

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**DISEÑO Y ELABORACION DE CAMARON AHUMADO  
Y EVALUACION DE SU TEXTURA**

**POR**

**Q.B.P. MA. DE LOURDES CASTILLO MATA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN  
RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCION ACUICOLA**

**MONTERREY. N.L.**

**FEBRERO DE 1998.**

TM

SH380

C3

c.1



1080087105

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**DISEÑO Y ELABORACION DE CAMARON AHUMADO  
Y EVALUACION DE SU TEXTURA**

Por

*Q.B.P. Ma. de Lourdes Castillo Mata*

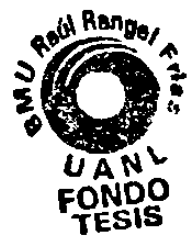
Como requisito parcial para optar al Grado de

**Maestro en Ciencias con Especialidad en  
Recursos Alimenticios y Producción Acuícola.**

MONTERREY, N.L.

FEBRERO DE 1998.

m  
)



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**DISEÑO Y ELABORACION DE CAMARON AHUMADO Y  
EVALUACION DE SU TEXTURA**

Por

*Q.B.P. Ma. de Lourdes Castillo Mata*

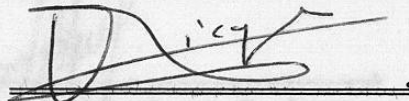
Como requisito parcial para optar al Grado de

**Maestro en Ciencias con Especialidad en  
Recursos Alimenticios y Producción Acuícola.**

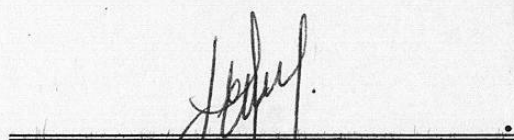
Comité de Tesis



**Dr. Ramón Pacheco Aguilar**  
Director Externo



**Dr. Denis Ricque Marie**  
Director Interno



**Dra. L. Elizabeth Cruz Suárez**  
Secretario




**Dra. Ma. Guadalupe Alanís Guzmán**  
Vocal


MONTERREY, N.L.

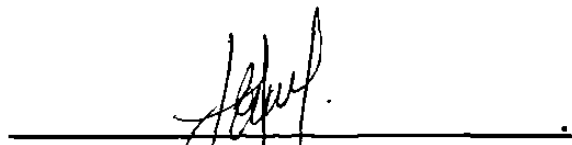
FEBRERO DE 1998.

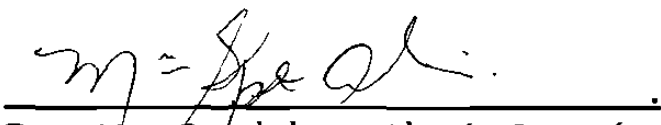
# APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para revisar la tesis de la Srita. Q.B.P. Ma. de Lourdes Castillo Mata, la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Recursos Alimenticios y Producción Acuícola.

  
Dr. Ramón Pacheco Aguilar.  
Director Externo.

  
Dr. Denis Ricque Marie.  
Director Interno.

  
Dra. L. Elizabeth Cruz Suárez.  
Secretario.

  
Dra. Ma. Guadalupe Alanís Guzmán.  
Vocal

# DECLARACIÓN DEL AUTOR

Se permiten citas breves del material contenido en ésta tesis sin permiso del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para citas o consultas más amplias o para la reproducción íntegra de éste manuscrito con fines académicos, se podrá solicitar permiso al Director General o al Jefe del Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Animal del CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y DESARROLLO, A.C. Apartado Postal 1735, Hermosillo, Sonora. México. C.P. 83000. Bajo cualquier otra circunstancia, se deberá solicitar permiso al autor.

Firmado

  
\_\_\_\_\_  
*M. en C. Ma. de Lourdes Castillo Mata*



## DEDICATORIAS

*A Dios,*

*por tan maravillosa vida*

*A mis padres,*

*Jesús Castillo Salvatierra*

*A. Gloria Mata de Castillo*

*por su gran amor y a quienes debo lo que soy*

*A mi abuelita,*

*Aurora Guerrero Vda. de Mata*

*por su ejemplo*

*A:*

*Todos mis tíos y primos,*

*por su cariño y apoyo*

*A:*

*Todos mis amigos,*

*por su amistad, su tiempo, compañía  
y ayuda en todo momento*

*A:*

*los que ya no están presentes, los recuerdo siempre*

*Lu*

# AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por su apoyo en la realización de mis estudios de postgrado.

Al **Departamento de Postgrado de la Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L.**, por permitir mi ingreso a su grupo de estudiantes y por brindarme su apoyo en mis estudios de maestría, especialmente a la Dra. Ma. Julia Verde Star.

j

Al **Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.**, en particular a su director, el Dr. Inocencio Higuera Ciapara, por su apoyo dentro de dicha institución.

En especial al **Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Animal del C.I.A.D., A.C. de Hermosillo, Sonora** por brindarme su apoyo en la realización de mi trabajo de tesis, a mi director externo el Dr. Ramón Pacheco Aguilar por compartir sus conocimientos, permitirme trabajar bajo su dirección y quien apoyó mi trabajo con esmero y toda su atención.

Con cariño a mi director Dr. Denis Ricque Marie, a mis asesores la Dra. Elizabeth Cruz Suárez y la Dra. Ma. Guadalupe Alanís Guzmán por su ayuda y apoyo.

Al Dr. Guillermo Arteaga McKinney por brindarme su tiempo, apoyo y ayuda incondicional.

A mis maestros de maestría a los que agradezco compartir con mi persona sus conocimientos, por su amistad y ayuda.

A las personas del CIAD que colaboraron en mi trabajo,

**Area de Marinos:**

**M. en C. Guillermina García Sánchez,**

**M. en C. Ma. Elena Lugo Sánchez,**

**M. en C. Juan Carlos Ramírez Suárez,**

por su ayuda y apoyo en la elaboración del trabajo.

**Area de Carnes:**

**M. en C. Armida Sánchez Escalante,**

**I.Q. Gastón R. Torrescano Urrutia,**

**TIC Germán Cumplido Barbeitia.**

por la supervisión y apoyo en el manejo del equipo de proceso utilizado.

En especial a Faly Gil Lamadrid y Adriana García Flores, por su indispensable ayuda y valioso tiempo.

A mis compañeros y amigos:

Adriana C., Araceli, Becky, Brenda, Carlos C.,  
Carlos L., César, Georgina, Helio, Josefina, José,  
Jorge, Karina, Marcela, Octavio, Pablo, Pepe P.,  
Roxana, Sergio, Sonia, Tania y Víctor.

Y a todas las personas que he omitido sin querer y han formado parte  
de mi vida... Gracias!

# CONTENIDO

<b>APROBACION.....</b>	<b>III</b>
<b>DECLARACION DEL AUTOR.....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>VI</b>
<b>CONTENIDO.....</b>	<b>X</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XVI</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES.....</b>	<b>4</b>
<b>REVISION BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>5</b>
<b>Historia.....</b>	<b>5</b>
<b>Recurso.....</b>	<b>7</b>
<b>Valor nutricional del camarón.....</b>	<b>8</b>
<b>Fosfatos.....</b>	<b>9</b>
<b>Funcionalidad de los polifosfatos.....</b>	<b>11</b>
<b>Ventajas y desventajas del uso de polifosfatos.....</b>	<b>13</b>
<b>Recomendaciones del uso de polifosfatos.....</b>	<b>15</b>
<b>Implicaciones del uso de polifosfatos en la salud.....</b>	<b>17</b>
<b>Etiquetado.....</b>	<b>18</b>
<b>Curado.....</b>	<b>19</b>
<b>Salado.....</b>	<b>25</b>

<b>Ahumado.....</b>	<b>26</b>
<b>Uso de madera en el ahumado.....</b>	<b>28</b>
<b>Generación de humo natural.....</b>	<b>30</b>
<b>Humo líquido.....</b>	<b>31</b>
<b>Ahumado en caliente y en frío.....</b>	<b>33</b>
<b>Alteraciones de los productos ahumados.....</b>	<b>34</b>
<b>Condiciones del proceso.....</b>	<b>35</b>
<b>Empaque.....</b>	<b>36</b>
<b>Textura.....</b>	<b>39</b>
<b>Evaluación Sensorial.....</b>	<b>39</b>
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>41</b>
<b>Obtención de reactivos y materia prima.....</b>	<b>41</b>
<b>Equipo.....</b>	<b>41</b>
<b>Materia prima.....</b>	<b>42</b>
<b>Preparación de la salmuera, solución de tripolifosfato de sodio (TPS) y otras soluciones.....</b>	<b>42</b>
<b>Tratamientos Previos al Proceso de Ahumado.....</b>	<b>44</b>
<b>Condiciones del Proceso de Ahumado.....</b>	<b>47</b>
<b>Preacondicionamiento.....</b>	<b>47</b>
<b>Ahumado con humo líquido.....</b>	<b>48</b>
<b>Ahumado con humo natural.....</b>	<b>48</b>
<b>Reposo.....</b>	<b>48</b>
<b>Cocimiento.....</b>	<b>51</b>
<b>Pasteurización.....</b>	<b>51</b>
<b>Empaque y almacenamiento.....</b>	<b>51</b>
<b>Análisis Químicos.....</b>	<b>52</b>
<b>Proximal.....</b>	<b>52</b>

<b>pH.....</b>	<b>52</b>
<b>Sal.....</b>	<b>53</b>
<b>Nitritos.....</b>	<b>53</b>
<b>Fosfatos.....</b>	<b>53</b>
<b>Análisis Sensorial.....</b>	<b>54</b>
<b>Análisis Instrumental de Textura.....</b>	<b>54</b>
<b>Análisis Estadístico.....</b>	<b>57</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>59</b>
<b>Composición Proximal.....</b>	<b>59</b>
<b>Acción del TPS.....</b>	<b>63</b>
<b>Análisis de Nitritos y Fósforo.....</b>	<b>63</b>
<b>Análisis Sensorial.....</b>	<b>68</b>
<b>Análisis de Textura Instrumental.....</b>	<b>71</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>LITERATURA CONSULTADA.....</b>	<b>75</b>



## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	<b>Secuencia de reacciones en las que intervienen los nitritos y nitratos en el caso de la generación de color en las carnes curadas.....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 2.</b>	<b>Tratamientos Previos al Proceso de Ahumado de Camarón.....</b>	<b>45</b>
<b>Cuadro 3</b>	<b>Ensayos preliminares del Proceso de Ahumado de Camarón con Humo Líquido.....</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 4.</b>	<b>Ensayos preliminares del Proceso de Ahumado de Camarón con Humo Natural (madera).....</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 5.</b>	<b>Composición proximal del camarón ahumado resultado de los ensayos preliminares con humo líquido, humo natural y humo natural con inmersión en aceite comestible.....</b>	<b>60</b>

<b>Cuadro 6.</b>	<b>Composición proximal del camarón ahumado resultado de la etapa experimental, procesado con humo líquido y humo natural.....</b>	<b>62</b>
<b>Cuadro 7.</b>	<b>Retención de peso en base al contenido de agua (%) con respecto a la adición del TPS 4% sobre la materia prima.....</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 8.</b>	<b>Resultados de la determinación de sal, fosfatos y nitritos en camarón ahumado, para la fase preliminar.....</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 9.</b>	<b>Resultados de la determinación de sal, fosfatos y nitritos en camarón ahumado, durante la etapa experimental.....</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 10.</b>	<b>Resultados de la evaluación sensorial para los diversos tratamientos de camarón ahumado, durante la etapa experimental.....</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 11.</b>	<b>Resultados del análisis de textura instrumental.....</b>	<b>72</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	<b>Transformación de la mioglobina por efecto de los nitritos.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 2.</b>	<b>Diagrama de flujo del ahumado de camarón utilizando humo líquido y humo natural.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 3.</b>	<b>Formulario para la evaluación sensorial de los tratamientos.....</b>	<b>55</b>

## RESUMEN

Se evaluó la aplicación de humo líquido (HL) y natural (HN) en el proceso de ahumado de camarón. Se utilizó camarón blanco *Penaeus vannamei* (talla 21-25) fresco-congelado, pelado, desvenado y descabezado. Se evaluaron cinco procesos de elaboración de camarón ahumado previamente definidos.

El trabajo se dividió en dos etapas, preliminar y experimental. En la etapa preliminar, se estandarizaron los procedimientos para la preparación del producto ahumado, estableciéndose las condiciones óptimas. Durante los ensayos preliminares se determinó: a) preparación de materia prima (concentración de tripolifosfato de sodio, condiciones de masajeado al vacío, concentración y tiempo de inmersión en salmuera); b) condiciones del proceso (tiempo de acondicionamiento, de ahumado y cocinado, temperatura de la cámara e interna del producto y humedad relativa); c) estandarización de técnicas analíticas para las determinaciones de composición proximal, sal, nitritos y fósforo en el producto final. De acuerdo a los resultados se continuó con la etapa experimental donde se elaboró y evaluó el producto utilizando las condiciones y parámetros obtenidos de la etapa preliminar. Se realizó la evaluación sensorial y de textura instrumental del producto terminado.

Se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el contenido de sal, nitritos y fósforo entre los tratamientos; sin embargo, no se rebasaron los límites establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) correspondientes. El uso de tripolifosfatos aumentó en promedio el rendimiento del producto final en  $103.7 \pm 1.7$  % al compararlo con el tratamiento control (100%) donde no se utilizó este ingrediente. El uso de humo natural durante el proceso de ahumado, dio como resultado un producto sin sabor ahumado y con textura de camarón cocido. El uso de humo líquido durante el tratamiento del camarón previo al proceso de ahumado (salmuera), mejoró significativamente ( $p < 0.05$ ) los atributos organolépticos de sabor y color.

La textura evaluada instrumentalmente mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos. El producto con humo natural presentó la textura mas blanda (esfuerzo = 2.2 kgf/g de muestra; trabajo = 3.4 kgf.cm/g de muestra), mientras que el tratamiento con tripolifosfatos y humo líquido en la salmuera fue el más duro (esfuerzo = 3.5 kgf/ g de muestra; trabajo = 5.02 kgf.cm/g de muestra). Los tratamientos restantes presentaron valores intermedios. Los resultados obtenidos sugieren que el camarón ahumado con humo líquido puede constituirse en un producto de valor agregado con aceptación por el consumidor.

# INTRODUCCION

El camarón constituye uno de los recursos pesqueros más importantes dado su elevado valor en el mercado nacional e internacional. Debido a la demanda internacional que posee, representa para México una de las fuentes principales de ingreso de divisas.

En la actualidad, el país cuenta con pocas industrias procesadoras de camarón que le proporcionen valor agregado, lo que hace necesario desarrollar tecnología de transformación para consumo humano por medio de preparaciones culinarias y técnicas de empaques efectivos.

El diseño y elaboración de productos con mayor valor agregado es una necesidad urgente que demanda la industria alimentaria del país; su desarrollo dependerá de la capacidad de innovación y competencia en los mercados internacionales. Para ello, es necesario generar productos novedosos que satisfagan las expectativas y/o requerimientos del consumidor, brindándole un producto conveniente el cual deberá cubrir los criterios de facilidad de uso, preparación, buen sabor y presentación, ser saludable y nutritivo y presentar una vida de anaquel prolongada.

El presente trabajo establece la factibilidad de aplicar la tecnología del ahumado (convencional y con humo líquido), utilizado sobre otros productos marinos al camarón, elaborando un producto de excelente sabor, textura y de adecuada vida de anaquel. Este producto podría constituirse como una alternativa de valor agregado a las presentaciones comerciales tradicionales del camarón, por lo que las expectativas de su conveniencia, aceptación y comercialización exitosa tendrían que determinarse en base a un estudio de mercado. La disponibilidad de este tipo de productos en el mercado nacional e internacional deberá respaldarse en su adecuado diseño, elaboración, empaque y almacenamiento, que de como resultado una alta calidad sanitaria, organoléptica y vida de anaquel apropiada.

La importancia del presente trabajo radica en proponer la elaboración de un producto a base de camarón, diversificando el uso y presentación que actualmente se le da a esta especie marina de alto valor comercial. El camarón ahumado es un producto desconocido en el mercado nacional, siendo incluso novedoso en Estados Unidos, Canadá y Europa.

## **OBJETIVO GENERAL**

*Aplicar la tecnología de ahumado para pescado y otros productos marinos a camarón, evaluando la utilización de procesos convencionales con humo natural y humo líquido, en la elaboración de un producto de excelente sabor, textura y aceptación.*



## **OBJETIVOS PARTICULARES**

**Establecer las condiciones óptimas del proceso de ahumado como tiempo de acondicionamiento, tiempo de ahumado y cocinado, temperatura interna del producto y temperatura y humedad relativa de la cámara.**

**Comparar y evaluar el ahumado tradicional (madera) con el ahumado utilizando humo líquido.**

**Evaluar el efecto del uso de polifosfatos durante el proceso de ahumado sobre las características finales del producto.**

**Observar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y especificaciones establecidas por la Secretaría de Salud, referentes a la adición de fosfatos y nitratos/nitritos en productos pesqueros.**

# REVISION BIBLIOGRAFICA

## **Historia.**

Pérez (1985) comenta que la explotación de los recursos marinos y dulceacuícolas puede remontarse a los orígenes del hombre. Existen evidencias de que ha estado íntimamente ligado a la explotación y uso de los productos acuícolas para lograr su supervivencia. Actualmente, países como Japón, Noruega y Perú basan su economía o gran parte de ella en el *aprovechamiento de los recursos marinos y dulceacuícolas*.

La alimentación tiene en la vida del hombre una importancia que va más allá de su necesidad fisiológica individual, para trascender a la sanidad y productividad de los pueblos e influir como consecuencia en su evolución. En los productos pesqueros, están contenidos en porciones variables los nutrimentos que el organismo humano requiere para su funcionamiento.

Desrosier (1983) menciona que el ahumado y el curado como métodos de preservación se utilizan desde el antiguo Egipto. Los conquistadores encontraron que los indios americanos secaban y ahumaban la carne para preservarla y mejorar su sabor; estos seleccionaban las partes más tiernas que

cortaban en tiras delgadas las cuales colgaban para secar; y practicaban a modificar su sabor con humo de una fogata. Pigott (1981) hace referencia a que el curado de la carne en salmuera, también fue muy utilizado durante el siglo XVII para empacar cortes de cerdo y poder embarcarlos hacia los mercados orientales.

Potter (1978) señala que el ahumado de los alimentos se utilizaba como un método de conservación ligero. Este proceso se realizaba en cuartos grandes en los que la carne se colgaba arriba de troncos o astillas ardientes; el sabor del humo del nogal era el preferido. Actualmente el ahumado se usa más bien por el sabor que transmite a los productos.

Doré (1993) señala que durante el ahumado de alimentos usualmente se incluye un proceso de calentamiento. El depósito de humo da las características de sabor a los productos, mientras que los compuestos fenólicos aportan protección contra la oxidación de las grasas. Los compuestos del humo proporcionan efectos bacteriostáticos; el secado que acompaña al ahumado también inhabilita el crecimiento bacteriano en los productos terminados.

## **Recurso.**

La principal fuente de alimentos la han constituido tradicionalmente los productos de la tierra, que actualmente son insuficientes. De ésta manera, el mar cobra cada vez más importancia como un apoyo para incrementar el abastecimiento de alimentos a través de la pesca y la acuicultura. El uso racional de los recursos acuáticos se torna especialmente importante en nuestro país, el cual posee litorales con una extensión aproximada de 10,000 km. (Castillo, 1995).

Las especies de camarón con mayor valor comercial que se obtienen por pesca y por cultivo pertenecen al género *Penaeus*. En el Pacífico las especies comúnmente conocidas son el camarón blanco (*P. vannamei*) y azul (*P. stylirostris*), mientras que en el Golfo de México son el camarón café (*P. aztecus*), rosado (*P. duorarum*) y blanco (*P. setiferus*) (SEPESCA, 1994).

El camarón constituye uno de los recursos pesqueros más importantes dado su elevado valor en el mercado nacional e internacional. Debido a la demanda internacional que posee, representa para México una de las fuentes principales de ingreso de divisas. Más del 80% de la captura es procesada por congeladoras del sector social y privado, principalmente en su

forma congelado descabezado. Sólo una pequeña parte de la producción se cuece, pela, sala o seca (Ricque y Cruz Suárez, 1991).

### **Valor nutricional del camarón.**

Karakoltsidis y col. (1995) describen la composición nutricional de las especies más importantes comercialmente (peces, crustáceos y moluscos) del Mediterráneo. Para cada una de las especies estudiadas reportan valores diferentes según la época del año. Gagnon y col. (1958) reportan para camarón de la especie *Aristeus antennatus*, un contenido de proteína entre 16 y 19%; para grasa, entre el 0.2 y 2.0%; para humedad, entre el 77 y 80%; para ceniza, del 1 al 2% y para carbohidratos un porcentaje del 0 al 2.2%.

Ramachandran y col. (1995) recomiendan que la selección de la materia prima es muy importante durante el proceso de ahumado. La frescura y el contenido de grasa son los factores más importantes ya que influyen en la calidad del producto ahumado. El contenido deseable de grasa en el producto a ahumar debe variar entre el 7 y 12%.

## **Fosfatos.**

Un fosfato es una sal de ácido fosfórico. Cuando un número determinado de unidades simples de fosfato se encadenan para formar una estructura más compleja se le conoce como polifosfatos. Los fosfatos usados en alimentos pueden ser fosfatos simples, pirofosfatos conteniendo dos unidades de fosfato, tripolifosfatos conteniendo tres y si están formados por más de tres reciben el nombre de polifosfatos. Son compuestos muy versátiles ya que cumplen con un gran número de funciones dentro de la industria alimentaria. Los fosfatos se encuentran prácticamente presentes en toda forma de vida y son un componente esencial de nuestra dieta alimenticia (Aitken, 1984; Badui, 1993).

Reynaga (1979) menciona que en la industria pesquera se han utilizado un sinnúmero de aditivos químicos para retardar el deterioro en la calidad del producto que comienza a experimentar inmediatamente después de su captura. Estos aditivos también se utilizan para facilitar los procesos a que son sometidos o simplemente para mejorar su apariencia para su venta. Entre estos aditivos se encuentran los fosfatos cuyo uso está ampliamente difundido en la industria alimentaria, agrícola y química (elaboración de levadura en polvo, refrescos de cola, fertilizantes y detergentes). Los fosfatos son permitidos legalmente en la industria alimentaria (Aitken, 1984). Se emplean

particularmente en productos cárnicos y marinos para ayudar en el procesamiento o para mejorar su calidad.

Dependiendo de su tipo, su acción puede ser de secuestradores de metales, emulsificantes, coadyuvantes de color y textura, etc. (Sofos, 1985; Shimp, 1983). Badui (1993) define a los secuestradores o quelantes, dentro los cuales se encuentran los fosfatos y los polifosfatos, como compuestos que tienen la peculiaridad de que en su molécula contiene un par de electrones sin compartir, capaz de establecer complejos con los iones metálicos. Algunos productos marinos tienen en especial altas concentraciones de magnesio que pueden dar lugar a la formación de cristales de fosfato de amonio y magnesio durante el almacenamiento. Como la apariencia de dichos cristales es indeseable en estos productos, se les añaden mezclas de polifosfatos y EDTA para secuestrar el magnesio y evitar su cristalización. Los fosfolípidos (derivados de mono y diglicéridos) actúan como emulsificantes, mientras que el fosfato de sodio (mono, di y tribásico) y el fosfato de calcio (monobásico) son considerados como nutrimentos o suplementos alimenticios. Estos últimos también pueden actuar como secuestradores de metales. Los ortofosfatos, polifosfatos y sus sales de calcio, potasio, sodio y amonio se consideran generalmente como inocuos (FDA, 1971).

### **Funcionalidad de los polifosfatos.**

La importancia del uso de polifosfatos por la industria alimentaria radica en que estos aditivos mejoran la retención de agua de la proteína en el producto. Su efecto se produce principalmente en la superficie del mismo ya que se unen a las proteínas superficiales dando lugar a una capa lubricante. El efecto primordial es el aumento de peso por retención de agua, lo cual puede no ser necesariamente un beneficio tecnológico. El uso de polifosfatos debe tener propósitos técnicamente justificados. Otras sustancias como la sal común dan resultados similares, pero con efectos indeseables de sabor. El tratamiento con polifosfatos imparte una apariencia lustrosa al producto (Aitken, 1984; Shimp, 1983)

Las funciones de los polifosfatos son muy variadas, pero están basadas en gran medida en su capacidad de actuar como aniones muy reactivos (Badui, 1993). Esto les permite interaccionar con otros constituyentes de los alimentos que también contienen grupos ionizables, como proteínas, algunos polisacáridos, metales, etc. Además establecen puentes de hidrógeno y, por consiguiente, se hidratan y retienen una gran cantidad de agua.



Los principales usos que se le da al tripolifosfato de sodio (TPS) es el de amortiguador de pH, coagulante, dispersante, conservador, interacción con proteínas y secuestrador. Los fosfatos ácidos bajan el pH, aumentan la intensidad y la estabilidad del color de los embutidos, pero reducen la capacidad de retención de agua; por su parte, los alcalinos aumentan el pH, reducen la formación de color y su estabilidad, pero incrementan la retención de agua.

En general, a medida que aumenta el pH de los derivados de la carne se reduce el color y aumenta su capacidad de hidratación. No se conoce totalmente el mecanismo por el cual éstos compuestos aumentan la retención de agua en las carnes; sin embargo, se piensa que puede ser porque evitan la interacción de las fracciones proteínicas de actina y miosina, lo que las hace más solubles y consecuentemente aumenta su hidratación. Estas modificaciones estructurales de las proteínas aumentan la hidratación del tejido muscular, ya que en lugar de interaccionar unas con otras, ahora lo hacen con las moléculas de agua que las rodean. También se considera que los polifosfatos ejercen un efecto secuestrador sobre los iones de calcio presentes en la carne necesarios para que exista una unión de la actina con la miosina.

Por otra parte, el aumento de la fuerza iónica, ya sea por la adición directa de cloruro ó de hexametáfosfato de sodio (ó algún otro fosfato), hace que las proteínas retengan una mayor cantidad de agua por un efecto de solubilización por salado. Al combinar el cloruro de sodio con tripolifosfato de sodio se obtiene un efecto sinérgico, dando como resultado un producto con propiedades sensoriales, como jugosidad y sabor, significativamente favorables (Lampila, 1992).

#### **Ventajas y desventajas del uso de polifosfatos.**

Los polifosfatos tienen una amplia aplicación en productos marinos, cárnicos y en aves. Reynaga (1979) señala que el tratamiento con polifosfatos no aumenta la calidad comestible del producto y que su uso excesivo puede producir cambios indeseables de sabor y textura. No presentan acción preservativa en el producto refrigerado, ni dan protección alguna contra el deterioro en depósitos frigoríficos. Por otro lado, Shimp (1983) menciona que ciertos fosfatos bajo determinadas condiciones pueden presentar propiedades preservativas en varios alimentos y productos cárnicos. A su vez, Sofos (1985) afirma que tienen efectos antimicrobianos, ya que reducen la actividad de agua en el producto. Badui (1993) y diversos fabricantes de éstos productos como FMC Corporation, Monsanto Company entre otros, recalcan que los polifosfatos

presentan muchas ventajas, ya que los productos cárnicos y sus derivados no pierden agua durante los tratamientos térmicos o durante su congelación-descongelación.

Los polifosfatos conservan en buen estado sensorial los productos emulsificados ya que estabilizan las emulsiones cárnicas. Retardan la oxidación de las grasas debido a su efecto secuestrador sobre los iones hierro presentes en los pigmentos mioglobina y hemoglobina. Sin embargo, el uso desmedido de estos puede traer consigo adulteraciones de los productos. En ocasiones llegan a formar pequeños cristales de fosfato disódico en la superficie de la carne los cuales provienen de la degradación de los polifosfatos añadidos como aditivos por las propias enzimas del tejido animal.

Con respecto a su uso en el procesamiento de especies marinas, se reporta que no alteran el sabor de los productos elaborados. En camarón aumentan su capacidad de retención de agua tornándolo más jugoso y consistente, mejorando así su apariencia final (García, 1992). Su uso en la elaboración de productos ahumados es benéfica ya que reducen el tiempo de proceso y la pérdida de agua facilitando la absorción del humo. Además, añaden brillo y color al producto ahumado (Antoine y col., 1995).

### **Recomendaciones del uso de polifosfatos.**

Reynaga (1979) menciona que si se utilizan mezclas de polifosfatos, estas deben contener pirofosfatos, tripolifosfatos o componentes con mas de tres unidades de fosfato. Las mezclas tienen la capacidad de ser altamente solubles en agua, así que el proveedor puede ofrecer soluciones concentradas que se diluyen rápidamente a la concentración requerida por el procesador. Las mezclas basadas en tripolifosfatos, a menudo contienen otros fosfatos para hacer la solución menos alcalina, disminuyendo el riesgo de causar irritación de la piel. La solución debe enfriarse para evitar el calentamiento del producto y para aumentar la duración de la misma.

El método de uso más sencillo es sumergir el producto en la solución, agitando suavemente para que todas las superficies entren en contacto con la ella. La solución debe renovarse diariamente para evitar contaminación y deterioro. El tiempo de inmersión debe ser el necesario, ya que periodos muy prolongados provocan aumentos injustificados de peso y riesgo de deterioro en sabor y textura. Debido a que los polifosfatos actúan en la superficie del producto, éste no debe cortarse o recortarse después del tratamiento.

La práctica comercial recomienda el uso de polifosfatos para la retención de la humedad en camarón (Badui, 1993). Estos compuestos son utilizados comúnmente durante el procesamiento de este producto para reducir el goteo durante el deshielado, evitar las quemaduras por hielo y la pérdida de humedad durante su cocimiento. Cheftel y Cheftel (1976) señalan que si antes de congelar el producto se sumerge en una solución de polifosfatos, la pérdida de líquidos en la descongelación se reduce debido a la formación de una capa de proteínas hidratadas que impide la salida de agua. Tenhet y col. (1981a) estudiaron la difusión de soluciones de tripolifosfato de sodio (TPS) en camarón pelado y desvenado fresco y congelado, utilizando diferentes concentraciones (0.5, 1.0, 5.0 y 10%) y tiempos de inmersión (20 seg., 1, 5 ó 20 minutos). El análisis de  $P^{32}$  mostró que las soluciones del 0.5 y 1.0% resultaron en una acumulación evidente de fósforo en el músculo. Concentraciones del 5 y 10% resultaron además en una mayor concentración de fósforo en la superficie previniendo la reducción de la turgencia debido a una menor pérdida de agua. No se detectaron diferencias entre el camarón fresco y el congelado.

El uso de TPS al 3% en camarón crudo incrementa el rendimiento en un 10%. La adición de este compuesto en el agua de cocimiento no mejora el rendimiento del producto final. Para reducir la merma durante la cocción, se

recomienda usar el TPS a una concentración de 3-4%, aplicado por inmersión durante 10 min. antes del cocimiento (Salvador, 1992).

Los polifosfatos son reconocidos por la FDA como sustancias inocuas; sin embargo, se ha establecido su regulación para controlar el nivel residual de fósforo (P) en el producto terminado, el cual no debe exceder del 0.5%. A su vez, el Diario Oficial de la Federación (1996a) menciona que el límite establecido en el producto final para éste tipo de aditivos es de 5000 ppm. La medición del fósforo residual es complicada debido a la variación del contenido natural en el músculo del camarón. Estudios realizados por Sidwell (1981), y Sullivan y Otwell (1992), reportan que el contenido de fósforo en camarón puede variar de 39 a 397 mg/100 g de porción comestible (0.04-0.4%). Estudios recientes efectuados por Otwell (1998) en 10 especies de camarones *peneidos* silvestres y cultivadas, mostraron que el contenido de fósforo en músculo fue menor de 250 mg/100 g de porción comestible.

#### **Implicaciones del uso de polifosfatos en la salud.**

Aitken (1984) y Reynaga (1979) mencionan que la mayoría de los polifosfatos agregados a alimentos se desintegran en unidades simples de fosfato una vez que han sido ingeridos y están dentro del estómago. En

realidad, gran parte se convierte en unidades individuales en el alimento, antes de ser ingeridos, por ejemplo, en el depósito frigorífico o durante su cocinado. La mayoría de los fosfatos agregados a los alimentos son equivalentes nutricionales de los fosfatos naturales presentes en ellos por lo que presentan muy poco riesgo para la salud.

De cualquier manera, es posible que los componentes esenciales de los alimentos sean perjudiciales si se toman en exceso, por lo que las autoridades médicas internacionales recomiendan que el consumo diario total de fosfatos no exceda cierto nivel. Está establecido que la cantidad de polifosfatos que se ingiere regularmente está muy por debajo de éste límite, pero algunos países tienen restricciones acerca de la cantidad que puede ser añadida a ciertos productos por lo que los exportadores deben recordar las indicaciones que sobre el particular puedan requerirse.

### **Etiquetado.**

Aitken (1984) señala que según los reglamentos de denominación de alimentos de 1970, es necesario que se incluyan en la lista de ingredientes en orden de cantidad, dentro de la etiqueta de alimentos pre-empacados para venta al menudeo. Otwell (1998) recomienda que se utilice el término "fosfatos

adicionados” o “fosfatos y agua adicionados” si el contenido de fósforo es superior a 250 mg/100 g de porción comestible y si la humedad es mayor del 85%.

### **Curado.**

Potter (1978) define que el curado se refiere a modificaciones de la carne que afectan su conservación, sabor, color y blandura, debido a los ingredientes de curado que se añaden. Originalmente, el curado se practicaba como un método de conservación antes de existir la refrigeración; este procedimiento data aproximadamente del año 1500 a.C. En lugares menos desarrollados donde no existen métodos modernos de conservación, éste es el principal objetivo; en otros lugares, es el de impartir sabores únicos y un propósito especial es la conservación del color rojo de la carne. Los principales ingredientes empleados son: 1) sal común (ligero conservador y añade sabor), 2) nitrato y nitrito de sodio (fijadores del color rojo), 3) azúcar (estabiliza y añade color), 4) especias (proporcionan sabor). Estos se pueden aplicar en forma seca frotándolos sobre la superficie, mezclándolos con parte del producto previamente molido, o en forma de salmuera por remojo, bombeo o inyectados con agujas.



Badui (1993), señala que en la elaboración de diversos productos cárnicos embutidos se emplean las sales de curación, constituidas por nitrito y nitrato de sodio o de potasio, cloruro de sodio, ácido ascórbico, fosfatos, azúcar y otros. Los nitritos y nitratos actúan en dos sentidos principalmente: a) desarrollan un color característico al formar la nitrosilmioglobina, pigmento típico de las carnes curadas (Cuadro 1), y b) como inhibidores muy específicos del crecimiento del *Clostridium botulinum*. Sin embargo, algunos autores también consideran que dadas sus propiedades de antioxidante, contribuyen a estabilizar el aroma y el gusto de estos productos (Goutefongea y col. 1977).

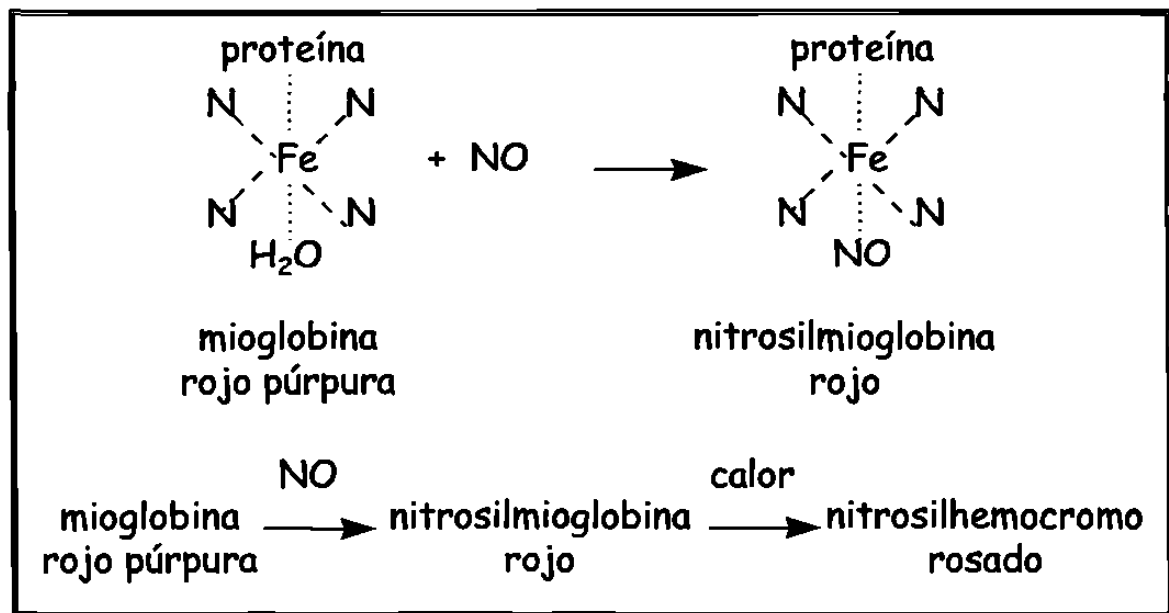
**Cuadro 1. Secuencia de reacciones en las que intervienen los nitritos y nitratos en el caso de la generación de color en las carnes curadas.**

$\text{NaNO}_3$	— bacterias —>	$\text{NaNO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$
$\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	— pH 5.4 - 5.8 —>	$\text{HNO}_2 + \text{NaOH}$
$2\text{HNO}_2$	—————>	$\text{NO} + \text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_3$
$\text{NO} + \text{mioglobina}$	—————>	nitrosilmioglobina (rojo)
nitrosilmioglobina	— calor —>	nitrosilhemocromo (rosado)

Fuente: Badui (1993).

Los microorganismos propios de la carne transforman los nitratos en nitritos y junto con los nitritos añadidos cumplen con las funciones ya descritas. Debido al pH que prevalecen en la carne, el nitrito se convierte en ácido nitroso y finalmente en óxido nítrico que al reaccionar con la mioglobina produce la nitrosilmioglobina de color rojo. Cuando la carne se somete a un cocimiento por encima de 60°C, éste pigmento se desnaturaliza y se convierte en el nitrosilhemocromo que da como resultado el color rosado típico de salchichas, jamones, etc., (Badui, 1993).

**Figura 1. Transformación de la mioglobina por efecto de los nitritos.**



Fuente: Badui,(1993)

Se debe controlar la concentración de estos aditivos. Cuando la cantidad es baja no se desarrolla el color y, por lo contrario, cuando se añaden en exceso causa lo que se conoce como quemadura por nitritos, en cuyo caso el color que se produce no es el adecuado. Su función como conservador es muy específica en cuanto a que inhibe el crecimiento del *Clostridium botulinum*, microorganismo anaeróbico altamente peligroso por las potentes neurotoxinas que sintetiza, que al ser consumidas producen un alto grado de mortalidad.

La mayoría de los agentes antimicrobianos son ácidos orgánicos. La efectividad de éstos agentes es influenciada por el pH del alimento y la capacidad de disociación del ácido del aditivo. Estos compuestos inhiben, pero no anularán el crecimiento microbiano (Brewer, 1991). El efecto antimicrobiano de los nitritos/nitratos se ve favorecido por su naturaleza de ácido débil; los nitritos son más efectivos a pH ligeramente ácidos de 5.0 a 5.5. A pH superiores, la concentración que normalmente se emplea en los cárnicos (200 ppm de nitritos y 500 ppm de nitratos) es insuficiente.

El NaCl presenta un efecto sinérgico cuando se mezcla con los nitritos/nitratos de sodio. Al igual que sucede con cualquier otro alimento, las

temperaturas bajas de almacenamiento contribuyen al control microbiológico y, consecuentemente, a la eficiencia de los nitritos.

Su mecanismo de acción como conservador no se conoce totalmente, pero existen diversas teorías al respecto. Se sabe que los nitritos forman sustancias tóxicas para los microorganismos cuando reaccionan con los grupos sulfidrilo de las proteínas o con algunos monofenoles como la tirosina, de donde se derivan compuestos nitrados monoaminodisustituidos. También se pensó que sus *interacciones con el sistema de citocromos (similares a las reacciones con el grupo heme de la mioglobina)* podrían ser la causa de ésta acción; sin embargo, se ha observado que los nitritos inhiben el crecimiento de aquellos organismos que no cuentan con un sistema respiratorio basado en estos grupos, (Badui, 1993).

Debido a que los diferentes microorganismos tienen una capacidad distinta de tolerancia a los nitritos, es posible que existan varios mecanismos a través de los cuales actúen como conservadores. Por otra parte, y como una tercera función, los nitritos ayudan a conservar un sabor adecuado en los productos cárnicos, ya que actúan como antioxidante evitando el deterioro

oxidativo de las grasas insaturadas. Al añadirlos se reduce la velocidad de oxidación catalizada por el átomo de hierro presente en la mioglobina.

En relación a su inocuidad, las concentraciones que comúnmente se utilizan no causan problemas de toxicidad en el hombre; sin embargo un consumo excesivo produce cianosis, por la síntesis de la metahemoglobina en la sangre, que es el producto de la oxidación de la hemoglobina y que no tiene la capacidad de combinarse con el oxígeno. Los nitritos y nitratos son particularmente utilizados como agentes en el curado de carnes, sin embargo éstos compuestos reaccionan con diferentes aminas secundarias y terciarias y producen nitrosaminas, compuestos on agentes capaces de provocar cáncer en el hombre.

La industria alimenticia trabaja en el desarrollo de ingredientes alternativos. Sin afectar la acción antibotulínica del nitrito, se ha usado el  $\alpha$ -tocoferol, o se han sustituido parcialmente por sorbatos. Los agentes reductores, principalmente el eritorbato de sodio, inhiben la síntesis de estos compuestos en las salchichas (Badui, 1993). La adición conjunta de carbohidratos (dextrosa, ribosa, lactosa o maltosa) y de  $\alpha$ -tocoferol reduce

hasta en un 80% la formación de nitrosaminas, principalmente la formación de N-nitrosopirrolidina.

### **Salado.**

La sal o salmuera con la cual es tratado el pescado antes de ser ahumado deshidrata el músculo a través de osmosis, previniendo la presencia de humedad la cual es necesaria para las bacterias y actuando por lo tanto como conservador (Seafood Leader, 1992; Virulhakul, 1995). Jennings (1981) señala que la sal no funciona como bactericida en las concentraciones comúnmente utilizada en la elaboración de productos alimenticios. Normalmente en concentraciones mayores ejerce un efecto como conservador por medio de su acción inhibitoria sobre muchas especies de bacterias. De todos los conservadores comúnmente usados para el curado de cárnicos, es considerada como la mejor. Los productos cárnicos curados con un 3.5% de sal tienen una estabilidad considerable (Sofos, 1983). Solamente sal de muy alta calidad, no la de mesa, debe utilizarse en el proceso de ahumado.

Hilderbrand (1981a,b) reconoce la importancia del contenido de sal en la conservación de los productos ahumados. A su vez, hace hincapié (1981c,d) en

que el ahumado en caliente requiere de ciertos niveles mínimos de sal y humedad, expresados como la concentración de sal en la fase líquida (WPS, water phase salt), matemáticamente expresada como:  $(\% \text{ de sal} \times 100) / (\% \text{ de humedad} + \% \text{ de sal})$ .

La sal de curado es una mezcla de nitritos, nitratos y sal común (Basauri, y Caballero, 1975). El uso de nitritos en las carnes se permite en cantidades que no excedan de 200ppm. La NOM-129-SSA1-1995, reporta que la cantidad límite permisible es de 156 ppm en el producto terminado (Diario Oficial de la Federación, 1996b). Shenderyuk y Bykowski (1990) recomiendan que las soluciones para marinar deben mantenerse refrigeradas y realizar el proceso de marinado a una temperatura entre 10 y 12°C.

### **Ahumado.**

El ahumado es un proceso en el cual el alimento de cierta forma se seca y se depositan partículas de humo sobre su superficie. El ahumado añade color y sabor en el alimento. Estos compuestos presentan efecto conservador actuando como antioxidantes, inhibidores de la formación de nitrosaminas y como agentes antimicrobianos. El proceso de ahumado al secar un poco los

alimentos, reduce su contenido de humedad y por lo tanto su actividad de agua (Doré, 1993; Price y Schweigert, 1971).

Antoine y col. (1995) señalan que actualmente el ahumado se ha desarrollado con el propósito de dar sabor y color los alimentos, entre ellos al pescado. Los productos ahumados son de vida de anaquel corta a temperatura ambiente, pero su período de conservación se puede ampliar significativamente si se mantienen en refrigeración o congelación. El ahumado por sí solo no tiene efecto conservador, salvo que esté asociado al salado y secado. Únicamente los productos salados, secos y fuertemente ahumados, son aptos para conservarse como tales (Pigott, 1981).

Doré (1993) en su libro "La guía de alimentos marinos ahumados y curados", describe las operaciones y especificaciones para llevar a cabo el ahumado de productos pesqueros. Dentro de los productos tratados se encuentra el camarón, indicando que su comercialización es básicamente en fresco; el curado y el ahumado es una presentación en menor escala. Señala que el ahumado puede aportar productos palatables y atractivos a partir de materia prima barata la cual se hace más utilizable. Esta tecnología es de gran apoyo ya que continuamente se está en busca de nuevos productos y procesos



para aumentar la comercialización en el mercado. A su vez, afirma que el camarón ahumado sería un producto demandable si se encontrara más disponible. McClane (1977) describe el proceso a pequeña escala del ahumado del camarón, señalando que el camarón pelado resulta en un mejor producto, ya que al dejar la cáscara se presenta una textura fibrosa de la carne que esta en contacto con la cascara.

#### **Uso de madera en el ahumado.**

Maga (1988) menciona que el ahumado fue una de las primeras formas de procesado de los alimentos. Es bien conocido que el tipo de madera utilizada y la composición del alimento influyen significativamente en dicho proceso, así como en las características de textura, aceptación sensorial, calidad nutricia, capacidad antioxidativa y conservación (actividad antimicrobiana) de los alimentos que han sido ahumados. La acción antimicrobiana es debida a varios de sus componentes como fenoles y formaldehido.

La madera utilizada se clasifica en dos amplias categorías: duras y blandas. Las especies que producen madera dura se clasifican como angiospermas y las de madera blanda como gimnospermas, conocidas también como coníferas. La madera está formada por varios tipos de células, la mayoría

huecas. Químicamente, la madera se compone de varios tipos de polímeros orgánicos con estructura clave como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina, otros compuestos menores como terpenos, ácidos grasos alifáticos en forma de ésteres, ácidos dibásicos como el oxalato de calcio y proteínas. También contiene compuestos en menor cantidad como alcoholes alifáticos, polialcoholes, esteroides, aldehidos, hidrocarburos, alcaloides y minerales. Como material para producir humo también puede utilizarse la corteza. Esta representa de 10-15% del total del peso de árbol y tiene una composición más compleja que la madera. Algunos de los compuestos que están presentes en la corteza son proteínas, lignina, pentosas, hexosas, azúcares reductores, colorantes, taninos, grasas, ceras, resinas y otros compuestos que aún no han sido plenamente identificados.

Las diferencias en los olores de las diferentes especies de maderas se deben a su composición específica de aceites esenciales ó volátiles. Los compuestos causantes del olor dependen de cada especie; pueden ser terpenos y compuestos relacionados, compuestos parafínicos ó aromáticos. Muchos de éstos compuestos deben llegar a su punto de ebullición (superior a los 100°C) cuando la madera se convierte en humo para hacerse presentes en el producto. Los componentes mayoritarios de humo son ácidos orgánicos,

carbonilos, fenoles e hidrocarburos policíclicos (Jennings, 1981). La contribución de cada uno de ellos en el sabor del humo no está bien determinada. La naturaleza de los componentes específicos del humo que son responsables de los cambios producidos en los alimentos no ha quedado bien establecida.

#### **Generación de humo natural.**

La composición del humo de madera es extremadamente compleja. Puede estar influida por la clase de madera, forma en que se produce el humo, temperatura para producirlo y otras variaciones como la humedad, movimiento del aire y temperatura ambiental del ahumador. Existen varias maneras de generar humo y luego introducirlo a una cámara o túnel de ahumado. Se puede generar sin fuego en un aparato especial mediante contacto por fricción con la madera a alta velocidad, mediante una plancha calefactora donde se calienta la madera o bien dar al humo una carga eléctrica y depositarlo por medios electrostáticos en la superficie del producto (Potter, 1978; Price y Schweigert, 1971).

### **Humo líquido.**

Como alternativa al uso directo de humo de madera, se pueden emplear extractos obtenidos al burbujear el humo en agua o en aceite (Cheftel y Cheftel, 1976). El humo líquido es una solución acuosa de humo de madera que cuando es diluída adecuadamente se utiliza para proporcionar un sabor ahumado en el producto (Diario Oficial de la Federación, 1996a,b). La composición del humo líquido comercial consta de agua, fenoles, ácidos, carbonilos y alquitrán, dependiendo del método de manufactura.

Estos extractos comerciales tienen la ventaja de no contener compuestos cancerígenos y aportar el aroma característico sin desecar el producto. Los extractos, conocidos comúnmente como humo líquido, no tienen función antiséptica. Para el humo líquido existen variaciones en su obtención, adquiriendo así diversos nombres como *condensados de humo*, *extractos de humo*, *destilados*, *saborizantes sintéticos*, *saborizantes caseros*, etc. (Miler y Sikorski, 1990).

Según Maga (1988), las ventajas del uso de humo líquido son las siguientes: el sabor puede ser incorporado al producto de una manera uniforme sin tener una mayor concentración en el exterior del producto que en el interior;

puede intensificar el sabor de los alimentos tradicionalmente ahumados; existe un control más estrecho en la cantidad de sabor a humo que recibe el producto; se puede moderar la intensidad del sabor a humo y eliminar considerablemente compuestos dañinos antes de ser usado en los alimentos; tiene una gran cantidad de aplicaciones dentro de una amplia gama de alimentos que tradicionalmente no se ahuman; puede ser utilizado a un nivel de consumo tan bien como a un nivel de proceso comercial; normalmente representa un ahorro a partir de que la madera y el equipo para la generación de humo no son necesarios en una planta; hay un bajo nivel de contaminación asociado con el uso de éste producto; puede ser aplicado de varias maneras como el rociado en la superficie, por inmersión o mezclándolo con el alimento.

Maga (1988) señala que haciendo la comparación en pescado, el producto tratado con humo líquido tiene un aroma y un sabor menos pronunciado que el tratado con el método tradicional. Las sustancias fenólicas presentes en el humo líquido se presentan en menor cantidad que en el producto tradicional, así mismo con los carbonilos y los.

*Seafood Leader* (1992) publica que añadiendo humo líquido a la salmuera durante la preparación del pescado ahumado, añade color y sabor.

### **Ahumado en caliente y en frío.**

Existen dos tipos de proceso de ahumado: en caliente y en frío (Seafood Leader, 1992). La diferencia es simple; en el ahumado en caliente, los productos son cocinados mientras que en el ahumado frío no. Las temperaturas varían en base al tipo de ahumador, pero generalmente la temperatura interna de un producto ahumado en caliente debe ser 60°C (140°F) o mayor (Swanes, 1981; Hilderbrand y col. 1981e; Bannerman, 1982). El ahumado en caliente consta de 6 pasos: salado, drenado, secado, ahumado, cocinado y enfriado. Los productos ahumados en frío son procesados a una temperatura interna por debajo de los 29°C (85°F) para prevenir su cocinado, (Hilderbrand, 1981d).

La mayoría de los productos ahumados en los Estados Unidos son procesados en caliente, pero en Europa el ahumado frío es más popular. Seafood Leader (1995) publicó que al ahumar en frío y secar el producto ahumado bajo calor se debe conservar una humedad relativa (HR) del 60 al 70%. Si la HR es muy baja, el exterior del producto se endurece demasiado mientras que el interior no se seca adecuadamente. La HR es uno de los factores menos comprendidos durante el ciclo de procesado. Se expresa en porcentaje y determina el contenido de agua en el aire a una temperatura dada,

comparada con la máxima cantidad de total agua que el aire puede contener a esa temperatura (Waters, 1982).

### **Alteraciones de los productos ahumados.**

El ahumado no garantiza por sí solo la conservación del producto por un tiempo prolongado. Si no se le da un adecuado manejo y almacenamiento se presentan alteraciones por la actividad de microorganismos indeseables como: *Micrococcus*, bacterias fluorescentes, hongos como los del género *Penicillium*, además de enranciamiento en las especies grasas (Pérez, 1985).

Dentro del código de limitaciones y regulaciones se encuentran los parámetros de tiempo, temperatura y salinidad del proceso de ahumado en caliente y el sabor a humo (Mlecko, 1982). El producto debe enfriarse a una temperatura interna de 10°C (50°F) o menos dentro de las 3 horas posteriores al proceso. El producto debe ser refrigerado a 3.3°C (38°F) en un periodo de 12 horas después del proceso; durante su almacenamiento y distribución el producto se debe mantener a una temperatura de 3.3°C (38°F) o menor.

### **Condiciones del proceso.**

Chan y col. (1975) estudiaron el efecto de la temperatura, humedad relativa y flujo de aire del ahumador en la penetración del humo sobre macarela española (*Scomberomorus maculatus*). Una temperatura de 100°F y humedad relativa del 22%, resultó en una rápida acumulación de humo sobre la superficie del pescado. Una mayor saturación de humo se observó cuando el ahumador operó con cambios de aire, comparado con el ahumado sin aireación. El impregnar con humo la superficie del pescado mejoró el proceso de absorción. Aguilar y col. (1994a,b) establecieron las condiciones de ahumado en calientepara lisa (*Mugil cephalus*) y cazón (*Mustelus lunatus*). En ellas recomiendan el uso de salmueras del 7 y 10%. El proceso térmico del ahumado incluyó 60°C por 2 horas, seguido de 80°C por 4 horas.

En el ahumado la madera humedecida se quema en un generador controlado mecánicamente (Nickerson y Ronsivalli, 1971). El aire caliente imparte energía calorífica al producto y remueve el vapor de agua sobre el producto antes de salir de la cámara (Huang, 1982). Si el producto es ahumado a elevadas temperaturas se deforma y se abre.



**Empaque.**

El empaque de los alimentos desempeña muchas funciones además de favorecer la conservación de los mismos (Potter, 1978). Se utilizan un gran número de materiales, donde sus propiedades se ponen a prueba al contacto con diversos alimentos. El empackado debe considerar el tipo de maquinaria utilizada, la forma del empaque final en base al producto, la cantidad y presentación del producto alimenticio, la aplicación de vacío ó eliminación del oxígeno de los envases por medio de gas y el sellado final del envase. Los empaques deben resistir operaciones adicionales de proceso, como la esterilización en autoclaves a presión, la congelación y descongelación en caso de algunos productos, o el cocimiento u horneado final dentro del empaque; Bailey (1981).

*Cada producto nuevo requiere su propio empaque especial. La máxima protección, las consideraciones económicas y los requerimientos para la venta, cambian a medida que aparecen variaciones en la composición, peso, forma y nuevas exigencias por el comportamiento de los productos. Las principales funciones de los empaques son: la ausencia de toxinas y compatibilidad con el alimento, brindar una protección sanitaria; una protección contra pérdida o asimilación de humedad y grasa; protección contra pérdida o asimilación de gas*

y olor; protección contra la luz; resistencia a los impactos; deben ser transparentes, así como inviolables; fáciles de abrir; de un fácil manejo al momento del vaciado; ser capaces de volver a cerrar; fáciles de desechar; no deben tener limitaciones de tamaño, forma y peso para el producto que va a contener; deben favorecer la apariencia del producto; tener facilidad para ser impreso; ser de bajo costo y algunas otras características especiales dependientes de cada producto. La complejidad aumenta cuando se trata de productos destinados a experimentar condiciones rudas de manejo y almacenamiento.

Deily y col. (1995) informan que con más de 400 especies diferentes de pescado fresco, cada una con sus propias características y necesidades, es fácil comprender los numerosos tipos de empaques diferentes que se han desarrollado para cada tipo de proceso, ya que las propiedades del material de empaque utilizado aseguran la calidad del producto terminado. El uso de una atmósfera modificada y empaques al vacío se ha constituido como la mejor alternativa para el pescado fresco. García (1992) indica que el empacado al alto vacío es un proceso que permite conservar durante un período determinado los alimentos frescos cocinados que han sido preparados y condicionados antes ó después de la cocción.

Como requisitos óptimos, los empaques para alimentos de origen acuático ó marino deben ser flexibles para ajustarse al contorno del producto y no dejar espacios de aire, no deben tornarse quebradizos, resistentes a la humedad, impermeables al oxígeno para reducir la oxidación de las grasas y evitar la rancidez y la proliferación de microorganismos, fácil de llenar, fácil manejo y deben evitar la deshidratación ya que ésta causa deterioro en las propiedades organolépticas del producto.

La correcta manipulación, fabricación y distribución del producto son esenciales para conservar sus características y alargar la vida de anaquel. El empackado de productos marinos implica su pasteurización después de la elaboración. Posteriormente, se congelan si se desea y se distribuyen para ser comercializados; todo en el mismo empaque. Las propiedades del material de empaque seleccionadas aseguran la calidad del producto terminado.

Los productos ahumados empackados al vacío deben ser refrigerados a una temperatura menor a los 38°F ó 3.2°C, debiendo permanecer cerrados hasta su consumo (*Seafood Leader*, 1995).

**Textura.**

Szczesniak (1990) define a la **textura** como una manifestación sensorial de la estructura del alimento; la manera en la cual se describe ésta estructura es aplicando una fuerza. Los sentidos involucrados específicamente son la **visión, el tacto y el oído**. Para su evaluación pueden utilizarse una escala de ausencia de defectos y/o una evaluación de aspectos hedónicos de aceptación del producto.

La fuente de humo y/o la técnica de aplicación influyen en las propiedades de textura de los alimentos ahumados. El tipo de ahumado utilizado y el tiempo de almacenamiento influye en la blandura del mismo. Estos cambios probablemente provengan del grado de solubilidad de la proteína muscular (Maga, 1988).

**Evaluación sensorial.**

Pedrero y Pangborn (1989) definen la evaluación sensorial como la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre dichas características se pueden mencionar, por su importancia, la apariencia, olor,

gusto, textura, sonido y color. Es complejo el uso de pruebas sensoriales para establecer los atributos que contribuyen a la calidad de un alimento. Su objetivo es establecer los atributos que contribuyen su calidad. Para la evaluación se utilizan métodos analíticos donde se aplican encuestas para la obtención de datos que posteriormente darán resultados de acuerdo a las características propias del producto.

Watts y col. (1992) definen el análisis sensorial como una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios y de otros materiales. Para obtener resultados confiables el panel debe tratarse como un instrumento científico. Toda prueba que incluya paneles sensoriales debe llevarse a cabo bajo condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados. De ésta manera el análisis sensorial podrá producir resultados consistentes y reproducibles.

# **MATERIALES Y METODOS**

El trabajo se realizó en dos fases. Durante la primera llamada preliminar, se realizaron los ensayos donde se estandarizó y optimizó el proceso de ahumado de camarón aplicando varios tratamientos, así como las técnicas de análisis químicos a los que fue sometido el producto terminado.

El proceso óptimo de ahumado obtenido, así como las técnicas estandarizadas durante esta etapa se aplicaron a la materia prima, formando así la segunda parte del trabajo denominada fase experimental. Para obtener los datos de esta etapa, se llevaron a cabo cuatro repeticiones para cada uno de los tratamientos a evaluar.

## **Obtención de reactivos y materia prima.**

### **Equipo.**

Las instalaciones, equipo y reactivos necesarios para la elaboración de los productos, se proporcionaron por la Dirección de Tecnología de Alimentos

de Origen Animal (DTAOA) del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. (CIAD) en Hermosillo, Sonora.

### **Materia prima.**

Se utilizó camarón fresco-congelado, pelado, desvenado y descabezado de la especie *Penaeus vannamei* talla 21-25, adquirido en la empresa Barol® S.A. de C.V. en Hermosillo, Sonora.

El camarón se descongeló al chorro de agua fría y se lavó para proceder a su pelado y desvenado manual. Se le dio un segundo lavado con agua potable, se escurrió y se colocó en bolsas de plástico selladas, bajo hielo y dentro de una cámara fría (5°C), donde se conservó hasta su uso posterior, período que no excedió las 24 horas; (Shanmshad, y col. 1990). Los camarones se dividieron por lotes a los cuales se les aplicó un tratamiento distinto. Cada lote se pesó para calcular el rendimiento por tratamientos.

### **Preparación de la salmuera, solución de tripolifosfato de sodio (TPS) y otras soluciones.**

Se prepararon salmueras de NaCl o sal de mesa (Sales del Istmo S.A. de C.V., Coatzacoalcos Ver.) de 80° y 50° salinos mediante la disolución de

267 g y 152 g de sal respectivamente en un litro de agua. Cuando a la salmuera se le agregó sal praga (Laboratorios Griffith de México S.A. de C.V.), se reemplazaron 2g de NaCl por 2g de esta sal por litro de agua. Todas las salmueras utilizadas en los tratamientos de la fase experimental contenían sal praga.

Se elaboró una solución al 4% de tripolifosfato de sodio (TPS, Ex Calibur, Illinois, U.S.A.), disolviendo 40g/L (Salvador, 1992). Se preparó una solución glaseadora al 6.6% (peso/vol.) con el producto comercial Ham Glaze (Ex Calibur, Chicago, IL), cuyos componentes son: azúcar, gelatina, especias y fosfato tricálcico. La solución se preparó a 82°C siguiendo las instrucciones del fabricante. Cuando se utilizó esta solución, su aplicación (inmersión por 2" a 20-22°C) fue posterior a la inmersión en la salmuera y el reposo en agua. Se preparó una solución de colorante café caramelo al 5% (peso/vol.) con el producto comercial Castells (Laboratorios Castells, S.A., México). Cuando se utilizó esta solución, su aplicación (inmersión por 2" a 20-22°C) fue posterior a la inmersión en la salmuera y reposo en agua. Se prepararon soluciones acuosas de azúcar al 20, 40 y 50%. Cuando se utilizaron estas soluciones, su aplicación (inmersión por 2" a 20-22°C) fue posterior a la inmersión en la salmuera y reposo en agua (Cuadro 3). Salmueras y soluciones se mantuvieron



en garrafrones de 19 L a 5°C por un tiempo de 24 horas antes de su utilización. Se elaboraron salmueras y soluciones nuevas para cada corrida preliminar o experimental.

### **Tratamientos Previos al Proceso de Ahumado**

El Cuadro 2 resume los tratamientos a los cuales fueron sometidos los lotes de camarón previo al proceso de ahumado. La Figura 2 muestra el diagrama de flujo global del desarrollo experimental del presente trabajo.

a) Inmersión en solución de TPS.- Todos los lotes excepto el control, se sometieron inicialmente a un tratamiento con TPS. Los tratamientos fueron los siguientes:

- 
- 1, Control (No TPS).
  - 2, Inmersión en sol. 4% TPS.
  - 3, Masajeado al vacío en sol. 4% TPS.
  - 4, Masajeado al vacío en sol. 4% TPS + 1% Humo líquido.
-

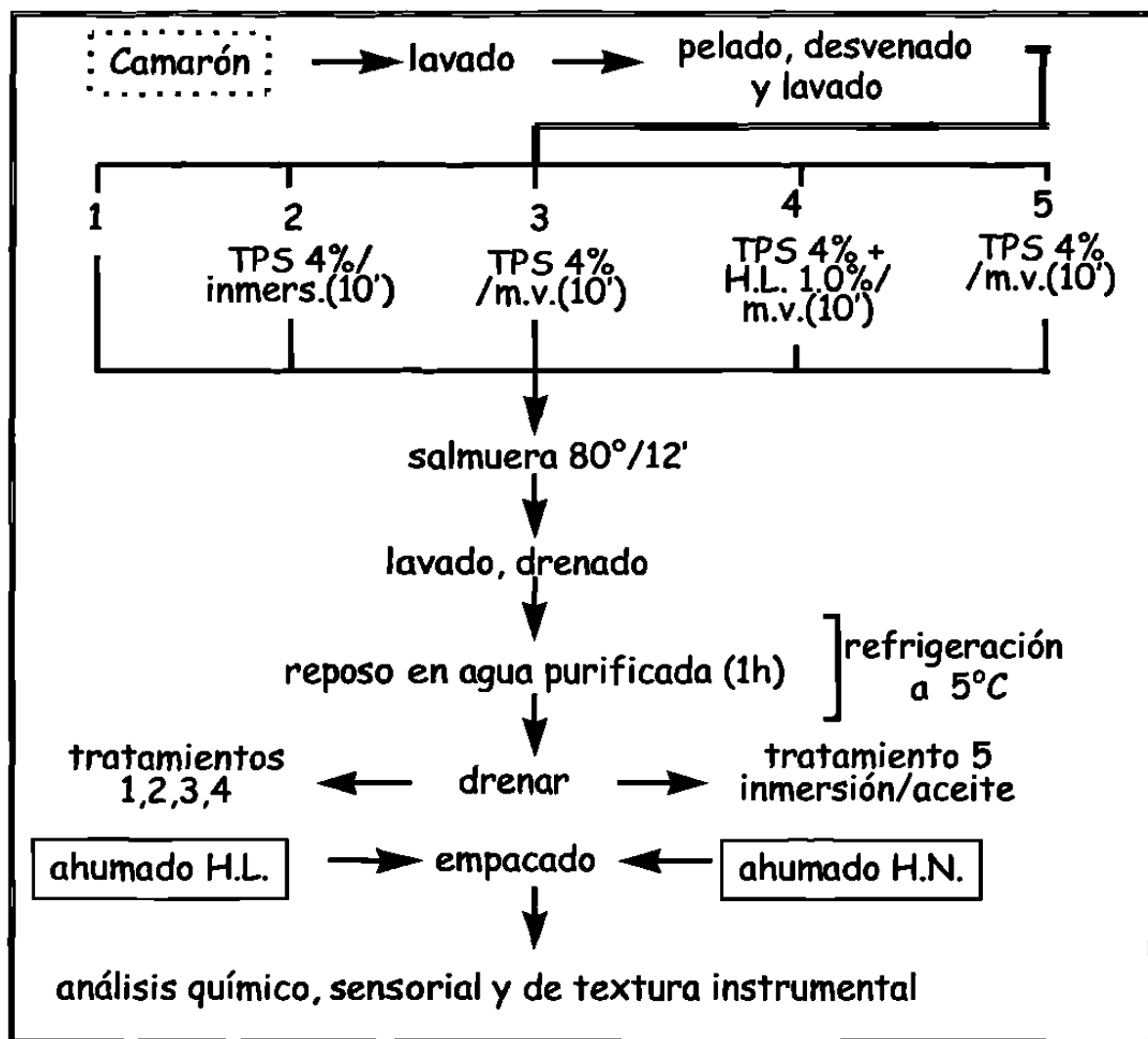
**Cuadro 2. Tratamientos Previos al Proceso de Ahumado de Camarón.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Sol. TPS 4.0%</b>	<b>Sol. TPS 4.0% + Humo Líquido</b>	<b>Inmersión</b>	<b>Masajeado</b>	<b>Salmuera 80°</b>
<b>1</b>	-	-	-	-	<b>X</b>
<b>2</b>	<b>X</b>	-	<b>X</b>	-	<b>X</b>
<b>3</b>	<b>X</b>	-	-	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>4</b>	-	<b>X</b>	-	<b>X</b>	<b>X</b>

TPS: tripolifosfato de sodio.

Para el pre-tratamiento 2, cada lote de camarón se sumergió en la solución (5-10°C) de TPS (relación 1:3 camarón:solución), por 10 min con agitación ocasional. En los tratamientos que incluyeron masajeado (3,4), el lote de camarón y las solución de TPS (5-10°C) se introdujeron al masajeador (Suhner AG, Bremgarten, Suiza). El masajeador se cerró herméticamente y se accionó a 7 RPM por 10 min. La solución de TPS del tratamiento 4, contenía además el 1% (v/v) de humo líquido Royal Smoke® (Laboratorios Griffith de México S.A. de C.V.) (Cuadro 3). Posterior al tratamiento, el camarón se drenó para ser sumergido posteriormente a la salmuera. Las soluciones de TPS resultantes después de la aplicación de los tratamientos (2,3,4), se guardaron en congelación para la determinación posterior de pH y nitrógeno total.

**Figura 2. Diagrama de flujo de las actividades incluidas en el proceso de ahumado de camarón utilizado en el presente trabajo.**



b) Inmersión en salmuera.- Todos los lotes provenientes de los pre-tratamientos anteriormente señalados, se sumergieron por 12 min en la salmuera de 80° salinos (5-10°C), con agitación ocasional. Posteriormente,

se enjuagaron con agua fría y se dejaron reposar por 1h en agua purificada en refrigeración a 5° C. Posteriormente se drenó el agua del camarón.

### **Condiciones del Proceso de Ahumado.**

**Ensayos preliminares y diseño de producto.-** Se realizaron 11 ensayos preliminares. Seis para determinar las condiciones del proceso de ahumado con humo líquido (Cuadro 3) y 5 para las condiciones de ahumado con madera de mezquite (Cuadro 4). Lotes de camarón provenientes de todos los pre-tratamientos (Cuadro 2) se sometieron a los 11 ensayos preliminares. Se utilizó un ahumador Enviro-Pak Modelo CVU-350 (Tech-Mark Inc., Portland, OR), con flujo de aire horizontal.

**Preacondicionamiento.-** Los lotes sometidos a los pre-tratamientos se colocaron en rejillas e introdujeron a la cámara del ahumador. Se colocó un termopar en el interior de uno de los camarones para registrar la temperatura interna del producto. Posteriormente se cerró la cámara y se procedió a alimentar al ahumador con las condiciones del proceso: temperatura, entrada y salida de aire, etc. (Cuadros 3 y 4). Se registraron la temperatura de la cámara e interna del producto y el % de humedad relativa (H.R.).

**Ahumado con humo líquido.-** Durante el ahumado con humo líquido se mantuvo cerrada la salida de aire del ahumador al exterior, mientras que la salida de humo por la espreea del depósito de humo hacia la cámara abierta y en presencia de aireación para la mejor distribución del humo en toda la cámara (Cuadros 3 y 4). Durante el todo el proceso no se abrió la puerta de la cámara del ahumador.

**Ahumado con humo natural.-** El generador de humo de madera se mantuvo prendido 10 minutos antes de iniciar el proceso para asegurar la entrada de humo durante el tiempo requerido. Las etapas del proceso (ahumado, cocimiento y pasteurización) donde se aplico humo se indican en el Cuadro 4. La salida de aire del ahumador al exterior se mantuvo cerrada y la salida de humo por la descarga del generador abierta, en presencia de aireación para una mejor distribución del humo en toda la cámara. La puerta de la cámara del ahumador se mantuvo cerrada durante todo el proceso.

**Reposo.-** Las condiciones de esta etapa se señalan en los Cuadros 3 y 4. Se eliminó la aireación y alimentación de humo para promover y facilitar el depósito de partículas de humo sobre la superficie del producto.

Cuadro 3. Ensayos Preliminares del Proceso de Ahumado de Camarón con Humo Líquido.

Preliminares de ahumado	1	2	3	4	5	6
Preacondicionamiento en cámara	27°C (80°F)/20'+ 49°C (120°F)/10'	38°C (100°F)/10'	38°C (100°F)/10'	38°C (100°F)/10'	38°C (100°F)/10'	38°C (100°F)/10'
ahumado	49°C (120°F)/10'	49°C (120°F)/10'	49°C (120°F)/10'	49°C (120°F)/10'	49°C (120°F)/6'	49°C (120°F)/6'
reposo	49°C (120°F)/5' no aireación no humo	49°C (120°F)/5' no aireación no humo	49°C (120°F)/5' no aireación no humo	49°C (120°F)/5' no aireación no humo	49°C (120°F)/5' no aireación no humo	49°C (120°F)/5' no aireación no humo
coclimiento	60°C (140°F)/30' aireación 90% H.R.* no humo	60°C (140°F)/30' aireación 90% H.R. no humo	60°C (140°F)/15' aireación 90% H.R. no humo	60°C (140°F)/30' aireación 90% H.R. no humo	60°C (140°F)/30' aireación 90% H.R. no humo	60°C (140°F)/30' aireación 90% H.R. no humo
pasteurización	72°C (162°F)/5' aireación 90% H.R. no humo	72°C (162°F)/5' aireación 90% H.R. no humo	72°C (162°F)/15' aireación 90% H.R. no humo	72°C (162°F)/5' aireación 90% H.R. no humo	72°C (162°F)/5' aireación 90% H.R. no humo	72°C (162°F)/5' aireación 90% H.R. no humo
variantes en pretratamientos	No sal praga. No reposo en agua	No sal praga Inmersión en solución glaseadora	Salmuera 50°/10'. Reposo en agua/30'. No sal praga	Sal praga	Sal praga	Sal praga Inmersión en sol. colorante y solución de azúcar (40%)

\* H.R. = Humedad relativa.

**Cuadro 4. Ensayos Preliminares del Proceso de Ahumado de Camarón con Humo Natural de Madera de Mezquite.**

<b>Preliminares de ahumado</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>Preacondicionamiento en cámara ahumado</b>	38°C (100°F)/10' 49°C (120°F)/20'	38°C (100°F)/10' 49°C (120°F)/10'	38°C (100°F)/10' 49°C (120°F)/10'	38°C (100°F)/10' 49°C (120°F)/10'	38°C (100°F)/10' 49°C (120°F)/6' 49°C (120°F)/5'
<b>reposo</b>	no se aplica	no se aplica	no se aplica	no se aplica	no aireación humo
<b>Cocimiento</b>	60°C (140°F)/30' aireación 90% H.R.* no humo	60°C (140°F)/30' aireación 90% H.R. humo	60°C (140°F)/15' aireación 90% H.R. humo	60°C (140°F)/30' aireación 90% H.R. humo	60°C (140°F)/30' aireación 90% H.R. humo
<b>Pasteurización</b>	72°C (162°F)/5' aireación 90% H.R. no humo	72°C (162°F)/5' aireación 90% H.R. humo	72°C (162°F)/15' aireación 90% H.R. humo	72°C (162°F)/5' aireación 90% H.R. humo	72°C (162°F)/2' aireación 90% H.R. humo
<b>Variantes en pretratamientos</b>	Sal praga Inmersión en sol. De azúcar (40%)	Sal praga	Sal praga. Inmersión en aceite.	Sal praga Inmersión en aceite.	Sal praga. Inmersión en aceite.

\* H.R. = Humedad relativa.

**Cocimiento.-** Se procedió a aumentar la temperatura de la cámara hasta que la temperatura interna del producto alcanzara los 60°C. Una vez en esta temperatura se mantuvo constante por 30 min. bajo condiciones de baja aireación y 88-90% H.R. El uso de humo en esta etapa se señala en los Cuadro 3 y 4.

**Pasteurización.-** La temperatura de la cámara del ahumador se elevó para alcanzar una temperatura interna del producto de 72°C (162°F), manteniéndola por 2 minutos. La duración de esta etapa fue aproximadamente de 30 minutos, incluyendo el tiempo necesario para alcanzar los 72°C (Cuadros 3 y 4).

**Empaque y almacenamiento.-** Al finalizar el proceso se apagó el ahumador y se colectaron los camarones. Se enfriaron a temperatura ambiente y se colocaron en bolsas de plástico para vacío previamente etiquetadas, identificando los tratamientos. Cada bolsa contenía entre 850 y 900 g. Se sellaron al vacío en una máquina Supervac® Modelo GK-185 (Maecor, International Ltd, Austria). Las bolsas se almacenaron en charolas de plástico cubiertas con hielo en una cámara refrigeradora a 5°C, hasta su uso posterior para las evaluaciones correspondientes, período que no excedió las 24 horas.



## **Análisis Químicos**

**Proximal.-** El análisis proximal del camarón pelado y desvenado y de los diferentes productos ahumados se realizó siguiendo las metodologías propuestas en el manual AOAC (1990). Se utilizó muestra molida en un procesador Cuisinart DLC-8 Plus (Cuisinarts, Inc. USA.), para facilitar el manejo de las mismas. La determinación de humedad se llevo a cabo mediante el método gravimétrico (950.46 AOAC, 1990); cenizas, por incineración y gravimétrico (938.08, AOAC, 1990). Muestras molidas y frescas se colocaron en cajas petri de vidrio y se llevaron a la estufa a 98°C para secarse. Después de 24 horas se colocaron en un mortero de porcelana y se molieron para realizar las determinaciones de proteína por el método Kjeldahl de digestión (955.04, AOAC, 1990), y grasa por extracción con solventes (960.39, AOAC, 1990). El contenido de proteína en las soluciones de polifosfato posteriores a su uso fue determinado por Kjeldahl (955.04, AOAC, 1990).

**pH.-** Se determinó a la solución de polifosfatos utilizada en los pre-tratamientos 2, 3 y 4 a temperatura ambiente, siguiendo la metodología de Woyewoda y col. (1986), utilizando un potenciómetro Corning pH meter 240 (Corning, Science Products, NY).

**Sal.-** La determinación de la concentración de sal en el camarón ahumado se llevó a cabo por el método de Mohr, (941.18, AOAC, 1990) para la cuantificación de cloruros, como cloruro de sodio, en productos marinos. La determinación se hizo a partir de la obtención de las cenizas provenientes del análisis proximal.

**Nitritos.-** Se utilizaron muestras secas y molidas, utilizando el método colorimétrico 950.01 (AOAC, 1990), con reactivos precipitadores de proteína. Se utilizó un espectrofotómetro Perkin-Elmer, Modelo Lambda 3A (Perkin Elmer de México, S.A. de C.V., México, D.F.), y cubetas de cuarzo Sílica, S-10c UV/VIS, (SIGMA, México).

**Fosfatos.-** Se determinaron mediante el método colorimétrico 965.17 (AOAC, 1990), en un espectrofotómetro Perkin-Elmer, Modelo Lambda 3A, con cubetas de cuarzo Sílica S-10c UV/VIS.

### **Análisis Sensorial.**

Se utilizó un panel no entrenado de 15 personas para evaluar las características de aceptación general, color, olor, sabor y textura del producto ahumado. Para cada uno de estos atributos se utilizó una escala hedónica de 9 puntos y análisis descriptivo, siguiendo las recomendaciones de Larmond (1977). El formato de las hojas de evaluación se muestra en la Figura 3.

Durante la evaluación se utilizó únicamente luz blanca. Se dieron a probar muestras de cada tratamiento, marcados con una clave anónima y en distinto orden para cada uno de los evaluadores. Entre muestras se proporcionó agua purificada y galletas saladas para eliminar o disminuir lo más posible el sabor de la muestra anterior. Se le pidió al evaluador que anotara sus observaciones en el formato.

### **Análisis Instrumental de Textura.**

Se utilizó una máquina universal de medición de textura Instron Modelo 1130 (Instron Corp. Canton, MA) con una celda de 500 kg y el aditamento kramer, para determinar el esfuerzo (kgf) y trabajo (kgf.cm) requeridos para el

Figura 3. Formulario para la evaluación sensorial de los tratamientos.

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y DESARROLLO, A.C.**  
**EVALUACION SENSORIAL DE CAMARON AHUMADO**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 1997.

Se le proporcionará una serie de muestras para evaluar las dos secciones simultáneamente (I y II). Evalúe las muestras en base a las características propuestas en orden de mayor a menor aceptación, si tiene alguna observación no olvide anotarla! Al final de la sección II se da una serie de características para facilitar la descripción.

Pruebe las muestras de izquierda a derecha e indique su aceptación de acuerdo con la escala marcando (X ó ✓) la que considere más apropiada para la muestra correspondiente. Es importante que no olvide anotar la clave de la muestra que evaluó.

SECCION I			
Clave:	Clave:	Clave:	Clave:
Gusta muchísimo	Gusta muchísimo	Gusta muchísimo	Gusta muchísimo
Gusta mucho	Gusta mucho	Gusta mucho	Gusta mucho
Gusta moderadamente	Gusta moderadamente	Gusta moderadamente	Gusta moderadamente
Gusta poco	Gusta poco	Gusta poco	Gusta poco
Ni gusta ni disgusta	Ni gusta ni disgusta	Ni gusta ni disgusta	Ni gusta ni disgusta
Disgusta poco	Disgusta poco	Disgusta poco	Disgusta poco
Disgusta moderadamente	Disgusta moderadamente	Disgusta moderadamente	Disgusta moderadamente
Disgusta mucho	Disgusta mucho	Disgusta mucho	Disgusta mucho
Disgusta muchísimo	Disgusta muchísimo	Disgusta muchísimo	Disgusta muchísimo
<b>OBSERVACIONES</b>			

**SECCION II**

**COLOR:**

0 Incoloro  
10 Extremadamente oscuro

**OLOR:**

0 Inoloro  
10 Extremadamente fuerte

**SABOR A HUMO:**

0 Sin sabor a humo  
10 Extremadamente fuerte

**TEXTURA:**

0 Extremadamente mala  
10 Extremadamente buena

**ACEPTACION GENERAL:**

0 Inaceptable  
10 Extremadamente aceptable

- Color: Rosado, Rojizo, Oscuro, Café.*  
*Olor: Inoloro, Humo ligero, Humo fuerte.*  
*Sabor: Camarón cocido, Humo ligero, Humo fuerte, Dulce, Salado, Acido, Amargo*

corte de las muestras. Las velocidades de cabezal y carta fueron de 20 y 10 cm/min respectivamente (Ramírez Suárez, 1995).

Para cada determinación, un camarón ahumado se colocó dentro del aditamento perpendicularmente al sentido de las ranuras. A cada camarón utilizado se le determinó su peso, para el cálculo del esfuerzo y trabajo por unidad de peso (g).

Previamente a los análisis de sensoriales y de evaluación instrumental de textura, las muestras de camarón ahumado utilizadas se mantuvieron a 5°C por un período no mayor de 24 horas. Los camarones utilizados en ambos análisis se encontraban a temperatura ambiente (20-22°C) al momento de su evaluación.

### **Análisis Estadístico.**

Para todos los tratamientos experimentales se realizaron cuatro repeticiones. Todos los análisis químicos fueron realizados por duplicado. Para el análisis instrumental de textura se utilizaron 5 camarones por tratamiento. Se utilizó un diseño completamente al azar, aplicándose un análisis de varianza de

un solo factor y prueba de rango múltiple Tuckey cuando fue necesario. Ambos análisis se realizaron con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) del 5%.

Para la evaluación sensorial se utilizó un diseño de bloques, utilizando como criterio de bloqueo al panelista. Se realizaron cuatro repeticiones. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza de un solo factor y prueba de rango múltiple Tuckey cuando fue necesario. Ambos análisis se realizaron con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) del 5% (Reyes, 1987; Montgomery, 1991).

# RESULTADOS Y DISCUSION

## Composición Proximal.

En los Cuadros 5 y 6 se muestra la composición proximal de la fracción comestible de la especie de camarón utilizada en el presente estudio. Los resultados obtenidos son similares a los reportados en la literatura para diferentes especies de camarón de los géneros *Penaeus* (Nettleton, 1984) y *Aristeus* (Karakoltsidis y col., 1995). De igual forma, se muestra la composición proximal de los camarones resultantes de los diferentes tratamientos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase preliminar del presente estudio (Cuadro 5) y mediante la evaluación por el equipo de trabajo que colaboró para determinar las mejores condiciones para evaluar el proceso, se determinó eliminar los tratamientos de ahumado con humo natural. Las características magras de la materia prima impidieron el depósito adecuado de humo sobre la superficie del producto, resultando en un producto con un muy ligero sabor a humo. Se determinó adicionar un tratamiento de ahumado natural con inmersión en TPS (4%) y masajeado al vacío, inmerso además en aceite comestible, para evaluar esta nueva condición en el depósito de humo



natural en la superficie del camarón. A este tratamiento se le denominó tratamiento 5 (Figura 2).

**Cuadro 5. Composición proximal del camarón sometido a los diferentes procesos de ahumado. Etapa preliminar.**

<b>Ahumado con humo líquido.</b>						
<b>Contenido (%) Tratamiento</b>	<b>Humedad</b>	<b>Materia Seca</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Ceniza</b>	<b>N.N.P.</b>
<b>Camarón fresco</b>	79.53 ±0.52	20.47 ± 0.52	15.93 ± 0.83	0.16 <sup>a</sup> ± 0.01	1.26 <sup>a</sup> ± 0.04	0.02 <sup>a</sup> ± 0.001
<b>1. Control</b>	78.10 ± 2.34	21.90 ± 2.34	17.28 ± 2.19	0.26 <sup>ab</sup> ± 0.12	2.35 <sup>b</sup> ± 1.12	0.07 <sup>b</sup> ± 0.001
<b>2. Inmersión TPS 4%</b>	77.64 ± 1.57	22.36 ± 1.57	17.58 ± 1.96	0.27 <sup>ab</sup> ± 0.07	2.49 <sup>ab</sup> ± 0.83	0.07 <sup>b</sup> ± 0.002
<b>3. Masajeado TPS 4%</b>	78.17 ± 2.92	21.83 ± 0.92	17.97 ± 1.27	0.32 <sup>bc</sup> ± 0.08	2.74 <sup>b</sup> ± 0.94	0.07 <sup>b</sup> ± 0.002
<b>4. Masajeado TPS4%+HL</b>	77.98 ± 1.22	22.02 ± 1.22	17.66 ± 1.70	0.35 <sup>c</sup> ± 0.15	2.69 <sup>b</sup> ± 1.06	0.07 <sup>b</sup> ± 0.001
<b>Probabilidad</b>	0.12	0.12	0.37	< 0.05	< 0.05	< 0.05
<b>Ahumado con humo natural.</b>						
<b>Contenido (%) Tratamiento</b>	<b>Humedad</b>	<b>Materia Seca</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Ceniza</b>	<b>N.N.P.</b>
<b>Camarón fresco</b>	79.53 ±0.52	20.47 ± 0.52	15.93 <sup>a</sup> ± 0.83	0.16 <sup>a</sup> ± 0.01	1.26 <sup>a</sup> ± 0.04	0.02 <sup>a</sup> ± 0.001
<b>1. Control</b>	79.53 ±0.52	20.47 ± 0.52	15.93 <sup>ab</sup> ± 0.83	0.16 <sup>ab</sup> ± 0.01	1.26 <sup>b</sup> ± 0.04	0.07 <sup>b</sup> ± 0.002
<b>2. Inmersión TPS 4%</b>	78.06 ± 1.93	21.94 ± 1.93	17.07 <sup>a</sup> ± 0.95	0.29 <sup>ab</sup> ± 0.07	2.58 <sup>c</sup> ± 0.43	0.07 <sup>b</sup> ± 0.001
<b>3. Masajeado TPS 4%</b>	78.17 ± 1.97	21.83 ± 1.97	17.35 <sup>a</sup> ± 1.17	0.32 <sup>b</sup> ± 0.09	3.01 <sup>d</sup> ± 0.36	0.07 <sup>b</sup> ± 0.001
<b>4. Masajeado TPS4%+HL</b>	78.07 ± 2.08	21.93 ± 2.08	17.00 <sup>a</sup> ± 1.28	0.36 <sup>b</sup> ± 0.14	3.14 <sup>d</sup> ± 0.35	0.07 <sup>b</sup> ± 0.01
<b>Probabilidad</b>	0.51	0.51	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

**Cuadro 5. Continuación.**

<b>Ahumado con humo natural e inmersión en aceite comestible.</b>						
<b>Contenido (%) Tratamiento</b>	<b>Humedad</b>	<b>Materia Seca</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Ceniza</b>	<b>NNP</b>
<b>Camarón fresco</b>	79.53 <sup>ab</sup> ±0.52	20.47 <sup>ab</sup> ± 0.52	15.93 ± 0.83	0.16 <sup>a</sup> ± 0.01	1.26 <sup>a</sup> ± 0.04	0.02 <sup>a</sup> ± 0.001
<b>1. Control</b>	79.53 <sup>ab</sup> ±0.52	20.47 <sup>ab</sup> ± 0.52	15.93 ± 0.83	0.16 <sup>a</sup> ± 0.01	1.26 <sup>b</sup> ± 0.04	0.07 <sup>b</sup> ± 0.002
<b>2. Inmersión TPS 4%</b>	76.82 <sup>b</sup> ± 1.64	23.18 <sup>b</sup> ± 1.64	17.41 ± 1.21	0.57 <sup>ab</sup> ± 0.09	2.86 <sup>c</sup> ± 0.39	0.07 <sup>b</sup> ± 0.001
<b>3. Masajeado TPS 4%</b>	76.74 <sup>b</sup> ± 1.33	23.26 <sup>b</sup> ± 1.33	16.75 ± 0.22	0.57 <sup>ab</sup> ± 0.18	3.07 <sup>cd</sup> ± 0.23	0.07 <sup>b</sup> ± 0.01
<b>4. Masajeado TPS4%+HL</b>	76.62 <sup>b</sup> ± 2.20	23.38 <sup>b</sup> ± 2.20	18.04 ± 2.75	0.86 <sup>b</sup> ± 0.24	3.69 <sup>d</sup> ± 0.85	0.07 <sup>b</sup> ± 0.02
<b>Probabilidad</b>	< 0.05	< 0.05	0.47	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Resultados expresados en Base Húmeda. n = 12. NNP= Nitrógeno no proteico. TPS: tripolifosfato de sodio. HL: humo líquido.

Valores en la misma columna y con igual superíndice son estadísticamente iguales ( $p \geq 0.05$ )

En forma general, los tratamientos en los que se utilizó humo natural perdieron mas humedad, incluidos aquellos con TPS, ya que el tiempo de procesado fue mas prolongado. En la fase experimental se evaluaron los tratamientos presentados en el Cuadro 6; 4 para ahumado con humo líquido y uno con humo natural (inmersión en aceite).

Los resultados en el Cuadro 6 muestran el efecto desecante al comparar la composición proximal de los camarones sujetos al ahumado con el camarón fresco ( $p < 0.05$ ); sin embargo, no se observó un efecto significativo ( $p \geq 0.05$ ) por

el tratamiento. En términos promedio la reducción en el contenido de humedad fue del 5%.

**Cuadro 6. Composición proximal del camarón ahumado con humo líquido, y humo natural. Etapa experimental.**

<b>Ahumado con humo líquido.</b>						
<b>Contenido (%) Tratamiento</b>	<b>Humedad</b>	<b>Materia Seca</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Ceniza</b>	<b>N.N.P.</b>
<b>Camarón fresco</b>	79.53 <sup>a</sup> ±0.52	20.47 <sup>a</sup> ± 0.52	15.93 <sup>a</sup> ± 0.83	0.16 <sup>a</sup> ± 0.01	1.26 <sup>a</sup> ± 0.04	0.02 <sup>a</sup> ± 0.001
<b>1. Control</b>	74.82 <sup>b</sup> ± 1.26	25.18 <sup>b</sup> ± 1.26	19.69 <sup>bc</sup> ± 1.39	0.39 <sup>a</sup> ± 0.32	1.78 <sup>b</sup> ± 0.28	0.03 <sup>b</sup> ± 0.02
<b>2. Inmersión TPS 4%</b>	75.28 <sup>b</sup> ± 1.65	24.72 <sup>b</sup> ± 1.65	18.67 <sup>bc</sup> ± 1.04	0.41 <sup>ab</sup> ± 0.13	1.88 <sup>b</sup> ± 0.21	0.03 <sup>bc</sup> ± 0.002
<b>3. Masajeado TPS 4%</b>	76.55 <sup>b</sup> ± 1.13	23.45 <sup>b</sup> ± 1.13	19.14 <sup>bc</sup> ± 1.24	0.37 <sup>a</sup> ± 0.11	2.35 <sup>c</sup> ± 0.10	0.02 <sup>c</sup> ± 0.001
<b>4. Masajeado TPS4%+HL</b>	75.65 <sup>b</sup> ± 1.43	24.35 <sup>b</sup> ± 1.43	19.14 <sup>bc</sup> ± 1.24	0.40 <sup>bc</sup> ± 0.12	2.54 <sup>cd</sup> ± 0.52	0.03 <sup>c</sup> ± 0.002
<b>Ahumado con humo natural e inmersión en aceite.</b>						
<b>Tratamiento</b>	<b>Humedad</b>	<b>Materia Seca</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Ceniza</b>	<b>NNP</b>
<b>5. Masajeado TPS 4%</b>	76.58 <sup>b</sup> ± 1.37	23.42 <sup>b</sup> ± 1.37	18.47 <sup>c</sup> ± 1.08	0.88 <sup>c</sup> ± 0.28	2.87 <sup>d</sup> ± 0.24	0.03 <sup>c</sup> ± 0.001
<b>Probabilidad</b>	< 0.05	< 0.05	<0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Resultados expresados en Base Húmeda. n = 12. NNP= Nitrógeno no proteico.

Valores en la misma columna y con igual superíndice son estadísticamente iguales ( $p \geq 0.05$ )

### Acción del TPS.

En el Cuadro 7 se muestra el efecto del uso de TPS en la absorción de agua durante los tratamientos previos al proceso de ahumado. Se observó una tendencia, aunque no significativa ( $p \geq 0.05$ ), a aumentar la capacidad de absorción de agua por el uso de TPS y del masajeado al vacío. Los resultados sugieren que el uso de polifosfatos durante el proceso de preparación de muestras para ahumado pudiese aumentar significativamente los rendimientos esperados.

**Cuadro 7. Rendimientos de los tratamientos experimentales.**

Tratamiento	Peso camarón fresco (%)	Peso camarón tratado (%)	Peso camarón ahumado (%)
1. Control	100%	101.7 ± 4.8%	74.7 ± 9.0%
2. TPS 4% inmersión	100%	106.1 ± 9.3%	75.7 ± 8.9%
3. TPS4% mv	100%	110.1 ± 11.5%	78.5 ± 11.1%
4. TPS4% + HL/mv	100%	108.5 ± 9.8%	78.3 ± 12.2%
5. TPS4%/mv + aceite	100%	106.5 ± 5.1%	77.2 ± 3.8%
<b>Probabilidad</b>		<b>&gt;0.05</b>	<b>&gt;0.05</b>

TPS: tripolifosfato de sodio; mv: masajeado al vacío; HL/mv: humo líquido y masajeado al vacío

### Análisis de Nitritos y Fósforo.

Según las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), los resultados obtenidos durante las fases preliminar y experimental para el contenido de fosfatos

(NOM-029-SSA1-1993) y nitritos (NOM-129-SSA1-1995) en el producto final, no rebasaron los límites establecidos para ellos (Cuadro 8 y 9). Los valores recomendados para un producto de esta naturaleza son: fosfatos, 5,000 ppm (expresado como  $P_2O_5$ ) y nitritos, 156 ppm (expresados como nitrito de sodio).

El efecto del masajeado en la absorción de sal no fue significativo ( $p \geq 0.05$ ) como se observa en el Cuadro 8. Durante la etapa preliminar el valor promedio de WPS (water phase salt) expresado como: (% sal en producto final)/(% humedad + % sal en el producto final) fue de 3.2%, dando productos salados. La regulación sanitaria de protección contra la germinación de esporas de *Clostridium botulinum* de la FDA para productos pesqueros ahumados, establece un mínimo de 3.5% WPS; sin embargo, procesadores norteamericanos señalan que este valor es alto dando como resultado productos salados (Hilderbrand, 1981a). Durante la etapa experimental, se redujo la concentración de sal en la salmuera para todos los tratamientos, obteniendo en el producto final un valor WPS de 1.4%. Como protección alternativa contra el *Clostridium botulinum*, se manejó el proceso de ahumado mismo, así como la recomendación de mantener el camarón ahumado durante su almacenamiento en condiciones de aerobiosis si las temperaturas fuesen superiores a 3.3°C.

La concentración de la solución de TPS utilizada se definió en base a los estudios realizados por Tenhet y col. (1981b), relacionados con la penetración del TPS en camarón fresco y congelado. Los resultados en los Cuadros 8 y 9 muestran una amplia variación en la absorción de fósforo por el camarón. La literatura reporta que la determinación de fosfato residual en camarones tratados es complicada debido a altas variaciones en el contenido endógeno en el músculo del camarón y a la facilidad con que los polifosfatos se degradan a ortofosfatos (Ravelo y col., 1995). No obstante lo anterior, se observa una tendencia en el aumento de la absorción de fosfatos por el uso de la tecnología del masajeado al vacío, lo cual concuerda con los resultados de Tenhet y col. (1981b), y Ravelo y col. (1995).

La tendencia observada en el aumento de la absorción de fosfatos debido al masajeado con vacío (Cuadros 8 y 9), se confirma al analizar los resultados en el Cuadro 7, donde se observa un mayor peso de los camarones sometidos a dicho tratamiento y un mayor rendimiento después del ahumado. Lo anterior demuestra la conveniencia del uso de polifosfatos para prevenir una pérdida excesiva de peso (agua) durante el tratamiento térmico del camarón, traduciéndose en mejores rendimientos.

**Cuadro 8. Contenidos de sal, fosfatos y nitritos en camarón ahumado.****Fase preliminar.**

<b>Humo Líquido</b>						
<b>Tratam.</b>	<b>Camarón fresco</b>	<b>1 Control</b>	<b>2 TPS/inm.</b>	<b>3 TPS/mv</b>	<b>4 TPS+HL/mv</b>	<b>p</b>
<b>Sal (%/gmh*)</b>	0.076 ± 0.003	1.85 ± 1.64	2.01 ± 1.45	2.07 ± 1.54	2.13 ± 1.63	<b>0.19</b>
<b>Fósforo (ppm/gmh)</b>	1450.5 <sup>a</sup> ± 35.5	2086.7 <sup>b</sup> ± 259.9	2048.0 <sup>b</sup> ± 24 9.1	2036.6 <sup>b</sup> ± 397.8	1923.1 <sup>b</sup> ± 359.4	<b>&lt; 0.05</b>
<b>Nitritos (ppm/gmh)</b>	6.28 ± 1.59	11.2 ± 4.3	9.28 ± 4.2	11.9 ± 5.0	12.9 ± 6.9	<b>0.28</b>
<b>Humo Natural</b>						
<b>Tratam.</b>	<b>Camarón fresco</b>	<b>1 Control</b>	<b>2 TPS/inm.</b>	<b>3 TPS/mv</b>	<b>4 TPS+HL/mv</b>	<b>p</b>
<b>Sal (%/gmh)</b>	0.076 <sup>a</sup> ± 0.003	1.58 <sup>b</sup> ± 0.37	2.28 <sup>c</sup> ± 0.83	2.34 <sup>c</sup> ± 0.33	2.64 <sup>c</sup> ± 0.53	<b>&lt; 0.05</b>
<b>Fósforo (ppm/gmh)</b>	1450.52 <sup>b</sup> ± 35.5	2741.6 <sup>ab</sup> ± 636.5	3071.5 <sup>ac</sup> ± 859.4	3887.8 <sup>c</sup> ± 1120.6	3791.6 <sup>ac</sup> ± 903.1	<b>&lt; 0.05</b>
<b>Nitritos (ppm/gmh)</b>	6.28 <sup>a</sup> ± 1.6	63.8 <sup>b</sup> ± 40.0	61.5 <sup>b</sup> ± 33.5	71.2 <sup>b</sup> ± 43.4	59.6 <sup>b</sup> ± 30.6	<b>&lt; 0.05</b>
<b>Humo Natural con inmersión en aceite</b>						
<b>Tratam.</b>	<b>Camarón fresco</b>	<b>1 Control</b>	<b>2 TPS/inm.</b>	<b>3 TPS/mv</b>	<b>4 TPS+HL/mv</b>	<b>p</b>
<b>Sal (%/gmh)</b>	0.076 <sup>a</sup> ± 0.003	1.61 <sup>b</sup> ± 0.23	2.71 <sup>c</sup> ± 0.46	2.32 <sup>bc</sup> ± 0.17	2.64 <sup>c</sup> ± 0.54	<b>&lt; 0.05</b>
<b>Fósforo (ppm/gmh)</b>	1450.5 <sup>a</sup> ± 35.5	2990.7 <sup>b</sup> ± 86.4	3405.6 <sup>c</sup> ± 184.4	4562.9 <sup>d</sup> ± 152.8	4407.2 <sup>d</sup> ± 202.0	<b>&lt; 0.05</b>
<b>Nitritos (ppm/gmh)</b>	6.28 <sup>a</sup> ± 1.6	86.3 <sup>b</sup> ± 4.94	86.6 <sup>b</sup> ± 20.0	113.9 <sup>c</sup> ± 7.8	72.7 <sup>b</sup> ± 4.6	<b>&lt; 0.05</b>

\* gramo de muestra húmeda.

Valores en el mismo renglón y con igual superíndice son estadísticamente iguales ( $p \geq 0.05$ ).

TPS: tripolifosfato de sodio; mv: masajeado al vacío; HL/mv: humo líquido y masajeado al vacío.

p: probabilidad.

El contenido de nitritos en el camarón ahumado, prácticamente no presentó diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) por efecto de los diferentes tratamientos. Sin embargo, nuevamente se observa la tendencia a aumentar la absorción de este compuesto por el uso del masajeado con vacío. Las concentraciones residuales detectadas estuvieron muy por debajo del límite permisible (156 ppm), por lo que se deberá considerar para estudios futuros aumentar su concentración y así garantizar una mayor protección contra la germinación de esporas de *Clostridium botulinum* que pudiese presentarse bajo condiciones de anaerobiosis.

**Cuadro 9. Contenidos de sal, fosfatos y nitritos en camarón ahumado. Fase experimental.**

Ahumado Tratam.	H. líquido					H. Natural	P
	Camarón fresco	1 Control	2 TPS/inm.	3 TPS/mv	4 TPS+HL/mv	5 TPS/mv + Inm.aceite	
Sal (%)	0.07 <sup>a</sup> ± 0.003	0.84 <sup>bc</sup> ± 0.11	0.75 <sup>b</sup> ± 0.18	1.05 <sup>bc</sup> ± 0.09	1.2 <sup>cd</sup> ± 0.42	1.53 <sup>d</sup> ± 0.53	< 0.05
Fósforo (ppm)	1450.5 <sup>a</sup> ± 35.5	2500.0 <sup>b</sup> ± 729.3	2682.5 <sup>b</sup> ± 684.1	3164.8 <sup>b</sup> ± 486.7	3157.1 <sup>b</sup> ± 473.4	2944.7 <sup>b</sup> ± 386.2	< 0.05
Nitritos (ppm)	6.28 <sup>a</sup> ± 1.6	29.6 <sup>a</sup> ± 22.2	29.4 <sup>a</sup> ± 28.5	37.9 <sup>a</sup> ± 28.2	43.6 <sup>a</sup> ± 34.9	83.4 <sup>b</sup> ± 9.3	< 0.05

NOM: Fosfatos: 5,000 ppm; Nitritos: 156 ppm. (Secretaría de Salud).

Valores en el mismo renglón y con igual superíndice son estadísticamente iguales ( $p \geq 0.05$ ).

TPS: tripolifosfato de sodio; mv: masajeado al vacío; HL/mv: humo líquido y masajeado al vacío; mv + inm.aceite: masajeado al vacío e inmersión en aceite.

p: probabilidad.



### **Análisis Sensorial.**

Para la etapa preliminar no se aplicó análisis sensorial. La evaluación realizada por el grupo de trabajo, determinó que el producto obtenido del proceso de ahumado con humo líquido presentó mejores características en comparación con el producto ahumado con madera. El tratamiento térmico utilizado para este último afecta claramente la apariencia y textura del producto.

En el análisis sensorial realizado en la etapa experimental se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos para cada uno de los atributos analizados (Cuadro 10). El producto con menor aceptación fue el camarón obtenido del tratamiento 4, el cual utilizó humo líquido durante la etapa del masajeado, dando como resultado un sabor más fuerte a humo y un color más oscuro. Las condiciones generadas durante el masajeado con vacío permitieron que los componentes de la salmuera, entre ellos el humo líquido, penetraran al interior del músculo. Los demás tratamientos no mostraron diferencias entre sí. Para el atributo del color, el tratamiento 4 resultó en camarones más oscuros ( $p < 0.05$ ) debido a que la inclusión de humo líquido durante el masajeado contribuyó a un mejor desarrollo del color por la interacción más estrecha de los compuestos fenólicos y carbonilos del

humo con las proteínas de la superficie del camarón. Los camarones del tratamiento 5 fueron los más claros ( $p < 0.05$ ) debido al bajo depósito de humo dadas las condiciones magras de la superficie del camarón, no obstante la inmersión en aceite al que fue sometido el camarón previo al ahumado con humo natural.

El olor a humo resultó ser leve para los tratamientos evaluados, no observando se diferencias ( $p \geq 0.05$ ) entre los tratamiento 1 al 4. El olor en los camarones tratados con humo natural fue casi imperceptible ( $p < 0.05$ ). El sabor a humo fue muy concentrado para el tratamiento 4, dando incluso sabores amargos. Considerando los atributos sensoriales obtenidos para este tratamiento, los resultados sugieren la necesidad de reducir la cantidad de humo líquido agregado durante el masajeado para obtener un producto más aceptable. El sabor ahumado del tratamiento 5 fue ligero, por las mismas razones expuestas anteriormente.

Los camarones del tratamiento 5 presentaron los mejores valores para textura ( $p < 0.05$ ) debido principalmente a la ausencia de costra. Este producto fue catalogado por la mayoría de los evaluadores como si fuese camarón cocido debido a su características tenues de color, olor, sabor y textura blanda.

No se observaron diferencias ( $p \geq 0.05$ ) para este atributo sensorial entre los camarones de los tratamientos 1 al 4. Sin embargo, los camarones del tratamiento 1 (no tratados con TPS) se detectaron más resacos, mientras que los del tratamiento 4 (humo líquido incluido en el masajeado), presentaron una ligera costra en su superficie.

De las observaciones anteriores se deriva que: a) el uso de polifosfatos pudiese ayudar a obtener una mejor textura, al aumentar la absorción de agua durante el masajeado y a prevenir su pérdida durante el proceso de ahumado, concordando con los resultados expuestos en el Cuadro 7 donde se observa un mayor rendimiento para los tratamientos que incluyen TPS y masajeado al vacío, b) la adición de humo líquido a la salmuera provoca una mayor interacción de los compuestos fenólicos y carbonilos con las proteínas de la superficie del camarón, lo que resulta en una mayor desnaturalización proteica en la superficie durante el tratamiento térmico, generando una costra superficial más gruesa.

**Cuadro 10. Resultados de la evaluación sensorial para los diversos tratamientos de camarón ahumado, durante la etapa experimental.**

Ahumado Tratamiento Atributo	Ahumado con humo líquido				Ahumado HN <sup>a</sup>	p
	1 Control	2 TPS/inm.	3 TPS/mv	4 TPS+HL/ mv	5 TPS/mv +inm.aceite	
Aceptación general	6.389 <sup>ab</sup> ± 1.559	6.685 <sup>ab</sup> ± 1.241	6.796 <sup>a</sup> ± 1.471	5.963 <sup>b</sup> ± 1.801	6.815 <sup>a</sup> ± 1.468	< 0.05
Color	5.578 <sup>b</sup> ± 1.806	5.091 <sup>ab</sup> ± 1.872	5.413 <sup>b</sup> ± 1.890	7.024 <sup>c</sup> ± 1.597	4.411 <sup>a</sup> ± 2.260	< 0.05
Olor	5.634 <sup>b</sup> ± 1.759	5.672 <sup>b</sup> ± 1.852	5.720 <sup>b</sup> ± 1.691	6.531 <sup>b</sup> ± 1.693	3.202 <sup>a</sup> ± 2.199	< 0.05
Sabor	4.572 <sup>b</sup> ± 2.310	5.026 <sup>b</sup> ± 2.470	4.948 <sup>b</sup> ± 2.266	6.839 <sup>c</sup> ± 2.220	2.163 <sup>a</sup> ± 2.469	< 0.05
Textura	5.933 <sup>a</sup> ± 1.949	6.335 <sup>a</sup> ± 1.568	6.498 <sup>a</sup> ± 1.593	5.980 <sup>a</sup> ± 1.826	7.372 <sup>b</sup> ± 1.797	< 0.05

HN<sup>a</sup> Inmerso en aceite previo al ahumado. Masajeado al vacío y adicionado con TPS.

Valores en el mismo renglón y con igual superíndice son estadísticamente iguales ( $p \geq 0.05$ ).

TPS: tripolifosfato de sodio; mv: masajeado al vacío; HL/mv: humo líquido y masajeado al vacío; mv + inm.aceite: masajeado al vacío e inmersión en aceite.

p: probabilidad.

### **Análisis de textura instrumental.**

Los resultados obtenidos de la evaluación de textura instrumental (Cuadro 11), coinciden con los obtenidos para este mismo atributo mediante la evaluación sensorial (Cuadro 10). El camarón mas blando resultó ser el proveniente del Tratamiento 5. No se observaron diferencias ( $p \geq 0.05$ ) entre los tratamientos con humo líquido; sin embargo, el Tratamiento 4 muestra los mayores valores para ambos atributos (Trabajo y Esfuerzo). Los resultados

sugieren que el humo líquido adicionado a la salmuera durante el masajeado, se introduce al músculo del camarón generando desnaturalización de las proteínas del interior y en la superficie. Esta desnaturalización provocaría una agregación proteica, resultando en una textura mas rígida debido a una pérdida mayor de agua en la superficie generando un especie de costra que envuelve al camarón. Lo anterior se manifiesta en mayor dureza del producto.

**Cuadro 11. Resultados del análisis de textura instrumental.**

Tratam.	Humo Líquido				Humo Natural	p
	1 Control	2 TPS/inm.	3 TPS/mv	4 TPS+HL/mv	5 TPS/mv + Inm.aceite	
<b>Trabajo (kgf.cm/g)</b>	2.7 <sup>abd</sup> ± 0.60	2.7 <sup>abd</sup> ± 0.49	2.88 <sup>ab</sup> ± 0.47	3.57 <sup>c</sup> ± 0.96	2.19 <sup>ad</sup> ± 0.40	<b>&lt;0.05</b>
<b>Esfuerzo (kgf/g)</b>	4.60 <sup>a</sup> ± 0.79	4.68 <sup>a</sup> ± 0.89	4.58 <sup>a</sup> ± 0.74	5.02 <sup>a</sup> ± 0.89	3.37 <sup>b</sup> ± 0.44	<b>&lt;0.05</b>

Valores en el mismo renglón y con igual superíndice son estadísticamente iguales ( $p \geq 0.05$ ).

TPS: tripolifosfato de sodio; mv: masajeado al vacío; HL/mv: humo líquido y masajeado al vacío; mv + inm.aceite: masajeado al vacío e inmersión en aceite.

p: probabilidad.

kgf.cm/g: kilogramo fuerza por centímetro por gramo de muestra húmeda. kgf/g: kilogramo fuerza por gramo de muestra húmeda.

## CONCLUSIONES

Se lograron establecer las condiciones óptimas del proceso de ahumado con humo líquido y humo natural para el tipo y talla de camarón utilizado (*Penaeus vannamei*, talla 21-25), así como para el tipo de ahumador (Enviro-Pak Modelo CVU-350; Tech-Mark Inc., Portland, OR., con flujo de aire horizontal.

El ahumado con humo líquido presentó mejores resultados en comparación con el ahumado con humo natural. Debido a las condiciones magras de la materia prima, en este último tratamiento el sabor a humo no se fijó satisfactoriamente, razón por la cual fue necesario implementar una inmersión en aceite comestible antes de someterlo al ahumado logrando así un producto más aceptable.

La aplicación de tripolifosfato de sodio favoreció la apariencia y textura del producto final al aumentar la capacidad de absorción de agua. Su efecto fue mas relevante al ser aplicado con masajeado al vacío resultando en un mayor rendimiento y evitando la pérdida excesiva de peso (agua) durante el procesado.

Las cantidades de fósforo, y nitritos, bajo las condiciones aplicadas durante el proceso, no rebasaron los límites establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas y especificaciones establecidas por la Secretaría de Salud, en el producto terminado. Sin embargo se recomienda profundizar los estudios para determinar con exactitud la concentración más efectiva para una mejor protección microbiana.

La evaluación de textura instrumental coincidió con la evaluación sensorial, donde la mejor textura resultó para el tratamiento con tripolifosfato de sodio con masajeado al vacío (tratamiento 3).

La aplicación de la tecnología de ahumado aplicada a camarón dio resultados satisfactorios al obtener un producto palatable, de buen sabor y textura (tratamientos 3 y 5).

## LITERATURA CONSULTADA

A.O.A.C. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th. ed. Association of Official Analytical Chemists. Virginia, U.S.A.

Aguilar, P., F., Arias S., H., Castillo Y., F., y Esquerria B., M. 1994, (a). Establecimiento de las condiciones de ahumado en caliente para lisa (*Mugil cephalus*) y cazón (*Mustelus lunatus*). Resumen del XXV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 29 (1): 61.

Aguilar, P. F., Castillo Y., F., y Esquerria B., M. 1994, (b). Evaluación de lisa (*Mugil cephalus*) y cazón (*Mustelus lunatus*) ahumados durante su almacenamiento a temperatura ambiente. XXV Resumen del Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 29 (1): 69.

Aitken, 1984. Polifosfatos en el procesamiento de pescado. Centro de Investigación Torry. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentos. Reino Unido.



Antoine, F., R.; Heefe, S. F.; Marshall, M. 1995. The Effects of phosphate pretreatment on the smoke adsorption of cold smoked fish. Universidad de Florida. IFT Annual Meeting, Book of Abstracts. Atlanta, GA. USA. 63 (1):178.

Badui D.S. 1993. *Química de los Alimentos*. 3a. ed. Editorial Alhambra Mexicana, S.A. de C.V. México.

Bailey A. 1981. Canning Smoked Fish Products. Ch. 17, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (Eds.), 169-172. University of Alaska. Alaska.

Bannerman, A.M. 1982. The Torry Kiln: Its Design and Application with Particular Reference to the Cold Smoking of Salmon, Herring and Cod. Ch. 14, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (Eds.), 135-146. University of Alaska. Alaska.

Basauri, L. y R. Caballero. 1975. Elaboración de embutidos. *En Pesca Marina Junio-Julio*, 14-17.

- Brewer P., 1991. Direct food additives-function, flavor, and fluff. *Food Science Newsletter*. Hazleton Wisconsin. 1 (37):1-6.
- Castillo M.L., 1995. Evaluación Biológica de dos probióticos comerciales como promotores de crecimiento en el camarón blanco *Penaeus vannamei*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L. Monterrey, México.
- Chan W.S., R. Toledo y J. Deng. 1975. Effect of smokehouse temperature, humidity and air flow on smoke penetration into fish muscle. *J. Food Sci.* 40:240-245.
- Chambers T.L. 1982. Modification of the AOAC gas-liquid chromatographic method for indole in shrimp. *Descomposition in Foods. J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 65:842-845.
- Cheftel, J.C. y H. Cheftel. 1976. *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos*. 1a. ed. Editorial ACRIBIA, Zaragoza, España.

Deily y col, 1995. *Selection of Packaging Seafood*. IFT Annual Meeting, Book of Abstracts. Atlanta, GA. USA. 19 (3):50

Desrosier N.W. 1983. *Elements of Food Technology*. 1a. ed. Esquivel (Ed.). Compañía Editorial Continental. México, D.F.

Diario Oficial de la Federación, 1996. Secretaría de Salud. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-029-SSA1-1995, Bienes y Servicios. Productos de la Pesca. Disposiciones y Especificaciones Sanitarias. México, D.F.

Diario Oficial de la Federación, 1996. Secretaría de Salud. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-129-SSA1-1995, Bienes y Servicios. Productos de la Pesca. Disposiciones y Especificaciones Sanitarias. México, D.F.

Doré, I. (Ed.). 1993. *The Smoked and Cured Seafood Guide*. Urner Barry Publications, Inc. Toms River, NJ. USA.

FMC, 1986. FMC food phosphates—chemistry, nomenclature, and general functions. No. 1. Philadelphia, PA. USA.

FMC, 1987. Phosphates in meat, poultry and seafood. No. 2. Philadelphia, PA. USA.

Food and Drug Administration, 1971. Code of Federal Regulations. U.S. Government Office, Washington, D.C. 318.7(4)

Gagnon M. y Fellers C.R. 1958. Biochemical methods for determining shrimp quality, Study of analytical methods. Food Technol. 12(7):340-346.

García M.G. 1992. Adaptación de la tecnología del alto vacío para proporcionar valor agregado al camarón procesado con salsas de diferente pH. Tesis de Lic. Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. Monterrey, N.L.

Goutefongea R. R.G. Cassens y G. Woolford. 1977. Distribution of sodium nitrite in adipose tissue during curing. J. Food Sci. 42:1637:1641.

Hilderbrand K.S. 1981, (a). Preparation of salt brines for the fishing industry. Ch. 8, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (Eds.), 80-83. University of Alaska. Alaska. USA.

Hilderbrand K.S. 1981, (b). Quick determination of salt content of seafoods. Ch. 9, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (Eds.), 84-88. University of Alaska. Alaska. USA.

Hilderbrand K.S. 1981, (c). Estimating salt and moisture content needed in smoked fish to meet good manufacturing practices. Ch. 10, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (Eds.). 89-93. University of Alaska. Alaska. USA.

Hilderbrand K. 1981, (d). Description of the smoking process: cold smoking. Ch. 15, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (Eds.), 147-161. University of Alaska. Alaska. USA.

Hilderbrand K. 1981 (e). Smoking fish at home safely. Ch. 16, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (Eds.), 163-167. University of Alaska. Alaska. USA.

Huang M. 1982. Physical design of fish processing ovens. Ch. 1, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (De.),7-21. University of Alaska. Alaska. USA.

Jennings W.E. 1981. Cambios deteriorantes de la carne. En Higiene de la Carne. Cap. 10. Libby J.A. (Ed.). Compañía Editorial Continental, S. A. México, D.F.

Karakoltsidis, P.A., A. Zotos, y S.M. Constantinides. 1995. Composition of the Commercially Important Mediterranean Finfish, Crustaceans, and Molluscs. *J. Food Com. Anal.* 8: 258-273.

Lampila L.E. 1992. Functions and Uses of Phosphates in the Seafood Industry. *J. Aq. Food Prod. Technol.* 1(3/4):29-41.

Larmond E. (Ed.). 1977. Laboratory methods for sensory evaluation of food. Canadian Government Publishing Centre. Ottawa, Canada.

Maga, J.A. (Ed.). 1988. *Smoke in Food Processing*. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL. USA.

Miler K. B. and Z. E. Sikorski. 1990. Smoking. Ch. 10. In *Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation*. Zdsilaw E.S. (Ed.). 163-180.

- Mlecko R. 1982. Federal health regulations. Ch. 3, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (Ed.), 37-41. University of Alaska. Alaska. USA.
- McClane, A.J. 1977. *The Encyclopedia of Fish Cookery*. New York: Holt, Rinehart and Winston. N.Y. USA.
- Montgomery D.C. 1991. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F.
- Nickerson J.T.R. y L.J.Ronsivalli. (Eds.) 1971. *Elementary Food Science*. 2nd. ed. AVI Publishing Company Inc. Cambridge, MA. USA. 216-218.
- Nettleton, J.A. (Ed.). 1985. *Seafood Nutrition. Facts, Issues and Marketing of Nutrition in Fish and Shellfish*. Osprey Books. Huntington, N.Y.
- Pedrero D.L. y R.M. Pangborn. (Eds.). 1989. *Evaluación sensorial de los alimentos, métodos analíticos*. Editorial Alhambra mexicana, S.A. de C.V. México, D.F.

- Pérez S.L.A. 1985. *Higiene y control de los productos de la pesca*. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. México. 3, 41, 58-59, 71-72, 108, 113.
- Pigot G.M. 1981. Smoking fish: special considerations. Ch. 11, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (De.), 97-124. University of Alaska. Alaska. USA.
- Potter, N.N. 1978. *La Ciencia de los Alimentos*. 1a. ed. Sandler y Weintein (Eds.). Editorial HARLA, México.
- Price J.F. y B.S. Schweigert. (Eds.). 1971. *The Science of Meat and Meat Products*. 2nd. de. W.H. Freeman and Company. San Francisco, CA. USA.
- Ramachandran A. and M. Terushige. 1995. Smoked salmon processing in Japan - A New Approach. In *INFOFISH International*. 4: 42:47.
- Ramírez S. J.C. 1995. Implementación de métodos complementarios para eficientar el descamado de sardina crinuda (*Opisthonema sp.*). Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo, Son., México.



Ravelo, L.M., LeeAnn A., and Steven O. (Eds.) 1995. Use of compositional ratios to determine phosphate-treated shrimp. Food Science and Human Nutrition Department, University of Florida. Gainesville, FL. USA.

Reyes C.P. (Ed.)1987. *Bioestadística aplicada*. 1a. ed. Editorial Trillas S.A. de C.V. México, D.F.

Reynaga, R.A., 1979. Los polifosfatos y el pescado. *Técnica pesquera*. 12:33-36.

Ricque D. y E. Cruz-Suárez. 1991. El cultivo de camarón. Programa de investigación de la F.C.B.-U.A.N.L. Interface. Ciencia y Tecnología de Francia. México, D.F. 19-22.

Salvador S.C. 1992. Efecto de los fosfatos, de la cocción y del empaque bajo vacío sobre el peso y calidad sanitaria del camarón de acuacultura. Tesis de Lic. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L. Monterrey, México.

Seafood Leader, 1992. Smoked seafood. 5:130-134.

Seafood Leader, 1995. Smoked seafood. 2:147-153.

Secretaría de Pesca. 1994. *Desarrollo científico y tecnológico del cultivo de camarón blanco del golfo *Penaeus setiferus* en estanques circulares*. Subsecretaría de fomento y desarrollo pesquero, Dirección general de acuacultura y Dirección de ingeniería y centros acuícolas. Mérida, Yuc. México.

Shamshad S.I., Kher-Un-Nisa, R. Ruberi and R.B. Qadri. 1990. Shelf life of shrimp (*Penaeus merguensis*) stored at different temperatures. J. Food Sci. 55:1201-1205.

Shenderyuk V. I. and J. Bykowski. 1990. Salting and marinating of fish. Ch. 9. In *Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation*. Zdsilaw E.S. (Ed.). 147-162.

Shimp L.A., 1983, (a). Phosphates: What you should know. Meat Industry. FMC Corporation, 11:24-27.

**Shimp L.A., 1985, (b). Food phosphates in seafood processing. Seafood Leader. 5 (2):114-119.**

**Sidwell V.D., 1981. Chemical and nutritional composition of finfishes, whales, crustaceans, mollusks, and their products. 234-236. NOAA Technical Memorandum F/SEC-11.**

**Sofos, J.N., 1983. Effects of reduced salt (NaCl) levels on the stability of Frankfurters. J. Food Sci. 48:1684-1691.**

**Sofos, J.N., 1985. Influence of Sodium Tripolyphosphate on the binding and antimicrobial properties of reduced NaCl-comminuted meat products. J. Food Sci. 50:1379-1383.**

**Sullivan A.L., W.S. Otvell, 1992. A nutrient database for southeastern seafoods. SGR-109, Florida Sea Grant College Program, University of Florida, Gainesville, FL. USA.**

Swanes V. 1981. Description of the smoking process: hot smoking. Ch. 13, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (Eds.), 125-134. University of Alaska. Alaska. USA.

Szczesniak A.S., 1990. Textural perceptions and food quality. *J. Food Quality*. 14:75-85.

Tenhet V., Gunnar F., Ranzell N. and Don T. 1981, (a). Penetration of Sodium Tripolyphosphate into fresh and prefrozen peeled and deveined shrimp. *J. Food Sci.* 46:344-349

Tenhet V., Gunnar F., Ranzell N. and Don T. 1981 (b). Phosphorous levels in peeled and deveined shrimp treated with sodium tripolyphosphate. *J. Food Sci.* 46:350-352.

Virulhakul P., 1995. Processing traditional fishery products - quality and safety considerations. *INFOFISH International*. 5:50-55.

Ward D.R., Gunnar F., and Ranzell N. 1979. Use of a specific-ion electrode (ammonia) in determining the quality of shrimp. *J. Food Sci.* 44:1052-1057.

Waters E. 1982. Thermal processing and smoking of fish. Ch. 2, *In Smoked fish manual*. B. Paust and J. Peters (De.), 23-33. University of Alaska. Alaska. USA.

Watts B.M., G.L.Ylimaki, L.E. Jeffery, L.G. Elias. (Eds.). 1992. *Basic Sensory Methods for Food Evaluation*. International Development Research Centre. Ontario, Canadá.

Woyewoda A.D., S.J. Shaw, P.J. Ke y B.G. Burns. 1986. *Recommended laboratory methods for assessment of fish quality*. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences. Department of fisheries and oceans. Technical University of Nova Scotia. Halifax, Nova Scotia. 2-27.

