

Nacameh

Publicación electrónica arbitrada en Ciencia y Tecnología de la Carne
cbs.izt.uam.mx/nacameh
ISSN 2007-0373

NACAMEH Vol. 10, No. 2, pp. 49-58, 2016

Carne y productos cárnicos como fuente de péptidos bio-activos

Meat and meat products as a source of bioactive peptides

Alfonso Totosa¹✉, Teresita de Jesús Ariza Ortega²

¹ *Planta Piloto y Laboratorio de Alimentos, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Central esq. Av. Tecnológico s/n, Ecatepec 55210, Estado de México, México.*

² *Universidad Politécnica del Valle de México, Avenida Mexiquense esq. Universidad Politécnica s/n, Tultitlán 54910, Estado de México, México. ✉ Autor de correspondencia: atotosa@tese.edu.mx. Fecha de recepción: 27/10/2016. Fecha de aceptación: 29/12/2016.*

Resumen

La carne es un alimento con alto contenido proteico, de gran valor nutricional, y biológico. La hidrólisis de las proteínas comienza en la conversión de músculo a carne, durante la maduración de la carne. Después del sacrificio, las enzimas endógenas degradan las proteínas miofibrilares de anclaje, resultando en la resolución del rigor mortis, suavizando la textura de la carne. La hidrólisis continúa en la preparación de los alimentos, y en la digestión. Al llegar al estómago, la pepsina es la primera en actuar sobre las proteínas. Conforme avanza la comida en el tracto gastrointestinal, las enzimas pancreáticas actúan sobre lo que queda de las proteínas, para que finalmente las peptidasas hagan la hidrólisis final. Aquí de las proteínas solo quedan péptidos pequeños o aminoácidos, que son absorbidos al sistema circulatorio, y distribuidos al resto del organismo. La actividad de los péptidos bio-activos derivados de la carne o productos cárnicos es anti-hipertensivo, donde la histidina, la carnosina, y la anserina son los más identificados. Otro péptido común con actividad antioxidante es la glutatona. El contenido varía según la especie.

Palabras clave: Péptidos bioactivos; Proteínas; Carne; Proteólisis; Enzimas.

Abstract

Meat is a high protein content food, with great nutritional and biological value. Meat protein hydrolysis begins with the muscle to meat conversion, during meat ageing. After slaughter, endogen enzymes are responsible of meat softening since myofibrillar anchorage proteins are degraded. Protein hydrolysis continues during food preparation. When meat reaches the stomach, pepsin is the first enzyme to interact. As the food travel through out gastrointestinal tract, pancreatic enzymes degraded the remained protein and the peptidases made the final proteolysis process. The small proteins or peptides are the absorbed to the circulatory system and distributed to the rest of the body. Bioactive peptides activity of meat and meat products is anti-hypertensive

mainly, where histidine, carnosine and anserine are the main peptides identified. Another peptide with anti-oxidant activity is glutathione. The content depends on animal species.

Keywords: Bioactive peptides; Proteins; Meat; Proteolysis; Enzymes.

INTRODUCTION

Las proteínas de la carne son una fuente de proteína altamente digerible como fuente de nitrógeno para humanos. La digestibilidad ileal real de las proteínas de la carne se estima en un 95% (Silvester y Cumings, 1995). Las proteínas animales tienen mayor contenido de proteína y un patrón de aminoácidos mejor en comparación con las proteínas vegetales, donde la calidad nutricional se determina por la digestibilidad en el intestino delgado, esto es, la bio-disponibilidad de aminoácidos (Sayd y col., 2016). A pesar de la tendencia al cambio de dieta hacia el no consumo de alimentos de origen animal, sobre todo en países desarrollados, los motivos principales están relacionados con el bienestar animal y el medio ambiente, aunque estas tendencias pueden cambiar con el tiempo (Janssen y col., 2016). En cambio existe alto interés por el aprovechamiento integral de subproductos derivados del proceso de obtención de productos cárnicos, lo cual involucra varios factores sociales, incluyendo tradiciones, cultura y religión, aunque se acepta el uso de cadáveres de animales, pieles, huesos, guarniciones de carne, sangre, tejidos grasos, cuernos, pies, pezuñas u órganos internos (Lafarga y Hayes, 2014). Mucha gente disfruta comer carne, pero les causa conflicto el pesar en el dolor que sufren los animales durante el sacrificio. Así, la “paradoja de la carne”, es decir, comer o no comer carne, es provocada por no poder separar a la carne de su origen, un animal vivo. Para que la gente pueda comer y disfrutar la carne se debe dissociar el origen de esta a los animales en el campo (Kunst y Hohle, 2016).

La carne puede ser considerada como una fuente importante de: aminoácidos y péptidos en la prevención de la sarcopenia (pérdida degenerativa de masa muscular y fuerza al envejecer o al llevar una vida sedentaria), además de nucleótidos y nucleósidos para la salud intestinal. La carne puede ser también una fuente importante de ácido fitánico, ácido linoleico conjugado, con la idea de que en un futuro se pueda diseñar carne *in vitro* para mejorar los aspectos benéficos de la carne (Young y col., 2013).

Este trabajo versa sobre la carne como fuente de péptidos bioactivos y su relevancia en la alimentación y salud en general.

Carne como alimento proteico

Como alimento proteico, la hidrólisis de las proteínas musculares rinde una gran cantidad de péptidos. Antes que nada, debemos considerar la conversión de músculo a carne, donde el cambio de metabolismo por la falta de circulación de la sangre y oxígeno debido al sacrificio, provocan la acumulación de ácido láctico y el descenso del pH. Esto provoca que las enzimas endógenas comiencen la hidrólisis de las proteínas miofibrilares, actuando de manera marcada sobre las proteínas miofibrilares de anclaje miofibrilar. La

pérdida estructural de estas proteínas resulta en el ablandamiento de la carne, durante el periodo inmediato al sacrificio e instauración del *rigor mortis*, llamada maduración de la carne. Durante la maduración de la carne la rigidez cadavérica se pierde de manera paulatina, resultado de la hidrólisis de las proteínas musculares por acción de las calpains y de las catepsinas. Entonces los péptidos son generados por la enzimas endógenas post-mortem (Sentandreu y col., 2002). La Tabla 1 muestra la composición promedio de la carne, destacando las proteínas musculares y su clasificación. Estas mismas proteínas pueden ser ubicadas en la Figura 1.

La digestión comienza en la boca, cuando empezamos a masticar los alimentos para romper la estructura y facilitar su digestión. La pepsina secretada en el estómago actúa sobre las proteínas, seguida por una extensiva proteólisis por la pancreatina secretada en el intestino delgado, que contiene tripsina, quimotripsina, elastasa pancreática, amino y carboxi-peptidasas. Las proteasas endógenas tienen sitios de hidrólisis específicos y solamente liberan un número limitado de péptidos, los cuales son poco activos o inactivos respecto a su función particular sobre la salud. Además, las condiciones de interacción entre las proteína de la dieta y las proteasas endógenas quizá no sean las optimas para la liberación de péptidos bioactivos en el tracto gastrointestinal (Udenigwe y Howard. 2013). La digestión de la carne aumenta cuando la carne es cocinada a 70 °C, debido a la desnaturalización de proteínas, debido a un cambio en la conformación de éstas, favoreciendo la biodisponibilidad de las proteasas digestivas (Bax y col., 2012). Después de la ingesta oral, los péptidos intactos necesitan ser absorbidos eficientemente para asegurar su traducción en sus actividades dentro de los ambientes celulares, excepto para los péptidos tipo pro-droga y aquellos que ejercen sus funciones en el tracto intestinal. Los péptidos pequeños pueden ser transportados a través de las regiones hidrofóbicas del epitelio intestinal. (Udenigwe y Howard. 2013)

Péptidos bioactivos de la carne

Muchas proteínas contienen secuencias bioactivas que están inactivas hasta que son liberadas por alguna proteasa. Los fragmentos de péptidos activos son liberados de la proteína nativa solamente por digestión proteolítica, y una vez liberados puede actuar como compuestos nutracéuticos reguladores e inhibidores (Arihara, 2006). Los péptidos bioactivos usualmente contienen entre 3 y 20 residuos de aminoácidos y su bioactividad se basa en su composición de aminoácidos y su localización dentro de esa secuencia del péptido. Están inactivos dentro de la secuencia de la proteína padre, pero una vez liberados a través de la hidrólisis enzimática, por enzimas proteolíticas durante la digestión gástrica, durante la fermentación con bacterias GRAS (generalmente reconocido como seguro) o durante el procesamiento del alimento. Para tener un efecto positivo en la salud, los péptidos bioactivos deben sobrevivir la degradación enzimática en el tracto gastrointestinal después de su consumo. Una vez liberados en el cuerpo humano, los péptidos bioactivos pueden afectar numerosas funciones fisiológicas. Dependiendo de su

secuencia de aminoácidos, pueden tener funciones biológicas en la prevención de hipertensión como inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA) con efecto anti-hipertensivos, agonsitas y antagonistas opiáceos inmuno-moduladores, anti-troboicos, antioxidantes, anti-cancer y antimicrobiales (Mora y col., 2014).

Tabla 1. Composición promedio de la carne (Adaptada de Lawrie, 1998).

Componente	Contenido %
Agua	75.0
Proteínas	19.0
(a) Miofibrilares	11.5
Miosina (mero-miosinas Pesadas y Ligeras y varias cadenas ligeras asociadas a estas)	5.5
Actina	2.5
Conectina (Titina)	0.9
Nebulina	0.3
Tropomiosina	0.6
Troponinas C, I y T	0.6
α , β , y δ -Actininas	0.5
Miomesina (proteína línea M) y C-proteínas	0.2
Desmina, Filamina, F-proteína, I-proteína, etcétera	0.4
(b) Sarcoplasmicas	5.5
(c) Tejido conectivo	2.0
Lípidos	2.5
Carbohidratos	1.2
Sustancias solubles no proteicas	2.3

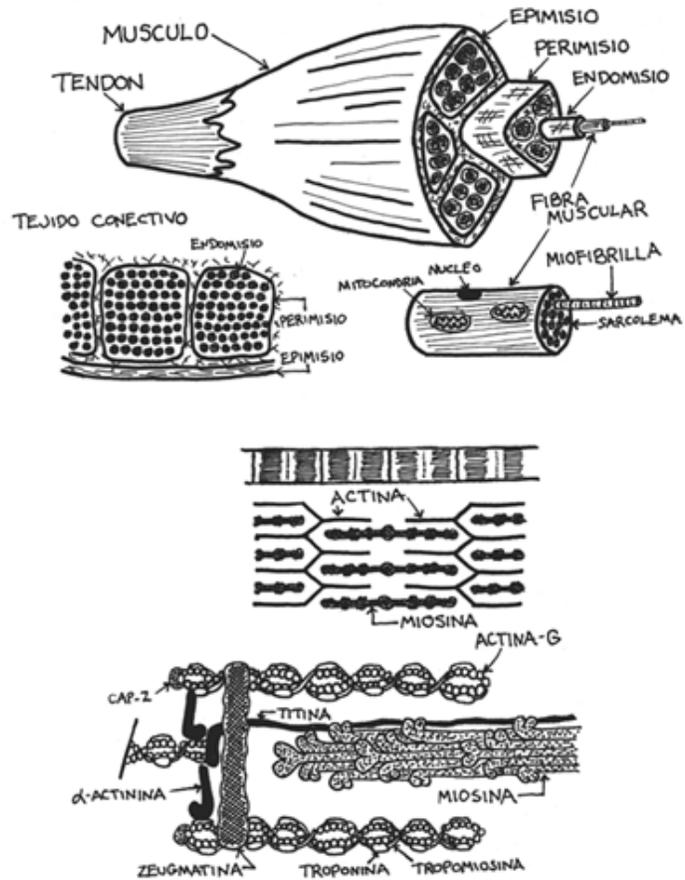


Figura 1. Estructura muscular y organización miofibrilar (Adaptada de Totosaus, 2006).

La actividad de los péptidos bioactivos depende de la secuencia de aminoácidos, y puede tener actividad anti-microbiana, anti-oxidante, anti-trombótica, anti-hipertensiva, anti-cancerígena, regular la saciedad, efecto inmuno-modulatorio, y afectar los sistemas cardiovascular, inmune, nervioso y digestivo. La Tabla 2 muestra algunos ejemplos de péptidos bioactivos obtenidos de proteínas musculares de cerdo con actividad anti-hipertensiva, donde la IC₅₀ (concentración inhibitoria máxima) de los péptidos de la carne

son pequeñas lo que significa que su consumo en pequeñas cantidades podría tener 50% de la inhibición de la actividad ECA (Ahmed y Muguruma, 2010)

Tabla 2. Actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina de péptidos bio-activos de diferente peso molecular (PM) generados por la hidrólisis de proteínas musculares (adaptada de Lafarga y Hayes, 2014).

Proteína	Secuencia	PM (Da)	IC50 (mM)
Troponina músculo de cerdo	KRQKYD	950	26.2
Troponina músculo de cerdo	EKERERQ	974	552.5
Miosina músculo de cerdo	KRVIQY	806	6.1
Troponina músculo de cerdo	RMLGQTPTK	1031	34
Actina músculo de cerdo	VKAGF	520	20.3

La carnosina (β -alanil-L-histidina) es muy abundante en cerdo (2,700 mg/kg) y pierna de pollo (500 mg/kg). La anserina (N- β -alanil-1-metil-L-histidina), con actividad antioxidante, es más alto en pollo (775 mg/100 g) que en res (60 mg/100 g) o cerdo (15 mg/100 g). El tripeptido glutatona (GSH) es el mayor regulador no enzimático de la homeostasis redox intracelular, presente en la células, es muy abundante en las carnes rojas, y en menor proporción en pollo. La L-carnitina (β -hidroxi- γ -trimetil) es abundante en carne de res (1,300 mg/kg) Stadnik y Kęska, 2015; Wu y col., 2015) La Tabla 3 muestra péptidos bio-activos con propiedades anti-hipertensivas obtenidos de diferentes proteínas de carne de varias especies y su concentración inhibitoria máxima.

Para liberar potenciales péptidos funcionales más diversos de una proteína, las proteasas exógenas con sitios de hidrólisis más amplios se utilizan a menudo en la proteólisis. (Udenigwe y Howard. 2013). Varias proteasas de origen animal, vegetal y bacterial también han sido utilizadas para generar péptidos bioactivos de carne. Además de la generación de péptidos por enzimas endógenas, a partir de residuos como recortes, órganos, colágena y sangre también se pueden obtener hidrolizados usando enzimas como la papaína, bromelina, termolisina, pronasa o proteinasa K (Jang y col., 2005, 2008; Liu y col., 2008; Toldrá y col., 2012). La Tabla 4 muestra la actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina de péptidos bio-activos obtenidos con diferentes enzimas.

Tabla 3. Actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina de péptidos bio-activos de diferente peso molecular (PM) generados por la hidrólisis de proteínas musculares de varias especies (adaptada de Ahmed y Muguruma, 2010)

Proteína	Secuencia	IC50 (mM)
Miosina de cerdo	KRVIQY	83
Actina de cerdo	VKAGF	6.1
Carne de cerdo	ND	3.9
Músculo esquelético de cerdo	VKKVLGNP	28.5
Músculo esquelético de cerdo	EKERERQ	552.5
Músculo esquelético de cerdo	KRQKYDI	26.2
Troponina de cerdo	RMLGQTPTK	34
Troponina de cerdo	RMLGQTP	503
Troponina de cerdo	RMLGQ	358
Troponina de cerdo	RML	1019
Pollo	FQKPKR	14
Pollo	IVGRPRHQG	14
Músculo de res	DFHING	64.3
Músculo de res	FHG	52.9

Tabla 4. Actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina de péptidos bio-activos obtenido de proteínas musculares y diferentes enzimas (adaptada de Ryan y col., 2011).

Especie	Proteína	Secuencia	Enzima	IC50 (mM)
Cerdo	Miosina	ITTNP	Termolisina	549
	Miosina	RMLGQTP	Pepsina	503
	Actina	VKAGF	Pepsina	20.3
	CL Miosina	VKKVLGNP	Pepsina	28.5
	Troponina T	KRQKYDI	Pepsina	26.2
	Titina	PTPVP	Pepsina+Pancreatina	256.41
	Titina	KAPVA	Pepsina+Pancreatina	46.56
Pollo	Miosina	FQKPKR	Termolisina	14

Los productos cárnicos secos como el jamón curado Español también pueden ser otra fuente importante de péptidos bioactivos, antioxidantes (SAGNPN, 558.55 Da y GLAGA, 387.44 Da) e hipertensivos (KPVAAP 581.71 Da, IAGRP 512.61 Da y KAAAATP 628.72 Da) (Escudero y col., 2013; Escudero y col., 2014).

Fuentes no convencionales de péptidos de origen animal

En algunas regiones el consumo de cárnicos no se limita a cierto tipo de especies habituales, es decir, la dieta de los habitantes incluye fuentes no convencionales de proteína animal, esto no solo recae en la variabilidad proteínica también incrementa la posibilidad de obtener un mayor aprovechamiento de péptidos con actividad biológica. Un ejemplo de este tipo de péptidos son la Leucrocina I (NGVQPKY, PM 806.99 Da) y la Leucrocina II (NAGSLLSGWG, PM 956.3 Da) obtenidos de un extracto de glóbulos blancos de cocodrilo siamés y en los cuales se ha detectado actividad antibacteriana (Pata y col., 2011). En otro estudio sobre péptidos del mismo tipo de animal (*Crocodylus siamensis*) se confirmó la actividad antibacteriana y la actividad antioxidante, atribuyéndose dicha actividad a la presencia de los aminoácidos: valina, leucina, prolina, histidina, tirosina, triptófano, fenilalanina, cisteína, ácido glutámico, ácido aspártico, lisina, y arginina en su estructura primaria (Srihongthong y col., 2012).

En productos marinos como peces, esponjas y moluscos se han detectado secuencias de aminoácidos con actividad antitumoral y antioxidante, lo cual recae en el potencial uso como péptido anticancerígeno (Suárez-Jiménez y col., 2012). Los péptidos obtenidos de estas fuentes deben ser hidrolizados enzimáticamente, en la práctica se ha utilizado alcalasa, tripsina, flavoenzima, pepsina y quimotripsina, principalmente; con el objeto de obtener secuencias de aminoácidos con actividad biológica en diversas las variedades de pescado como: el músculo de *Otolithes ruber* (GNRGFACRHA), víceras de *Magalapsis cordyla* (NHRYDR) (Kumar y col., 2011), en el músculo de sardina (LQPGQGQQ), el músculo de anguila (LGLNGDDVN), en proteína de medusas (AL, FK, FR, IR, KF, KL, KY, RY, YD, YY, LDR, KNYP) y otras, todas estas fuentes de péptidos con actividad antioxidante *in vitro* (Najafian & Babji, 2012). Es de importancia resaltar que el estudio de péptidos con actividad biológica no debe limitarse a estudios *in vitro*, a partir de la proteína extraída del músculo de *Otolithes ruber* se aisló un péptido identificado como LTFCGAH (861.6 Da) el cual además de haber presentado actividad antioxidante *in vitro*, también lo hizo *in vivo* aplicado en ratas Wistar (Nazeer y col., 2012).

Consideraciones finales

El logro de alimentos funcionales involucra dos aspectos: por un lado, la selección y caracterización de los componentes bioactivos en el alimento, el diseño tecnológico y el desarrollo del alimento y las evaluaciones de los factores que modifican su contenido/biodisponibilidad, y por otro lado, la evaluación del efecto funcional en modelos *in vivo* e *in vitro* que proveen información sobre los mecanismos de acción,

impacto sobre la función-respuesta *in vivo*, la relación dosis-respuesta y los efectos agudos o crónicos. Las estrategias para optimizar la presencia de compuestos bioactivos de tal manera que puedan ser asimilados por el organismo y estar presentes en cantidades significativas en el producto final para producir el efecto nutricional o fisiológico con la ingestión de cantidades razonables. (Olmedilla-Alonso y col., 2013). Lo cual permite la creación de perspectivas que permitan el ensayo *in vivo* de péptidos de origen animal con actividad biológica como alternativa para el control de la asimilación de nutrientes y el mejoramiento de la salud humana.

A futuro...

La reproducción del músculo *in vitro* requiere células madre que se dividan y diferencien a fibras musculares maduras. Para que este tipo de proceso sea eficiente, las células necesitan un sustrato sólido para su proliferación así como factores específicos de crecimiento. Además, altas densidades celulares requieren bioreactores muy eficientes para el adecuado suministro de nutrientes y remoción de desperdicios. Entonces, hay un número de retos científicos y tecnológicos que deben alcanzarse. Primero, la selección de las células apropiadas capaces de la proliferación y diferenciación además del desarrollo de los medios de cultivo económicamente rentables. Segundo, los sustratos para la unión de las células musculares deben ser compatibles con los alimentos y comestibles, el crecimiento y la maduración deber desarrollarse y debería también contribuir a la textura de la carne *in vitro*. Tercero, la producción debe ser escalable para una producción industrial. Cuarto, tener un alto valor nutricional y la aceptación del consumidor a nuevos productos conteniendo carne *in vitro* (Young y col, 2013).

Referencias

- AHHMED AM, M MUGURUMA. (2010). A review of meat protein hydrolysates and hypertension. *Meat Science* 86: 110-118.
- ARIHARA, K. (2006). Functional properties of bioactive peptides derived from meat proteins. In L. Nollet, & F. Toldrà (Eds.), *Advanced technologies for meat processing* (pp. 245–273). Boca Raton, FL, USA: CC Press.
- BAX, ML., AUBRY, L., FERREIRA C., DAUDIN, JD., GATELLIER, P., RÉMOND, D. SANTÉ-LHOUTELLIER V. (2012). Cooking temperature is a key determinant of *in vitro* protein digestion rate: investigation of underlying mechanisms. *J. Agric. Food Chem.* 60, 2569-2576.
- ESCUDERO, E., MORA, L., FRASER, P. D., ARISTOY, M. C., TOLDRÁ, F. (2013). Identification of novel antioxidant peptides generated in Spanish dry-cured ham. *Food Chem.* 138: 1282–1288.
- ESCUDERO, E., MORA, L., TOLDRÁ, F. (2014). Stability of ACE inhibitory ham peptides against heat treatment and *in vitro* digestion. *Food Chem.* 161: 305–311.

- JANG, A.; JO, C.; KANG, K.S.; LEE, M. (2008). Antimicrobial and human cancer cell cytotoxic effect of synthetic angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides. *Food Chem.* 107: 327–336.
- JANG, A.; LEE, M. (2005). Purification and identification of angiotensin converting enzyme inhibitory peptides from beef hydrolysates. *Meat Sci.* 69: 653–661.
- JANSSEN M, C BUSCH, M RÖDIGER, U HAMM. (2016) Motives of consumers following a vegan diet and their attitudes towards animal agriculture. *Appetite* 105: 643-651.
- KUMAR, N.; NAZEER, R.; JAIGANESH, R. (2011). Purification and biochemical characterization of antioxidant peptide from horse mackerel (*Magalaspis cordyla*) viscera protein. *Peptides* 32: 1496–1501.
- KUNST JR, HOHLE SM. (2016). Meat eaters by dissociation: How we present, prepare and talk about meat increases willingness to eat meat by reducing empathy and disgust. *Appetite* 105: 758-774.
- LAFARGA T, HAYES M. (2014). Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients. *Meat Science* 98: 227-239.
- LAWRIE, R.A. (1998). *Lawrie's Meat Science*. 6th edition. Cambridge, Woodhead Publishing Ltd, 442 pp.
- LIU, Z.Y.; DONG, S.Y.; XU, J.; ZENG, M.Y.; SONG, H.X.; ZHAO, Y.H. (2008). Production of cysteine-rich antimicrobial peptide by digestion of oyster (*Crassostrea gigas*) with alcalase and bromelin. *Food Control* 19: 231–235.
- MORA L, M REIG, F TOLDRÁ. (2014). Bioactive peptides generated from meat industry by-products. *Food Research International* 65: 344-349.
- NAJAFIAN L., BABJI A. S. (2012). A review of fish-derived antioxidant and antimicrobial peptides: Their production, assessment, and applications. *Peptides* 33(1): 178–185.
- NAZEER R. A., KUMAR N. S. S., GANESH R. J. (2012). *In vitro* and *in vivo* studies on the antioxidant activity of fish peptide isolated from the croaker (*Otolithes ruber*) muscle protein hydrolysate. *Peptides* 35(2): 261–268.
- OLMEDILLA-ALONSO B., F JIMÉNEZ-COLMENERO, FJ. SÁNCHEZ-MUNIZ. (2013). Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science* 95: 919-930.
- PATA S., YARAKSA N., DADUANG S., TEMSIRIPONG Y., SVASTI J., ARAKI T., THAMMASIRIRAK S. (2011). Characterization of the novel antibacterial peptide Leucrocine from crocodile (*Crocodylus siamensis*) white blood cell extracts. *Developmental and Comparative Immunology* 35: 545–553.

- RYAN T, RP ROSS, D BOLTON, GF FITZGERALD, C STANTON. (2011). Bioactive peptides from muscle sources: meat and fish. *Nutrients* 3: 765-791.
- SAYD T, C. CHAMBON, V. SANTÉ-LHOUELIER. (2016). Quantification of peptides released during *in vitro* digestion of cooked meat. *Food Chemistry* 197(Part B): 1311–1323.
- SENTANDREU, M.A., COULIS, G., OUALI, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology* 13(12): 400–421.
- SILVESTER, KR.; CUMINGS, JH. (1995). Does digestibility of meat protein help explain large bowel cancer risk. *Nut Cancer* (24): 279-288
- STADNIK J, P KĘSKA, (2015). Meat and fermented meat products as a source of bioactive peptides. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 14(3): 181–190. DOI: 10.17306/J.AFS.2015.3.19
- SUÁREZ-JIMÉNEZ G. M., BURGOS-HERNANDEZ A., EZQUERRA-BRAUER J. M. (2012) Bioactive Peptides and Depsipeptides with Anticancer Potential: Sources from Marine Animals. *Mar. Drugs* 10(5): 963-986.
- TOLDRÁ F,, M.-C. ARISTOY, L MORA, M REIG. (2012). Innovations in value-addition of edible meat by-products. *Meat Science* 92: 290–296.
- TOTOSAUS A. (2006). *Funcionalidad de Proteínas Musculares*, CUADERNO DE TECNOLOGÍA No. 2. Héctor M. Poggi-Varaldo, María Eugenia Bátiz y Solórzano, José Alfredo Pineda-Cruz, Sergio Caffarel-Méndez (Editores). Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, México. ISBN 968-5441-02-2.
- UDENIGWE CC, A HOWARD. (2013). Meat proteome as source of functional biopeptides. *Food Research International* 54: 1021-1032.
- WU J, F JAHANDIDEH, W YU, K MAJUMDER (2015). Bioactive Peptides from Meat Proteins as Functional Food Components G. Cirillo, U. Gianfranco Spizzirri, and F. Lemma (eds.), *Functional Polymers in Food Science*, (181–208) © 2015 Scrivener Publishing LLC.
- YOUNG JF, M. THERKILDSEN, B. EKSTRAND, B.N. CHE, M.K. LARSEN, N. OKSBJERG, J. STAGSTED. (2013). Novel aspects of health promoting compounds in meat. *Meat Science* 95: 904-911.