

Efecto del pH y de la adición de fosfatos de sodio sobre las propiedades de gelificación y emulsión de surimi de trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Efeito do pH e da adição de fosfatos de sódio sobre as propriedades de gelificação e emulsão de surimi de truta arco-íris (Oncorhynchus mykiss)

Juan DÍAZ-VELA¹, María de Lourdes PÉREZ-CHABELA², Alfonso TOTOSAUS^{1*}

Resumen

Para la elaboración de surimi se han empleado distintas técnicas, sin embargo, es indispensable mantener la funcionalidad de las proteínas musculares durante su extracción, ya que son afectadas principalmente por el pH. La incorporación de fosfatos en productos cárnicos afecta el pH, teniendo como consecuencia una mejora en la capacidad de retención de agua de las proteínas musculares, alterando la funcionalidad de estos productos. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta para determinar el efecto de cinco niveles de pH y cinco concentraciones de una mezcla de fosfatos de sodio comercial sobre la funcionalidad de surimi de trucha arco-iris, evaluada por su capacidad de emulsión y trabajo de emulsión, fuerza de gel y trabajo de penetración de geles de surimi. Los resultados obtenidos indican que el incremento en la concentración de fosfatos de sodio mejoró la funcionalidad del surimi y a pH alcalino las propiedades de emulsión mejoraron, pero se afectaron negativamente las propiedades de gelificación.

Palabras-clave: surimi; pH; fosfatos de sodio; propiedades funcionales.

Resumo

Para a elaboração de surimi, diferentes técnicas podem ser usadas, mas é indispensável manter a funcionalidade das proteínas miofibrilares, afetadas principalmente pelo pH, durante o processo. A incorporação de fosfatos a produtos cárneos afeta o pH, tendo como consequência, principalmente, a melhoria da capacidade de retenção de água do músculo, alterando a funcionalidade destes produtos. A metodologia de superfície de resposta foi usada para determinar a influência de cinco níveis de pH e cinco concentrações de uma mistura comercial de fosfatos de sódio sobre a funcionalidade de surimi de truta arco-íris, avaliada através de sua capacidade de emulsificação e trabalho de emulsificação, força de gel e trabalho de penetração de géis de surimi. Os resultados obtidos indicam que o aumento na concentração dos fosfatos de sódio melhorou a funcionalidade do surimi e que o pH alcalino favoreceu sua capacidade de emulsificação, mas afetou negativamente as propriedades de gelificação.

Palavras-chave: surimi; pH; fosfatos do sódio; propriedades funcionais.

1 Introducción

La trucha arco-iris presenta ventajas en su producción, ya que tiene buenos rendimientos tanto en canal (85-88%) como en fileteado (50-55%). Del mismo modo, la calidad de su carne es buena, ya que tiene un alto contenido de proteína (>21%) y bajo contenido de grasa (<2.4%), con buenas cualidades para su procesamiento (pH, color y capacidad de retención de agua) (CHANG; REGENSTEIN, 1997; CREIGHTON, 1993). Sin embargo, algunos problemas durante su comercialización, ya sea entera o en filete, pueden ocasionar pérdidas a los productores (ALAZRAKI, 2003), por lo que una de las alternativas para su procesamiento y comercialización es la elaboración de surimi.

El surimi es una pasta extraída del pescado mediante lavados sucesivos, a fin de concentrar proteínas musculares y eliminar compuestos que imparten color y olor característicos a pescado (LANIER, 1986). Durante la elaboración del surimi, diferentes condiciones de extracción en el lavado, como la temperatura, el tiempo de masajeo y la relación agua/carne, tienen

influencia en la solubilidad y extracción de las proteínas, afectando de manera positiva o negativa el rendimiento del surimi (MEDINA; GARROTE, 2001). Existen nuevas alternativas a la manufactura de surimi mediante el lavado ácido o alcalino, mejorando la solubilización y extracción de proteínas miofibrilares (KRISTINSSON et al., 2005; UNDELAND; KELLEHER; HULTIN, 2002). La funcionalidad de las proteínas generalmente se incrementa a valores de pH más allá de su punto isoeléctrico, pH al cual la proteína tiene carga neta de cero (CHANG; REGENSTEIN, 1997).

Mezclas de fosfatos de sodio y azúcares, como el sorbitol, son utilizadas como crioprotectores para evitar daños causados por el congelamiento y descongelamiento del surimi (CREIGHTON, 1993; JULAVITTAYANUKUL; BENJAKUL; VISESSANGUAN, 2006; NIELSEN; PIGOTT, 1994; PARK; LANIER; GERRN, 1988). Los fosfatos son importantes debido a que incrementan las cargas netas negativas de las miofibri-

Recebido para publicação em 5/7/2007

Aceito para publicação em 8/5/2008 (002661)

¹ Laboratorio de Alimentos, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico y Av. Central, Ecatepec 55210, México, E-mail: alfonso.totosaus@gmail.com

² Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Apartado Postal 55-535, Ciudad de México 09340, México

*A quem a correspondência deve ser enviada

las, favoreciendo las repulsiones electrostáticas entre estas, aumentando la capacidad de retención de agua e hidratación de las proteínas del músculo (PEARSON; GILLET, 1999). Generalmente, las mezclas comerciales de fosfatos incluyen sales alcalinas como el tripolifosfato de sodio, el fosfato trisódico y el pirofosfato tetrasódico, entre otras sales de sodio (KNIPE, 2005). Ha sido reportado que el pirofosfato de sodio solubiliza y disocia el complejo actomiosina, incrementando la concentración de miosina libre, mejorando la funcionalidad de sistemas proteicos musculares (GOUTEFONGEA, 1991; JULAVITTAYANUKUL; BENJAKUL; VISESSANGUAN, 2006; MARTONOSI; GOUVEA; GERGELY, 1960).

Sin embargo, la aplicación simultánea de estos dos factores, es decir, resuspensión a pH alcalino y adición de fosfatos de sodio conteniendo pirofosfato, sobre la funcionalidad del surimi, no ha sido estudiada. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la concentración de una mezcla comercial de fosfatos de sodio y diferentes valores de pH alcalino sobre las propiedades de gelificación y emulsión de surimi de trucha arco-iris.

2 Material y métodos

2.1 Materia prima y elaboración del surimi

Se utilizaron truchas arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) adquiridas en un criadero ubicado en La Marquesa, Estado de México (México), sacrificadas y transportadas al laboratorio en cajas de plástico aisladas con hielo en escamas. Los pescados fueron eviscerados, descabezados y fileteados manualmente. Los filetes obtenidos fueron distribuidos aleatoriamente y utilizados en la elaboración del surimi de acuerdo a los tratamientos propuestos en el diseño experimental.

Para la obtención del surimi, se adaptó la metodología reportada por Ngapo et al. (1992). El filete (50 g) se homogenizó en una licuadora con agua fría y hielo (1:1:1, p/v), se agitó en baño de hielo por 10 minutos, se agregó agua fría (1.5:1, v/v) y se agitó por 15 minutos más. El homogenizado se centrifugó en una centrifuga refrigerada Beckman J2-Mi (Beckman Inc., Palo Alto, California, EUA), a 2,000 x g, durante 10 minutos, a 4 °C. El precipitado fue resuspendido en diferentes soluciones amortiguadoras con pH básico, con diferentes concentraciones de una mezcla comercial de fosfatos de sodio Hamine® (McCormick-PESA, Ciudad de México, México), de acuerdo al diseño experimental.

2.2 Propiedades de gelificación

Para evaluar las propiedades de gelificación, el contenido de proteína fue ajustado a 20 mg.mL⁻¹, determinado por el método de biuret (GORNALL; BARDAWILL; DAVID, 1948), y se colocó la suspensión en tubos de vidrio de 16 x 100 mm, con tapón rosca, calentándolos a 70 °C durante 20 minutos. Los geles formados en los tubos fueron penetrados con un vástago de acrílico adaptado a un equipo analizador de textura TAXT2i (Texture Technologies Corporation, Scarsdale, NY, EUA/Stable Micro Systems, Godalming, UK), adaptando la metodología reportada por Hickson et al. (1982). El texturómetro estaba equipado con

una celda de carga de 5 kg y se utilizó una velocidad constante de 1 mm/s. De las curvas de fuerza-deformación, se reportó la fuerza máxima detectada durante la prueba y el trabajo de penetración como la integral bajo la curva.

2.3 Propiedades de emulsión

La capacidad de emulsión se determinó por el método de resistencia eléctrica, adaptando la metodología reportada por Webb et al. (1970). El contenido de proteína se ajustó a 5 mg.mL⁻¹. La suspensión (15 mL) fue colocada en tubos de acrílico (10 cm de altura por 3.17 cm de diámetro interno) con dos electrodos de cobre conectados a un multímetro digital Stern MUL-600 (Stern Electrónica, Ciudad de México, México). Se adicionaron 10 mL de aceite de maíz Astro (Aceites Industriales El Zapote, SA de CV, Tlalnepantla, México). Se emulsionó la mezcla por un minuto e inmediatamente después se agregó aceite de maíz a un flujo constante de 0.2 mL/s hasta la inversión de fases (rompimiento de la emulsión), caracterizada por la repentina interrupción de la conductividad eléctrica, reportando los mL de aceite emulsionados por gramo de proteína. Se registró la curva de resistencia contra tiempo con el software del multímetro y se determinó el trabajo de emulsión integrando el área bajo la curva en el programa Sigma Plot (versión 8.0, Systat Software, San José, California, EUA) (Figura 1).

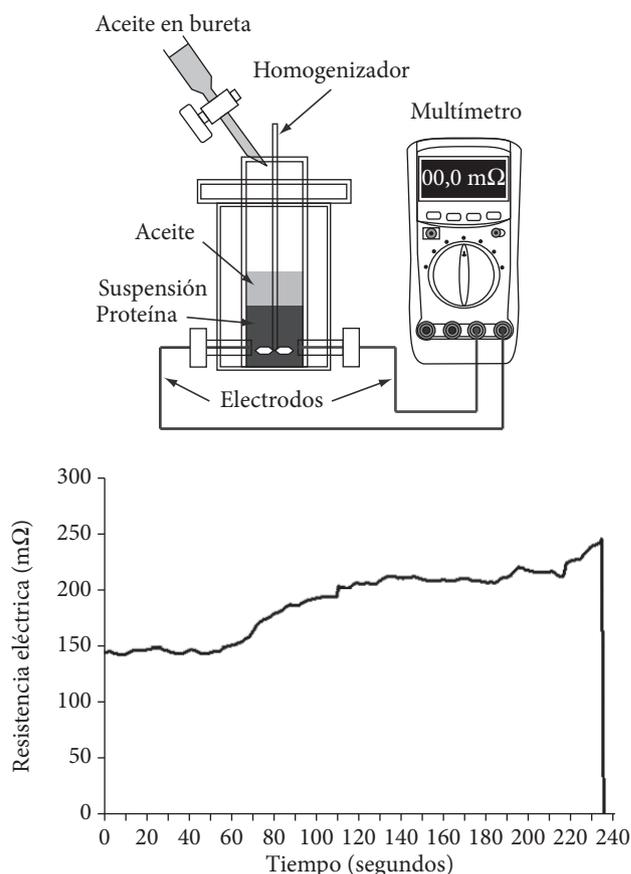


Figura 1. Diagrama del equipo utilizado y curva de conductividad contra tiempo durante la determinación de la actividad de emulsión de las suspensiones.

2.4 Diseño experimental y análisis estadístico

Para determinar el efecto de la concentración de surimi y fosfatos y del pH sobre la funcionalidad del surimi, se utilizó un diseño factorial utilizando 5 niveles de pH (11, 10, 9, 8, 7) y 5 concentraciones de fosfatos (0.500, 0.375, 0.250, 0.125, 0.000%). Las ecuaciones de regresión se obtuvieron analizando los resultados con el comando PROC RSREG del paquete estadístico SAS, versión 6.0 (SAS Institute, Cary, North Carolina, EUA). Las superficies de respuesta fueron graficadas en Microsoft Excel.

3 Resultados y discusión

En la Figura 2, se observa el comportamiento del surimi en las condiciones experimentales utilizadas. La fuerza máxima de penetración en los geles de surimi se vio afectada principalmente por la presencia de los fosfatos en el sistema, ya que al aumentar la concentración de éstos, la fuerza de gel disminuyó notablemente, con un ligero incremento al llegar a 0.500% de concentración de fosfatos. El efecto del pH sobre esta propiedad fue menos significativo sin la presencia de fosfatos, pero, al aumentar su concentración, el trabajo necesario para penetrar los geles fue mayor a valores de pH intermedios.

Se ha reportado que la solubilidad de las proteínas de surimi es mayor a pH altos (mayores a 10 u 11), debido a la ionización de las proteínas fuera de su punto isoeléctrico, que causa una repulsión electrostática (JULAVITTAYANUKUL; BENJAKUL; VIESSANGUAN, 2007). Del mismo modo, Pérez-Mateos et al. (2004) reportaron que el aumento de la fuerza de gel con el pH durante el proceso de solubilización a pH alcalino sugiere alguna polimerización de las proteínas del surimi, donde las diferencias en las propiedades de los geles pueden ser atribuidas a cambios substanciales en la conformación y estructura de las proteínas del músculo de pescado, mejorando las propiedades de las proteínas nativas. Sin embargo, los resultados obtenidos no concuerdan totalmente con esto, debido probablemente a la presencia de la mezcla de fosfatos en la suspensión. La presencia de estas sales polivalentes pudo haber afectado la agregación de las proteínas en la formación del gel, sobre todo a altas concentraciones, aportando un exceso de cargas negativas, creando gran repulsión entre las moléculas proteicas, disminuyendo significativamente la fuerza necesaria para romper la estructura proteica creada. No obstante, Nielsen y Pigott (1994) reportaron que el aumento en la fuerza de gel debido a la adición de mezclas de fosfatos en surimis comerciales sometidos a temperaturas altas implica que el complejo de fosfatos incrementa la capacidad de las proteínas solubilizadas o en suspensión (sol) de estos surimis para formar geles más fuertes, con una fuerte dependencia de la fuerza iónica, debido al efecto precipitante (salting-out) de los iones sobre las proteínas. Además, los diferentes tipos de polifosfatos presentes en la mezcla comercial probablemente provocaron la disociación del complejo actomiosina, ya sea el pirofosfato de sodio o el tripoli-fosfato de sodio desfosforilado por la desfosforilasa presente en extractos de proteínas miofibrilares (JULAVITTAYANUKUL; BENJAKUL; VIESSANGUAN, 2006; TROUT; SCHMIDT, 1984). La presencia de los fosfatos afecta definitivamente las propiedades del gel de surimi (JULAVITTAYANUKUL;

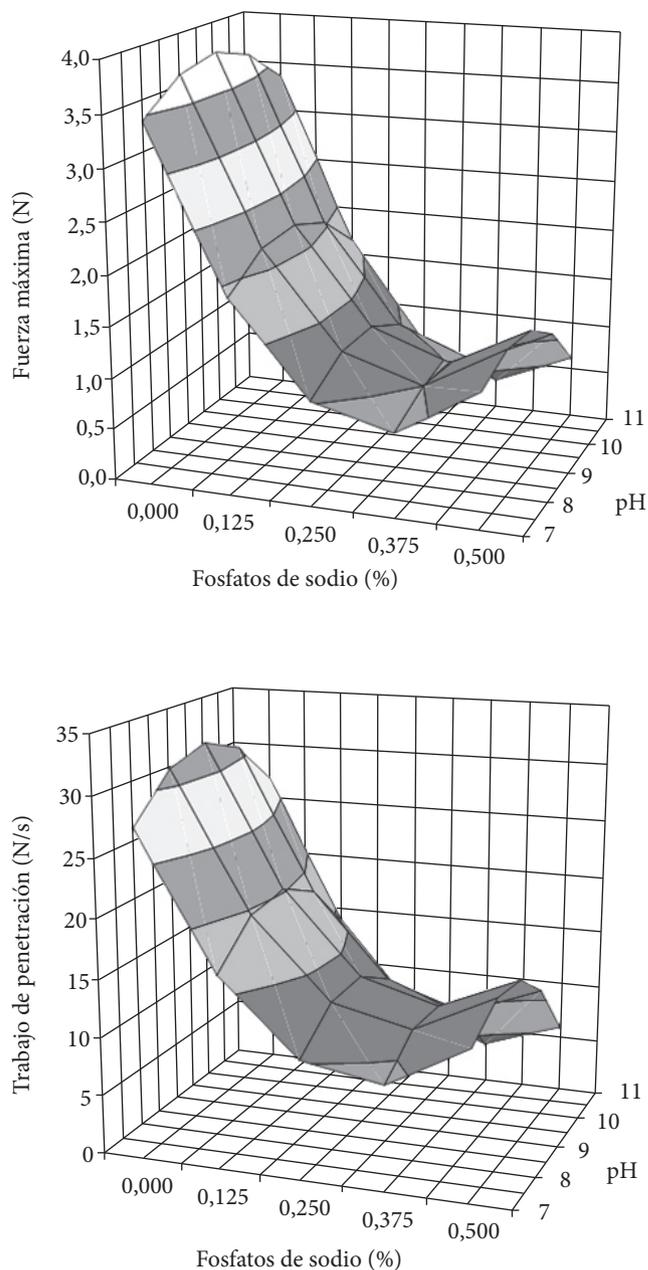


Figura 2. Superficie de respuesta para las propiedades de gelificación del surimi resuspendido.

BENJAKUL; VIESSANGUAN, 2007). Por otro lado, a pH alcalinos, la viscosidad de suspensiones de proteínas de surimi de tilapia fue mucho mayor, debido a la gran capacidad de las proteínas de retener agua a pH 9 o 10, como resultado de la ionización de los residuos de sulfhidrido de los aminoácidos. Esta hidratación contribuye a aumentar el tamaño hidrodinámico de las proteínas, lo que conlleva a un aumento en la viscosidad (KRISTINSSON; INGADOTTIR, 2006), lo cual probablemente afectó la formación de la matriz de gel.

Las propiedades de emulsión de las proteínas resuspendidas de surimi tuvieron un comportamiento muy diferente a las de

gelificación (Figura 3). A un pH más alcalino y en ausencia de los fosfatos de sodio, mejoró notablemente la capacidad de emulsión. Al disminuir el pH hasta 7, esta propiedad disminuyó notablemente. Este efecto fue menos marcado al aumentar la concentración de fosfatos, ya que aunque la capacidad de emulsión fue mayor a pH 11, la diferencia aparente al disminuir el pH hasta 7 no fue tan marcada como en las muestras sin fosfatos. A concentraciones intermedias de fosfatos, la influencia más marcada fue la del pH de la suspensión, con un ligero incremento al aumentar la concentración de fosfatos de sodio. La adición de estos componentes afectó negativamente este parámetro, pero, al aumentar la concentración de los mismos, la capacidad de emulsión de las proteínas resuspendidas del surimi mejoró notablemente, sobre todo a pH altos. El trabajo de emulsión, es decir, la fuerza necesaria para que la proteína

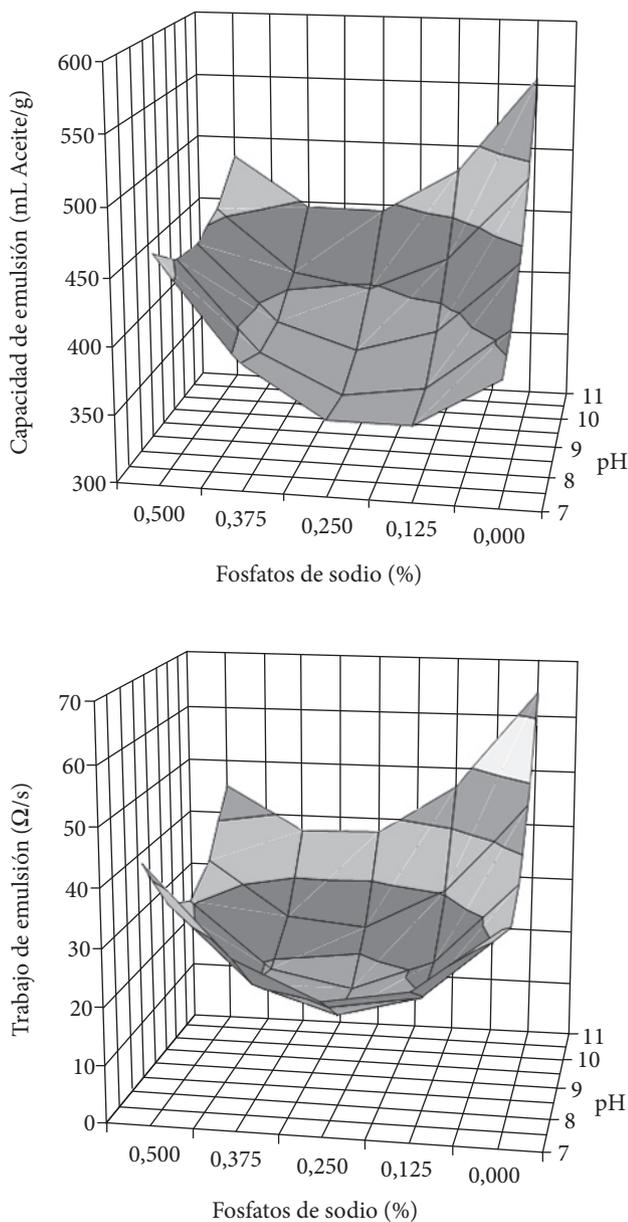


Figura 3. Superficie de respuesta para las propiedades de emulsión del surimi resuspendido.

del surimi en suspensión emulsionara el aceite hasta la inversión de fases, tuvo un comportamiento similar al de la capacidad de emulsión. El mayor trabajo de emulsión fue a pH alto, sin la presencia de fosfatos, ya que, al incorporarlos a las suspensiones, las propiedades de emulsión disminuyeron notablemente. La adición de fosfatos a 0.500% causó un pequeño incremento en estas propiedades. A pH menos alcalinos, el trabajo de emulsión disminuyó, pero, a concentraciones relativamente altas de fosfatos, hubo un ligero incremento.

Parece ser que el efecto del pH sobre las propiedades de emulsión de las proteínas del surimi fue más marcada que la adición de fosfatos de sodio. Era de esperarse que la adición de las sales de fosfato mejorara la solubilidad de las proteínas al aumentar la fuerza iónica, así como al aportar mas miosina libre al sistema al escindir el complejo actomiosina por la presencia de pirofosfato, pero el incremento en la concentración de estas sales disminuyó las propiedades de emulsión. En cuanto al pH, Kristinsson y Hulting (2003) reportaron que los tratamientos ácidos o alcalinos mejoraron significativamente la habilidad de la miosina de bacalao para formar emulsiones aceite en agua, cambios explicados en base a la modificación de las propiedades de superficie e interfaciales de las proteínas. De igual manera, a pH entre 9 y 10, los grupos sulfhidrilo son más reactivos (KRISTINSSON; INGADOTTIR, 2006), mejorando la emulsión de las proteínas. Se ha reportado una correlación significativa entre las propiedades de emulsión y el contenido de grupos sulfhidrilo, donde los cambios en la conformación molecular de las proteínas influye en la disponibilidad de estos grupos y en su actividad superficial (ANCÍN et al., 1989a; b). Respecto a los fosfatos, el pirofosfato, además de agente disociante, tiene también un efecto limitado sobre la cantidad de proteína removida de la fase acuosa, aumentando la cantidad de miosina en la interfase y mejorando la capacidad de emulsión de suspensiones de proteína miofibrilar (GALLUZZO; REGENSTEIN, 1987). Las propiedades de emulsión son importantes en el uso del surimi como ingrediente en el desarrollo de productos cárnicos bajos en grasa (BUCK; FAFARD, 1985; LEYVA-MAYORGA et al., 2002; RAMÍREZ et al., 1999).

4 Conclusiones

El uso de fosfatos de sodio junto con un pH alcalino mejoró las propiedades de emulsión y gelificación de surimi de trucha arco-iris. El desempeño de las proteínas de surimi puede ser mejorado por la adición de bajas concentraciones de la mezcla comercial de fosfatos de sodio (<0.050%) y el uso de pH alcalino (>9.0). Este desempeño funcional es importante al considerar el uso de surimi como ingrediente cárnico de origen acuático en la elaboración de productos emulsionados.

Referencias

- ALAZRAKI, M. Adición de Valor en el Procesamiento y Comercialización de la Trucha y Otros Productos Acuícolas. In: **Reunión Internacional Sobre Calidad E Inocuidad Alimentaria En La Producción Trutícola**. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México, nov. 26-28, 2003.

- ANCÍN, C. et al. Influencia de la tecnología de curación sobre las características del sistema emulsión en productos cárnicos curados. **Anales de Bromatología**, v. XLI, n. 1, p. 9-18, 1989a.
- _____. Estudio de la actividad superficial de las proteínas cárnicas en pastas finas comerciales, como índice representativo de sus propiedades texturales. **Anal Bromatol.**, v. XLI, n. 1, p. 19-29, 1989b.
- BUCK, E. M.; FAFARD, R. D. Development of a frankfurter analog from red hake surimi. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 5, p. 321-324, 329, 1985.
- CHANG, C. C.; REGENSTEIN, J. M. Water uptake, protein solubility, and protein changes of cod mince stored on ice as affected by polyphosphates. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 2, p. 305-309, 1997.
- CREIGHTON, T. E. **Proteins**. 2 ed. New York: W. H. Freeman & Co., 1993.
- GALLUZZO, S. J.; REGENSTEIN, J. M. Role of chicken breast muscle proteins in meat emulsion formation: natural actomyosin, contracted and uncontracted myofibrils. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 6, p. 1766-1770, 1978.
- GARCÍA MACÍAS, J. A. et al. Calidad de canal y carne de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua. **Hidrobiología**, v. 14, n. 1, p. 19-26, 2004.
- GARCÍA MACÍAS, J. A. et al. Calidad de canal y carne de tres variedades de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Hidrobiología**, v. 16, n. 1, p. 11-12, 2006.
- GORNALL, A. G.; BARDAWILL, C. J.; DAVID, M. M. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. **Journal of Biological Chemistry**, v. 177, n. 2, p. 751-766, 1948.
- GOUTEFONGEA, R. La Salazón. En Girard, J. P. (Ed.). **Tecnología de la Carne y de los Productos Cárnicos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1991. cap. 4, p. 139-143.
- HICKSON, D. W. et al. Rheological properties of two heat-induced protein gels. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 3, p. 783-785, 791, 1982.
- JULAVITTAYANUKUL, O.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W. Effect of phosphate compounds on gel-forming ability of surimi from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 8, p. 1153-1163, 2006.
- _____. Effect of phosphate compounds on gel-forming ability of surimi from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) and threadfin bream (*Nemipterus bleekeri*). In: **Congress on Science and Technology**. 2004, Thailand. Disponible en: http://www.scisoc.or.th/stt/30/sec_f/paper/stt30_F0012.pdf. Accesada el: 15 marzo 2007.
- KNIFE, R. **Use of Phosphates in Sausage**. OSU Meat Science Technical Paper Archives. Disponible en: <http://cfaes.osu.edu/~meatsci/archive/PHOSPHATESinSAUSAGE.doc>. Accesada el: 11 febrero 2005].
- KRISTINSSON, H. G.; HULTIN, H. O. Effect of low and high pH treatment on the functional properties of cod muscle proteins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, n. 17, p. 5103-5110, 2003.
- KRISTINSSON, H. G.; INGADOTTIR, B. Recovery and properties of muscle proteins extracted from tilapia (*Oreochromis niloticus*) light muscle by pH shift processing. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 3, p. E132-E141, 2006.
- KRISTINSSON, H. G.; LIANG, Y. Effect of pH-shift processing and surimi processing on Atlantic croaker (*Micropogonias undulates*) muscle proteins. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 5, p. C304-C312, 2006.
- KRISTINSSON, H. G. et al. comparative study between acid-and alkali-aided processing and surimi processing for the recovery of proteins from channel catfish muscle. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 4, p. C298-C306, 2005.
- LANIER T. C. Functional properties of surimi. **Food Technology**, v. 40, n. 3, p. 107-114, 124, 1986.
- LEYVA-MAYORGA, M. et al. Empleo de surimi liofilizado en emulsiones cárnicas con bajo contenido en grasa. **Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 3, n. 5, p. 288-294, 2002.
- MARTONOSI, A.; GOUVEA, M. A.; GERGELY, J. Studies on Actin. IV. Actin as a component of myosin-B. **Journal of Biological Chemistry**, v. 235, n. 11, p. 3169-3173, 1960.
- MEDINA, J. R.; GARROTE, R. L. Determining washing conditions during the preparation of surimi from surubí (*Pseudoplatystome coruscans*) using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 4, p. 1455-1461, 2001.
- NGAPO, T. et al. Gelation of bovine myofibrillar protein induced by 1-5 gluconolactone. International Congress on Meat Science and Technology - ICoMST, 38, 1992, Clermont-Ferrand, France. **Proceedings of the International Congress on Meat Science and Technology**, p. 1095-1098, 1992.
- NIELSEN, R. G.; PIGOTT, G. M. Gel strength increased in low-grade heat-set surimi with blended phosphates. **J of Food Science**, v. 59, n. 1, p. 246-250, 1994.
- PARK, J. W.; LANIER, T. C.; GERRN, D. P. Cryoprotective effects of sugar, polyols, and/or phosphates on Alaska Pollack surimi. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 1, p. 1-3, 1988.
- PEARSON, A. M.; GILLET, T. A. **Processed Meats**. 3 ed. Gaithersburg: Aspen Publications, 1999. p. 300-301.
- PÉREZ-MATEOS, M.; AMATO, P. M.; LANIER, T. C. Gelling properties of Atlantic croaker surimi processed by acid or alkaline solubilization. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 1, p. 328-333, 2004.
- RAMÍREZ, J. A. et al. Evaluation of freeze-dried surimi from tilapia and fat sleeper as emulsifiers. **Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 2, n. 1, p. 210-214, 1999.
- TROUT, G. R.; SCHMIDT, G. R. Effect of phosphate type and concentration, salt level and method of preparation on binding in restructured beef rolls. **Journal of Food Science**, v. 49, n. 3, p. 687-694, 1984.
- UNDELAND, I.; KELLEHER, S. D.; HULTIN, H. O. Recovery of functional proteins from Herring (*Clupea herengus*) light muscle by an acid or alkaline solubilization process. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 50, n. 25, p. 7371-7379, 2002.
- WEBB, N. B. et al. The measurement of emulsifying capacity by electrical resistance. **Journal of Food Science**, v. 35, n. 4, p. 501-504, 1970.