidación de los pigmentos o a cambios en la estructura de la matriz proteica, principal responsable de la reflexión difusa de la luz incidente. El cambio más significativo observado en el charqui fue en la luminosidad L^* , cuyo aumento puede deberse a que la estructura del charqui se hace más opaca (cerrada) al paso de la luz lo que resulta en una mayor reflexión de la misma.

Compuestos volátiles

Los 32 volátiles que se presentaron en menores cantidades tras el almacenamiento del charqui fueron en su mayoría compuestos derivados de la oxidación y degradación lipídica: alcanos y aldehídos de cadena lineal (Frankel, 1982; Salvá y cols., 2012). Estos volátiles se forman en los productos cárnicos por degradación oxidativa de las grasas, pero también se desaparecen por distintos motivos. En el caso del charqui predominó la pérdida de estos compuestos sobre su formación lo que se puede atribuir a dos fenómenos. Por una parte su volatilización y posterior permeación a través del material de envasado (Nielsen y Jägerstad, 1994), fenómeno que estaría favorecido por la alta relación superficie/volumen de las hilachas de charqui (de aproximadamente 1 g de peso cada una) y elevada permeabilidad del plástico de envasado. Por otra parte, habría que tener en cuenta la elevada reactividad de esos componentes volátiles (Reiss y Tappel, 1973; Shahidi y Pegg, 1994).

El descenso en el contenido en volátiles del charqui deshilachado podría tener consecuencias desde el punto de vista sensorial a la hora de su consumo. La disminución de los hidrocarburos implicaría escasas modificaciones sensoriales debido a su elevado umbral de percepción. Sin embargo, la pérdida de los aldehídos lineales (pentanal, hexanal, heptanal, octanal y nonanal), el dimetil trisulfuro y la 2,3-octanodiona, podría llegar a suponer un cambio notable en el sabor característico del charqui debido a sus bajos umbrales de percepción (Young y cols., 1996) y los elevados niveles presentes. Por el contrario, los compuestos volátiles que aumentaron durante el almacenamiento fueron en su mayoría hidrocarburos alifáticos que se presentaron en cantidades relativamente bajas, de modo que no estarían prácticamente implicados en el sabor característico del charqui.

De todo lo expuesto anteriormente, en el presente trabajo se muestra como el charqui de

alpaca en cuanto a sus propiedades tecnológicas se refiere es bastante estable al almacenamiento en condiciones aerobias protegido de la humedad, ya que los cambios experimentados tras 5 meses de almacenamiento fueron de poca relevancia. Sin embargo, hubo una acusada pérdida de compuestos volátiles, algunos de ellos con bajos umbrales de percepción, lo que podría afectar a su sabor, cambiándolo o disminuyendo su intensidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y a la Fundación Carolina (España) la financiación otorgada para la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- BENDER, A. 1992. Meat and meat products in human nutrition in developing countries. Food and Nutrition. Paper 53. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t0562e/t0562e00.HTM> (consultado el 23 de octubre de 2012).
- BISCONTINI, T. M., SHIMOKOMAKI, M., OLIVEIRA, S. F., ZORN, T. M. 1996. An ultrastructural observation on charquis, salted and intermediate moisture meat products. *Meat Sci.* 43: 351-358.
- CAVA, R., LADERO, L., GONZÁLEZ, S., CARRASCO, A., RAMÍREZ, R. 2009. Effect of pressure and holding time on colour, protein and lipid oxidation of sliced dry-cured Iberian ham and loin during refrigerated storage. *Innov. Food Sci. Emerg.* 10: 76-81.
- CHUKWU, O., IMODIBOH, L. 2009. Influence of storage conditions on shelf-life of dried beef product (Kilishi). *World J. Agric. Sci.* 5: 34-39.
- DAVID, F., SCANLAN, F., SANDRA, P., SZEWLEWSKI, M. 2002. Analysis of essential

- oil compounds using retention time locked methods and retention times databases, application. food and flavors. En: Agilent Technologies, Inc. pp. 1-10. Santa Clara, C. EEUU.
- DE FELICIO, P. E. 2002. Charque - Um produto típico nacional que deveria receber mais atenção. Revista ABCZ, Uberaba MG, pp. 54.
- FERNÁNDEZ-BACA, S. 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). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FRANKEL, E. N. 1982. Volatile lipid oxidation products. Prog. Lipid Res. 22: 1-33.
- GARCÍA, I., ZUMALACÁRREGUI, J. M., DÍEZ, V. 1995. Microbial succession and identification of Micrococcaceae in dried beef cecina, an intermediate moisture meat product. Food Microbiol. 12: 309-315.
- GIL, M., GUERRERO, L. SÁRRAGA, C. 1999. The effect of meat quality, salt and ageing time on biochemical parameters of dry-cured Longissimus dorsi muscle. Meat Sci. 51: 329-337.
- GRAU, R., HAMM, R. 1957. Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskels II Mitt. Über die Bestimmung der Wasserbindung des Muskels. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 105: 446-460.
- HONIKEL, K. O. 1997. Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. Food Chem. 9: 573-582.
- IGENE, J. O. 1988. Lipid, fatty acid composition and storage stability of kilishi, a sun-dried meat product. Trop. Sci. 28: 153-161.
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LAPROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL. 2006. Norma Técnica Peruana 201.059: 2006. Carne y Productos Cárnicos. Charqui. Requisitos. Lima, Perú.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 1973. Norma ISO 1442. Humedad: determinación del contenido en humedad de la carne y de los productos a base de carne.
- KABAN, G. 2009. Changes in the composition of volatiles compounds and in microbiological and physicochemical parameters during pastirma processing. Meat Sci. 82: 17-23.
- KONDJOYAN, N., BERDAGUÉ, J. L. 1996. A Compilation of Relative Retention Indices for the Analysis of Aromatic Compounds, pp. 1-234. Laboratoire Flaveur, Institut National de la Recherche Agronomique. Theix, France.
- LAWLOR, J. B., SHEEHY, P. J. A., KERRY, J. P., BUCKLEY, D. J. MORRISSEY, P. A. 2000. Measuring oxidative stability of beef muscles obtained from animals supplemented with vitamin e using conventional and derivative spectrophotometry. J. Food Sci. 65: 1138-1141.
- LEISTNER, L. 1987. Shelf-Stable products and intermediate moisture foods based on meat. En: Water Activity: Theory and Applications to Food, pp. 295-323. Eds. Rockland, L. B., Beuchat, L. R. International Union of Food Science and Technology. New York, EEUU.
- LEISTNER, L., RÖDEL, W. 1976. Intermediate Moisture Foods. Elsevier Applied Science Publishers. London, UK.
- LEWIS, H. E., MASTERTON, J. P. WARD, P. G. 1957. The food value of biltong (South African dried meat) and its use on expeditions. Brit. J. Nutr. 11: 5-12.
- MARCO, A., NAVARRO, J. L., FLORES, M. 2006. The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow dry fermented sausage. Meat Sci. 73: 660-673.
- 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.
- MELTON, S. L. 1983. Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Tech.* 37: 105-111.
- NAM, K. C., AHN, D. U. 2003. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties. *Meat Sci.* 63: 1-8.
- NIELSEN, T, JÄGERSTAD, M. 1994. Flavour Scalping by food packaging. Review. *Trends Food Sci. Tech.* 5: 353-356.
- PALEARI, M. A., BERETTA, G., COLOMBO, F., FOSCHINI, S., BERTOLO, G., CAMISASCA, S. 2000. Buffalo meat as salted and cured product. *Meat Sci.* 54: 365-367.
- PALEARI, M. A., MORETTI, M., BERETTA, G., MENTASTI, T., BERSANI, C. 2003. Cured products from different animal species. *Meat Sci.* 63: 485-489.
- PICCHI, V. 1991. Preparação do charque. *Revista Nacional da Carne* 16 (178): 37-45.
- PACHAO, N. 2006. DECAMA-Project: 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.
- REISS, U., TAPPEL, A. L. 1973. Fluorescent product formation and changes in structure of DNA reacted with peroxidizing arachidonic acid. *Lipids* 8: 199-202.
- 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.
- SHAHIDI, F., PEGG, R. B. 1994. Hexanal as an indicator of meat flavour deterioration. *J. Food Lipids.* 1: 177-186.
- STATSOFT, INC. 2001. Statistica 6.0 software. Tucksá, USA: StatSoft. Disponible en <http://www.statsoft.com>.
- TORRES, E., PEARSON, A., GRAY, J. KU, P. K. 1989. Lipid oxidation in charqui (salted and dried beef). *Food Chem.* 32: 257-268.
- YOUNG, O. A., BERDAGUÉ, J. L., VIALON, C., ROUSSET-AKRIM, S., THÉRIEZ, M. 1997. Fat-borne volatiles and sheepmeat odour. *Meat Sci.* 45: 183-200.