



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

" LIOFILIZADO DE SURIMI DE CUATRO
ESPECIES DE PESCADO Y EVALUACION DE
SU CALIDAD REOLOGICA "

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS.

VEYRA MARITZA DURAN VALERO.

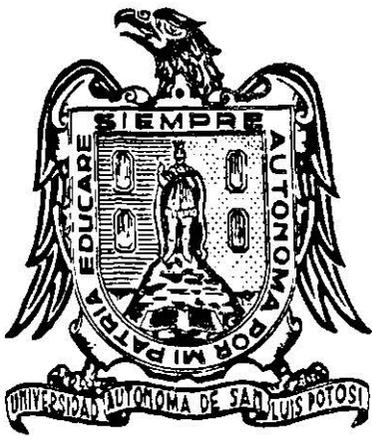
T
SH3
D8
c.1

T

SH335

D8

C.1



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

**" LIOFILIZADO DE SURIMI DE CUATRO
ESPECIES DE PESCADO Y EVALUACION DE
SU CALIDAD REOLOGICA "**

TESIS PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS.**

VEYRA MARITZA DURAN VALERO.

San Luis Potosí, S.L.P. 1994.

T
SH 336
D8



1080076901



Mi infinito agradecimiento:

Al Dr. José Gerardo Montejano Gaitán por haberme ofrecido este trabajo recepcional, y por su continuo apoyo para la realización del mismo.

Al I.Q. Alejandro Martínez Anguiano por brindarme su tiempo, su paciencia y sobre todo su valiosa AMISTAD.

Al Centro de Investigación y Estudios de Postgrado (CIEP), muy en especial a Lety Vega, Estela Nuñez y Bertha E. Guzmán por su grandiosa ayuda.

Al Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de la Secretaría de Pesca de Tampico Tamaulipas por permitir utilizar las instalaciones de la planta piloto.

A la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Querétaro por facilitar el equipo para liofilizar.

Al Departamento de Computación (área docente), de la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP.

A los M.C. Emma Consuelo Maza

M.C. Ma de los Angeles Cabrero y

M.C. Jorge Ramírez Téllez

Mis sinodales en el presente trabajo recepcional.

a DIOS, por darme la oportunidad de vivir y de crecer día con día.

a mis papás, INOCENCIO Y MA. ANTONIA, por su gran amor, su comprensión y su paciencia.

a mis hermanas,

ALMA DE JESUS

ADRIANA

CLAUDIA NAYELI

Por compartir todos los momentos con alegría y diversión.

"Es la sangre lo que hace a los hermanos pero es el corazón lo que hace a los amigos"

a mis AMIGOS, por su compañía.

a mi TIA LUISA, gracias... hasta el cielo.

I N D I C E

RESUMEN

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL	1
OBJETIVOS ESPECIFICOS	2

INTRODUCCION	3
--------------	---

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES	12
-Materias primas	12
-Equipo	13
METODOS	15
-Preparación de surimi	15
-Congelación del surimi	19
-Liofilizado del surimi	20

TECNICAS DE ANALISIS QUE SE UTILIZARON Y SU JUSTIFICACION	21
-Análisis rápido de humedad y proteína	21
-Análisis de composición química	21
-Preparación de soles de surimi	22
-Preparación de geles por tres procesos térmicos	22
-Preparación de muestras para fractura en torsión	23
-Fractura en torsión	23
-Medición de parámetros de flujo	26
-Análisis estadístico	30

RESULTADOS Y DISCUSION

RENDIMIENTO	31
COMPOSICION QUIMICA	33
EVALUACIONES REOLOGICAS	42

CONCLUSIONES	58
---------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA	60
---------------------	-----------

RESUMEN

Se elaboró surimi (pasta refinada de pescado) a partir de 4 especies: trucha, tilapia, lenguado y ronco. Cada surimi se dividió en 2 lotes. El primero se almacenó bajo congelación y el segundo se sometió a un proceso de liofilizado.

Se evaluó la composición química del músculo del pescado, y de cada lote de surimi de cada especie. Se prepararon soles de cada surimi congelado al mezclarlo con 2.5% de NaCl y suficiente agua-hielo para lograr una razón constante de humedad:proteína de 6:1. En cada surimi liofilizado los soles se prepararon a 3 razones humedad:proteína de 4:1, 5:1 y 6:1. Geles de surimi se obtuvieron por 3 procesos térmicos: 90°C/15 min (directo), 60°C/15 min + 90°C/15min (proteólisis) y 40°C/15 min + 90°C/15min (fijación).

Se evaluó esfuerzo cortante y deformación cortante a la fractura en los geles por método de torsión. Resultados demostraron que en el proceso directo los geles de surimi congelados y liofilizado a la misma razón humedad:proteína no presentaron diferencias significativas en sus parámetros reológicos de esfuerzo cortante para trucha y tilapia.

En el parámetro de deformación al corte, solo la tilapia no presenta diferencia significativa entre los geles testigo y reconstituido a la razón 6:1.

De las 4 especies estudiadas, solo el lenguado presenta el fenómeno de proteólisis, sin embargo el fenómeno de fijación ocurre en todas ellas.

El liofilizado alteró significativamente este comportamiento. En todos los geles al disminuir la razón humedad:proteína se incrementó más la fuerza estructural que la deformabilidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Obtener surimi en polvo por medio de un proceso de liofilizado o sublimación a partir de cuatro especies de pescado y determinar posibles alteraciones en la capacidad de gelación (principal criterio de calidad) de las proteínas de cada surimi liofilizado con respecto a muestras control.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Preparar surimi liofilizado a partir de cuatro especies de pescado (Trucha, Tilapia, Ronco y Lenguado).
2. Evaluar la fuerza y deformabilidad de geles de cada surimi liofilizado reconstituido a tres razones de humedad: proteína y comparar los valores con los geles de surimi almacenado en congelación (testigo) para estimar el efecto del liofilizado sobre las proteínas.
3. Evaluar el efecto de tres procesos térmicos diferentes sobre los parámetros reológicos (criterios de calidad) de los geles de surimi liofilizado y congelado.

INTRODUCCION

Surimi es una palabra de origen japonés que significa literalmente "carne picada de pescado", sin embargo, es mucho más que eso. Se ha definido al surimi como una pasta refinada de pescado en la que se ha reducido considerablemente el color, olor y sabor característico de carne picada a través de una serie de lavados-centrifugados empleando agua a bajas temperaturas logrando concentrar las proteínas miofibrilares (Montejano y Hernández, 1989). El término ha sido adoptado por varios países en su literatura científica (Tejada, 1991).

La técnica para la elaboración de surimi se cree se desarrolló en Japón hace más de 1,500 años (Okada, 1981a; Lee, 1984b). Originalmente la producción de surimi era irregular dependiendo de la captura de pescado y se efectuaba día con día. Debido a su rápido deterioro, el surimi debía ser utilizado inmediatamente para elaboración de algún producto procesado térmicamente y con una vida de anaquel corta (Okada, 1981b). Esto restringió la expansión de la industria, la cual era por lo general de poca capacidad y manejada a nivel familiar (Miyachi et al., 1973). Fué hasta 1959 que se inició una gran expansión en la producción de surimi, cuando un grupo de científicos japoneses descubrió una técnica que permitió mantener el surimi en forma estable bajo congelación (Matsumoto, 1978). La estabilidad del surimi en congelación se logró al adicionarle sustancias crioprotectoras tales como sacarosa y/o sorbitol que de alguna manera inhiben la desnaturalización e interacción de las proteínas miofibrilares del surimi (Lee, 1984b). Este descubrimiento hizo posible poder preparar surimi en grandes cantidades cuando la captura era abundante y almacenarlo para su uso posterior cuando éste disminuyera. Adicionalmente, cerca de la mitad de la producción de surimi se realiza a bordo de los barcos procesadores, en donde

la pasta se congela para su uso en las plantas procesadoras de la costa y es empleada en la elaboración de productos alimenticios. La disponibilidad de surimi congelado permitió al mismo tiempo la expansión de los tipos de productos alimenticios que podían ser elaborados. La industria del surimi y productos derivados rápidamente se modernizó para poder cumplir con la creciente demanda de surimi congelado. La producción de surimi en Japón para 1960 alcanzó la cantidad de 355,000 toneladas métricas(t.m.), llegando a una producción de 410,000 t.m. para 1984 que representó un valor estimado de 500 millones de dólares (Sonu, 1986).

Actualmente, se producen tres tipos de surimi: surimi fresco o nama surimi", surimi congelado sin sal o "mu-en surimi" y surimi congelado con sal o "ka-en surimi" (Suzuki, 1981). Los tipos de surimi a ser congelados son mezclados con crioprotectores como sacarosa sorbitol y polifosfatos. El surimi fresco tiene que ser utilizado en la elaboración de productos alimenticios el mismo día que se produce para evitar su deterioro irreversible debido a interacciones entre las proteínas (Lanier, 1986). El surimi fresco presenta la ventaja sobre el surimi congelado de poseer una mayor capacidad de retención de humedad y, por consiguiente, incrementa el rendimiento en la elaboración de productos alimenticios (Suzuki, 1981).

El surimi durante mucho tiempo se utilizó casi exclusivamente como ingrediente base para la elaboración de productos alimenticios conocidos con el nombre genérico de "kamaboko" (Sonu, 1986; Tanikawa, 1971). Kamaboko es un término genérico usado para designar una serie de productos obtenidos de pescado picado y lavado (surimi) que se mezcla con varios ingredientes, montados en platos de madera y procesados al vapor o a las brasas. En 1975 se obtuvo en Japón una producción de 1.1 millones de toneladas de productos kamaboko para consumo humano (Matsumoto, 1978). Dichos

productos a base de surimi a pesar de su gran aceptación por los consumidores orientales tuvieron muy poco éxito comercial en países occidentales por lo que investigaciones tecnológicas sobre surimi y sus aplicaciones se realizaban casi exclusivamente en el Japón. Hasta la década de los 80's surgió un gran interés en países occidentales por surimi al desarrollarse diversos productos de imitación tales como patas de cangrejo (Lee, 1984b), análogos cárnicos y productos varios como bases para sopa, frituras, tortillas, etc. (Tejada y Borderías, 1987). La exportación de Japón de productos de imitación a base de surimi, principalmente a los Estados Unidos, pasó de 4,044 a 32,462 t.m. de 1981 a 1984 (Sonu, 1986). Ya en 1985 el consumo de productos a base de surimi en los Estados Unidos alcanzó la cifra de 88 millones de libras equivalente a un consumo per-cápita similar al del consumo de salmón enlatado (Parker, 1986), y la producción de surimi en el mismo país se ha incrementado de 4,000 t.m. en 1986 a cerca de 140,000 t.m. en 1989 (Sperber, 1990).

Debido a su abundancia, bajo costo y atributos generales de calidad, la única especie de pescado que es procesada en volúmenes comerciales para elaboración de surimi es Alaska pollock o Abadejo de Alaska (*Theragra chalcogramma*). Se estima que del total del surimi producido en Japón y Estados Unidos aproximadamente 95% se elabora a partir de Abadejo de Alaska (Lee, 1984a, b; Sonu, 1986); y que la captura de esta especie puede ser hasta de 2 millones de toneladas por año (Branson, 1984). Es necesario efectuar estudios para establecer la factibilidad de utilizar otras especies de pescado, sobre todo de nuestro país, para elaborar surimi de calidad, puesto que México posee una vasta diversidad de especies de pescado que pudieran ser empleadas para elaborar surimi y sus productos e ingresar a este creciente mercado, además no todos los peces producen surimi de igual calidad, ésta se establece en base a la fuerza y deformabilidad de geles obtenidos por procesamiento

térmico (Lanier, 1986).

Una de las principales propiedades del surimi es la habilidad única de sus proteínas de interaccionar al procesarse térmicamente produciendo estructuras con gran fuerza y deformabilidad, característica que no se presenta con otras proteínas de origen animal (Montejano et al., 1983; Lanier, 1986). Esta capacidad de gelación térmica varía de surimi a surimi, aún de una misma especie de pescado, y se ve afectado por factores tales como: frescura del pescado al momento de elaborar surimi; número de etapas de lavado-centrifugado; estación del año; dureza y pH del agua de proceso, etc. (Sonu, 1986; Montejano y Hernández, 1989).

Se consideran diferentes tratamientos diferenciales como proteólisis (60°C/15 min + 90°C/15 min) y fijación (40°C/15 min + 90°C/15 min), además del tratamiento directo (90°C/15 min). Es necesario, por lo tanto, establecer criterios para evaluar la calidad de cada surimi.

Se piensa que enzimas de tipo proteolítico presentes naturalmente en los músculos de algunos peces no son removidos durante el proceso de refinación para obtener surimi y se activan al incubar a temperaturas cercanas a los 60°C.

Las enzimas responsables del fenómeno de proteólisis también llamado "modori (Kim et al., 1986; Lanier, 1986) no han sido todavía purificadas y se han denominado genéricamente "proteasas alcalinas". Se sabe que en especies de pescado que su concentración de proteasas es alta, su surimi también las tendrá y la disminución en la fuerza estructural de sus geles puede ser tan grande al grado de que ocurra una degradación completa de la estructura y no se pueda obtener un gel sólido (Lanier, 1986; Montejano et al., 1983). Parece ser que el fenómeno de

proteólisis o modori sólo se presenta en algunas especies de pescado y sus surimis pero no en músculos de animales de sangre caliente (Montejano et al., 1983).

La presencia de proteasas alcalinas en el surimi puede ser un factor que limite sus aplicaciones como ingrediente ya que algunos procesos, por ejemplo el ahumado, producen temperaturas que activan dichas enzimas. Actualmente se están buscando agentes que inhiban la acción de las proteasas; sustancias como alfalina, plasma o clara de huevo parecen cumplir esa función (Sutton et al., 1991). Sin embargo es necesario realizar más estudios en este campo.

El fenómeno de fijación también denominado "suwari" o "setting" (Montejano et al., 1983; Montejano, 1990), provoca un aumento de fuerza estructural; aunque no se ha podido establecer todavía la causa de este fenómeno, existen varios estudios que indican que durante la incubación a 40°C se incrementa la hidrofobicidad superficial de las proteínas miofibrilares lo que posiblemente les permita algún tipo de interacción de tal modo que con el calentamiento posterior se obtienen mallas protéicas más entrecruzadas y densas resultando en el incremento en valores de esfuerzo cortante (Montejano et al., 1984b; Suzuki, 1981). Estudios recientes sobre el mecanismo a nivel proteínico responsable del fenómeno de fijación, parecen sugerir que la porción de miosina se entrecruza con otras moléculas de miosina formando un isopéptido entre la lisina y el ácido glutámico de dichas cadenas protéicas. Esta reacción parece ser catalizada por la enzima Transglutaminasa que está presente en la fracción soluble de las proteínas del surimi (Kimura et al., 1991; Wan et al., 1992). En la actualidad se están realizando estudios para confirmar esta hipótesis y determinar si la enzima está presente en mayor concentración en los surimis que presentan el fenómeno de

fijación. La presencia del fenómeno anterior aumenta la versatilidad del surimi como ingrediente protéico estructural ya que es posible obtener diversas estructuras al emplear diferentes procesos térmicos y de ésta manera se puede imitar mejor los atributos texturales de diversos alimentos análogos a base de surimi. El Abadejo de Alaska es una de las especies que presenta en forma muy marcada el fenómeno de fijación.

Tanto en Japón como en Estados Unidos el criterio principal para medir la calidad del surimi se basa en medición de la fuerza y deformabilidad de geles obtenidos por proceso térmico del surimi mezclado con sal a fin de solubilizar las proteínas miofibrilares (Miyake et al., 1985; Hamann y Lanier, 1987; Montejano et al., 1983, 1984a,b). Al añadir la sal las miofibrillas del músculo se separan, se solubilizan los miofilamentos y la actomiosina pierde su estructura original, pasando al medio y quedando en condiciones de interaccionar entre sí con el agua para formar una matriz de gel. Estos cambios dan lugar a que el músculo picado quede convertido en una pasta plástica muy viscosa (Montejano y Lanier, 1986). Generalmente, se considera que entre mayor sea la fuerza y/o deformabilidad de geles obtenidos por procesamiento térmico de surimi, mayor será su calidad (A.F.D.F. 1987; Montejano et al., 1983).

El surimi congelado presenta, sin embargo, el problema de que para su manejo y transporte no deben ocurrir abusos térmicos que causen deterioro en las proteínas y afecten su funcionalidad (Kim et al., 1986). Este es un gran problema en México donde existen deficiencias en transporte bajo congelación. Una forma de resolver esta problemática es buscar la posibilidad de obtener surimi en polvo a través de un proceso de secado apropiado. Es necesario, sin embargo, establecer si no ocurren cambios irreversibles en las proteínas del surimi al someterse a alguna operación de secado o deshidratación de tal forma que disminuya su

funcionalidad y por lo tanto, su calidad.

De las operaciones para remover agua en alimentos la menos severa y más eficaz es la liofilización o sublimación. Esta operación de secado consiste en remover el agua de un sistema en estado congelado (sólido) por medio de su vaporización sin pasar por el estado líquido (Toledo, 1980). Mantener el estado congelado significa que la presión parcial del vapor de agua en el espacio que rodea el material sea menor que la presión de vapor del hielo a 0°C, es decir 4.58 mm Hg (Perry et al., 1963). Adicionalmente, muchos alimentos, debido a su heterogeneidad, presentan puntos efectivos de congelación por debajo de los 0°C de tal forma que la presión parcial del agua tiene un valor aún más bajo (Heldman, 1973). Por lo anterior, para realizar el liofilizado o sublimación es necesario mantener la presión total sobre el alimento a un valor inferior al valor crítico de presión parcial de vapor en el estado congelado. Lo anterior es posible al realizar el proceso de liofilizado en una cámara de vacío con un valor de presión apropiado al alimento a secar.

En la operación de liofilizado, el único mecanismo significativo de movimiento de humedad a través del sólido es el de transporte de vapor debido a un gradiente de concentración o un gradiente de presión total. Los mecanismos capilares y de encogimiento presentes en el secado ordinario requieren de un estado líquido. Por lo tanto, conforme avanza el liofilizado la capa de hielo más externa se vaporiza dejando una capa de material seco y poroso. Durante el proceso de liofilizado hay dos regiones dentro del sólido a secar: una masa de hielo y una cubierta seca sobre él (Hall et al., 1986).

La característica más sobresaliente de un alimento liofilizado es que no se encoje y facilita la obtención de un polvo fino y

regular. La ausencia de movimiento líquido en esta operación significa que no hay migración de constituyentes solubles lo que ayuda a que los alimentos retengan su valor nutricional (Toledo, 1980). Esta condición junto con la baja temperatura permite la retención de actividad biológica y constituyentes de olor y sabor (Hall et al., 1986). La estructura abierta y porosa de productos liofilizados facilita grandemente su rehidratación y es posible su reconstitución casi completa para obtener características muy similares a las del material antes de secar (Heid y Joslyn, 1976).

En contraste a otros tipos de secado, la teoría sobre la operación de liofilizado está bien comprendida. Es básicamente un mecanismo explicable de transporte de calor y vapor a través de un sólido poroso. De cierta forma el proceso de liofilizado es similar a la condición de temperatura de bulbo húmedo; la razón de flujo de vapor hacia el exterior a través de la resistencia de la capa seca está balanceada por la razón a la cual el calor latente de sublimación entra a través de la misma resistencia. Si las condiciones externas de presión de la cámara de vacío y temperatura sobre el alimento se mantienen fijas, el hielo asumirá una temperatura que es dependiente de la razón de las resistencias de transferencia de masa y calor. Aunque estas resistencias se incrementan conforme aumenta el espesor de la capa seca, ambas son igualmente proporcionales por lo que la razón se mantiene aproximadamente constante. La presión en la cámara de liofilizado es la variable de proceso a controlar para obtener una temperatura apropiada en el hielo (Heldman, 1973; Hall et al., 1986).

El liofilizado de diferentes alimentos recibió gran impulso, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica durante la segunda guerra mundial y el conflicto de Corea a fin de suministrar raciones a las tropas. En los años subsecuentes una gran variedad de alimentos liofilizados han sido desarrollados

siendo el café soluble liofilizado el más consumido y exitoso ya que posee atributos de aroma y sabor muy superiores al café secado por spray. El mercado de alimentos liofilizados es aún mayor en Europa (Harper, 1976). El principal uso del liofilizado como método de secado es en la industria de aditivos y sabores para alimentos a fin de conservar sus delicados componentes químicos (Anónimo, 1990).

No existen en la literatura científica reportes de liofilizado de surimi como método de secado y preservación. Alvarado-Calvillo et al. (1987) obtuvieron surimi de carpa y tilapia en polvo a través de secado en estufa. Durante el secado se presentó el problema de oscurecimiento no-enzimático (reacción de Maillard) dando una coloración café al producto seco. Adicionalmente hubo una concentración de sabor a pescado, aunque de menor intensidad que en el músculo original, lo que limitó la aplicabilidad del surimi seco. Dicho polvo de surimi fué empleado exitosamente como ingrediente protéico en la elaboración de frituras a base de masa de maíz logrando incrementar a más del doble el contenido de proteína sin alterar las características sensoriales y texturales del producto en comparación con muestra testigo comercial. Recientemente, Yáñez-Campos (1990) estudió la factibilidad de obtener surimi en polvo de la especie lisa al realizar primero una extracción de los lípidos utilizando diferentes solventes y métodos de extracción. El surimi desgrasado fué secado en estufa. Nuevamente se presentó el problema de oscurecimiento pero fue menos marcada la concentración de sabor a pescado. El surimi seco fue adicionado a masa de maíz nixtamalizado (maseca) para elaborar tortillas que se caracterizaron por un aumento significativo en su contenido de proteínas sin alteración sensorial.

El liofilizado del surimi promete incrementar la versatilidad de este ingrediente al minimizar los problemas de transporte y

almacenamiento y aumentar significativamente su vida de anaquel. Aunado a lo anterior, al ser un polvo blanco prácticamente inodoro se espera que pueda ser adicionado a una gran diversidad de alimentos para incrementar su contenido protéico y su valor nutricional. Esta última aplicación es más atractiva en alimentos de bajo valor nutritivo ("chatarra") pero amplio consumo en nuestro país, principalmente por niños y clases desprotegidas.

MATERIALES

Y METODOS

MATERIALES

MATERIAS PRIMAS.

ESPECIES DE PESCADO. Se utilizaron 4 especies de pescado que fueron trucha (*Cyanoscion nothus*), tilapia (*Orochromis nilotica*), lenguado (*Cyclopsetta chittendeni*) y ronco (*Conodon nobilis*). Para cada réplica del estudio, las muestras de tilapia se adquirieron en el mercado de pescados y mariscos "La Puntilla" de Tampico, Tamps., 8 horas después de su captura, las tres restantes se capturaron directamente en el Golfo de México al participar en cruceros nocturnos a bordo de los barcos camaroneros "Banpesca 66", "Banpesca 69", "Banpesca 70", "Aries" y "14 de Octubre" propiedad de la Sociedad Cooperativa "Huachinangueros y Camaroneros Tampiqueños", de Tampico, Tamps.

CLORURO DE SODIO. Ya que el surimi presenta una concentración alta de proteínas de tipo miofibrilar las cuales son solubles en soluciones salinas, se utilizó cloruro de sodio en concentraciones del 2.5% marca Merck.

CRIOPROTECTORES. A fin de poder conservar el surimi bajo congelación es necesario evitar interacciones entre sus proteínas las cuales son irreversibles y producen una gelación en frío que impide que el surimi pueda ser utilizado posteriormente como ingrediente en diversos alimentos. La adición de sacarosa y sorbitol 1:1 a concentraciones de aproximadamente 8% del peso total del surimi (4% sacarosa y 4% de sorbitol en polvo, ambos Merck), evita las interacciones protéicas en el surimi durante su almacenamiento congelado, es por eso que fueron utilizados como crioprotectores.

Los demás reactivos y sustancias que fueron empleadas en el presente trabajo son de grado analítico.

EQUIPO.

Deshuesadora mecánica marca Bibun modelo NF2DX equipada con un tambor de orificios de 5 mm. de diámetro.

Batidora de 5 velocidades: Osterizer, Sunbean Mexicana, México.

Congelador de placas marca CREPACO

Congelador Mabe, México.

Liofilizador marca Labconco USA.

Frasco de Liofilizador marca Labconco USA.

Termobalanza marca OHAUS

Aparato Microkjeldahl; Rapid Still II, Labconco Corp., Kansas, U.S.A.

Mufla marca LIDENBERG

Aparato Soxhlet; I.V.A., S.A., Argentina

Estufa de dos parrillas; Bersa, S.L.P., México.

Cortadora silenciosa (Hobart Dayton)

Embutidora manual Vogt-Fuller; Stange-Pesa de México. Méx.

Tubos de acero inoxidable (D.I. ≈ 1.86 cm., L=15.0 cm.)

Esmeril de mesa con piedra de grano fino

Viscosímetro digital Brookfield, modelo 5X HBTD equipado con graficador

Balanza analítica, Mettler, AE 160, U.S.A.

Baño de agua con circulación externa para control y/o incremento de temperatura; HAAKE, W. Germany.

Máquina Universal de pruebas Instron, modelo 1000; Instron, Corp., Canton, Massachussets.

Fabrica de hielo en cubos marca SCOTSMAN.

Estufa de incubación marca FELISA

MÉTODOS.

PREPARACION DE SURIMI.

Surimi se preparó en forma similar a partir de cada especie de pescado empleando la planta piloto del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de la Secretaría de Pesca, localizado en Tampico, Tamps. Se siguió el método de Montejano (1990) que se muestra en la Fig. 1 y se describe a continuación:

CAPTURA. Los peces fueron capturados en el Golfo de México, al embarcarse en barcos camaroneros durante una a tres noches, y seleccionar los peces de la fauna de acompañamiento obtenido en cada arrastre. Se capturaron los suficientes peces de cada especie para obtener 10 kg en peso entero para cada elaboración de surimi.

Se ha observado que el pez que ha muerto después de luchar violentamente experimenta el rigor mortis más pronto que aquel que se mata o muere rápidamente sin luchar mucho. Un breve período de rigor mortis reduce el lapso de tiempo durante el cual el pez está aún relativamente protegido contra los ataques bacterianos y, por consiguiente, acorta considerablemente la capacidad potencial de conservación del pescado (Ramírez, 1975).

LAVADO. La superficie externa de los pescados se lavó bien con el fin de eliminar escamas, objetos extraños y lo más importante, el mucus, el cual, es una sustancia parecida a la gelatina que le sirve al pez para protegerse del medio ambiente en que vive y en el cual se adhieren un buen número de bacterias, de modo que cuando el pez muere, el mucus se convierte casi de inmediato en el medio más propicio para el desarrollo de bacterias por ser rico en sustancias nutritivas (Navarro, 1959). El lavado se efectuó con agua fría a 4°C y cepillando su piel. El agua fría, además tiene

la función de bajar la temperatura de los músculos de pescado de tal manera que durante el manejo y procesamiento posterior no se incremente su temperatura lo suficiente para causar desnaturalización de las proteínas.

FAENADO. Los pescados se desangraron cuando el corazón todavía estaba trabajando para obtener mayor eficiencia en esta operación. El desangrar antes de eviscerar mejora la blancura del músculo del pescado. El descabezado se efectuó cortando la porción del cuerpo que queda por detrás de las agallas y presionando después la cabeza sobre el borde de una tabla o mesa para desprenderla fácilmente del cuerpo. La evisceración se realizó haciendo un corte a lo largo del vientre terminando en la región anal, con lo cual quedaron al descubierto las vísceras que fueron removidas cuidadosamente. Posteriormente se efectuó la remoción de escamas raspando con el borde sin filo de un cuchillo el cuerpo del pescado en dirección de la cola hacia la cabeza, con lo que se logró desprender las escamas fácilmente y no se producen cortaduras en la piel.

LAVADO. Los pescados faenados fueron sumergidos en agua fría a 4°C y se cepillaron especialmente su cavidad ventral para la eliminación completa de trazas de vísceras, sangre y material fecal que de lo contrario constituye un centro de desarrollo bacteriano y descomposición. Adicionalmente, en la cavidad ventral de algunas especies de pescado existen unas enzimas proteolíticas que se activan a temperaturas de aproximadamente 60°C causando una degradación irreversible en las proteínas (Lanier, 1986; Montejano et al., 1983). El lavado ayuda a reducir la concentración de estas enzimas que han recibido el nombre genérico de "proteasas alcalinas" (Niwa y Nakajima, 1975).

FILETEADO Y MOLIENDA. En este proceso el fileteado y molienda se efectuó en un deshuesadora mecánica marca Bibun, para lo cual se hizo un corte mariposa en los peces y se colocaron en el cinturón sanitario de la deshuesadora que los prensó contra un tambor perforado por donde se obtuvo la carne, quedando en la periferia la piel y estructura ósea.

LAVADO Y REMOCION DE AGUA. Las porciones de carne molida de cada especie se mezclaron con agua potable fría (2°C) en una relación carne:agua de 1:3 (p/p), agitando por un minuto y dejando reposar hasta que la carne sedimente (aproximadamente 20 min.). Posteriormente se eliminó el agua por decantación y se pasó la carne a un saco de 2 capas de manta de cielo usado como filtro para remover la mayor cantidad de agua posible. La remoción del exceso de agua se efectuó por medio de una prensa aplicando la presión suficiente. Las etapas de lavado-remoción de agua se realizaron 3 veces. Antes de la última etapa de lavado se adicionaron 0.2% de cloruro de sodio para facilitar la remoción final de agua, al modificar las condiciones iónicas del sistema.

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ELABORACION DE SURIMI

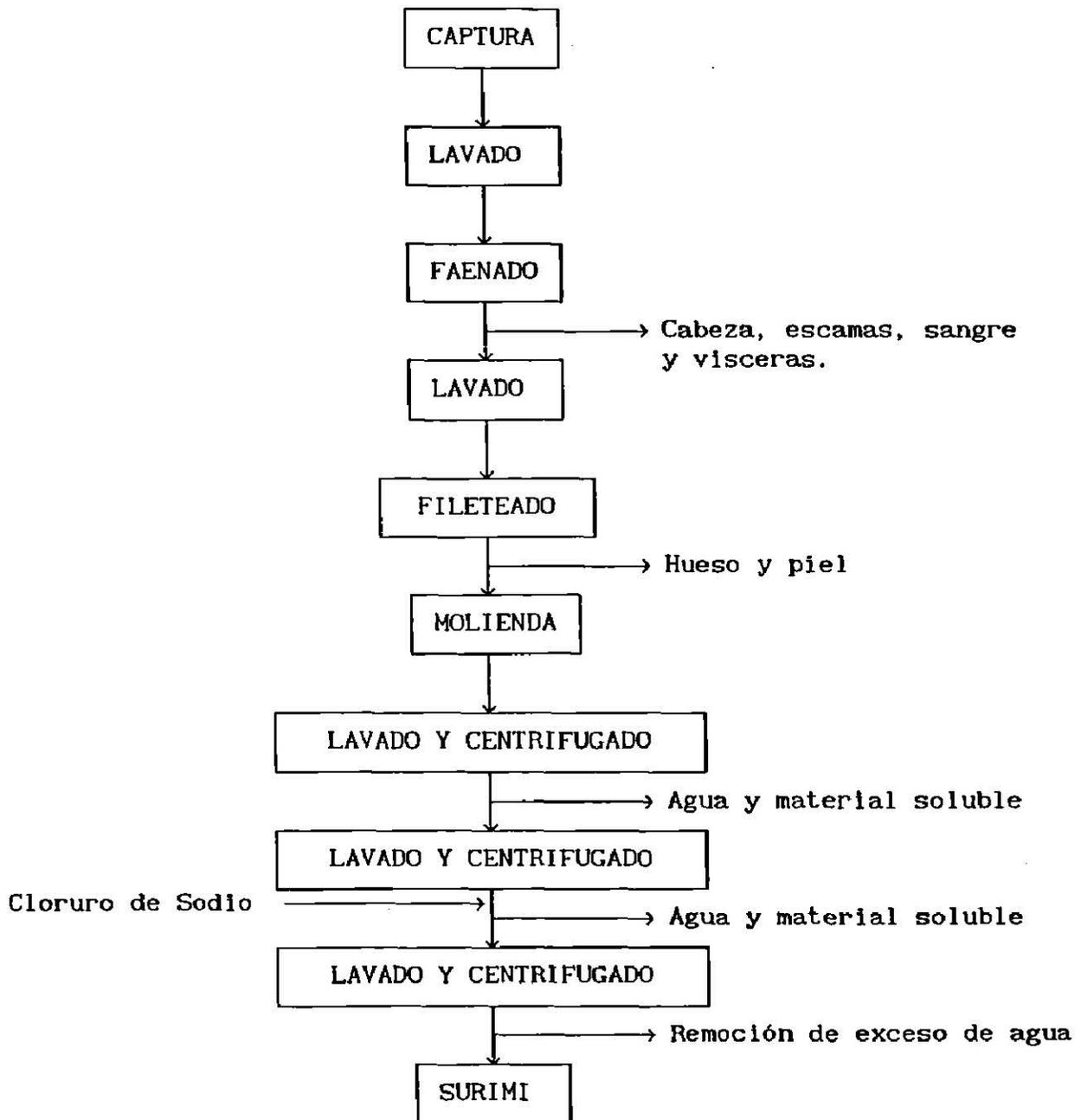


Figura 1

CONGELACION DEL SURIMI. Cada preparación de surimi fué mezclado con crioprotectores antes de su almacenamiento bajo congelación. Los crioprotectores fueron una mezcla a partes iguales de sacarosa y sorbitol y se adicionaron a un nivel del 8% del peso total del surimi. La adición se efectuó en una mezcladora previamente enfriada. Una vez incorporados los crioprotectores cada surimi fué empaquetado en porciones de 1 kg en bolsas plásticas de baja permeabilidad al oxígeno. El surimi empacado al vacío fué congelado en un congelador horizontal de placas (CREPACO) a una temperatura de -25°C . Las muestras procesadas fueron colocadas en una hielera con capas alternas de hielo seco y transportadas a los laboratorios del Centro de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Ciencias Químicas de la U.A.S.L.P., donde se almacenaron en un congelador a una temperatura de -20°C .

LIOFILIZADO DEL SURIMI. La operación de liofilizado o sublimación del surimi se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro donde se cuenta con un liofilizador Labconco 4.5 lts de alta capacidad que fue facilitado para el presente trabajo. Esta temperatura de almacenamiento es adecuada para evitar que ocurra deterioro en surimi con crioprotectores. El surimi congelado fue colocado, sin permitir que se descongele, en un frasco de liofilizado marca Labconco con tapa de boca ancha y empaque para evitar fugas de vacío. Se colocó aproximadamente 700 gr de surimi por frasco. Se conectó la boquilla esmerilada de cada frasco a las válvulas del aparato liofilizador.

Se determinó experimentalmente en una corrida preliminar las condiciones de operación más apropiadas para efectuar el liofilizado y selección del vacío y tiempo a emplear, al obtener porciones colocadas en frascos pequeños, a diferentes tiempos para construir una curva de secado. La temperatura del condensador se mantuvo constante a -40°C , la temperatura de la placa a 25°C y la presión se mantuvo a 0.2 mmHg. El tiempo de liofilizado fue de 24 horas en las que hubo que monitorear continuamente la operación y se aseguró que no ocurrieran cambios en la presión de vacío que se utilizó. Una vez que fueron seleccionadas las variables se realizó el liofilizado de cada surimi bajo vacío lo que permitió la eliminación del agua libre de las muestras pasando del estado sólido al vapor sin pasar por la fase líquida. Lo anterior evita daño a la muestra debido a encogimiento.

TECNICAS DE ANALISIS QUE SE UTILIZARON Y SU JUSTIFICACION.

ANALISIS RAPIDO DE HUMEDAD Y PROTEINA. Los lotes obtenidos de cada corrida experimental de surimi fueron analizados inmediatamente en su contenido de humedad y proteína con el fin de ajustar posteriormente estos valores a una relación de agua:proteína de 6:1 durante la preparación de geles para pruebas reológicas. De esta manera se obtuvieron muestras homogéneas con respecto a su composición química eliminando factores extraños en el experimento. La humedad se determinó por un método rápido utilizando una termobalanza (Ohaus) equipada con una lámpara IR de 375 watts, 115 volts. Se utilizaron 2 gr de muestra requiriendo 15 min. por análisis. Para cada muestra se efectuó el análisis por triplicado. El contenido de proteína se determinó en base al contenido de nitrógeno por el método de microkjeldahl (AOAC, 1980) empleando un digestor y destilador rápido de 4 unidades (Labconco). Las muestras se analizaron por triplicado requiriéndose aproximadamente 45 min. para el análisis completo.

ANALISIS DE COMPOSICION QUIMICA. Las técnicas para los análisis químicos del músculo de pescado, surimis congelados, surimis liofilizados, y de los geles de surimi congelado o liofilizado, obtenidos de cada una de las especies de pescado utilizados en el presente trabajo se basaron en los métodos oficiales de la A.O.A.C. (1980) que a continuación se indican:

EVALUACION	TECNICA
Cenizas	Residuos por calcinación
Extracto etéreo	Soxhlet
Humedad	Secado en estufa y termobalanza
Proteína	Micro-Kjeldahl
Carbohidratos	Por diferencia

Las muestras se analizaron por triplicado.

PREPARACION DE SOLES DE SURIMI. Cada tipo de surimi liofilizado fue reconstituido con suficiente agua-hielo para obtener soles con tres relaciones agua:proteína que fueron: 6:1 control (surimi antes de liofilizado), y debido a que pudiera perderse la capacidad de absorción de agua de las proteínas que dejara agua libre y disminuyera la fuerza estructural se estudiaron 3 razones de reconstitución: 6:1 igual que el control, 5:1 y 4:1 se adiciona menos agua. En estudios preliminares se ha demostrado que no en todos los surimis liofilizados se logra una completa absorción del agua equivalente a la que se remueve.

La reconstitución se realizó en una cutter (Hobart Dayton) al adicionar al surimi liofilizado la mezcla agua-hielo y añadir posteriormente 2.5% (en base al peso final) de NaCl para solubilizar las proteínas miofibrilares por espacio de un minuto. El hielo, adicionalmente contribuye a evitar que se aumente la temperatura durante el mezclado y ocurra desnaturalización de las proteínas. Soles de los surimis congelados se prepararon al descongelar parcialmente el surimi por 1 hr a temperatura ambiente y colocarlo en una cutter donde se adicionó, en base a la composición química, suficiente agua-hielo para obtener una relación constante agua:proteína de 6:1, así como 2.5% de NaCl. Estos pasos son los comunes para la preparación de los soles de surimi.

PREPARACION DE GELES POR TRES PROCESOS TERMICOS Los soles de cada surimi liofilizado y congelado (12 en total) se colocaron en una embutidora manual de tipo pistón construida especialmente en el laboratorio y se empacó en tubos de acero inoxidable (D.I.=1.86cm y L=15.0cm) con bases atornillables y tapones de hule en la parte superior, su interior está suficientemente liso para evitar que los geles se peguen y sea difícil removerlos. Previamente identificados, los tubos fueron sometidos a 3 procesos térmicos:

uno directo a 90°C/15 min y dos diferenciales a 60°C/15 min + 90°C/15 min (proteólisis) y 40°C/15 min + 90°C/15 min (fijación) al colocarlos en baños de agua a las temperaturas apropiadas. Después del tratamiento térmico los tubos fueron enfriados en agua con hielo. Los geles se removieron cuidadosamente y se prepararon las muestras para las evaluaciones reológicas como se describe posteriormente.

PREPARACION DE MUESTRAS PARA FRACTURA EN TORSION. Para la realización de la prueba de fractura en torsión los geles se formaron en una geometría especial tipo "mancuerna" (Montejano et al., 1983). Esta geometría minimiza la concentración de esfuerzos en los puntos donde se aplica el torque a las muestras. Para la reducción del diámetro en el gel cilíndrico se empleó un esmeril de mesa con piedra de grano fino y de superficie semicircular. Cada muestra cilíndrica de gel con diámetro de 1.86cm se cortó a una longitud de 2.87cm y se colocó en un dispositivo especialmente construido en el laboratorio y que se montó sobre el esmeril para permitir ir acercando lentamente la muestra hacia la piedra y a la vez rotarla hasta obtener un diámetro mínimo de 1cm. en su sección central. El radio longitudinal de la curvatura del semicírculo formado en la muestra tipo mancuerna es de 0.95cm. (Fig. 2).

FRACTURA EN TORSION. Los valores de fuerza y deformabilidad de gel se consideran como los criterios de calidad más importantes en surimi (Lanier, 1986; Montejano et al., 1983; Lee 1984; Sonu, 1986). Entre mayores sean los valores de los parámetros reológicos mayor es la calidad del surimi. Las evaluaciones de dichos parámetros, por lo tanto, son el mejor indicador de la calidad del surimi liofilizado. Al comparar valores de parámetros reológicos entre surimi congelado y surimi liofilizado se podrá

DIAGRAMA DE LA GEOMETRIA DE MUESTRA EMPLEADA EN TUBOS DE TORSION

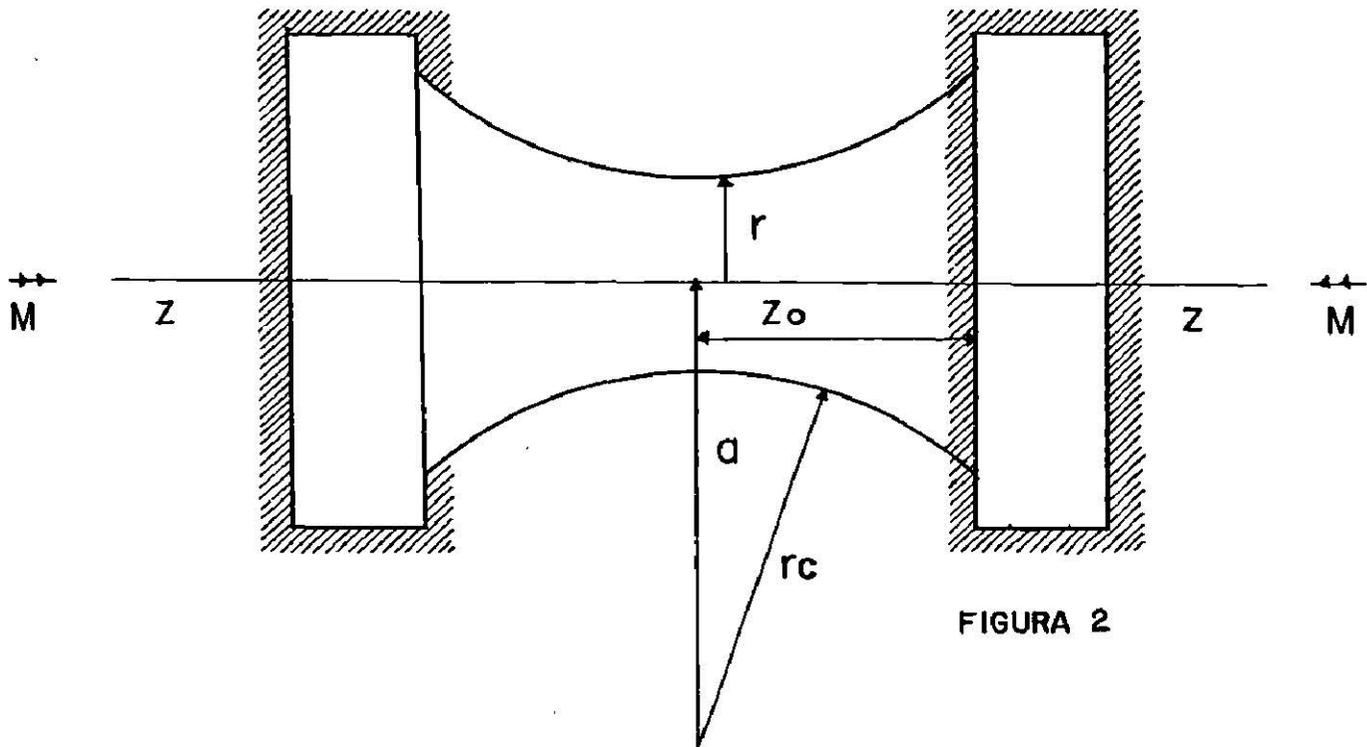


FIGURA 2

- a . Distancia entre el vertice del radio de curvatura y el eje central de la muestra
- r_c Radio de curvatura
- r . Radio de la muestra
- M . Torque o momento
- Z_0 . Distancia entre radio minimo y radio maximo de la muestra
- Z Eje central de la muestra

establecer si hubo deterioro en la funcionalidad de las proteínas miofibrilares y, de ser así, hasta qué grado. También estas evaluaciones sirven para predecir el uso más apropiado del surimi liofilizado como ingrediente protéico-funcional en diversos productos alimenticios tanto nuevos como análogos. Para la determinación de la fuerza y deformabilidad de los geles de cada surimi congelado o liofilizado se empleó una prueba de fractura en torsión de acuerdo a la técnica descrita por Montejano et al. (1983). Ya que esta técnica de fractura en torsión es muy laboriosa y requiere de una máquina de pruebas Instron, que debido al alto costo no es fácilmente disponible, se ha realizado en el laboratorio una modificación (Montejano, 1989) empleando un viscosímetro digital Brookfield modelo 5XHBTB equipado con graficador (Brookfield Eng. Labs, Inc., Massachusetts U.S.A.). El costo del equipo Brookfield es aproximadamente 10 veces menor que la máquina Instron.

La prueba de fractura en torsión aplica un esfuerzo cortante a las muestras y se pueden calcular los valores del esfuerzo cortante a la fractura y deformación de corte los cuales son desde el punto de vista reológico, parámetros fundamentales o básicos y por lo tanto independientes de la cantidad de muestra o su geometría, así como del tipo de instrumento de medición. Además pueden ser convertidos a otros parámetros por medio de ecuaciones reológicas (Montejano et al., 1983; Hamann, 1983).

El viscosímetro empleado para esta prueba se adquirió directamente del fabricante y que se caracteriza por tener un resorte de alta resistencia para registro de valores altos de torque. Lo anterior permite medir la fuerza requerida para la fractura de muestras sólidas de alta fuerza estructural como son los geles de surimi. Se construyó en el laboratorio un dispositivo especial adaptable al viscosímetro para montar las

muestras y realizar la prueba de torsión. El dispositivo consta de dos partes principales, un disco atornillable al eje de giro del viscosímetro y una base atornillable al viscosímetro de la misma manera como se le fija el sistema thermosel a los brazos de soporte, de tal manera que no interfiera en la medición ni produzcan una carga sobre el sensor. La muestra con geometría tipo mancuerna se colocó en forma vertical respecto a su eje principal. La base del dispositivo tiene un mecanismo que permite el ascender y descender la muestra sin causar giro a fin de poder fijarla en el disco conectado al eje del viscosímetro. La muestra se fijó con pernos puntiagudos que no interfieren en la medición ni causan daño alguno en la muestra. El extremo de la muestra en la base del dispositivo quedará fijo sin poder girar mientras que el extremo superior podrá rotar al girar el eje del viscosímetro y el disco conectado a él (Fig. 3). La prueba se efectuó al hacer girar el eje del viscosímetro a 2.5 rpm (0.262 rad/seg) hasta que ocurre la fractura de las muestras. En el graficador del viscosímetro se registró el valor de torque en unidades Brookfield y su distancia, proporcional al número de giros. Se efectuaron 6 mediciones para cada tipo de gel. De los valores de torque y distancia se calcularon los valores de esfuerzo cortante y deformación al corte empleando las ecuaciones desarrolladas por Montejano (1989).

MEDICION DE PARAMETROS DE FLUJO.

Las pastas de surimi son fluidos no newtonianos de alta consistencia y en ellas se utilizó un método de extrusión capilar para medir la viscosidad de las pastas (Montejano y González, 1988b). Se empleó un dispositivo que consta de las siguientes partes: un recipiente cilíndrico con camisa para circulación de agua para mantener la temperatura constante, una pistón de diámetro igual al diámetro interno del recipiente cilíndrico y dados intercambiables con diámetro igual al del pistón, pero con

diferentes alturas y diámetros capilares con el fin de seleccionar el mas apropiado para realizar las mediciones experimentales. Dicho dispositivo se muestra en la figura 4.

DISPOSITIVO ESPECIAL
ADAPTABLE AL VISCOSIMETRO

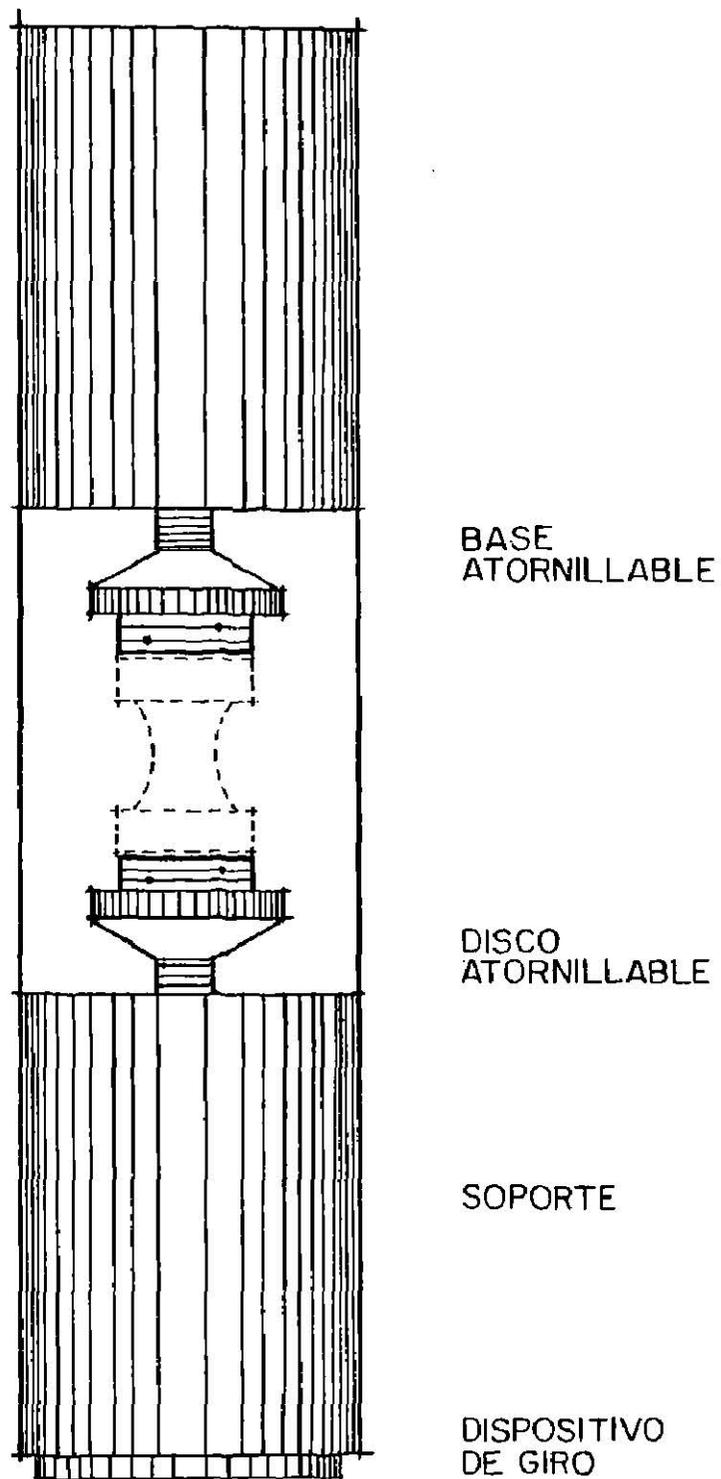


FIGURA 3

**ESQUEMA DEL DISPOSITIVO EMPLEADO PARA MEDICION DE
PARAMETROS DE FLUJO POR EL METODO DE EXTRUSION
CAPILAR**

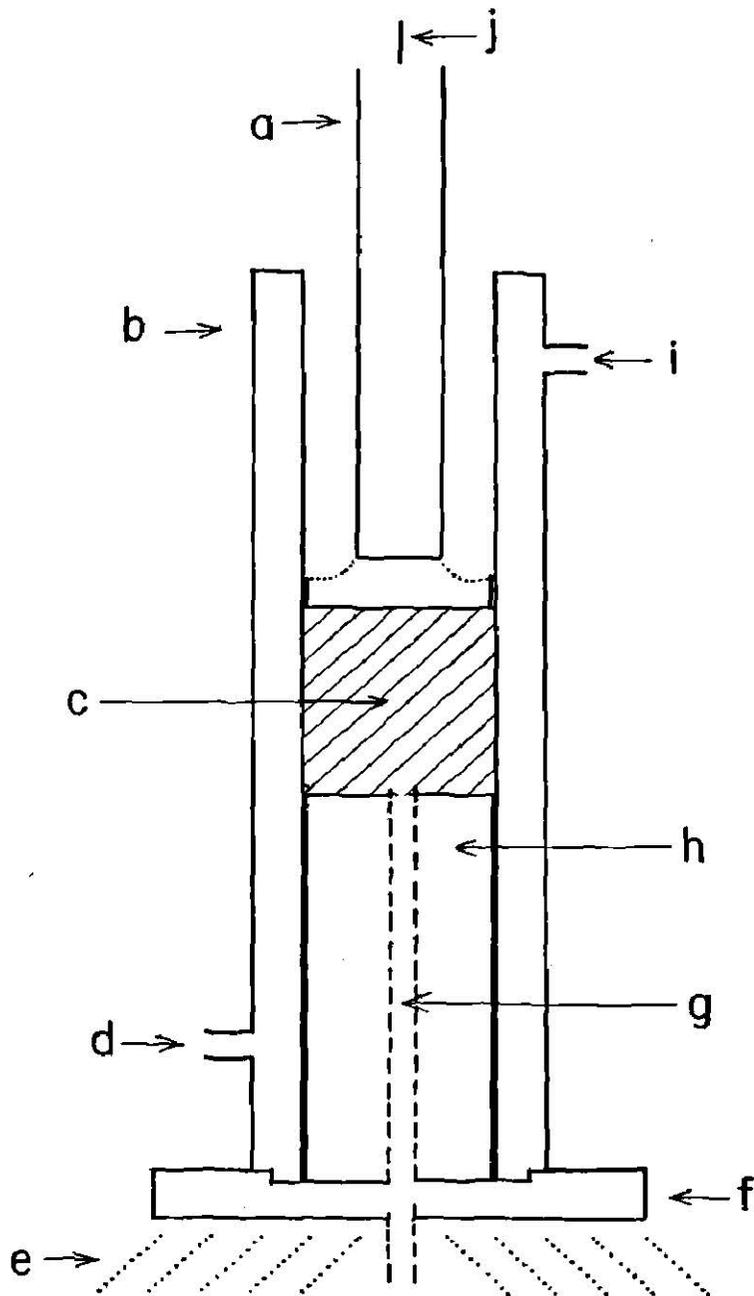


FIGURA 4

- a. Pistón
- b. Recipiente cilíndrico
- c. Fluido
- d. Entrada de agua a temperatura constante
- e. Base del Instron
- f. Base del dispositivo
- g. Espacio capilar
- h. Daño intercomparable
- i. Salida de agua
- j. A celda transductora de fuerza del Instron

ANALISIS ESTADISTICO. Los valores de los parámetros químicos y reológicos fueron analizados estadísticamente para determinar su grado de significancia al comparar surimi congelado y liofilizado para cada especie. También se efectuaron comparaciones entre diferentes especies para establecer cuál de ellas produce el surimi de mejor calidad. Los análisis estadísticos se efectuaron empleando un paquete de cómputo estadístico Epistat en una microcomputadora Televideo. Se realizaron análisis de varianza y comparación por medio de la estadística S de Scheffe (John, 1971).

RESULTADOS Y DISCUSION

RENDIMIENTO.

La tabla 1 presenta el rendimiento porcentual obtenido en la elaboración de surimi a partir de las 4 especies de pescado seleccionadas para este trabajo. Se muestran las pérdidas en etapas claves del proceso y el rendimiento final de surimi obtenido con respecto al pescado entero que representa el 100%. La tilapia presentó el menor rendimiento en surimi con un 28.60% (61.40% de pérdidas) y el máximo rendimiento fué de 36.70% para el ronco. Lenguado y trucha presentaron valores de rendimiento similares del 30.5 y 29.6%, respectivamente. Todos los valores de rendimiento obtenido caen dentro del rango observado por diversos autores y que comprende del 22 al 38% (Montejano et al., 1983; Suzuki, T. 1981; Tejada, M. 1991). En general, se considera que estos rangos de rendimiento son apropiados en la comercialización del surimi. Es importante indicar que todas las especies fueron pasadas a través de un deshuesador mecánico para obtener la mayor cantidad posible de músculo lo que aumenta el rendimiento con respecto a fileteado manual. Se puede considerar que todas las especies utilizadas tienen buen rendimiento sobresaliendo el ronco. Cabe mencionar que es posible aumentar el valor del procesamiento del surimi al utilizar los desechos del mismo (piel, escamas, proteína hidrosoluble, etc.) para la elaboración de alimentos para ganado lo que a la vez minimiza problemas ecológicos. En los últimos años ha habido una gran demanda por los ácidos grasos Omega-3, presentes en diversas especies de pescado los cuales pueden ser recuperados para obtener este ingrediente aumentando significativamente el valor global del proceso (Tejada, 1991).

RENDIMIENTO PORCENTUAL EN LA ELABORACION DE SURIMI A PARTIR DE 4 ESPECIES DE PESCADO: TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO.

ETAPA	PORCENTAJE QUE REPRESENTA			
	TRUCHA	LENGUADO	TILAPIA	RONCO
Pescado entero	100.00	100.00	100.00	100.00
Descabezado, eviscerado	34.80	32.80	32.10	29.30
Deshuesado	30.50	31.60	32.90	28.70
Pérdidas en lavado-centrifugado	5.10	5.10	6.40	5.30
Surimi obtenido	29.60	30.50	28.60	36.70

TABLA 1

COMPOSICION QUIMICA.

Los valores porcentuales promedio de composición química de músculo, surimi testigo (congelado) y surimi liofilizado de las 4 especies de pescado utilizadas se muestran en las figuras 5 a 9 así como en las tablas 2 a 6 que presentan el análisis estadístico de comparación de diferencias significativas.

Los valores de humedad confirman que la operación de remoción de agua fue efectiva para lograr que no hubiera diferencias significativas ($p > 0.05$) de humedad entre el músculo y el surimi testigo para las especies con excepción del lenguado que retuvo mayor humedad en el surimi que la observada en el músculo inicial. Es importante lograr un contenido de humedad en el surimi similar a la del músculo ya que una humedad excesiva aunque aumenta el rendimiento, permite que se lleven a cabo reacciones entre las proteínas con mayor facilidad lo que pudiera resultar en la pérdida de funcionalidad del surimi. Normalmente el surimi se almacena como bloque congelado y un exceso de humedad pudiera resultar en una sinéresis durante su descongelación.

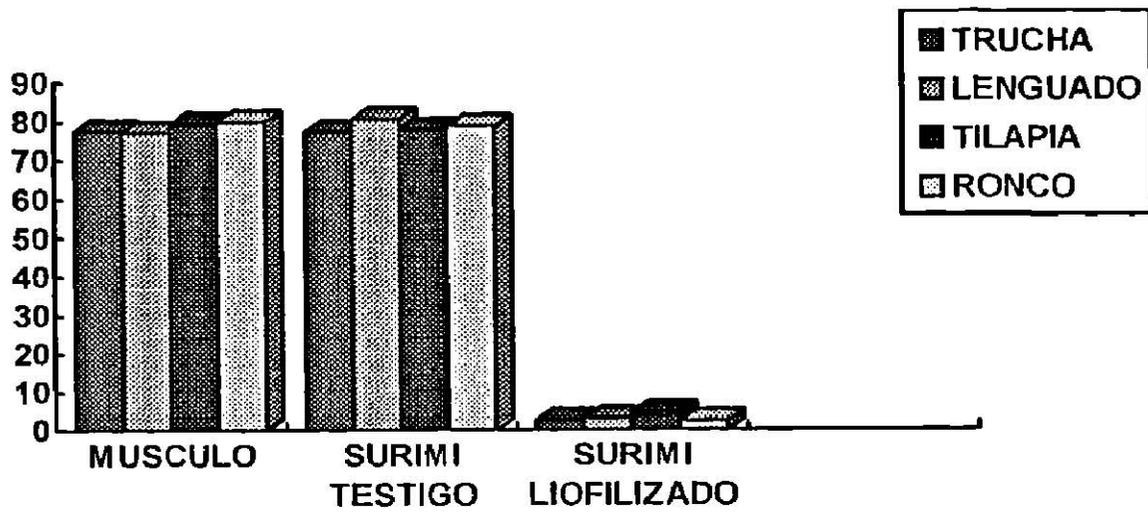
Por lo general, el contenido de humedad del surimi recién preparado, antes de adicionar los crioprotectores, es mayor al del músculo debido a retención de humedad durante las etapas de lavado-centrifugado (Montejano, 1990). La adición de los crioprotectores (necesarios para evitar interacciones protéicas durante el almacenamiento congelado) aumenta la concentración total de sólidos y en consecuencia se disminuye el porcentaje de humedad hasta valores similares al del músculo. Como era de esperarse, en los surimis liofilizados, el contenido de humedad fue significativamente menor ($p < 0.05$) al del surimi congelado y estuvo en el rango de 2.32% para ronco hasta 4.62% para tilapia.

PORCENTAJE DE HUMEDAD PROMEDIO DE MUSCULO, SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO.

MATERIAL	MUSCULO	SURIMI TESTIGO	SURIMI LIOFILIZADO
Trucha	77.54 ^a	77.43 ^a	2.56 ^b
Lenguado	77.10 ^a	80.63 ^c	3.06 ^d
Tilapia	79.44 ^e	78.12 ^{a, e}	4.62 ^f
Ronco	79.96 ^e	78.91 ^e	2.32 ^b

a, b, c, d, e, f. Valores promedio con una letra igual no son significativamente diferentes entre sí ($p > 0.05$).

TABLA 2



PORCENTAJE DE HUMEDAD PROMEDIO DE MUSCULO, SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO.

Figura 5

Los valores de proteína, grasa, ceniza y carbohidratos están reportados en base seca.

El contenido de proteína en el surimi testigo fue significativamente menor ($p < 0.05$) al del músculo, como es común observar en diversos surimis. La presencia de los crioprotectores aumentando la concentración total de sólidos es en parte responsable de esta disminución, sin embargo, durante las etapas de lavado también se extrae proteínas sarcoplásmicas. La remoción de estas proteínas es más benéfica que dañina ya que varios estudios han demostrado que interfiere con las proteínas miofibrilares durante la gelación térmica obteniéndose estructuras más quebradizas y menos deformables lo que disminuye la calidad del surimi (Lee, 1984b; Montejano y Hernández, 1989). Adicionalmente junto con las proteínas sarcoplásmicas se remueven algunas enzimas que son responsables de diversas reacciones deteriorativas y que de no eliminarse disminuirían marcadamente la estabilidad del surimi y su funcionalidad (Tejada, 1991).

El contenido de proteína de los surimis liofilizados estuvieron en el rango de 60.62% para tilapia hasta 66.55% para trucha. La presencia de los crioprotectores (carbohidratos), aumentando la concentración de sólidos, fue el principal causante de no tener mayores contenidos de proteína en los liofilizados.

En todas las especies se observó una disminución significativa ($p < 0.05$) en el porcentaje de grasa del surimi con respecto al músculo obteniéndose en el primero un rango de 0.51 a 10.68%. En todos los casos la disminución en concentración de grasa en el surimi con respecto al músculo fue de aproximadamente 50%. Esta reducción ocurrió durante las etapas de lavado-centrifugados donde la grasa flotó en los tanques de lavado y se separó junto con el agua. El bajo contenido de grasa del surimi y la alta capacidad de gelación térmica de sus proteínas le dan la posibilidad de ser

utilizado como un ingrediente protéico estructural en la formulación de alimentos de baja densidad calórica. Para esta aplicación en particular se espera el surimi tenga un futuro prometedor, pero todavía hace falta desarrollar estudios (Tejada, 1991). En el surimi liofilizado se observó una disminución aún mayor de grasa obteniéndose valores en el rango de 0.02 a 0.46% es posible que durante la sublimación la grasa sufrió una fusión y evaporación. Nuevamente cabe esperar que el surimi liofilizado pueda ser empleado como ingrediente en formulaciones de alimentos bajos en calorías.

El contenido de cenizas del surimi testigo y del surimi liofilizado fue siempre significativamente menor ($p < 0.05$) que el observado en el músculo para cada especie. Para las especies de trucha y ronco no hubo cambios significativos ($p > 0.05$) entre el surimi testigo (congelado) y el surimi liofilizado, contrariamente a lenguado y tilapia que sí presentaron una disminución significativa ($p < 0.05$).

El contenido de carbohidratos que se observó en los surimis testigo y liofilizado se debe a la adición de los crioprotectores y no presentaron diferencia significativa ($p > 0.05$). La adición de los crioprotectores es necesaria para permitir el almacenamiento bajo congelación de los surimis sin que ocurran cambios deteriorativos. Si no se adicionan crioprotectores la reactividad única de las proteínas del surimi provoca que ocurran enlaces protéicos aún a bajas temperaturas y el surimi pierde su funcionalidad y no puede ser regenerado (Lanier, 1986; Kim et al., 1986). Es recomendable realizar estudios disminuyendo la concentración de los agentes crioprotectores en surimi que será liofilizado y establecer si no se altera de forma significativa la funcionalidad de las proteínas durante el almacenamiento congelado.

PORCENTAJE DE PROTEINA PROMEDIO DE MUSCULO, SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO. (BASE SECA)

MATERIAL	MUSCULO	SURIMI TESTIGO	SURIMI LIOFILIZADO
Trucha	76.67 ^a	55.69 ^b	66.55 ^c
Lenguado	82.18 ^d	59.88 ^e	63.66 ^f
Tilapia	88.91 ^g	59.73 ^e	60.62 ^e
Ronco	91.52 ^g	66.96 ^h	66.39 ^h

a,b,c,d,e,f,g,h. Valores promedio con una letra igual no son significativamente diferentes entre sí (p >0.05).

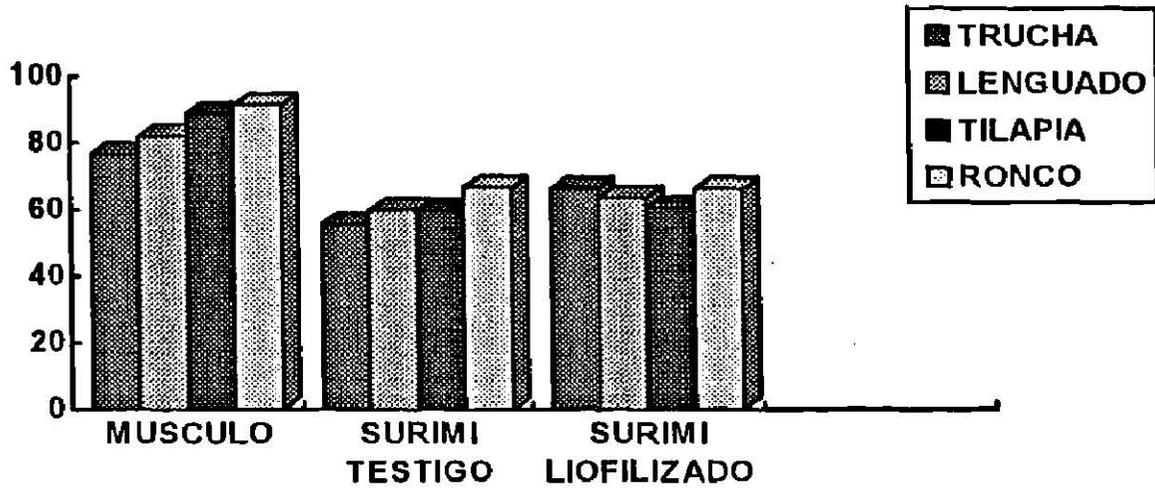
TABLA 3

PORCENTAJE DE GRASA PROMEDIO DE MUSCULO, SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO. (BASE SECA)

MATERIAL	MUSCULO	SURIMI TESTIGO	SURIMI LIOFILIZADO
Trucha	18.48 ^a	10.68 ^b	0.24 ^c
Lenguado	0.92 ^d	0.51 ^e	0.02 ^f
Tilapia	5.11 ^g	2.20 ^h	0.20 ^c
Ronco	1.60 ⁱ	0.82 ^j	0.46 ^e

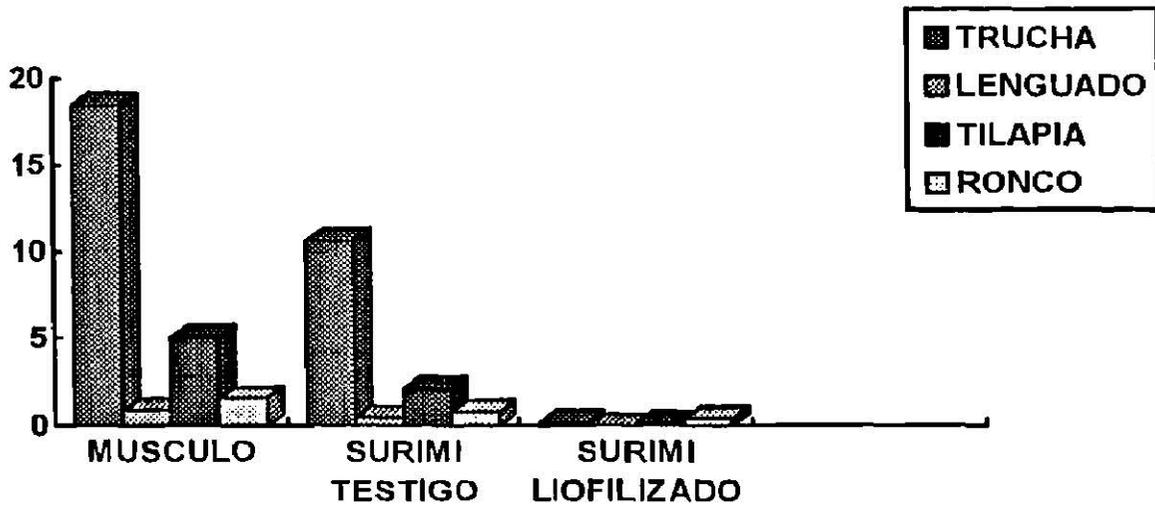
a,b,c,d,e,f,g,h,i,j. Valores promedio con una letra igual no son significativamente diferentes entre sí (p >0.05).

TABLA 4



PORCENTAJE DE PROTEINA PROMEDIO DE MUSCULO, SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO (BASE SECA).

Figura 6



PORCENTAJE DE GRASA PROMEDIO DE MUSCULO, SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO (BASE SECA).

Figura 7

PORCENTAJE DE CENIZA PROMEDIO DE MUSCULO; SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO. (BASE SECA)

MATERIAL	MUSCULO	SURIMI TESTIGO	SURIMI LIOFILIZADO
Trucha	4.85 ^a	1.64 ^b	1.64 ^b
Lenguado	16.90 ^c	3.25 ^d	2.77 ^e
Tilapia	5.98 ^f	3.20 ^d	4.04 ^g
Ronco	6.59 ^h	2.08 ⁱ	1.95 ⁱ

a,b,c,d,e,f,g,h,i. Valores promedio con una letra igual no son significativamente diferentes entre sí (p >0.05).

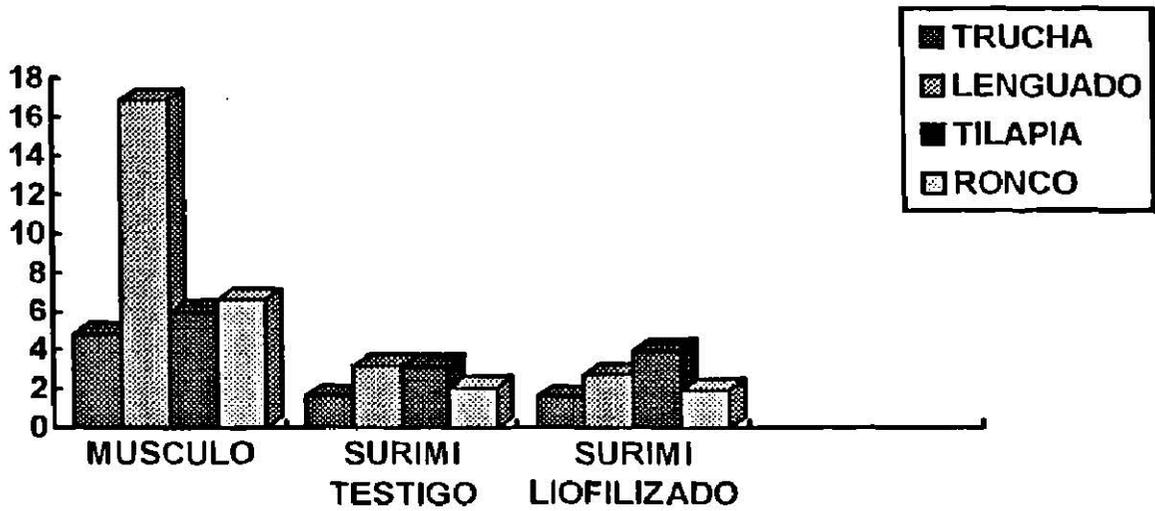
TABLA 5

PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS PROMEDIO DE MUSCULO, SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO. (BASE SECA)

MATERIAL	MUSCULO	SURIMI TESTIGO	SURIMI LIOFILIZADO
Trucha	0.00 ^a	31.99 ^b	31.57 ^b
Lenguado	0.00 ^a	36.36 ^c	33.55 ^d
Tilapia	0.00 ^a	34.87 ^d	31.14 ^{d,c}
Ronco	0.00 ^a	30.14 ^b	31.20 ^b

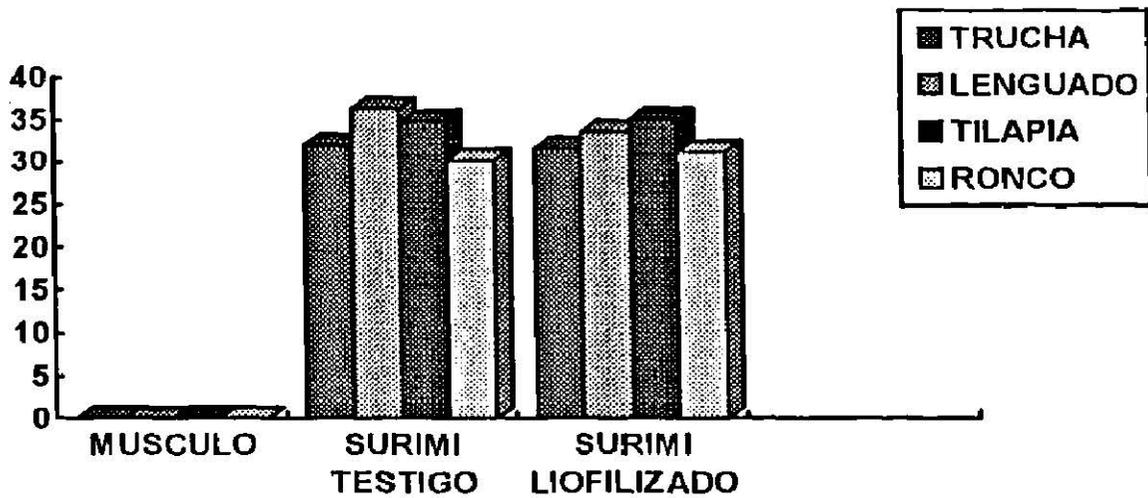
a,b,c,d. Valores promedio con una letra igual no son significativamente diferentes entre sí (p >0.05).

TABLA 6



PORCENTAJE DE CENIZA PROMEDIO DE MUSCULO, SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO (BASE SECA).

Figura 8



PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS PROMEDIO DE MUSCULO, SURIMI TESTIGO (CONGELADO) Y SURIMI LIOFILIZADO DE TRUCHA, LENGUADO, TILAPIA Y RONCO (BASE SECA).

Figura 9

EVALUACIONES REOLOGICAS.

Las tablas 7 a 10 presentan los valores promedio y análisis estadístico de diferencias significativas para el parámetro de esfuerzo cortante a la fractura en geles de surimi obtenidos por tres tratamientos térmicos diferentes tanto para muestras testigo con una razón constante humedad:proteína de 6:1, así como para muestras liofilizadas (Figuras 10 a 13). En este último caso, como se indicó previamente, los geles se reconstituyeron a diferentes razones de humedad proteína de 6:1, 5:1 y 4:1. Para las especies trucha y tilapia los geles de surimi testigo obtenidos por los procesos directo y de proteólisis no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en sus valores de esfuerzo cortante. En el caso de ronco se observó un aumento leve pero significativo ($p < 0.05$) en el valor de esfuerzo con el proceso de proteólisis en comparación con el directo. Solamente los geles de lenguado mostraron una disminución significativa ($p < 0.05$) en los valores de esfuerzo debido al proceso de proteólisis.

Se ha observado que algunos surimis presentan como en el caso del lenguado una disminución en la fuerza estructural de sus geles debido al proceso diferencial denominado proteólisis en este trabajo. Es posible que de las especies estudiadas sólo el lenguado tenga enzimas de tipo proteolítico que al no ser removidas por el proceso de refinación al obtener surimi, se activen al incubar a temperaturas cercanas a los 60°C y por ello se observa la disminución en fuerza estructural.

Es necesario realizar estudios bioquímicos para asegurar su presencia. Son pocos los estudios de este tipo que se han reportado a la fecha en la literatura científica (Tejada, 1991).

VALORES PROMEDIO DE ESFUERZO CORTANTE VERDADERO A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE TRUCHA TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A 3 RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR 3 PROCESOS TERMICOS (DIRECTO, PROTEOLISIS O FIJACION).

	DIRECTO	PROTEOLISIS	FIJACION
TESTIGO	31,426.2 ^a	32,319.8 ^a	61,225.0 ^d
LIOFILIZADO 6:1	30,146.4 ^a	29,949.8 ^a	55,315.8 ^e
LIOFILIZADO 5:1	29,324.8 ^a	35,091.8 ^c	59,706.4 ^d
LIOFILIZADO 4:1	51,097.2 ^b	61,797.8 ^d	92,066.6 ^f

a,b,c,d,e,f. Valores promedio en cada columna con una letra igual no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

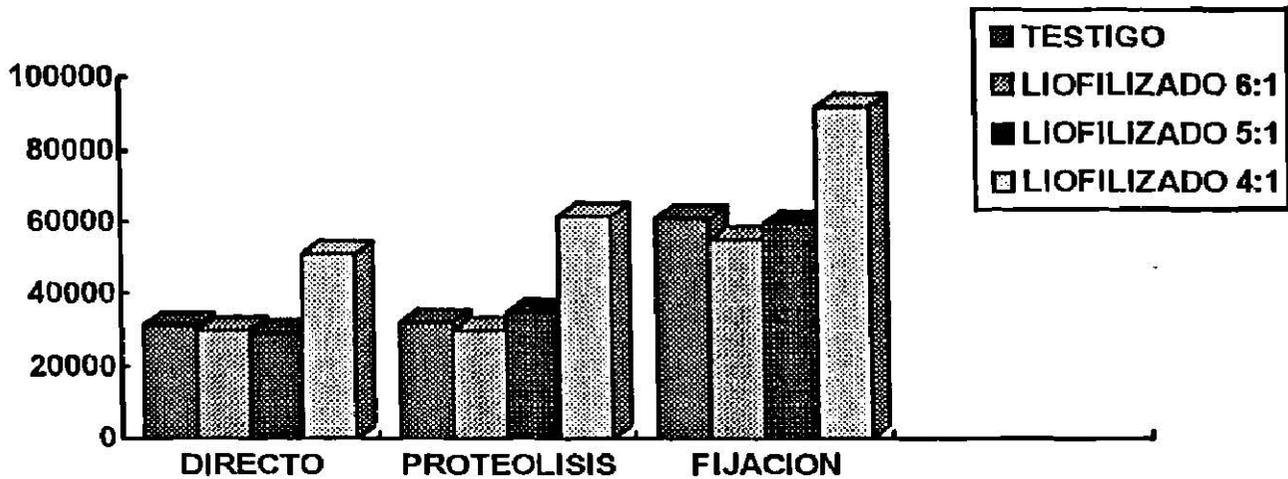
TABLA 7

VALORES PROMEDIO DE ESFUERZO CORTANTE VERDADERO A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE LENGUADO TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A 3 RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR 3 PROCESOS TERMICOS (DIRECTO, PROTEOLISIS O FIJACION).

	DIRECTO	PROTEOLISIS	FIJACION
TESTIGO	43,007.6 ^a	32,054.3 ^e	60,988.0 ^c
LIOFILIZADO 6:1	19,149.6 ^b	15,578.8 ^f	42,012.2 ^a
LIOFILIZADO 5:1	59,864.4 ^c	42,264.6 ^a	65,980.8 ^g
LIOFILIZADO 4:1	88,969.8 ^d	68,501.8 ^g	115,513.8 ^h

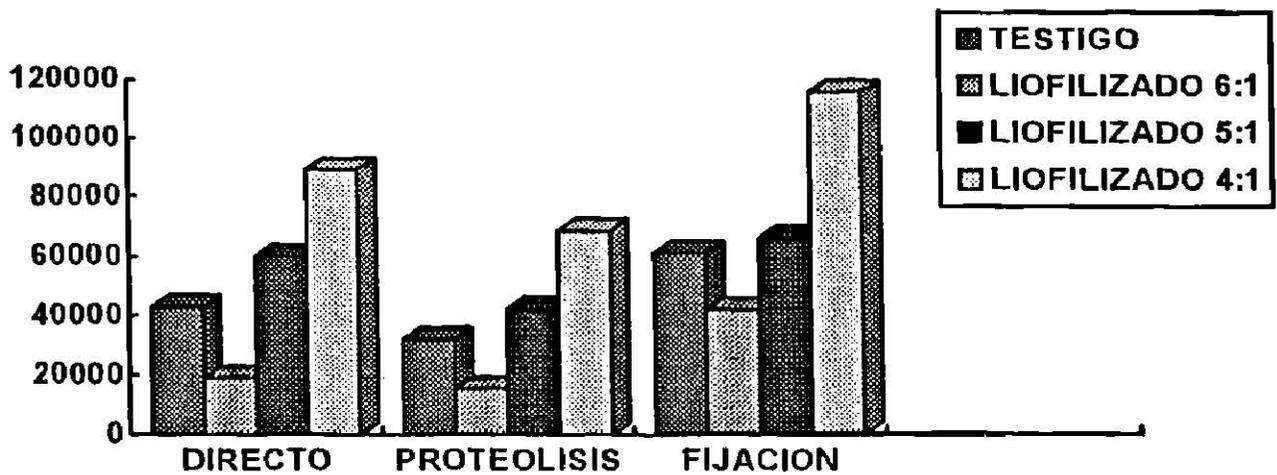
a,b,c,d,e,f,g,h. Valores promedio en cada columna con una letra igual no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

TABLA 8



VALORES PROMEDIO DE ESFUERZO CORTANTE VERDADERO A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE TRUCHA TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A TRES RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR TRES PROCESOS TERMICOS.

Figura 10



VALORES PROMEDIO DE ESFUERZO CORTANTE VERDADERO A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE LENGUA TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A TRES RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR TRES PROCESOS TERMICOS.

Figura 11

VALORES PROMEDIO DE ESFUERZO CORTANTE VERDADERO A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE TILAPIA TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A 3 RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR 3 PROCESOS TERMICOS (DIRECTO, PROTEOLISIS O FIJACION).

	DIRECTO	PROTEOLISIS	FIJACION
TESTIGO	19,165.4 ^a	22,846.8 ^a	40,906.2 ^f
LIOFILIZADO 6:1	19,149.6 ^a	27,618.4 ^d	30,715.2 ^d
LIOFILIZADO 5:1	33,110.0 ^b	36,550.7 ^b	56,339.8 ^g
LIOFILIZADO 4:1	75,306.8 ^c	47,944.2 ^e	71,591.6 ^c

a,b,c,d,e,f,g. Valores promedio en cada columna con una letra igual no son significativamente diferentes (p >0.05).

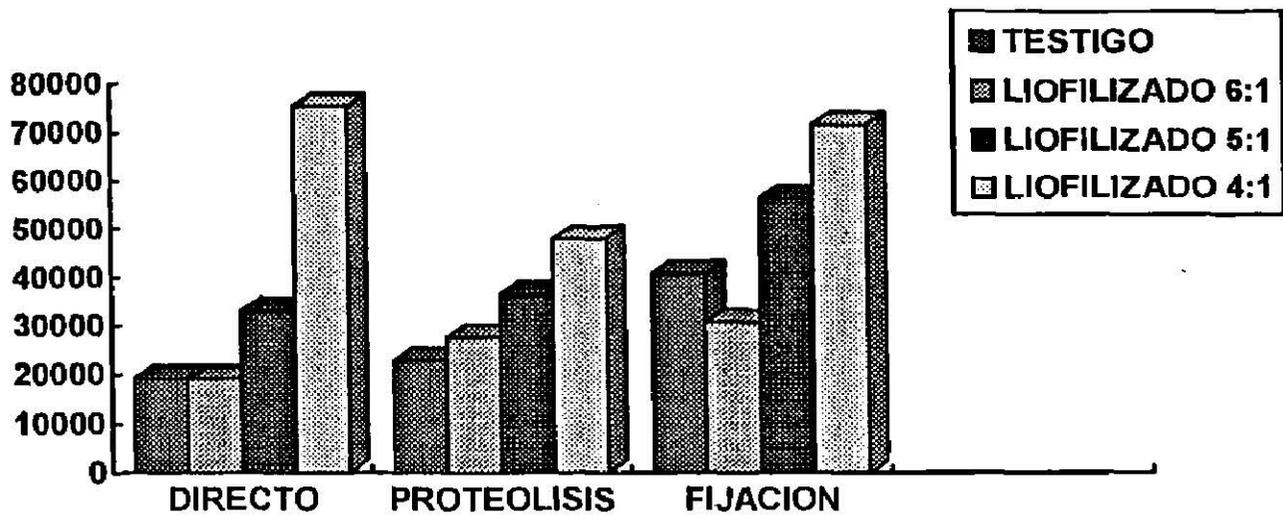
TABLA 9

VALORES PROMEDIO DE ESFUERZO CORTANTE VERDADERO A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE RONCO TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A 3 RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR 3 PROCESOS TERMICOS (DIRECTO, PROTEOLISIS O FIJACION).

	DIRECTO	PROTEOLISIS	FIJACION
TESTIGO	30,986.0 ^a	36,750.8 ^d	62,789.2 ^f
LIOFILIZADO 6:1	20,824.4 ^b	21,444.9 ^b	39,887.8 ^e
LIOFILIZADO 5:1	32,311.0 ^a	40,957.1 ^e	59,408.0 ^f
LIOFILIZADO 4:1	48,269.0 ^c	62,548.3 ^f	60,847.6 ^f

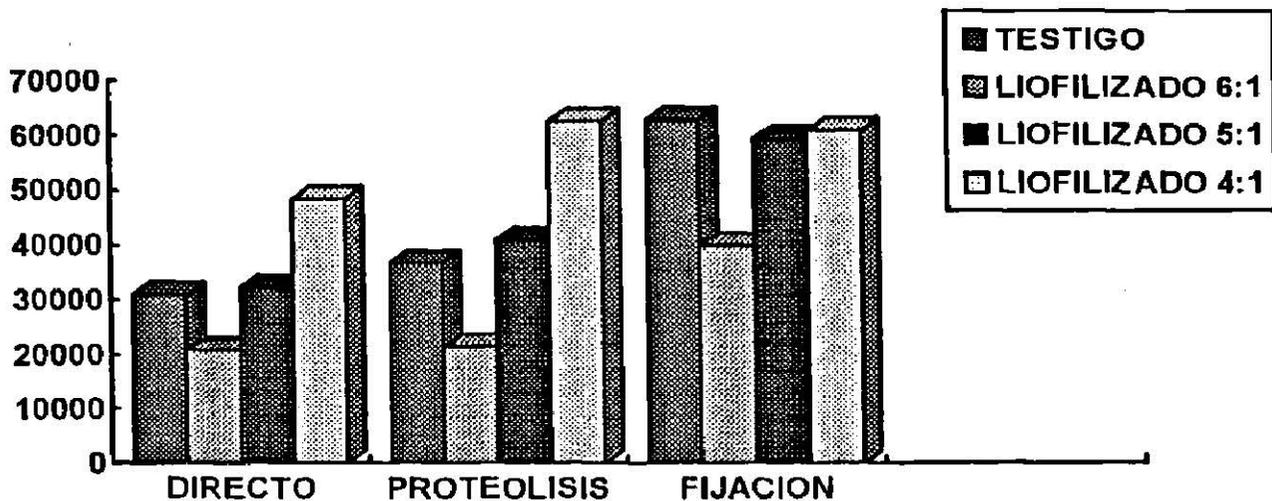
a,b,c,d,e,f. Valores promedio en cada columna con una letra igual no son significativamente diferentes (p >0.05).

TABLA 10



VALORES PROMEDIO DE ESFUERZO CORTANTE VERDADERO A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE TILAPIA TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A TRES RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR TRES PROCESOS TERMICOS.

Figura 12



VALORES PROMEDIO DE ESFUERZO CORTANTE VERDADERO A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE RONCO TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A TRES RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR TRES PROCESOS TERMICOS.

Figura 13

El proceso de fijación causó en los geles testigo de todas las especies un aumento significativo ($p < 0.05$) en los valores de esfuerzo cortante con respecto a los observados en el proceso directo. El aumento fue alrededor del 100% para trucha, tilapia y ronco y de sólo un 42% para el lenguado. Debe indicarse que no en todos los surimis se observa el aumento en fuerza estructural debido al proceso denominado fijación en este trabajo.

Los valores de deformación cortante de los geles testigo con los procesos directo, proteólisis o fijación presentaron un comportamiento diferente al observado en el esfuerzo cortante. Los valores promedio y análisis estadístico de diferencias significativas para el parámetro deformación cortante se muestran en las tablas 11 a 14. Las especies lenguado y trucha con el proceso de proteólisis tuvieron valores significativamente menores ($p < 0.05$) que los geles con el proceso directo mientras que en las otras dos especies los geles con el proceso de proteólisis tuvieron valores significativamente mayores ($p < 0.05$) que en los geles con el proceso directo. El fenómeno de proteólisis descrito anteriormente no sólo ocurrió en lenguado sino también en trucha al evaluar el grado de deformabilidad de los geles. Estos resultados sugieren que la forma que responden los geles de surimi a los tratamientos térmicos puede ser diferente al evaluar en forma independiente sus parámetros de fuerza estructural (esfuerzo cortante) y grado de deformabilidad de la estructura (deformación cortante) y como lo han sugerido algunos autores (Hamann, 1983; Montejano, et al., 1984b). En todos los surimis los valores de deformación cortante de los geles con el proceso de fijación presentaron los valores significativamente más altos ($p < 0.05$) Esto demuestra que en todas las especies se observó el fenómeno de fijación que reforzó tanto la fuerza como la deformabilidad estructural de los geles testigo.

Al comparar los valores de esfuerzo cortante entre las muestras testigo y liofilizadas, a los tres valores de reconstitución empleados, en los geles con el proceso directo, sólo las especies trucha y tilapia no presentaron diferencia significativa ($p > 0.05$) entre la muestra testigo y la reconstituida a la misma relación humedad:proteína de 6:1 esto sugiere que en estos dos surimis el proceso de liofilización no alteró la capacidad de gelación de las proteínas.

VALORES PROMEDIO DE DEFORMACION CORTANTE VERDADERA A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE TRUCHA TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A 3 RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR 3 PROCESOS TERMICOS (DIRECTO, PROTEOLISIS O FIJACION).

	DIRECTO	PROTEOLISIS	FIJACION
TESTIGO	1.87 ^a	1.79 ^d	2.78 ^f
LIOFILIZADO 6:1	1.43 ^b	1.42 ^b	2.52 ^g
LIOFILIZADO 5:1	1.69 ^c	1.66 ^e	2.53 ^g
LIOFILIZADO 4:1	1.85 ^a	1.70 ^e	2.56 ^h

a,b,c,d,e,f,g,h. Valores promedio en cada columna con una letra igual no son significativamente diferentes (p >0.05).

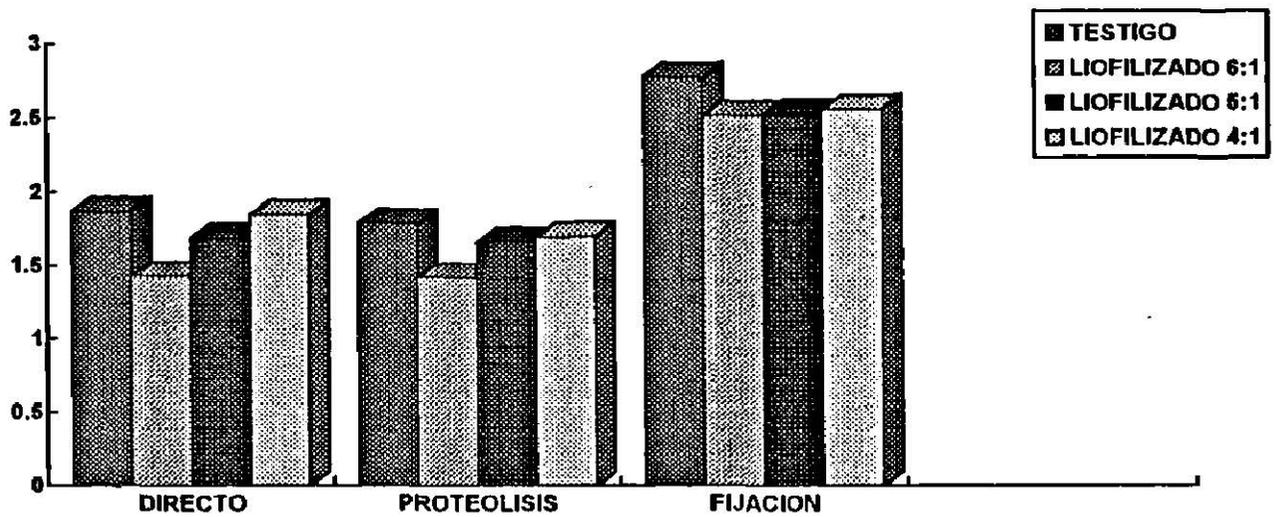
TABLA 11

VALORES PROMEDIO DE DEFORMACION CORTANTE VERDADERA A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE LENGUADO TESTIGO (CONGELADO) LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A 3 RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR 3 PROCESOS TERMICOS (DIRECTO, PROTEOLISIS O FIJACION).

	DIRECTO	PROTEOLISIS	FIJACION
TESTIGO	1.51 ^a	1.24 ^f	1.67 ^g
LIOFILIZADO 6:1	1.17 ^{b,c}	1.19 ^b	1.61 ^h
LIOFILIZADO 5:1	1.36 ^d	1.16 ^c	1.44 ⁱ
LIOFILIZADO 4:1	1.79 ^e	1.23 ^f	1.42 ⁱ

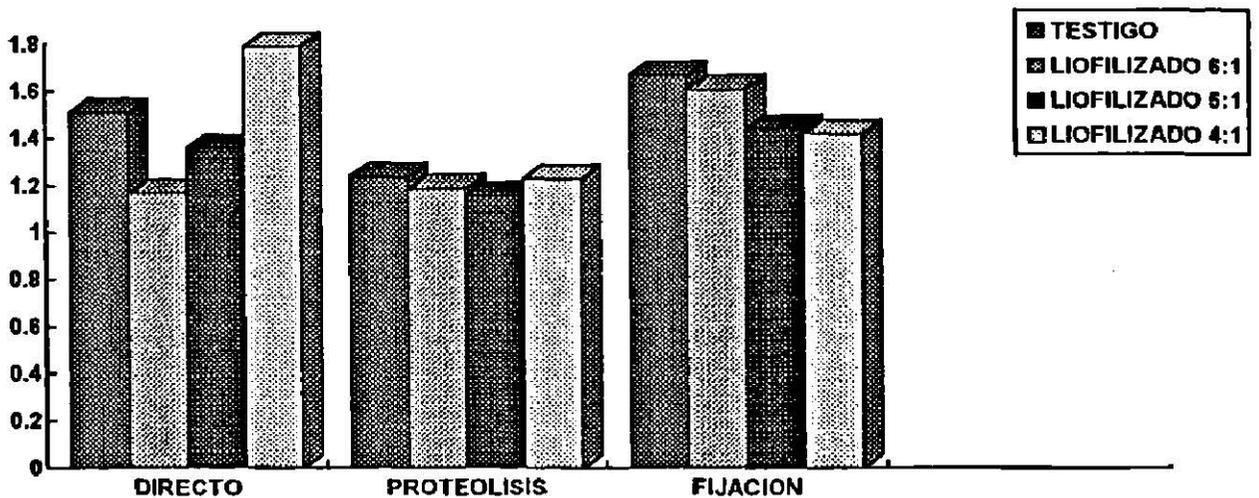
a,b,c,d,e,f,g,h,i. Valores promedio en cada columna con una letra igual no son significativamente diferentes (p >0.05).

TABLA 12



VALORES PROMEDIO DE DEFORMACION CORTANTE VERDADERA A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE TRUCHA TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A TRES RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR TRES PROCESOS TERMICOS.

Figura 14



VALORES PROMEDIO DE DEFORMACION CORTANTE VERDADERO A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE LENGUADO TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A TRES RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR TRES PROCESOS TERMICOS.

Figura 15

VALORES PROMEDIO DE DEFORMACION CORTANTE VERDADERA A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE TILAPIA TESTIGO (CONGELADO) LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A 3 RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR 3 PROCESOS TERMICOS (DIRECTO, PROTEOLISIS O FIJACION).

	DIRECTO	PROTEOLISIS	FIJACION
TESTIGO	1.27 ^a	1.35 ^d	2.07 ^f
LIOFILIZADO 6:1	1.28 ^a	1.20 ^e	1.92 ^g
LIOFILIZADO 5:1	1.49 ^b	1.19 ^e	2.09 ^f
LIOFILIZADO 4:1	1.78 ^c	1.49 ^b	2.02 ^h

a,b,c,d,e,f,g,h. Valores promedio en cada columna con una letra igual no son significativamente diferentes (p >0.05).

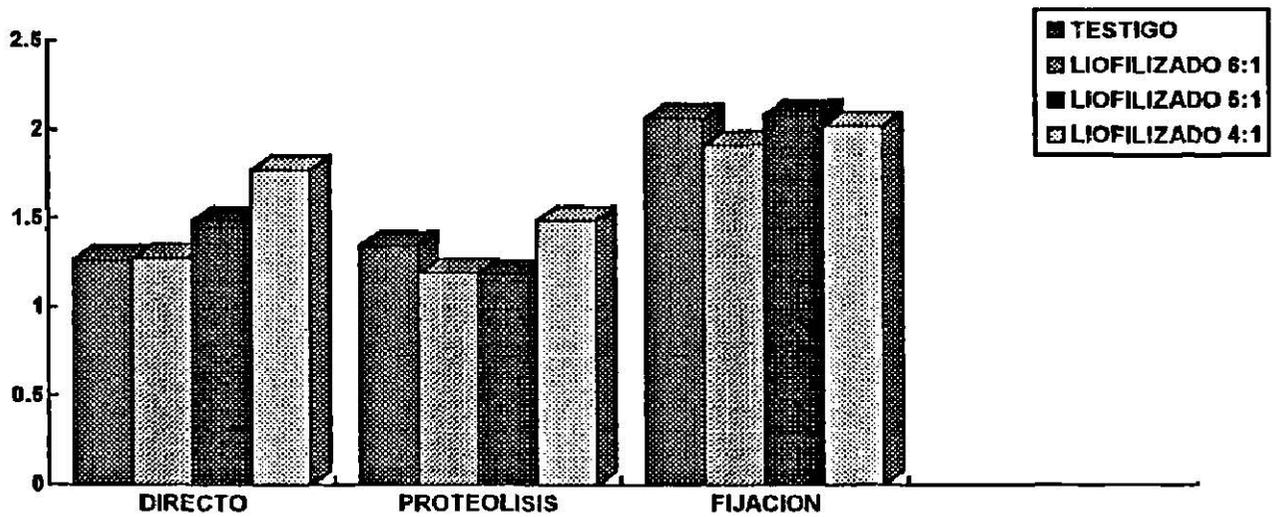
TABLA 13

VALORES PROMEDIO DE DEFORMACION CORTANTE VERDADERA A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE RONCO TESTIGO (CONGELADO) LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A 3 RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR 3 PROCESOS TERMICOS (DIRECTO, PROTEOLISIS O FIJACION).

	DIRECTO	PROTEOLISIS	FIJACION
TESTIGO	1.36 ^a	1.44 ^d	1.91 ^f
LIOFILIZADO 6:1	1.06 ^b	1.08 ^b	1.40 ^d
LIOFILIZADO 5:1	1.09 ^b	1.12 ^e	1.50 ^g
LIOFILIZADO 4:1	1.14 ^c	1.11 ^e	1.36 ^h

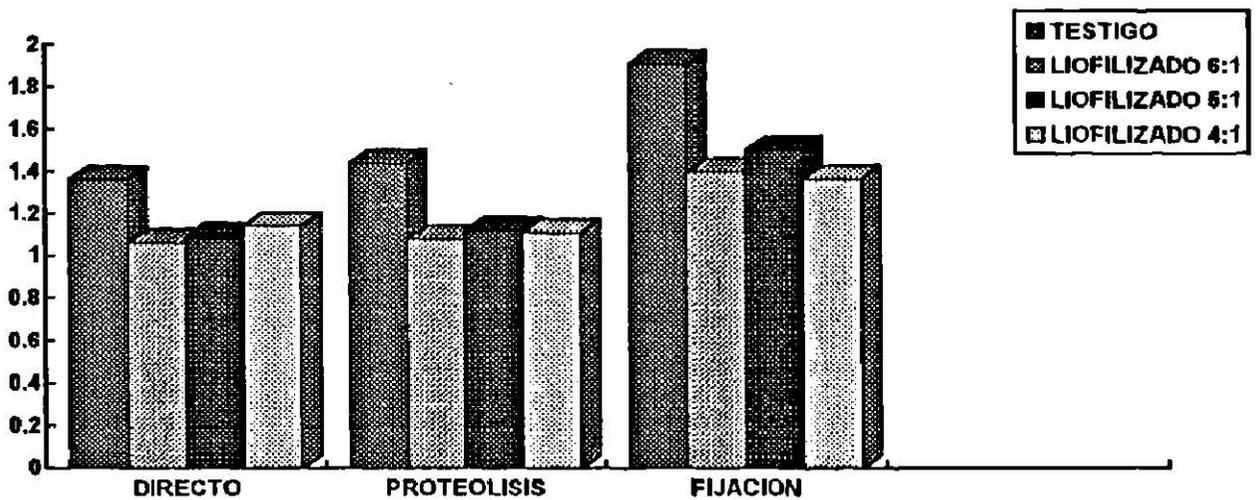
a,b,c,d,e,f,g,h. Valores promedio en cada columna con una letra igual no son significativamente diferentes (p >0.05).

TABLA 14



VALORES PROMEDIO DE DEFORMACION CORTANTE VERDADERA A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE TILAPIA TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A TRES RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR TRES PROCESOS TERMICOS.

Figura 16



VALORES PROMEDIO DE DEFORMACION CORTANTE VERDADERA A LA FRACTURA EN GELES DE SURIMI DE RONCO TESTIGO (CONGELADO) Y LIOFILIZADO, RECONSTITUIDOS A TRES RAZONES HUMEDAD:PROTEINA, OBTENIDOS POR TRES PROCESOS TERMICOS.

Figura 17

Para la especie ronco sólo al reconstituir a una razón humedad:proteína de 5:1 se logró obtener un valor de esfuerzo cortante que no fué significativamente diferente ($p > 0.05$) al del gel testigo. Para lenguado sólo al reconstituir a una razón de 4:1 se obtuvo un valor de esfuerzo que fué significativamente superior ($p < 0.05$) al del gel testigo ya que a los otros niveles de reconstitución dicho valor de esfuerzo fué significativamente menor ($p < 0.05$) al del gel testigo. Esto demuestra que las proteínas del lenguado son más susceptibles a sufrir daños en su funcionalidad (capacidad de gelación) debido al proceso de liofilizado. Como se recordará sólo el lenguado presentó el fenómeno de proteólisis con respecto al esfuerzo cortante, por lo que pudiera haber una relación entre este fenómeno y la pérdida de funcionalidad al liofilizar. Es necesario realizar estudios posteriores de liofilizado de surimis que presentan proteólisis para corroborar si hay una relación entre el fenómeno y la pérdida de capacidad de gelación.

En todos los surimis al disminuir la cantidad de agua de reconstitución se incrementó el valor de esfuerzo cortante debido a un efecto de concentración protéica. Estos resultados sugieren que es posible obtener estructuras con diferentes grados de fuerza estructural al variar la cantidad de agua de reconstitución de los surimis liofilizados, lo que le da gran versatilidad a este polvo protéico para ser utilizado como ingrediente en la formulación de diversos productos alimenticios, nuevos o análogos, que requieran diferentes grados de firmeza en su estructura.

Al comparar los diversos geles de cada especie que se obtuvieron en el proceso de proteólisis, se observa que para un mismo nivel de reconstitución solo el lenguado presentó consistentemente valores de esfuerzo cortante que fueron significativamente menores ($p < 0.05$) que en el caso de los geles con el proceso directo. En trucha y ronco a las relaciones humedad:proteína de 6:1 no se presentó diferencia significativa al comparar los procesos directo y de proteólisis mientras que tilapia presentó un valor significativamente mayor ($p < 0.05$) en esta último proceso. En las relaciones 5:1 y 4:1 para trucha y ronco los geles con el proceso de proteólisis dieron valores de esfuerzo cortante significativamente mayores ($p < 0.05$) que los geles con el proceso directo.

Para tilapia a la relación 5:1 no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) para esfuerzo cortante en geles con los procesos directo y proteólisis mientras que a la relación 4:1 se notó una disminución significativa ($p < 0.05$) en el parámetro reológico para los geles con el tratamiento de proteólisis. Esto parece indicar que el proceso de liofilizado pudo afectar las proteínas del surimi de tilapia y que al estar en alta concentración se mostró el fenómeno de proteólisis. Es importante establecer que no existen estudios sobre las propiedades reológicas de surimis liofilizados y reconstituidos como los realizados en este trabajo. Lo anterior dificulta el comparar nuestras observaciones y se requiere realizar trabajos adicionales para corroborar o clarificar algunos de los datos aquí discutidos.

Los geles de surimi reconstituido obtenidos por el proceso de fijación para cada especie mostraron que a la misma relación humedad:proteína su valor de esfuerzo cortante siempre fué mayor que el obtenido en los geles por el proceso directo. Esta observación es particularmente importante pues demuestra que el

lío-filizado no alteró el mecanismo por el cual ocurre el fenómeno de fijación, descrito previamente, manteniendo el valor del surimi como ingrediente protéico-estructural. Los resultados de esfuerzo cortante muestran que el surimi en polvo puede presentar una gama amplia de fuerza estructural al variar tanto el nivel de reconstitución (razón humedad:proteína) como el tipo de proceso térmico. Por lo anterior es factible seleccionar la combinación más apropiada para emplear el surimi lío-filizado en la obtención de una estructura adecuada según el alimento que se esté formulando.

Al estudiar los valores de deformación al corte para los geles con el proceso directo se observa que solo para tilapia no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los geles testigo y reconstituido a la razón humedad:proteína 6:1. Para las otras especies los geles a razón 6:1 tuvieron valores de deformación al corte significativamente menores ($p < 0.05$) que los geles testigo. Al disminuir la cantidad de agua en la reconstitución ronco nunca incrementó su valor de deformación cortante hasta el nivel que presentó la muestra testigo mientras que en trucha y en lenguado sólo a la razón 4:1 se observó un valor de deformación que fué ya sea significativamente igual o superior que el gel testigo, respectivamente. En tilapia al disminuir el contenido de agua de reconstitución se observó un incremento proporcional en el valor de deformación cortante. Debe recordarse que el gel testigo se preparó al ajustar la razón humedad:proteína a un valor constante de 6:1. Los resultados anteriores indican que en trucha, ronco y lenguado el lío-filizado alteró la capacidad de las proteínas de producir estructuras deformables como resultado de la gelación térmica. La tilapia pareció ser menos afectada que las otras especies. Es necesario realizar estudios adicionales para establecer si el lío-filizado siempre afecta la capacidad de las proteínas del surimi de producir estructuras deformables.

En los geles de cada surimi liofilizado reconstituidos a la razón humedad:proteína de 6:1, es interesante observar al comparar los geles con el proceso directo y de proteólisis, que sólo tilapia presentó un valor de deformación cortante, significativamente menor ($p < 0.05$) en éste último proceso, mientras que en los otros geles no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$), una posible explicación de este comportamiento pudiera ser que para tilapia el liofilizado sí afectó a sus proteínas y el proceso de proteólisis disminuyó su capacidad de producir estructuras deformables. En los otros surimis al haber ocurrido una disminución en esa capacidad, como se describió anteriormente, el proceso de proteólisis pareció ya no afectar a las proteínas. Al disminuir el nivel de agua en la reconstitución y, por lo tanto, concentrar las proteínas, los geles de surimi con el proceso de proteólisis presentaron, en general, valores de deformación cortante significativamente menores ($p < 0.05$) que en los geles testigo. Esta observación vuelve a indicar que el proceso de liofilizado de alguna manera afecta negativamente a las proteínas del surimi y al aumentar su concentración se presenta el fenómeno de proteólisis.

Los geles de surimi liofilizado obtenidos por el proceso de fijación presentaron valores de deformación al corte que fueron significativamente mayores ($p < 0.05$) a los obtenidos con el gel del proceso directo a la misma razón humedad:proteína. La excepción fue el gel de lenguado a la razón 4:1 que presentó un comportamiento opuesto. Esta última observación no es sorprendente pues las proteínas del lenguado parecen ser las que presentan con menor intensidad el fenómeno de fijación. En los otros surimis el liofilizado no afectó la capacidad de las proteínas de producir estructuras más deformables dando lugar a que se presentara el fenómeno de fijación.

Los resultados de la evaluación de deformación al corte en los geles de surimi liofilizado y reconstituido indican que existe menos versatilidad al combinar niveles de reconstitución y procesos térmicos para la obtención de estructuras con diferentes grados de deformabilidad en comparación con la versatilidad observada para el parámetro esfuerzo cortante. Es posible emplear junto con el surimi otros agentes como la goma carragenina (Montejano, et al., 1990b) para aumentar la deformabilidad de la estructura y la versatilidad del surimi liofilizado.

CONCLUSIONES

Este estudio demostró que es factible liofilizar surimi de cuatro especies de pescado. Los resultados de las evaluaciones reológicas de esfuerzo y deformación cortante sugieren que el origen de las especies, marino o agua dulce no parece ser un factor que gobierne la calidad del polvo obtenido.

Dadas las condiciones de transporte y almacenamiento en nuestro país es más económico el obtener un polvo protéico concentrado (surimi liofilizado) que el procesar y almacenar un bloque congelado a temperaturas inferiores a -20°C que es la forma común de comercializar el surimi.

La calidad de los surimis liofilizados (representada por la fuerza y deformabilidad de sus geles) varió considerablemente de una especie a otra así como en función del tipo de proceso térmico y la razón humedad:proteína empleada en la reconstitución de los surimis liofilizados.

Los resultados obtenidos demostraron que el lenguado fue el más afectado por la presencia del fenómeno de proteólisis (disminución de la fuerza y deformabilidad de gel).

En todos los surimis el proceso térmico de fijación produjo estructuras más fuertes y deformables en comparación con el proceso directo y el liofilizado no alteró este comportamiento.

El liofilizado del surimi afectó más la capacidad de las proteínas de producir estructuras deformables como lo mostró la evaluación del parámetro de deformación al corte. En cambio no pareció afectar la capacidad de las proteínas de producir proteínas fuertes como lo demostró la evaluación del parámetro esfuerzo cortante.

Los resultados de este estudio son muy prometedores en cuanto a la obtención y aplicación del surimi liofilizado como un ingrediente protéico estructural de amplia versatilidad que puede ser empleado en una gran variedad de productos alimenticios tanto nuevos como de imitación.

Debido a la escasez de estudios reológicos y de funcionalidad en surimis liofilizados, se recomienda realizar evaluaciones similares a las efectuadas en este trabajo en surimis de otras especies de pescado a fin de corroborar, validar o modificar algunas de las observaciones y especulaciones derivadas en este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

A.F.D.F. 1987. Surimi. It s American Now!. Alaska Fisheries Development Foundation Pub. Anchorage Alaska, USA.

Alvarado-Calvillo, L.J., M.L. Gallegos-Hernández y A.O. Salas-Basurto. 1987. Elaboración de frituras a partir de una combinación de harina de maíz y un concentrado protéico de pescado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P., México.

Anónimo, 1990. Salving flavoring problems. Food Engineering Internat. 15(7):18.

Branson, J.H. 1984. The resourse base for U.S. surimi production. Presentado en 7th Annual Convention of Natl. Food Proc. Assoc. Washington, D.C., U.S.A.

Díaz, R., C.I. Beristain, O.G. Morales y J.G. Montejano. 1992. Comparison of water sorption in freeze-dried surimi from trout (*C. nothus*) and tilapia (*O. nilotica*). 1992 IFT Annual Meetin, Book of Abstracts. Institute of Food Technologist. Chicago, Il., U.S.A. pp. 174.

Hall, C.W., A.W. Farrall y A.L. Rippen. 1986. Encyclopedia of Food Engineering, 2nd ed. AVI Publishing, Co., Westport, CT., U.S.A.

Hamann, D.D. 1983. Failure characteristics of solids foods. En Physical Properties of Food. Bagley, E.B. y M. Peleg (eds). AVI Publishing, Co. Westport, CT, U.S.A.

Hamann, D.D. y T.C. Lanier. 1987. Instrumental methods for predicting seafood sensory texture quality. En: Seafood Quality Determination. Kramer, D.E. y J. Liston (eds). Elsevier Science Publ. Amsterdam, Holanda.

Harper, J.C. 1976. Elements of Food Engineering. AVI. Publishing, Co., Westport, CT, U.S.A.

Heid, J.L. y M. Joslyn. 1976. Fundamentals of Food Processing Operation. AVI Publishing, Co., Westport, CT, U.S.A.

Heldman, D.R. 1973. Food Process Engineering. AVI Publishing, Co., Westport, CT, U.S.A.

John, P.M.W. 1971. Statistical Design and Analysis of Experiments. The Macmillan Co. New York, N.Y., U.S.A.

Kim, B.Y., D.D. Hamman, T.C. Lanier y M.C. Wu. 1986. Effect of freeze-thaw abuse on the viscosity and gel forming properties of surimi from two species. J. Food Sci. 51:951.

Kimura, I., Sugimoto, M., Toyoda, k., seki, N., Arai, K. y Fujita, T. 1991. A Study on the Cross-Linking Reaction of Myosin in Kamaboko "Suwari" Gels. Nippon Suisan Gakkaishi. 57(7), 1389-1396.

Lanier, T.C. 1986. Functional properties of surimi. Food Technol. 40(3):107.

Lee, C.M. 1984a. Surimi gel and the U.S. seafood industry. Oceanus 27:35.

- Lee, C.M. 1984b. Surimi process technology. Food Technol. 38(11):69.
- Matsumoto, J.J. 1978. Minced fish technology and its potential for developing countries. En: proceedings on Fish Utilization Technology and Marketing. Vol 18, Section III. pp. 267. Indo-Pacific Fishery Commission. Bangkok.
- Miyake, Y., Y. Hirasawa y M. Miyonabe. 1985. Technology of surimi manufacturing. Infofish Marketing Digest No. 5:29.
- Miyauchi, D., G. Kudo y M. Patashnik. 1973. Surimi a semiprocessed wet fish protein. Marine Fisheries Review. 35(12):298.
- Montejano, J.G. 1989. Desarrollo experimental y matemático de métodos para evaluar propiedades reológicas en alimentos. Trabajo ganador del Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1989, Categoría Profesional. México, D.F.
- Montejano, J.G. 1990. Obtención de una pasta proteica refinada (surimi) a partir de diversas especies de pescado y evaluación de su calidad. Acta Cient. Pot XII:55.
- Montejano, J.G., D.D. Hamann y T.C. Lanier. 1983. Final strengths and rheological changes during processing of thermally induced fish muscle gels. J. Rheology 27:557.
- Montejano, J.G., D.D. Hamann y T.C. Lanier. 1984a. Structural failure in heat-induced muscle protein gels: stress end strain levels and microstructure. En: "Advances in Rheology", Volume IV Applications, pp. 235. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. Holanda.

Montejano, J.G., D.D. Hamann y T.C. Lanier. 1984b. Thermally induced gelation of selected comminuted muscle systems-Rheological changes durin processing, final strenght and microstructure. J. Food Sci. 49:1496.

Montejano, J.G. y T.C. Lanier, 1986. Efecto de la adición de diversos tipos de fosfatos en las propiedades de flujo, gelación térmica, capacidad de retención de agua y fuerza estructural de surimi de trucha (*C. regalis*). Tecnología de Alimentos. 21(3):18.

Montejano, J.G. y V.E. Hernández. 1989. Surimi: definición elaboración y evaluación. En: avances en Aditivos para la Industria Alimentaria. Programa Universitario de Alimentos. Editorial UNAM. México.

Montejano, J.G., M.T. Reta, L. Vega y V.E. Hernández. 1990a. Preparación de diversas frituras con mezclas de masa de maíz y una pasta proteica de pescado. Memorias del I Foro Inv. Univ. UASLP. Ed. Univ. Potosina. pp. 27.

Montejano, J.G., V.E. Hernández, L. Vega, M.E. Núñez y B.E. Guzmán. 1990b. Empleo de un análisis factorial fraccionado para seleccionar factores y niveles que maximizan la calidad de surimi de la especie carpa (*C. carpio*). Acta científica Potosina. Vol.XII, No. 2.

Navarro, G.L. 1959. El Salado de la Carne de Pescado. Dirección General de Pesca. México, D.F.

Niwa, A. y G. Nakajima. 1975. Differences in structure between elastic kamaboko an brittle one. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 41:579

- Okada, M. 1981a. Varieties of fish paste products. En: Kneaded Seafood Products. Okada, M., T. Imaki y M. Yokozeki (eds). Koseisha-Koseikaku publ. Co. Tokio, Japón.
- Okada, M. 1981b. General manufacturing methods. En: Kneaded Seafood Products. Okada, M., T. Imaki y M. Yokozeki (eds). Koseisha-Koseikaku publ. Co. Tokio, Japón.
- Parker, P. 1986. The surimi market comes of age. Seafood Business. 5(3):40.
- Perry, R.H., C.H. Chilton y S.D. Kirkpatrick. 1963. Chemical Engineers Handbook. 4th ed. Mc Graw-Hill Book Co. New York, N.Y., U.S.A.
- Ramírez, G.R. 1975. Estudios y difusión marítimos. AL. Tecnología Pesquera. ESDIMA, AC., México, D.F.
- Sonu, S.C. 1986. Surimi. NOAA Technical Memorandum NMFS013. Terminal Island, California, U.S.A.
- Sperber, R.M. 1990. Surimi. Alternate protein source for processed meat products. Food Proc. 51(2):38.
- Sutton, B.Y., P.M. Amato, T.C. Lanier y D. Wasson. 1991. Inhibition of fish heat-stable proteases by alphalin. Abstracts 1991 Annual Meetin and Food Expo. Institute of food Technologists. Chicago, Ill. pp. 174.
- Suzuki, T. 1981. Fish and Krill Protein. Proceeding Technology. Applied Science Publishers L.T.D.

Tanikawa, E. 1971. Marine products in Japan. Koseisha-Koseikaku Co. Tokio, Japón.

Tejada, M. y A.J. Borderías. 1987. Productos derivados del surimi. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 27:161.

Tejada, M. 1991. Tendencias actuales en la utilización de surimi. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 31:310.

Toledo, R.T. 1980. Fundamentals of Food Process Engineering AVI Publishing, Co., Westport, CT, U.S.A.

Wan, I., Miura, I. y Seki, N. 1992. Effects of Monovalent Cations on Cross-linking of Myosin in Suwari Gels from Walleye Pollack. Nippon Suisan Gakkaishi. 58(3), 583-590.

Yáñez-Campos, D.R. 1990. Selección de un método de obtención de un aislado desgrasado a partir de surimi y su aplicación en la elaboración de tortilla de maíz. Tesis de Licenciatura en Bioquímica. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Reynosa, Tamps., México.

