

CONTRIBUCIÓN DE LA ETAPA DE SECADO A LA MADURACIÓN DE LA LONGANIZA CRUDO-CURADA FERMENTADA

Contribution of drying stage to the ripening of dry-cured fermented Longaniza

P. J. Martínez, M. Bedia, L. Méndez, S. Bañón*.

Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Campus Espinardo, 30071. Murcia.

***Autor para correspondencia:** Sancho Bañón Arias. Teléfono: +34-868-888265. E-mail: sanchoba@um.es

RESUMEN

El objetivo fue estudiar el grado de maduración alcanzado por una Longaniza crudo-curada fermentada, elaborada con carne de cerdo en tripa natural y sometida a un secado industrial estándar (12 días a 15°C/85-65% HR). Se determinaron diversos parámetros (composición, mermas, actividad de agua, pH, acidez total, color CIELab, proteolisis, lipolisis, TBARS y ácidos grasos) y atributos sensoriales (enrojecimiento, olor y sabor, acidez, firmeza) en Longaniza cruda y curada. El tratamiento de secado produjo una merma de peso del 30% por unidad de embutido y permitió alcanzar un adecuado grado de deshidratación, acidificación y enrojecimiento, auxiliado por la adición de cultivos iniciadores y de colorante Rojo. Se obtuvo una Longaniza firme al corte. Se alcanzaron poblaciones efectivas de micrococáceas y bacterias ácido-lácticas, que proporcionaron seguridad microbiológica y una apreciable acidez. Sin embargo, la transformación de lípidos y proteínas no tuvo magnitud suficiente para desarrollar un marcado aroma y sabor a carne crudo-curada, no apreciándose matices aromáticos propios de la oxidación de la grasa, debido en parte a la adición de antioxidantes. La calidad sensorial de Longaniza seco-curada estaría limitada por el lento desarrollo del aroma y sabor durante la etapa de secado

Palabras claves: embutido, enrojecimiento, proteolisis, lipolisis, fermentación, sensorial.

ABSTRACT

The objective was to study ripening of dry-cured fermented Longaniza, a small calibre Salami manufactured with pork, stuffed into natural casing and dried following a standard industrial process (12 days at 15 ° C/85-65% RH). Several parameters (composition, shrinkage, water activity, pH, total acidity, CIELab colour, proteolysis, lipolysis, TBARS and fatty acids) and sensory attributes (redness, odour and flavour, acidity,

firmness) were determined in raw and cured samples. The drying process produced weight loss of 30% per unit of sausage and allowed to achieve an adequate degree of dehydration, acidification and reddening, aided by the addition of starter cultures and artificial red colouring. Longaniza presented sufficient strength to be sliced. Effective populations of *Micrococcaea* and lactic-acid bacteria were achieved, providing significant microbiological safety and acidity. However, the transformation of lipids and proteins was not intense enough to develop a pronounced dry-cured meat aroma and taste, since no fat-oxidation aromatic traits were found. This may be partly due to the addition of antioxidants. Sensory quality of Longaniza would be limited by the slow development of aroma and flavor during the drying stage.

Keywords: sausage, reddening, proteolysis, lipolysis, fermentation, sensory.

INTRODUCCIÓN

Los embutidos crudo-curados de pequeño calibre comprenden diversas Salchichas, Longanizas, Chorizos y Fuets fabricados con tripas naturales o artificiales de entre 22 y 40 mm de diámetro, fermentados o no (Orden 7/2/1980). Sus pequeñas dimensiones permiten acortar el tiempo necesario para secar el embutido, alcanzándose con rapidez una adecuada capacidad de conservación y una textura firme al corte. Suele ser suficiente un periodo de tiempo inferior a dos semanas para fabricar este tipo de embutidos (Luzón y Martín, 1998), aunque el tratamiento de secado a aplicar dependerá de numerosos factores, como la temperatura, humedad, convección de aire, carga del secadero, dimensiones de las piezas, la permeabilidad al agua de la tripa, el contenido en grasa, el grado de picado, la presencia de mohos de cobertura o la adición de sustancias higroscópicas, entre otros.

Durante el secado se producen las transformaciones físicas, químicas y bioquímicas propias de los embutidos crudo-curados, que básicamente comprenden fenómenos de deshidratación, acidificación láctica asociada a gelificación de proteínas, nitrosación de la mioglobina, hidrólisis y oxidación de grasas y proteínas, englobados en el término "maduración". La transformación de la carne es más rápida al inicio de la etapa de secado, favorecida por la alta humedad de la masa cárnica, aunque si

el secado se reduce a un periodo más corto de tiempo, la maduración puede limitar la calidad sensorial del embutido. A priori, la actividad fermentativa de la microflora tecnológica va a ser muy importante en este tipo de embutidos, que a menudo se someten a estufaje, debido a que micrococos y bacterias ácido lácticas se desarrollan rápidamente y proporcionan en poco tiempo una considerable acidificación y enrojecimiento. En cambio, las reacciones de oxidación e hidrólisis de lípidos y proteínas requieren más tiempo para provocar transformaciones sensoriales apreciables en la carne (Ordóñez et al., 1999).

Existe poca información sobre maduración de embutidos de pequeño calibre (Sayas, et al., 1998; Roig et al., 1999), aunque hay disponibles datos equivalentes extrapolados de la monitorización del secado en salchichón, chorizo y salami (Lizaso et al., 1999; Beriain et al., 2000; Hughes, et al., 2002; Casaburi et al., 2008; Fernández et al., 2008). Un importante aspecto por dilucidar es conocer como los diversos fenómenos madurativos van a contribuir a la calidad sensorial de estos embutidos, en concreto, si predomina o no la fermentación láctica sobre las reacciones de oxidación e hidrólisis de lípidos y proteínas, responsables del bouquet característico a carne crudo-curada. El objetivo del trabajo fue estudiar el grado de maduración que alcanza una Longaniza crudo-curada fermentada, un embutido tipo "salchichón" de amplio consumo en España.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

Se evaluó el efecto del tratamiento de secado sobre diversas propiedades tecnológicas y sensoriales de Longaniza crudo-curada fermentada, elaborada con carne de cerdo y sometida a un procesado industrial estándar. Se determinaron diversos parámetros físico-químicos y microbiológicos en dos etapas diferentes: cruda (recién embutida) y curada (a los 12 días de secado). También se procedió a la descripción sensorial de la misma. Se analizaron por duplicado 24 piezas de Longaniza de tres lotes de fabricación diferentes (4+4 por lote). El modelo estadístico se diseñó completamente al azar, considerando el secado como tratamiento (producto crudo y final). El efecto del tratamiento se determinó mediante ANOVA simple (Test de medias de Scheffe). Se realizó una descripción sensorial en producto crudo y curado. Los cálculos estadísticos se realizaron con el programa Statistix 8.0 para Windows (Analytical Software, USA).

Elaboración del embutido

Los embutidos fueron elaborados por una industria local (Elaborados Cárnicos de Lorca S.L, Murcia, España). La formulación básica consistió en carne de cerdo (88,0%), procedente de paletilla deshuesada sin tocino extra, aditivos y especias (7,5%) y agua (4,5%). El preparado comercial de aditivos y especias (AP LQ-01-MU Longaniza; Aditivos Cargill, Barcelona, España) estuvo compuesto por cloruro sódico, pimienta negra y blanca, jarabe de glucosa, dextrina y lactosa, nitrito sódico, nitrato potásico, eritorbato sódico, citrato sódico, glutamato monosódico y rojo Ponceau. La carne fue picada con un disco perforado de 6 mm (Laska GMBH, WW1302, Nu-Meat Technology, Girona, España) y mezclada con los aditivos y especias en una amasadora a vacío durante 3

minutos (amasadora AMU102 Maquinaria Vall, Miralcamp, Lleida, España). Para regular la maduración del embutido, se añadió un cultivo iniciador liofilizado de bacterias ácido-lácticas y micrococáceas, compuesto por un 25% de *Staphylococcus carnosus*, un 25% de *Staphylococcus xylosum* y un 50% de *Pediococcus pentosaceus* (Fermento CXP Cargill). Los cultivos iniciadores fueron descongelados y disueltos en agua libre de cloro siguiendo las especificaciones de revivificación recomendadas por el fabricante y añadidos a la masa en una dosis total de 6×10^7 ufc g⁻¹. Finalmente se dejó reposar la masa cárnica en una cámara a 2-4°C durante 24 horas para facilitar la interacción entre ingredientes y aditivos.

La Longaniza fue embutida en una línea automática a vacío de embutido, grapado, enristrado y colgado (WF-612, Albert Handtmann Mahcinefabrik, Biberach und der Riss, Alemania). Se utilizó una tripa natural bovina, ligeramente curva, con un calibre de 40-43 mm y una longitud de 30-32 cm. Las tripas fueron previamente desaladas y lavadas. Las piezas recién embutidas se bañaron en una solución en agua de *Penicilium crysogenum* (Penicilium PV7, Cargill) para prevenir la aparición de mohos desfavorables, y se colgaron en carros de acero inoxidable con unas dimensiones de 1,20 m de ancho, 1,20 m de fondo y 2,20 m de alto. El secado se realizó durante 10 días en cámaras de ambiente controlado a una temperatura según se muestra en la tabla 1. Una vez concluido el secado, el exceso de microflora externa fue eliminado mediante cepillado en una cámara cerrada para evitar recontaminaciones. Las piezas de fueron mantenidas a 4-10°C y 80-85% HR durante unas horas hasta su análisis.

Análisis físico-químico

La humedad (%), grasa (%) y proteína (%) se estimaron con un analizador óptico NIR FoodScan TM (Foss España, Barcelona, España), usando los modelos de predicción de las redes

Tabla 1. Parámetros de secado aplicados a la Longaniza crudo-curada

	Escurreido	Días 2-6	Días 7-11
Temperatura (°C) ⁽¹⁾	--	14-18	14-18
Temperatura (°C) ⁽²⁾	15,7	16,4	16,1
Humedad relativa (%) ⁽¹⁾	--	80-85	70-75
Humedad relativa (%) ⁽²⁾	76,3	78,5	62,5
Velocidad del aire m s ⁻¹ ⁽¹⁾	4,0	3,8	3,8
Densidad de carga de embutido (kg m ⁻³)	18,7	--	--
Peso por unidad (kg)	0,425	0,347	0,296
Velocidad de secado (g día ⁻¹)	1,2	2,9	2,5

⁽¹⁾ Programado en equipo de secado.

⁽²⁾ Medido con equipos portátiles en la zona de secado.

neurales artificiales ANN. Las cenizas (%) se analizaron por gravimetría previa incineración de la muestra en una mufla (Heraeus, Madrid, España) (ISO 936: 1998). La actividad de agua (a_w) se midió con un higrómetro AquaLab Serie 3 (Novasina TH200 Axair AG, Pfäffikon, Suiza) (ISO 21807, 2004). El pH se midió con un pHmetro micropH 2001 (Crison, Barcelona, España) equipado con un electrodo combinado Cat. 52-02 (Ingold Electrodes, Inc. Wilmington, EEUU) (ISO 2917, 1999). La acidez total (% ácido láctico) fue determinada mediante valoración con hidróxido sódico utilizando fenolftaleína como indicador. El color objetivo se midió por reflectancia con un colorímetro CR400 R-200/08 Chroma Meter II (Minolta Ltd., Milton Keynes, Reino Unido) Los resultados se expresaron en unidades CIELab: Luminosidad (L^*); rojo-verde (a^*); amarillo-azul (b^*); tinte o Chroma ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$); y saturación o ángulo Hue ($H^* = \text{tg}^{-1}(b^*/a^*)$).

El nitrógeno no proteico (NNP) y total (NT) se determinaron por el método Kjeldahl (Norma ISO 937: 1981), utilizando una unidad de digestión-destilación 323 (Buchi Labortechnik AG Flawil, Suiza) y un valorador automático Titrino 702 SM equipado con un

electrodo combinado de pH 6.0233.100 (Mettrom Schweiz, Zofingen, Suiza). El nitrógeno no proteico fue determinado previa precipitación de las proteínas con ácido tricloroacético. El índice de proteólisis (%) se calculó a partir de la relación NT/NNP. El índice de acidez de la grasa (mg KOH /g) fue determinado en grasa extraída con cloroformo-metanol por el método de Folch, mediante valoración con KOH, usando fenolftaleína como indicador. El perfil de ácidos grasos (% de ésteres metílicos) se determinó según el método de Granados (2001), usando un cromatógrafo de gases HP6890N y un detector de ionización de llama (Hewlett-Packard), equipado con un automuestreador 768313 (Agilent Technologies, Barcelona, España). Las muestras fueron inyectadas en una columna capilar HP5 (30 m de longitud, 0,32 mm de diámetro interno, 0,25 μm de grosor). Se cuantificaron los ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) mayoritarios. El índice de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) (mg malonaldehído kg^{-1}) fue determinado por colorimetría (espectrofotómetro Unicam UV2) según el método de Botsoglou et al. (1994).

Análisis microbiológico

Se realizaron recuentos ($\log \text{ufc g}^{-1}$) de aerobios mesófilos totales (ISO 4833: 2003), bacterias ácido-lácticas (ISO 15214: 1998), micrococáceas, mohos y levaduras (ISO 21527-2, 2008). Las muestras fueron homogeneizadas en bolsas estériles con agua de peptona (Oxoid Ltd. CM0087. Basingstoke, Hampshire, Reino Unido) en un Masticator (IUL Instruments, GMBH, Königswinter, Alemania). Los medios de cultivo empleados fueron PCA (Oxoid CM0325) para aerobios mesófilos totales, Agar MRS (Oxoid CM0361) para bacterias ácido-lácticas, Agar Manitol Sal (Oxoid CM0085) para micrococáceas y Rosa de Bengala con Clo-ranfenicol (Oxoid CM0549) para mohos y levaduras. Se empleó una estufa de cultivo modelo 207 (Selecta, Abrera, Barcelona, España). Las muestras fueron manipuladas asépticamente en una campana de flujo laminar (Bio-II-A Telstar, Terrasa, Barcelona, España).

Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial descriptivo cuantitativo (Norma ISO 4121, 2003). Para ello, se seleccionaron y entrenaron 16 panelistas de acuerdo con la norma ISO 8586-1

(1992). Durante las cuatro sesiones de entrenamiento se identificaron y cuantificaron diversos atributos sensoriales, empleando diversos embutidos de referencia (frescos y curados, fermentados o no, elaborados con carne más o menos pigmentada y con aroma añadido) en un rango de intensidad de percepción apropiado para Longaniza crudo-curada. Se analizó producto crudo y curado para fijar la escala de puntuación y poder describir mejor los cambios acontecidos tras el secado. Los 5 descriptores sensoriales evaluados fueron color, olor y sabor a carne curada, sabor ácido y firmeza. La escala mixta utilizada fue 1 (imperceptible), 2 (débil), 3 (moderado), 4 (intenso) y 5 (muy intenso). Cada panelista evaluó un total de 6 muestras por lote de fabricación en una sala de catas normalizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición proximal

La tabla 2 muestra el efecto del secado sobre la composición proximal de la Longaniza crudo-curada. La proporción relativa de los componentes mayoritarios estuvo afectada por la deshidratación parcial del embutido, cuya humedad descendió del 56,3% al 35,9%. Como

Tabla 2. Efecto del secado sobre la composición proximal de la Longaniza crudo-curada (g/100 g MS)

	Cruda M±D	Curada M±D	F ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	Δ ⁽³⁾
Humedad	56,28±0,86	35,93±2,32	1218,16	*	-20,35
Proteína total ^(MS)	32,07±1,03	34,72±1,84	28,33	*	2,65
Lípidos totales ^(MS)	46,03±2,13	46,84±1,91	1,44		0,81
Cenizas ^(MS)	7,57±0,37	8,04±0,32	16,14	*	0,47

⁽¹⁾ Estadístico F.

⁽²⁾ Valores medios significativamente diferentes para $P \leq 0,05$.

⁽³⁾ Variación en producto curado con respecto a crudo.

^(MS) Materia Seca.

Tabla 3. Efecto del secado sobre los índices físico-químicos de maduración de la Longaniza crudo-curada

	Cruda M±D	Curada M±D	F ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	Δ ⁽³⁾
<i>Deshidratación</i>					
a _w	0,97±0,01	0,89±0,02	491,65	*	-0,08
<i>Acidificación</i>					
pH	6,00±0,15	4,72±0,05	1137,45	*	-1,28
Acidez total (% láctico)	0,33±0,03	0,73±0,13	157,98	*	0,40
<i>Enrojecimiento</i>					
Luminosidad	49,93±1,93	53,22±3,04	14,95	*	3,28
a* Rojo	18,21±2,03	14,66±1,78	30,94	*	-3,54
b* Amarillo	9,31±1,02	5,72±0,82	136,42	*	-3,59
C* Tinte	20,46±2,06	15,75±1,91	50,68	*	-4,71
H* Saturación	27,19±2,73	21,32±1,64	61,24	*	-5,88
<i>Transformación proteínas y grasas</i>					
Proteólisis (%)	11,74±1,46	13,15±1,84	6,32	*	1,42
Lipólisis (mg KOH/g)	3,49±0,54	12,03±1,50	517,02	*	8,55
TBARS mg MDA/kg	n. d.	n. d.			
<i>Ácidos grasos</i>					
Decanoico (C10:0)	0,14±0,03	0,13±0,04	1,63		-0,02
Laurico (C12:0)	0,07±0,07	0,07±0,07	0,06		0,06
Mirístico (C14:0)	1,29±0,03	1,34±0,17	1,14		0,04
Palmítico (C16:0)	23,63±0,37	23,74±0,43	0,62		0,11
Palmitoleico (C16:1)	2,19±0,10	2,17±0,08	0,27		-0,02
Heptadecanoico (C17:0)	0,28±0,18	0,27±0,20	0,02		-0,01
Esteárico (C18:0)	13,07±0,60	13,30±0,36	2,00		0,23
Oleico (C18:1)	41,62±0,47	41,63±0,68	0,00		0,01
Linoleico (C18:2)	12,10±0,67	11,72±0,47	3,99		-0,38
Linolénico (C18:3)	3,79±0,11	3,88±0,11	6,76	*	0,09
Araquídico (C20:0)	0,01±0,04	0,03±0,11	0,31		0,02
Araquidónico (C20:4)	0,09±0,14	0,16±0,18	1,67		0,07
∑AGS	38,50±0,87	38,87±0,84	1,98		0,37
∑AGI	59,78±0,93	59,56±1,11	0,42		-0,22
∑AGMI	43,81±0,53	43,80±0,74	0,00		-0,01
∑AGPI	15,97±0,67	15,76±0,48	1,27		-0,21
∑AG n,i	1,72±0,51	1,57±0,82	0,46		-0,16

⁽¹⁾ Estadístico F.⁽²⁾ Valores medios significativamente diferentes para P≤0,05.⁽³⁾ Variación en producto curado con respecto a crudo.

Ácidos grasos saturados (AGS), insaturados (AGI), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI).

cabía esperar, los parámetros de composición expresados con respecto a materia seca fueron bastante similares en el embutido crudo y curado. La proteína total aumentó del 32,1% MS al 34,7% MS, los lípidos totales se mantuvieron en porcentajes de 46,0% MS (cruda) y 46,8% MS (curada), mientras que el contenido en cenizas aumentó del 7,6% MS al 8,0% MS. Las masas cárnicas industriales a menudo no tienen una composición totalmente homogénea y pueden existir desajustes en las piezas embutidas. Se han descrito valores de humedad entre 40-50% en salchichón y salami a un tiempo de secado similar (Sayas et al., 1998; Lizaso, et al., 1999; Hughes et al., 2002; Fernández et al., 2008). La Longaniza alcanzó una fuerte deshidratación en poco tiempo. A igualdad de otros factores, los embutidos de pequeño calibre se deshidratan antes, ya que el agua de las capas internas de hidratación debe recorrer menos distancia hasta llegar a la superficie de evaporación. Además, la Longaniza se elaboró con una formulación bastante magra en comparación con otros tipos de salchichón que pueden contener más de un 50% de grasa (Moretti et al., 2004; Rubio et al., 2007)

Deshidratación

La tabla 3 muestra el efecto del secado sobre los índices físico-químicos de maduración de la Longaniza crudo-curada. El secado disminuyó un 30% el peso medio por unidad de embutido. Esta fuerte deshidratación provocó un fuerte descenso de a_w , cuyo valor pasó de 0,97 a 0,89, por debajo del rango (0,90-0,94) descrito para Salchichón, Salami y Fuet controlados a un tiempo de secado similar (Lizaso et al., 1999; Roig et al., 1999; Hudghes et al., 2002; Fernández et al., 2008). El valor de a_w suele ser proporcional al grado de deshidratación de los alimentos ricos en agua, como la carne, si bien la adición de sustancias higroscópicas, como la sal, el azúcar y otras puede disminuir la fugacidad del vapor de agua desde el embutido. En

cualquier caso, el tratamiento de secado aplicado permitió alcanzar una actividad de agua adecuada ($<0,89$) para inhibir el crecimiento de microorganismos indeseables (Lücke, 1998), aunque una rápida reducción de la a_w pueden también ralentizar las transformaciones químicas y bioquímicas en la masa cárnica.

El proceso industrial de elaboración de la Longaniza crudo-curada se monitoriza básicamente en función de las mermas de peso durante el secado. Un objetivo bastante usual es que el producto final pierda alrededor de un tercio de su peso inicial en el menor tiempo posible, para obtener una firmeza suficiente que permita lonchear el embutido. No obstante, no es posible acelerar el secado si limitaciones, ya que la humedad de las cámaras de secado debe ser lo suficientemente alta para favorecer la formación de una cubierta de mohos que modulen la deshidratación y que evite un acortamiento crítico del producto. El tratamiento de secado aplicado cumple con todas estas premisas.

Acidificación

El pH medio bajó de 6,0 a 4,7, un descenso algo mayor de lo deseable para este tipo de embutidos. Se han citado valores de pH entre 5,0-5,4 en Fuet, Salchichón y Salami a las 2 semanas de secado (Sayas et al., 1998; Hudghes et al., 2002; Roig et al., 1999; Casaburi et al., 2008; Fernández et al., 2008). Por su parte, el porcentaje de ácido láctico aumentó de 0,33% a 0,73% tras el secado, coincidiendo con Sayas et al., (1998) y Fernández et al., (2008). La acidificación láctica busca asegurar la calidad microbiológica del embutido, por este motivo se suele controlar el pH de la Longaniza. Un valor final de pH en torno a 5 garantiza el predominio de la microflora láctica sobre posibles microorganismos patógenos y alterantes. También reduce la capacidad de retención de agua de las proteínas miofibrilares, por proximidad a su punto isoeléctrico, favoreciendo la deshidratación. La magnitud de la acidificación depende

de factores intrínsecos y extrínsecos que modulan el crecimiento de microorganismos, en especial, la adición de azúcares y la actividad funcional de los cultivos iniciadores. La adición de bacterias lácticas produce una fuerte caída de pH que tiende a corregirse durante el secado por reacción del ácido láctico con grupos aminos procedentes de la degradación de proteínas (Ordoñez et al., 1998). La Longaniza crudo-curada tendría una reducida capacidad para corregir esta acidez inicial, en comparación con otros embutidos con mayor grado de maduración.

Enrojecimiento

La Longaniza experimentó el enrojecimiento propio de los productos crudo-curados. L^* aumentó de 49,9 a 53,2 unidades CIE tras el secado, pese a que la deshidratación oscurece el embutido, si bien, la mayor o menor presencia de grasa también condiciona el valor de L^* . Sorprendentemente, a^* disminuyó de 18,2 a 14,7 unidades CIE tras el secado. El incremento de a^* se relaciona con el enrojecimiento debido a la formación de nitrosomioglobina (Pérez et al., 1998). La coordenada b^* también descendió de 9,3 a 5,7 unidades CIE tras el secado. El valor de b^* aumenta por oxigenación y/o oxidación de la mioglobina, por tanto, el descenso de la presión parcial de oxígeno durante el secado, junto con la disminución de la solubilidad de éste por el incremento de la concentración salina, van a limitar la oxigenación de la mioglobina, disminuyendo el valor de b^* . (Pérez et al., 1998; Fernández et al. 1998). De acuerdo con los valores de a^* y b^* , se produjeron descensos de casi 5 y 6 puntos en la C^* y H^* , respectivamente, lo que en la práctica indica pérdida de enrojecimiento.

Sayas et al. (1998) encontraron coordenadas CIELab de 48 (L^*), 12 (a^*) y 6 (b^*) unidades CIE en Longaniza con 13 días de secado, elaborada sin colorante rojo adicionado. También describieron caídas de L^* y b^* asociadas a un aumento de a^* con respecto al producto crudo.

La adición de colorante rojo podría explicar los resultados obtenidos. El Rojo Ponceau proporciona al producto recién embutido un color rojo vivo, con un mayor componente amarillo, que resalta en carnes poco pigmentadas, como la porcina. En cambio, durante el secado se desarrolla el típico color rojo violáceo de la carne crudo-curada que proporciona la nitrosomioglobina, con un mayor componente azul, que iría acompañado de una paulatina descomposición del colorante añadido a la masa. Dicha transición de color se correspondería con descensos simultáneos de ambas coordenadas cromáticas, cuyos valores sugieren que pudo haber un cambio de tonalidad con respecto al color original proporcionado por el colorante.

Transformación de proteínas y lípidos

Como se puede observar en la tabla 3, el índice de proteólisis apenas aumentó del 11,7% al 13,1% tras el secado, resultando un índice bajo para un producto crudo-curado. Lizaso et al. (1999) obtuvieron un índice de proteólisis mayor del 17% en Salchichón con un tratamiento de secado equivalente. La acción proteásica de calpaínas y catepsinas aumenta conforme mayor es la actividad de agua y la temperatura de la carne. Durante el secado, el aumento progresivo de la concentración salina y de ácido láctico puede ralentizar la actividad enzimática, e incluso desnaturalizar estas enzimas (Toldrá, 2006). Por tanto, la baja actividad proteásica observada en la Longaniza podría estar limitada por factores tales como, un reducido tiempo de secado a temperatura moderada, una fuerte deshidratación y una intensa acidificación. Así mismo, llama la atención el alto índice de proteólisis de partida, producto de la conservación de la materia prima y el pre-procesado (picado, amasado y reposo).

Por su parte, los ácidos grasos libres aumentaron de 3,5 a 12,0 mg KOH g^{-1} tras el secado. Lizaso et al. (1999) obtuvieron valores de 9,6 mg KOH g^{-1} en Salchichón con un tratamiento

de secado equivalente. La lipólisis en la carne crudo-curada depende sobre todo de la actividad de las lipasas endógenas y microbianas, y está regulada por diversos factores como la concentración de sal, temperatura, pH o la composición de la grasa. Por ejemplo, los AGPI tienden más a ser liberados desde los glicéridos que otros ácidos grasos (Sorensen, 1997), de modo que el ratio AGS/AGI aumenta tras el secado (Lizaso et al., 1999). Los ácidos grasos liberados se degradan después formando aldehídos, cetonas y otros compuestos relacionados con el flavor. Sin embargo, no se detectaron sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico TBARS, hecho sorprendente en un embutido crudo-curado, por lo que se verificó que la Longaniza presentaba un nivel detectable de TBARS al inducir su oxidación. En consonancia con lo anterior, el perfil de ácidos grasos fue similar en Longaniza cruda y curada. El porcentaje de AGS fue del 38,5% (cruda) y 38,9% (curada), el porcentaje de AGMI fue del 43,8% en ambas, y el porcentaje de AGPI fue del 16,0% (cruda) y 15,8% (curada). La adición de antioxidantes a productos cárnicos es una práctica industrial muy extendida para prolongar su vida comercial, aunque muchas veces no se repara en que la falta de oxidación de la grasa puede limitar el bouquet, sobre todo en embutidos con un bajo

grado de maduración, como la Longaniza crudo-curada.

Fermentación

La tabla 4 muestra el efecto del secado sobre los principales grupos fermentativos. Tras 10 días de secado, los recuentos de aerobios mesófilos totales aumentaron de 6,5 a 8,4 log ufc g⁻¹, las BAL aumentaron de 6,2 a 8,3 log ufc g⁻¹, *Micrococaceae* aumentó algo menos, de 6,2 a 7,3 log ufc g⁻¹, mientras que mohos y levaduras aumentaron de 5,5 a 6,2 log ufc g⁻¹. Según estos recuentos, el producto final aún contenía una abundante microflora tecnológica, ya que aún prevalecían grandes poblaciones de *Micrococaceae* y, sobre todo de BAL, el grupo fermentativo mayoritario en este tipo de embutidos. Las condiciones de actividad de agua, pH, presencia de nutrientes y disponibilidad de oxígeno existentes al inicio de la fermentación, favorecen el rápido desarrollo de los cultivos iniciadores, en especial de *Micrococaceae*, antes de que la deshidratación, acidificación, falta de oxígeno y acción de los nitritos reduzcan sus recuentos en favor de BAL, bacterias más resistentes a estas condiciones. No obstante, la Longaniza crudo-curada mantuvo tras el secado altos recuentos de *Micrococaceae*, comparado con otros embu-

Tabla 4. Efecto del secado sobre los recuentos (ufc g⁻¹) de los principales grupos fermentativos de la Longaniza crudo-curada

	Cruda M±D	Curada M±D	F ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	Δ ⁽³⁾
Aerobios mesófilos totales	6,47±0,15	8,38±0,24	843,27	*	1,90
BAL	6,24±0,14	8,26±0,21	1145,44	*	2,01
<i>Micrococaceae</i>	6,19±0,15	7,30±0,32	176,80	*	1,11
Mohos y levaduras	5,46±0,49	6,22±0,30	31,73	*	0,76

⁽¹⁾ Estadístico F.

⁽²⁾ Valores medios significativamente diferentes para P≤0,05.

⁽³⁾ Variación en producto curado con respecto a crudo.

tidos similares (Roig et al., 1999). Los elevados recuentos de mohos y levaduras observados se deberían al uso de mohos de cobertura, aunque fueron el grupo minoritario. Estos altos recuentos también se deberían a que las muestras se prepararon para su análisis integrando todo el producto, a excepción de la tripa. Los recuentos citados en diversos embutidos tipo salchichón elaborados con cultivos iniciadores y sometidos a un procesado equivalente están los siguientes rangos: 7-9 (BAL), 4-7 (*Micrococaceae*) y 2-3 log ufg g⁻¹ (mohos y levaduras) (Roig et al., 1999; Lizaso et al., 1999; Casaburi et al., 2008; Fernández et al., 2008).

Calidad sensorial

La tabla 5 muestra el estudio sensorial descriptivo de la Longaniza cruda y curada. La Longaniza cruda ya presentaba cierto enrojecimiento, favorecido por la adición de Rojo Ponceau. El típico olor y sabor a carne curada no se detectó en el producto crudo, en cambio, éste presentó una acidez muy marcada, puntuada con una nota media de 4,2, lo que sugiere que hubo una considerable fermentación láctica durante el reposo de la masa. Como cabía esperar, la Longaniza recién embutida no resultó firme al corte, se desgranaba debido a la pobre ligazón entre componentes y a la falta

de coagulación de las proteínas. Por su parte, la Longaniza curada presentó un moderado enrojecimiento (3,1), aunque desarrolló rápidamente el tono rojo-violáceo propio de la carne crudo-curada. El típico bouquet a carne crudo-curada sólo pudo apreciarse con una intensidad media, alcanzando notas medias de olor y flavor de 3,1 y 3,0, respectivamente, mientras que el sabor ácido “a yogurt” disminuyó con respecto al producto crudo (3,1), quizás, porque al contener menos agua, se reduce la sensación de acidez en la lengua. Por último, la firmeza final al corte fue calificada como media (3,0), si bien el embutido no planteó problemas para ser loncheado. La descripción sensorial fue coherente con los índices de maduración determinados.

CONCLUSIONES

La Longaniza crudo-curada puede ser considerada un salchichón de pequeño calibre en un estadio temprano de maduración. Como se ha visto, un tratamiento de secado inferior a dos semanas a temperatura moderada es suficiente para obtener una textura firme al corte. También se alcanza rápidamente el color rojo violáceo típico de la carne crudo-curada, favorecido por la rápida difusión de nitrificantes y colorantes en la masa cárnica. La adición de cultivos iniciado-

Tabla 5. Puntuaciones medias y desviaciones típicas obtenidas en el análisis sensorial descriptivo de la Longaniza cruda y curada

	Cruda M±D	Curada M±D
Enrojecimiento	2,10±0,16	3,14±0,25
Olor a carne crudo-curada	1,00±0,00	3,09±0,21
Sabor a carne crudo-curada	1,00±0,00	3,00±0,16
Acidez	4,21±0,25	3,07±0,19
Firmeza al corte	1,00±0,00	3,03±0,20

Escala de intensidad: (1) imperceptible; (2) débil; (3) media; (4) fuerte; (5) muy fuerte.

res permite alcanzar rápidamente poblaciones efectivas de micrococáceas y bacterias ácido-lácticas, proporcionando una acidificación adecuada para asegurar la calidad microbiológica del embutido y un apreciable sabor “a yogurt”. Sin embargo, la transformación de lípidos y proteínas no tiene magnitud suficiente para proporcionar un marcado aroma y sabor a carne crudo-curada, no apreciándose matices aromáticos propios de la oxidación de la grasa, en parte debido al uso de aditivos antioxidantes.

La calidad sensorial de la Longaniza crudo-curada estaría limitada por el desarrollo del bouquet a carne crudo-curada, característico del Salchichón. El desarrollo del aroma y sabor requiere de más tiempo que los fenómenos físicos de deshidratación que acontecen en la carne crudo-curada. Así, el secado puede ser acelerado con cierta eficacia, aunque esto pueda ir en detrimento de la actividad química y biológica responsable de la maduración de la carne, siendo necesario elevar la temperatura y/o aplicar técnicas biotecnológicas. Un bajo grado de transformación de proteínas y lípidos, típico de embutidos de maduración corta o que son sometidos a secado acelerado, conlleva cierto déficit de compuestos aromáticos y sápidos, como aldehídos, cetonas, alcoholes, péptidos, nucleótidos, aminoácidos, entre otros. En el caso de un embutido con un bouquet poco pronunciado, como la Longaniza crudo-curada, la contribución sensorial de materias primas, condimentos y fermentos jugaría un papel más relevante que en otros embutidos con mayor grado de maduración.

BIBLIOGRAFÍA

- BERIAIN M.J., CHASCO J., LIZASO, G. 2000. Free amino acids and proteolysis involved in “salchichon” processing. *Food Microbiol* 25: 335-347.
- BOTSOGLOU N. A., FLETOURIS, D. J., PAPPAGEORGIOU G. E., VASSILOPOULOS V. N., MANTIS A. J., TRAKATELLIS A. G. 1994. Rapid, sensitive, and specific thio-barbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feedstuff samples. *Journal of Agricultural and Food Chem* 42: 1931-1937.
- CASABURI A., DI MONACO R., CAVELLA S., TOLDRÁ F., ERCOLINI D., VILLANI F. 2008. Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits. *Food Control* 11: 41-47.
- FERNÁNDEZ J., SENDRA E., SAYAS E., NAVARRO C., PÉREZ J.A. 2008. Physico-chemical and microbiological profiles of “Salchichón” (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat Sci* 80: 410-417.
- GRANADOS M.V. 2001. Influencia del genotipo y la dieta sobre la calidad de la canal y de la carne porcina. Efecto de α -tocoferol acetato sobre la estabilidad a la oxidación de la carne. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- HUGHES M.C., KERRY J.P., ARENDT E.K., KENNEALLY P.M., MCSWEENEY P.L.H., O’NEILL, E.E. 2002. Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. *Meat Sci* 62: 205-216.
- ISO 15214. 1998. International Organization for Standardization Publications. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria. Colony-count technique at 30 degrees C. www.iso.org.
- ISO 21527-2. 2008. International Organization for Standardization Publications. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds - Part 2: Colony count technique in products with water activity greater than 0,95. www.iso.org.
- ISO 21807. 2004. International Organization for Standardization Publications. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Determination of water activity. www.iso.org.

- ISO 2917. 1999. International Organization for Standardization Publications. Meat and meat products. Measurement of pH. Reference method. www.iso.org.
- ISO 4121. 2003. International Organization for Standardization Publications. Sensory Analysis Methodology. Evaluation of food products by methods using scales. www.iso.org.
- ISO 4833. 2003. International Organization for Standardization Publications. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of microorganisms. Colony-count technique at 30 degrees C. www.iso.org.
- ISO 8586-1. 1993. International Organization for Standardization Publications. Sensory analysis Methodology. General guidance for the selection and training and monitoring of assessors. Part 1. Selected assessors. www.iso.org.
- ISO 936. 1998. International Organization for Standardization. Meat and meat products. Determination of total ash. www.iso.org.
- ISO 937. 1978. International Organization for Standardization. Meat and meat products. Determination of nitrogen content. www.iso.org.
- LIZASO G., CHASCO J., BERIAIN M.J. 1999. Microbiological and biochemical changes during ripening of salchichón, a Spanish dry cured sausage. *Food Microbiol* 16: 219-228.
- LÜCKE F.K. 1987. Procesos microbiológicos en la elaboración de embutidos secos y jamones crudos. *Fleischwirtschaft* 2: 39-46.
- LUZÓN F., MARTÍN S. 1998. Embutidos crudos y crudos curados. En: *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos Vol. II* pp.1091-1162. Eds. Martín y Macías, Plascencia, Cáceres. 1967 pp.
- MORETTI V.M., MADONIA G., DIAFERIA C., MENTASTI T., PALEARI M. A., PANSERI G., GANDINI G. 2004. Chemical and microbiological parameters and sensory attributes of a typical Sicilian salami ripened in different conditions. *Meat Sci* 66: 845-854.
- Orden de 7 de Febrero de 1980 por la que se aprueba la Norma de calidad para los productos cárnicos embutidos crudo-curados en el mercado interior (BOE de 21 de Marzo).
- ORDÓÑEZ J.A., HIERRO E.M., BRUNA J.M., DE LA HOZ L. 1999. Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Crit Rev Food Sci* 39: 329-367.
- PÉREZ J.A., FERNÁNDEZ J., SAYAS E., CARTAGENA R. 1998. Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne* 63: 115-122.
- ROIG A.X., HERNÁNDEZ, M. M., LÓPEZ, E. I., RODRÍGUEZ J. J., MORA M. T. 1999. Microbiological events during the elaboration of "fuet", a Spanish ripened sausage Relationships between the development of histidine- and tyrosine-decarboxylase-containing bacteria and pH and water activity. *Eur Food Res Technol* 209: 108-112.
- RUBIO B., MARTÍNEZ B., SÁNCHEZ M.J., GARCÍA-CACHÁN M.D., ROVIRA J., JAIME I. 2007. Study of the shelf life of a dry fermented sausage "salchichon" made from raw material enriched in monounsaturated and polyunsaturated fatty acids and stored under modified atmospheres. *Meat Sci* 76: 128-137.
- SAYAS E., PÉREZ, A., FERNÁNDEZ J, OÑATE M.D. 1998. Caracterización física y físico-química de la Longaniza Imperial de Lorca. *Alimentaria* 7: 27-32.
- SORENSEN B.B. 1997. Lipolysis of pork fat by the meat starter culture *Staphylococcus xylosum* at various environmental conditions. *Food Microbiol* 14: 153-160.
- TOLDRÁ F. 2006. The role of muscle enzymes in dry cured meat products with different drying conditions. *Trends Food Sci Tech* 17: 164-168.