
COMPUESTOS VOLÁTILES EN CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*).

COMPARACIÓN ENTRE CARNE CON Y SIN EL OLOR ATÍPICO

ATRIBUIDO AL CONSUMO DE ARBUSTOS TOLARES

Sergio Soto, Bettit K. Salvá, Néstor Gutiérrez-Méndez, Irma Caro y Javier Mateo Oyagüe

RESUMEN

La carne de alpaca es un alimento común y ampliamente demandado en la zona altoandina. Uno de los principales defectos de esta carne es la presencia de un olor atípico atribuido a la ingesta de tola (*Asteraceae*) en la alimentación de los animales. La tola es un arbusto frecuente en la vegetación esteparia que constituye los pastizales de cría de alpacas. El objetivo de este trabajo fue el de analizar y comparar el perfil volátil de carne de alpaca con y sin olor a tola. Esto se realizó utilizando dos técnicas de extracción: espacio de cabeza estático directo (SHS) y espacio de cabeza estático con microextracción en fase sólida (SHS-SPME). Se muestrearon en un mercado de

Lima, Perú, diez canales de alpaca, cinco de ellas con olor característico (olor normal) y otras cinco con olor atípico a tola. Se encontraron en total 48 compuestos volátiles diferentes, 38 de ellos fueron detectados utilizando la técnica de extracción SHS-SPME y 21 utilizando SHS. También se encontró, con el método SHS, que la ausencia o presencia de olor atípico tuvo un efecto significativo sobre la concentración de algunos aldehídos y alcoholes de bajo peso molecular. No obstante, no se ha podido establecer un mecanismo fundamentado que explique la mayor presencia de esos compuestos en la carne con olor atípico a tola.

Introducción

Las alpacas son camélidos que se crían de forma extensiva en las zonas altas de Perú, Bolivia, Argentina y Chile. Están adaptadas fisiológicamente para vivir a gran altitud y pueden alimentarse con forrajes de escasa calidad (Quispe, 2011). Su producción está fundamentada en la obtención de fibra, carne, energía para el transporte, etc. (Quispe *et al.*, 2009). Su cría representa un recurso importante para la población de la zona altoandina (Fairfield, 2006). La carne de alpaca se destina al autoconsumo y venta, siendo esta carne atractiva desde el punto de vista nutritivo, ya que tiene alto contenido proteico y bajo

en grasa y colesterol (Salvá *et al.*, 2009).

El sabor de la carne, característica responsable de su calidad, depende principalmente de los compuestos volátiles que desprende la misma durante su deglución (Hodgen y Calkins, 2012; Watkins *et al.*, 2012). Aunque la mayoría de los volátiles de la carne se forman durante el cocinado, debido a la degradación térmica de las grasas y la reacción de Maillard (Mottram, 1998; Faustman *et al.*, 2010), algunos de ellos pueden estar presentes ya en la carne cruda. Estos últimos compuestos pueden aportar notas aromáticas específicas, agradables o desagradables, a la carne (Calkins y Hodgen, 2007). Algunos compuestos

volátiles presentes en la carne cruda pueden proceder de la dieta de los animales, como es el caso de los compuestos terpénicos, o haberse generado en el tracto digestivo, como por ejemplo el escatol o los ácidos grasos metil ramificados de cadena media en la carne de ovino (Vasta y Priolo, 2006), a través del cual pasan a los tejidos del animal, donde se incorporan.

Existen diversos estudios sobre el perfil volátil de carne de diferentes especies animales en los que se compara el desempeño analítico de distintas técnicas de extracción (Elmore *et al.*, 2000; Machiels e Istasse, 2003; Madruga *et al.*, 2009; Rivas-Cañedo *et al.*, 2011, 2012). Dos de las técnicas de

extracción de volátiles más utilizadas son el espacio de cabeza estático directo (SHS; Jung y Ebeler, 2003) y el espacio de cabeza estático con microextracción en fase sólida (SHS-SPME; Watkins *et al.*, 2012). A pesar de la extensa bibliografía internacional existente sobre el aroma de la carne, no se reportan investigaciones realizadas sobre los volátiles de la carne de camélidos sudamericanos.

Entre la composición botánica de la dieta de las alpacas se encuentran los arbustos tolares o tolas, que son plantas xerofíticas con hojas resinosas de la familia *Asteraceae* y están presentes en los pastizales de las zonas áridas y semiáridas de Sudamérica (Genin y Alzarreca, 2006).

PALABRAS CLAVE / Alpaca / Aroma / Arbustos Tolares / Calidad de la Carne / Camélidos /

Recibido: 07/10/2013. Modificado: 05/12/2014. Aceptado: 09/12/2014.

Sergio Soto. Maestro en Producción Animal, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), México. Profesor, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. e-mail: sso-to70@yahoo.com

Bettit Karim Salvá. Doctora en Ciencia y Tecnología de los

Alimentos, Universidad de León (UniLeon), España. Profesora, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. e-mail: bsalva@lamolina.edu.pe

Néstor Gutiérrez Méndez. Doctor en Ciencias de los Alimentos, UACH, México. Profesor, UACH, México. e-mail: nestorgmen-dez@gmail.com

Irma Caro. Doctora en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, UniLeon, España. Profesora, Universidad de Valladolid y UniLeon, España. e-mail: icarc@unileon.es

Javier Mateo Oyagüe. Doctor en Veterinaria, UniLeon, España. Profesor, UniLeon, España. Dirección: Departamento de

Higiene y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, UniLeon. Campus Vegazana s/n, 24007, León, España. e-mail: jmato@unileon.es

VOLATILE COMPOUNDS OF ALPACA (*Vicugna pacos*) MEAT. COMPARISON BETWEEN MEAT WITH AND WITHOUT THE OFF-FLAVOR ATTRIBUTED TO THE INTAKE OF TOLAR SHRUBS

Sergio Soto, Bettit K. Salvá, Néstor Gutiérrez-Méndez, Irma Caro and Javier Mateo Oyagüe

SUMMARY

Alpaca meat is a common and highly demanded food in the Andean region. The presence of an off-flavour attributed to the intake of tolar shrubs by alpacas is one of the most important quality problem of alpaca meat. Tola is a widespread asteraceae plant of the mountainous steppe vegetation where alpacas are extensively reared. The aim of this study was to obtain and compare the volatile profile of alpaca meat showing or not the tola-attributed off-flavor. Volatile compounds were analyzed using two different extraction techniques: direct static headspace (SHS) and static headspace using solid phase micro-extraction

(SHS-SPME). Ten alpaca carcasses were purchased in a city market of Lima, Peru; five of them with the tola off-flavor and the other five had a normal flavor. A total of 48 volatile compounds were found in the headspace of alpaca meat, 38 out of them were detected using the SHS-SPME technique and 21 using SHS technique. Significant differences were found in the levels of several low-molecular-weight aldehydes and alcohols between meat with and without tola off-flavor. However, the reasons to explain the higher levels of those compounds in meat with tola off-flavor could not be established.

COMPOSTOS VOLÁTEIS EM CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*). COMPARAÇÃO DE CARNE COM E SEM CHEIRO ATÍPICO ATRIBUÍDO AO CONSUMO DE ARBUSTOS TOLARES

Sergio Soto, Bettit K. Salvá, Néstor Gutiérrez-Méndez, Irma Caro e Javier Mateo Oyagüe

RESUMO

Carne de alpaca é um alimento comum e amplamente consumido na área andina. Um dos principais problemas desta carne é a presença de um cheiro atípico atribuído à ingestão de tola na alimentação dos animais. A tola (*Asteraceae*) está presente à vegetação esteparia que constitui os pastizales de criação de alpacas. O objetivo deste trabalho foi o de analisar e comparar o perfil de voláteis de carne de alpaca com e sem cheiro a tola. Isto se realizou utilizando duas técnicas de extração: espaço de cabeça estático directo (SHS) e espaço de cabeça estático com microextração em fase sólida (SHS-SPME). Se muestrearon

num mercado de Lima, Perú, dez carcaças de alpaca, cinco delas com cheiro característico e outras cinco com cheiro atípico a tola. Detectaram-se ao todo 48 compostos voláteis diferentes, 38 deles foram detectados utilizando a técnica de extração SHS-SPME e 21 utilizando SHS. Também se encontrou, com o método SHS, que a ausência ou presença de cheiro atípico teve um efeito significativo sobre a concentração de alguns aldeídos e álcoois de baixo peso molecular. Não obstante, não se pôde estabelecer um mecanismo fundamentado que explique a maior presença desses compostos na carne com cheiro atípico a tola.

Estas plantas juegan un papel importante desde la perspectiva ecológica de los pastizales (Genin y Alzerreca, 2006; Rojo *et al.*, 2012). Entre las especies más comunes se encuentran *Parastrephia lepidophylla*, *Baccharis incarum*, *Fabiana densa* y *Lampaya castellani* (Vargas *et al.*, 1990). Como alimento animal, debido a su elevado contenido en resinas y gomas, las tolas son poco palatables (Genin y Alzerreca, 2006). Además, según diversas fuentes, pueden aportar un sabor atípico a la carne de los animales que las consumen, detectable tanto en carne cruda como cocinada. Tal es así que una de las limitantes del consumo de carne de alpaca es el olor y sabor desagradable que presenta la carne de los animales alimentados a base de arbustos tolares (Ramos e Ibarra,

1975, citado en PNUD, 2003; CONAF, 1981; Leyva, 1988).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, los objetivos del presente trabajo fueron obtener el perfil de volátiles de la carne de alpaca, utilizando para ello dos técnicas de extracción (SHS-SPME y SHS), y comparar los compuestos volátiles de carne de alpaca con olor a tola con aquellos observados en carne de alpaca sin este olor. Con este estudio, de carácter preliminar, se pretende contribuir al conocimiento de la problemática asociada a ese olor atípico en relación a la calidad de la carne de alpaca.

Material y Métodos

Obtención de muestras de carne

Se utilizaron 10 canales de alpacas criadas de forma

extensiva. Las canales, adquiridas en 10 puestos de venta diferentes en un mercado mayorista de Lima, Perú, fueron seleccionadas por Ana María Escobedo, gerente de la empresa Alimentos Nutritivos Andinos E.I.R.L. (Juliaca, Perú), dedicada a la elaboración de productos cárnicos con carne de alpaca, junto con Bettit Salvá, coautora del presente trabajo. Se constató por las compradoras y los vendedores, en el momento de la compra, que cinco de las canales presentaban un olor característico atribuido al consumo de tola (grupo con olor atípico a tola) y que otras cinco no lo presentaban (grupo sin olor a tola). Después de su recolección, las canales fueron llevadas a los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria la Molina, donde se separaron los músculos *Longissimus*

dorsi del lado izquierdo y se tomaron como muestras las correspondientes porciones musculares situadas sobre las vértebras lumbares. Las muestras se cortaron transversalmente en dos partes iguales, se envasaron al vacío individualmente y fueron cocinadas en baño maría (75°C por 30min). Posteriormente fueron congeladas a -80°C y se mantuvieron congeladas hasta su análisis cromatográfico.

Análisis cromatográfico

Las muestras se descongelaron durante 12h a 4°C y se picaron con una picadora doméstica (Kenwood owCH180). Para la obtención de compuestos volátiles por medio de la metodología de SHS-SPME, por duplicado, se pesaron 7,5g de carne y se mezclaron con 7ml de agua

destilada (Mili-Q) y 0,11g de NaCl en viales de 40ml con tapa de rosca y con un septa de silicon/PTFE (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EEUU) en la parte superior. Las muestras en el vial se mantuvieron a 60°C por 10min en un baño de agua con aplicación de ultrasonido. Posteriormente, se insertó manualmente una fibra de carboxen-PDMS de 75µm (Supelco, Sigma-Aldrich) en el vial y se mantuvo la fibra expuesta al espacio de cabeza dentro del vial a 60°C durante otros 30min. Transcurrido dicho tiempo, la fibra se inyectó en el cromatógrafo de gases donde permaneció 2min. La inyección se realizó en modo sin división de flujo (*splitless*). Después de la inyección, la fibra se acondicionó a 260°C durante 30min antes de la siguiente prueba.

También se realizó un análisis de compuestos volátiles utilizando la técnica SHS. Para ello se colocaron, por duplicado, 3g de muestra molida en viales de 20ml, añadiéndole 5ml de agua destilada, 0,10g de NaCl y 50µl de una

solución metanólica de BHT (1,2g en 100ml) con el fin de detener la oxidación durante el proceso de inyección. Los viales se cerraron con tapón metálico y con septo de silicona/teflón (Agilent Technologies) y se llevaron al cromatógrafo. La inyección se realizó con un inyector automático CTC Combi PAL (CTC Analytics AG; Zwingen, Switzerland) en series de 10 muestras por día. Para la extracción de volátiles los viales fueron mantenidos a 65°C en una incubadora con agitación intermitente (750rpm, 5s de marcha, 2s de paro) por un tiempo total de 40min. Posteriormente se extrajeron 700µl del gas del espacio de cabeza con una velocidad de llenado de 100µl/s mediante una jeringa de 2,5ml Combi PAL (CTC Analytics AG) precalentada a 100°C. El gas de espacio de cabeza se inyectó en el cromatógrafo con una velocidad de 250µl. Se utilizó el modo división de flujo (*split*) durante la inyección con una relación 1:1.

Para el análisis de compuestos volátiles (extraídos por ambas técnicas) se utilizó un

cromatógrafo de gases GC 7890A acoplado a un espectrómetro de masas (MS 5975C; Agilent Technologies). Los compuestos volátiles se separaron usando una columna DB-5MS (60m×250µm×0,25µm de grosor del relleno; J&W Scientific, Folsom, CA, EEUU). En el equipo se trabajó bajo las siguientes condiciones: He como gas portador, con velocidad de flujo de 1,5ml por min; temperatura del inyector de 260°C; programación del horno: temperatura inicial de 35°C durante 3min, incremento lineal de 35 a 50°C a 10°C/min, incremento a 146°C a 4°C/min, incremento a 200°C a 50°C/min, incremento a 250°C a 50°C/min, mantenimiento a 250°C durante 11min; temperatura de transferencia en el detector de 260°C; energía de impacto 69,9eV; e intervalo de masas m/z 40-350.

Los volátiles detectados fueron identificados comparando su espectro de masas con los de los compuestos presentes en la base de datos de espectros de masas NIST/EPA/NIH-08 y, en su caso, en diversas

referencias bibliográficas. Además, se utilizó una mezcla de n-alcenos (Sigma-Aldrich) de 7-20 átomos de carbono disueltos en hexano, que se inyectó (1µl) en el cromatógrafo operando en las condiciones descritas anteriormente, con el fin de calcular los tiempos de retención relativos (TRR) o índices de Kovats para cada volátil (David *et al.*, 2002) y poder compararlos con los de la bibliografía.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el software Statistica 6.0 (StatSoft Inc., 2001). Se realizó un análisis de varianza de una vía que tuvo como variable independiente o de agrupación la presencia o no en la carne del olor atribuido al consumo de tola.

Resultados y Discusión

Volátiles en carne de alpaca

En la Tabla I se muestran los compuestos volátiles detectados con los métodos de extracción SHS-SPME y SHS en

TABLA I
CONTENIDO DE COMPUESTOS VOLÁTILES (ÁREA DE PICO ×10⁻⁶) EXTRAÍDOS DEL ESPACIO DE CABEZA (SHS) CON Y SIN MICROEXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA (SPME) EN CARNE DE ALPACA EN FUNCIÓN DE LA PRESENCIA O NO DE OLOR ATÍPICO ATRIBUIDO AL CONSUMO DE TOLA

Compuesto	SHS-SPME					SHS				
	TRR	Olor atípico de tola (n=5)		Total (n=10)	EE	Olor atípico de tola (n=5)		Total (n=10)	EE	
		No	Si			No	Si			
Alcanos										
Hexano	600	454,65	360,03	407,34	139,04	5,68	5,17	5,42	2,78	
Alcano ramificado desconocido ^S I	728	-	-	-	-	0,76	0,82	0,13	0,51	
Alcano ramificado desconocido ^S II	748	-	-	-	-	0,22	0,047	0,46	0,10	
Alcano ramificado desconocido ^S III	755	-	-	-	-	0,60	0,32	39,86	0,14	
Alcano ramificado desconocido ^S IV	1029	0,32	0,25	0,29	0,23	-	-	-	-	
Alcano ramificado desconocido ^S V	1090	0,33	0,53	0,43	0,24	-	-	-	-	
Alcano ramificado desconocido ^S VI	1134	0,31	0,19	0,25	0,17	-	-	-	-	
2,3,7-Trimetildecano	1455	1,36	0,40	0,88	0,72	-	-	-	-	
Pentadecano	1492	0,19	0,14	0,16	0,10	-	-	-	-	
Alcano ramificado desconocido ^S VII	1665	1,02	1,31	1,17	0,73	-	-	-	-	
Subtotal		458,18	362,86	410,52	140,06	7,25	6,36	6,80	0,61	
Aldehídos										
3-Metilbutanal	662	-	-	-	-	2,08 b	8,81 a	5,44	0,81	
Pentanal	704	-	-	-	-	3,40 b	7,45 a	5,42	0,65	
Hexanal	811	189,88 a	70,31 b	130,10	21,95	15,56	12,01	13,78	2,34	
Heptanal	903	22,55	18,29	20,42	6,99	2,77	4,36	3,56	0,64	
(E)-2-Heptenal	960	1,10	0,15	0,62	0,36	-	-	-	-	
Octanal	1012	3,30	2,62	2,96	0,63	0,82	0,68	0,75	0,13	
2,4-Heptadienal	1022	0,48	0,087	0,28	0,22	-	-	-	-	

Continúa en página siguiente

Compuesto	SHS-SPME					SHS			
	TRR	Olor atípico de tola (n=5)		Total (n=10)	EE	Olor atípico de tola (n=5)		Total (n=10)	EE
		No	Sí			No	Sí		
2-Octenal	1069	0,67	0,79	0,73	0,33	-	-	-	-
Nonanal	1118	5,56	3,41	4,49	0,79	2,76	1,52	2,14	0,39
Nonenal	1171	1,72	1,25	1,48	0,51	-	-	-	-
2-Undecenal	1371	0,59	0,46	0,55	0,41	-	-	-	-
Dodecanal	1414	0,06	0,17	0,12	0,057	-	-	-	-
Hexadecanal	1809	0,59	0,21	0,40	0,31	-	-	-	-
Subtotal		226,50 a	97,74 b	162,12	29,18	27,38	34,82	31,10	3,68
Cetonas									
3-Hidroxiбутанона	718	-	-	-	-	-	3,20	1,60	0,37
2,3-Octanodiona	990	5,48	4,69	5,08	1,22	0,18	0,041	0,11	0,05
(3E)-4-(2,6,6-Trimetilciclohex-1-en-1-il)but-3-en-2-ona (b-Ionona)	1474	0,30	0,40	0,35	0,19	-	-	-	-
Subtotal		5,77	5,09	5,43	1,32	0,18 b	3,24 a	1,71	0,39
Alcoholes									
3-Metilbutanol	735	-	-	-	-	-	1,4	0,70	0,29
Pentanol	767	-	-	-	-	0,47 b	5,08 a	1,77	2,1
Hexanol	867	3,40	1,11	2,26	1,59	2,56	1,86	2,21	0,64
Heptanol	971	1,17	0,93	1,05	0,74	0,14 b	0,39 a	0,27	0,04
1-Octen-3-ol	986	3,27	2,37	2,82	0,71	0,31	0,30	0,30	0,05
3-Etilhexanol	1038	0,44	0,37	0,40	0,33	-	-	-	-
2-Octenol	1079	0,59	0,59	0,59	0,27	-	-	-	-
Octanol	1082	1,20	0,70	0,95	0,34	-	-	-	-
Decanol	1274	0,086	0,087	0,086	0,061	-	-	-	-
Pentadecanol	1773	0,76	0,50	0,63	0,47	-	-	-	-
Subtotal		10,92	6,66	8,79	3,18	3,47	9,03	6,25	2,02
Ácidos grasos									
Ácido hexanóico	848	3,74	3,31	3,52	0,97	0,61	0,10	0,31	0,27
Ácido heptanóico	982	0,20	0,12	0,16	0,14	-	-	-	-
Ácido octanóico	1076	-	0,23	0,11	0,071	-	-	-	-
Ácido nonanóico	1168	0,04	0,18	0,11	0,095	0,20	0,079	0,14	0,10
Ácido decanóico	1270	-	-	-	-	0,48	0,20	0,24	0,17
Ácido hexadecanóico	1930	0,19	0,21	0,20	0,13	-	-	-	-
Subtotal		4,17	4,05	4,11	1,04	1,28	0,079	0,68	0,54
Ésteres									
Hexadecanoato de metilo	1363	1,57	0,33	0,95	0,86	-	-	-	-
Furanos									
2-Pentilfuranos	997	0,102	0,15	0,13	0,092	0,38	0,33	0,36	0,08
Compuestos bencénicos									
Benzaldehído	974	1,91	1,38	1,14	0,82	0,19	0,28	0,19	0,05
Compuestos azufrados									
Azufrado desconocido [§]	1964	5,10	7,26	6,18	4,09				
Desconocidos									
Desconocido [§] I	897	1,52	1,36	1,44	0,75	-	-	-	-
Desconocido [§] II	1030	-	-	-	-	0,34	0,22	0,28	0,05
Total		715,74	486,87	600,80	153,38	40,47	54,38	46,83	5,29

-: Compuestos no detectados.

TRR: Tiempo de retención relativo, EE: error estándar de la media.

^{ab} Ninguna letra en común indica diferencias ($P < 0,05$; prueba de Tukey) entre medias de una misma fila dentro de cada tipo de técnica de extracción.

[§] Para cada compuesto se muestra la relación de iones con mayor abundancia en función de su relación carga/masa (entre paréntesis se incluye el porcentaje relativo de abundancia). Alcanos desconocidos: I, 57, 56(30), 41(20), 43(13), 99(6), 55(5), 58(4), 53(3), 42(2); II, 71, 43(90), 70(68), 41(25), 55(24), 57(22), 67(7), 44(7), 72(6); III, 43, 71(77), 70(68), 85(53), 57(49), 41(27), 55(27), 72(7), 58(7); IV, 57, 71(85), 43(69), 70(49), 85(30), 41(29), 113(26), 112(26), 56(25); V, 57, 71(52), 43(45), 41(25), 70(24), 85(24), 84(19), 56(19), 55(18), 69(11); VI, 57, 71(90), 56(84), 43(73), 41(61), 69(57), 55(54), 112(42), 70(40); VII, 57, 70(53), 71(40), 115(34), 141(26), 43(25), 83(24), 41(23), 159(22). Azufrado desconocido: 132, 151(76), 135(22), 134(15), 152(11), 77(8), 68(8), 153(7), 105(4). Desconocidos: I, 190, 96(77), 193(58), 133(58), 177(31), 191(21), 163(16), 147(13), 57(12); II, 104, 77(87), 55(55), 56(52), 41(43), 69(41), 84(38), 70(36), 120(35).

carne de alpaca, distinguiendo entre muestras con olor atípico atribuido al consumo de tola y sin dicho olor. En total se detectaron 48 compuestos de los que dos no pudieron ser identificados. Los compuestos detectados se han clasificado en las siguientes familias químicas: 10 alcanos, 13 aldehídos alifáticos, tres cetonas, 10 alcoholes alifáticos, seis ácidos grasos, un éster, un compuesto furánico, un compuesto bencénico y un compuesto azufrado. No se pudo obtener la fórmula exacta de siete de los alcanos ni del compuesto azufrado, aunque fueron asignados a las correspondientes familias químicas a partir de su espectro de masas; en el caso de los alcanos se pudo constatar que eran alcanos ramificados. Considerando únicamente la técnica SHS-SPME se detectaron 38 compuestos (uno no identificado) que se agruparon de la siguiente manera: siete alcanos, 11 aldehídos alifáticos, dos cetonas, ocho alcoholes, cinco ácidos grasos, un éster, un compuesto furánico, un compuesto bencénico y un compuesto azufrado. Por su parte, con la técnica SHS se detectaron 21 compuestos volátiles (uno no pudo ser identificado): cuatro alcanos, seis aldehídos alifáticos, dos cetonas, cinco alcoholes, tres ácidos grasos, un compuesto furánico y un compuesto bencénico.

Los volátiles detectados en carne de alpaca, con indiferencia del método de extracción, fueron en su mayoría compuestos derivados de la oxidación/degradación lipídica: alcanos, aldehídos y alcoholes de cadena lineal, la 2,3-octanodiona y el 2-pentilfurano (Frankel, 1982; Elmore *et al.*, 2002). El elevado número y los altos niveles de alcanos y aldehídos con respecto al total de compuestos en el espacio de cabeza de la carne de alpaca, coinciden con lo descrito para carne de rumiantes en otros estudios (Vasta y Priolo, 2006; Sivadier *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2012). Además, en concordancia con el sistema de producción extensivo de las alpacas, se considera que algunos de

los compuestos identificados pueden servir como biomarcadores de pastoreo en carne de rumiante (Vasta y Priolo, 2006; Sivadier *et al.*, 2010). Ejemplos de esos compuestos son los alcanos metilramificados de cadena media-larga, los aldehídos heptenal y heptadienal, la 2,3-octanodiona, la β -ionona y el benzaldehído.

La ausencia o presencia de olor atípico en la carne mostró un efecto significativo sobre la concentración de algunos aldehídos y alcoholes: 2-metilbutanal, pentanal, hexanal, pentanol y heptanol ($P < 0,05$; Tabla I). Las diferencias fueron observadas cuando se utilizó el método de extracción SHS (en todos los casos menos para el hexanal). Como diferencia adicional y también con la extracción SHS, hubo dos compuestos no detectados en la carne sin olor atípico y presentes en la carne con olor a tola: 3-hidroxi-2-butanona y 3-metilbutanol. La mayoría de los compuestos con diferencias detectadas son de bajo peso molecular, con 4-5 átomos de carbono y tienen bajos umbrales de percepción olfativa (Forss, 1972), por lo que con bastante seguridad la diferencia en concentración observada afectaría al sabor de la carne.

El hexanal es el compuesto derivado de la oxidación lipídica más abundante en carne cocinada y es considerado como indicador de la oxidación en la carne (Shahidi y Pegg, 1994). La mayor presencia de hexanal en carne sin olor atípico (Tabla I) indicaría, por lo tanto, un mayor grado de oxidación en esta carne. Sin embargo, otros tres compuestos con diferencias significativas, que presumiblemente también son formados por degradación/oxidación lipídica: pentanal, pentanol y hexanol (Frankel, 1982), presentaron concentraciones superiores en la carne con olor atípico. Esta aparente contradicción permite suponer que hay otros factores distintos a la oxidación lipídica responsables de la variabilidad de la concentración de esos tres compuestos entre ambos grupos de muestras.

Por otra parte, parece difícil establecer una explicación para la diferencia en concentración de 3-hidroxi-2-butanona, 3-metilbutanal y 3-metilbutanol entre carne con y sin olor atípico. La formación de estos compuestos y su presencia en la carne cocinada se ha atribuido a la reacción de Maillard generada en el tratamiento térmico de la carne (Elmore *et al.*, 2005).

Finalmente, cabe señalar que ninguno de los siete compuestos que presentaron diferencias entre grupos ha sido señalado en la bibliografía consultada como volátil de la carne y específico de la dieta o del metabolismo ruminal, y tampoco se ha relacionado con sabores atípicos de la carne distintos al sabor a carne oxidada, con el que se relacionan los altos niveles de hexanal (Shahidi y Pegg, 1994).

Comparación entre técnicas de extracción

Comparando los volátiles detectados en carne de alpaca entre las dos técnicas de extracción se observa que hubo coincidencia en muchos de los compuestos, tanto cualitativa como cuantitativamente, aunque los compuestos mayoritarios fueron los mismos en ambas técnicas: hexanal, hexano, nonanal o hexanol (Tabla I). Con la técnica SHS se detectaron diversos compuestos de

bajo peso molecular (tiempo de retención relativo < 800) que no fueron detectados cuando se usó la técnica SHS-SPME y, por el contrario, con la extracción SHS no se detectaron compuestos de menor volatilidad (tiempos de retención relativo > 1200) que sí se encontraron al usar SHS-SPME. También se aprecia que el método SHS-SPME mostró mayor sensibilidad que el SHS (mayores cantidades de volátiles en el primero debido al proceso de concentración que lleva consigo la técnica). Otra diferencia adicional entre métodos fue la proporción relativa de las distintas familias químicas que difiere entre las técnicas de extracción (Tabla II). Se puede destacar que el método con SHS-SPME mostró más afinidad para los alcanos y menor afinidad para los alcoholes que el método SHS directo.

En relación a la comparación entre métodos, Mallia *et al.* (2005) mencionan que no existe un método ideal para la extracción de compuestos volátiles y que el uso de técnicas distintas produce diferentes perfiles de volátiles del mismo alimento. Por esta razón se aconseja utilizar varias técnicas de extracción para identificar un perfil aromático (Zellner *et al.*, 2008). En el caso del presente estudio, con el método SHS se detectaron las principales diferencias

TABLA II
PORCENTAJES DE ÁREA DE LAS FAMILIAS DE COMPUESTOS VOLÁTILES SOBRE ÁREA TOTAL ANALIZADOS POR MEDIO DE ESPACIO DE CABEZA ESTÁTICO (SHS) CON Y SIN MICROEXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA (SPME) EN CARNE DE ALPACA

	SHS-SPME	SHS
Alcanos	68,33	14,52
Aldehídos	26,98	66,41
Cetonas	0,90	3,65
Alcoholes	1,46	13,34
Ácidos grasos	0,68	1,45
Ésteres	0,16	-
Furanos	0,02	0,77
Compuestos bencénicos	0,19	0,40
Compuestos azufrados	1,03	-
Desconocidos	0,24	0,60
Total	100	100

-: Compuestos no detectados.

entre tratamientos, aunque con ambos métodos ha quedado mejor caracterizado el perfil volátil de la carne de alpaca.

Conclusiones

De los análisis realizados en este estudio se puede concluir que se ha obtenido un perfil volátil de la carne de alpaca que, a grandes rasgos, es característico de carne de rumiante criada en régimen de pastoreo. En relación al olor a tola, utilizando la técnica de extracción SHS-SPME se observó una menor cantidad de hexanal en la carne con olor atípico a tola. Por otra parte, se encontró que con la técnica SHS se detectaron mayores cantidades de compuestos volátiles de bajo peso molecular en la carne con olor atípico, que podrían estar relacionados con el olor a tola; sin embargo, no se ha podido establecer un mecanismo fundamentado que explique la mayor presencia de esos compuestos en la carne con dicho olor.

El presente estudio es un estudio preliminar, susceptible de ser completado con estudios posteriores que contemplen el análisis de un mayor número de muestras. De los resultados de éste y de posteriores estudios se podrían obtener compuestos volátiles (aquellos que presenten en sus niveles diferencias entre carne con olor y sin olor a tola) que puedan ser utilizados como marcadores analíticos del olor a tola en la carne de alpaca.

REFERENCIAS

- CONAF (1981) *Delimitación y Caracterización de los Ecosistemas de la I Región*. Gerencia de Desarrollo, Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 88 pp.
- Calkins CR, Hodgen JM (2007) A fresh look at meat flavor. *Meat Sci.* 77: 63-80.
- David F, Scanlan F, Sandra P, Szelewski M (2002) Analysis of essential oil compounds using retention time locked methods and retention time databases. En *Food and Flavors*. Application Note. Agilent Technologies, Inc. EEUU. 10 pp.
- Elmore JS, Campo MM, Enser M, Wood JD (2002) The effect of lipid composition on meat-like model systems containing cysteine, ribose and polyunsaturated fatty acids. *J. Agric. Food Chem.* 50: 1126-1132.
- Elmore JS, Cooper SL, Enser M, Mottram DS, Sinclair LA, Wilkinson RG, Wood JD (2005) Dietary manipulation of fatty acids composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. *Meat Sci.* 69: 233-242.
- Elmore JS, Mottram DS, Enser M, Wood JD (2000) The effects of diet and breed on the volatile compounds of cooked lamb. *Meat Sci.* 55: 149-159.
- Fairfield, T (2006) The politics of livestock sector policy and the rural poor in Peru. En *Pro-Poor Livestock Policy Initiative (PPLPI)*. Working Paper No. 32, FAO, Rome, Italia. 70 pp.
- Faustman C, Sun Q, Manuni R, Suman SP (2010) Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Sci.* 86: 86-94.
- Forss DA (1972) Odour and flavour compounds from lipids. *Prog. Chem. Fats Lipids* 13: 181-251.
- Frankel EN (1982) Volatile lipid oxidation products. *Prog. Lipid Res.* 22: 1-33.
- Genin D, Alzérrega H (2006) Campos nativos de pastoreo y producción animal en la puna semiárida y arida andina. *Sci. Chang. Planet/Secheresee* 17: 265-274.
- Hodgen JM, Calkins CR (2012) Red meat flavor. En Jelen H (Ed.) *Food Flavors: Chemical, Sensory and Technological Properties*. CRC Press. Boca Raton, FL, EEUU. pp. 253-268.
- Jung DM, Ebeler SE (2003) Headspace solid-phase microextraction method for the study of the volatility of selected flavor compounds. *J. Agric. Food Chem.* 51: 200-205.
- Leyva Fernández C (1988) Producción y mercadeo de carne de alpaca y llama en Perú. *6ª Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos*. Oruro, Bolivia, 09-12/022003. Cardozo A. M y C Arte Gráfico (Ed.) Oruro, Bolivia. pp. 243-244.
- Machelis D, Istase L (2003) Evaluation of two commercial solid-phase microextraction fibers for the analysis of target aroma compounds in cooked beef meat. *Talanta* 61: 529-537.
- Madrugá MS, Elmore JS, Dodson AT, Mottram DS (2009) Volatile flavor profile of goat meat extracted by three widely used techniques. *Food Chem.* 115: 1081-1087.
- Mallia S, Piccicali P, Rehberger B, Baderscher R, Escher F, Schlichtherle-Cerny H (2005) Determination of storage stability of butter enriched with unsaturated fatty acids/conjugated linoleic acid (UFA/CLA) using instrumental and sensory methods. *Int. Dairy J.* 18: 938-993.
- Mottram DS (1998) Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chem.* 62: 415-424.
- PNUD (2003) *Proyectos Demostrativos en Bofedales para la Crianza de Alpacas*. Informe Final. Subcontrato N° 21.13. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Universidad Católica Boliviana y Universidad Nacional del Altiplano-Perú. www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.13.pdf (Cons. 24/09/2013).
- Quispe E (2011) Adaptaciones hematológicas de los camélidos sudamericanos que viven en zonas de elevadas altitudes. *Rev. Complut. Cienc. Vet.* 5: 1-26.
- Quispe EC, Rodríguez TC, Iñiguez LR, Mueller J (2009) Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Anim. Genet. Resources Inf.* 45: 1-14.
- Rivas-Cañedo A, Juez-Ojeda C, Nuñez M, Fernández-García E (2011) Volatile compounds in ground beef subjected to high pressure processing: A comparison of dynamic headspace and solid-phase microextraction. *Food Chem.* 124: 1201-1207.
- Rivas-Cañedo A, Juez-Ojeda C, Nuñez M, Fernández-García E (2012) Volatile compounds in low-acid fermented sausage "espetec" and sliced cooked pork shoulder subjected to high pressure processing. A comparison of dynamic headspace and solid-phase microextraction. *Food Chem.* 132: 18-26.
- Rojó V, Arzamendia Y, Vilá BL (2012) Uso del hábitat por vicuñas (*Vicugna vicugna*) en un sistema agropastoril en Suripujio, Jujuy. *Mastozool. Neotrop.* 19: 127-138.
- Salvá BK, Zumalacárregui JM, Figueira AC, Osorio MT, Mateo J (2009) Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Peru. *Meat Sci.* 82: 450-455.
- Shahidi F, Pegg RB (1994) Hexanal as an indicator of meat flavour deterioration. *J Food Lip.* 1: 177-186.
- Sivadier G, Ratel J, Bouvier F, Engel E (2008) Authentication of meat products: determination of animal feeding by parallel GC-MS analysis of three adipose tissues. *J. Agric. Food Chem.* 56: 9803-9812.
- Sivadier G, Ratel J, Engel E (2010) Persistence of pasture feeding volatile biomarkers in lamb fats. *Food Chem.* 118: 418-425.
- Vargas GD, Jimenez P, Villasante F (1990) Flora y vegetación altoandina de Tisco-Caylloma (Arequipa). *Zonas Áridas* 6: 61-94.
- Vasta P, Priolo A (2006) Ruminant fat volatiles as affected by diet: A review. *Meat Sci.* 73: 218-228.
- Vieira C, Fernández-Diez A, Mateo J, Bodas R, Soto S, Manso T (2012) Effects of addition of different vegetable oils to lactating dairy ewes' diet on meat quality characteristics of suckling lambs reared on the ewes' milk. *Meat Sci.* 91: 277-283.
- Watkins PJ, Rose G, Warner RD, Dunshea FR, Pethick DW (2012) A comparison of solid phase microextraction (SPME) with simultaneous distillation-extraction (SDE) for the analysis of volatile compounds in heated beef and sheep. *Meat Sci.* 91: 99-107.
- Zellner BA, Dugo P, Dugo G, Mondello L (2008) Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. *J. Chromatogr. A* 1136: 123-143.