



**INSTITUTO POLITECNICO
NACIONAL**



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA CALIDAD REOLÓGICA
DE SURIMIS DE CINCO ESPECIES ÍCTICAS POTENCIALMENTE
APROVECHABLES DEL GOLFO DE CALIFORNIA.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA

ANA ISABEL BELTRÁN LUGO

CONTENIDO

	Página
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	i
Relación de cuadros.....	iii
Relación de figuras.....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	12
4. OBJETIVOS.....	14
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
5.1 Obtención de la materia prima.....	15
5.2 Elaboración de los surimis.....	15
5.3 Análisis químicos en músculo y surimi.....	17
5.4 Evaluación de la calidad reológica.....	18
5.4.1 Preparación de los geles de surimi.....	18
5.4.2 Prueba de fractura en torsión.....	19
5.4.2.1 Esfuerzo cortante.....	19
5.4.2.2 Deformación cortante verdadera.....	22
5.4.2.3 Rigidez cortante.....	22
5.4.3 Determinación del grado de dobléz.....	22
5.4.4 Clasificación de la textura de los geles de surimi.....	23
5.5 Análisis estadísticos.....	24

6. RESULTADOS.....	25
6.1 Rendimientos y composición química.....	25
6.2 Evaluación de la calidad reológica de geles de surimi de las diferentes especies.	29
6.2.1 Prueba de fractura en torsión.....	29
6.2.2 Determinación del grado de dobléz.....	37
6.2.3. Clasificación de la textura de geles de surimi de las diferentes especies.....	40
6.3 Efecto de la concentración de sal y tiempo de cocción sobre los parámetros reológicos de los geles de surimi obtenido de cada especie.....	40
7. DISCUSIÓN.....	47
7.1 Rendimientos y composición química.....	47
7.2 Evaluación de la calidad reológica de geles de surimi de las diferentes especies.	49
7.3 Clasificación de la textura de geles de surimi de las diferentes especies.....	51
7.4 Efecto de la concentración de sal y tiempo de cocción sobre los parámetros reológicos de los geles de surimi obtenido de cada especie.....	52
8. CONCLUSIONES.....	55
9. RECOMENDACIONES.....	57
10. LITERATURA CITADA.....	58

GLOSARIO

Actomiosina: Proteína miofibrilar formada por la unión de actina y miosina durante la contracción muscular o bien durante la rigidez que sufren los organismos posterior a la muerte.

Adhesividad: Es una propiedad de las sustancias poliméricas como las proteínas, y se define como la propiedad de un material para unir otros dos.

Cohesión: Propiedad que permite a los materiales permanecer unidos entre sí.

Crioprotectantes: compuesto que tiene la propiedad de evitar la desnaturalización y agregación de las proteínas durante la congelación ayudándole de esta forma a conservar sus propiedades.

Estroma: Conjunto de proteínas que se encuentran en la parte externa de la célula muscular, formando parte del tejido conectivo. Su función consiste en regular y controlar la extensión de la contracción. Sus principales componentes son el colágeno, la elastina y la reticulina.

Geles: Son sistemas formados por una red continua de macromoléculas interconectadas y entrelazadas en una estructura tridimensional en la que la fase continua de agua queda atrapada.

Kamaboko: Nombre genérico con el cual se designa a una variedad de productos alimenticios típicos del Japón, elaborados a partir de pescado. Se presentan bajo la forma de un gel proteico homogéneo.

Propiedades sensoriales: Son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los órganos de los sentidos; dentro de estas propiedades se incluye la textura, el sabor, el olor y el color.

Pulpa de pescado: Músculo de pescado molido que ha sido separado manual o mecánicamente del resto de los componentes como huesos, espinas, escamas y piel.

Reología: Ciencia que estudia el flujo y la deformación de los materiales, bajo la influencia de un esfuerzo.

Sensorial: Cualquier característica que sea percibida a través de los órganos de los sentidos: olor, sabor, textura, color.

Sol: Sistema coloidal formado por la dispersión de un material sólido en un líquido. Las moléculas que intervienen en los soles son fundamentalmente polímeros como polisacáridos ó proteínas.

Textura: En los alimentos, la textura es la propiedad sensorial que se detecta por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación.

Viscoelástico: Material que presenta simultáneamente propiedades de un sólido elástico, así como de un líquido viscoso.

RELACIÓN DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Escala de clasificación del grado de dobléz de geles de surimi.	23
Cuadro 2	Clasificación de textura con base en las características de esfuerzo y deformación constante.	23
Cuadro 3	Rendimientos en la obtención de pulpa con base a pescado entero para las especies: bacoco, guinea, rayadillo, mojarrón y chivato.	26
Cuadro 4	Efecto de la concentración de sal y el tiempo de calentamiento a 90°C sobre los parámetros reológicos en geles de surimi de bacoco.	42
Cuadro 5	Efecto de la concentración de sal y el tiempo de calentamiento a 90°C sobre los parámetros reológicos en geles de surimi de guinea.	42
Cuadro 6	Efecto de la concentración de sal y el tiempo de calentamiento a 90°C sobre los parámetros reológicos en geles de surimi de rayadillo.	44
Cuadro 7	Efecto de la concentración de sal y el tiempo de calentamiento a 90°C sobre los parámetros reológicos en geles de surimi de mojarrón.	44
Cuadro 8	Efecto de la concentración de sal y el tiempo de calentamiento a 90°C sobre los parámetros reológicos en geles de surimi de chivato.	45

RELACIÓN DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Diagrama de flujo del procedimiento empleado para la elaboración de los surimis.	16
Figura 2	Geometría requerida para las muestras de geles de surimi sometidas al análisis de fractura en torsión.	20
Figura 3	Curva típica resultante de la fractura en torsión de geles de surimi.	21
Figura 4	Contenido de humedad en músculo y surimi de las especies de pescado bacoco (<i>Pomadasys spp.</i>), rayadillo (<i>Microlepidotus inomatus</i>), guinea (<i>Orthopristis redingii</i>), mojarrón (<i>Calamus brachysomus</i>) y chivato (<i>Mulloidichthys dentatus</i>).	27
Figura 5	Contenido de proteína cruda en músculo y surimi de las especies de pescado bacoco (<i>Pomadasys spp.</i>), rayadillo (<i>Microlepidotus inomatus</i>), guinea (<i>Orthopristis redingii</i>), mojarrón (<i>Calamus brachysomus</i>) y chivato (<i>Mulloidichthys dentatus</i>).	28
Figura 6	Contenido de lípidos totales en músculo y surimi de las especies de pescado bacoco (<i>Pomadasys spp.</i>), rayadillo (<i>Microlepidotus inomatus</i>), guinea (<i>Orthopristis redingii</i>), mojarrón (<i>Calamus brachysomus</i>) y chivato (<i>Mulloidichthys dentatus</i>).	30
Figura 7	Contenido de cenizas totales en músculo y surimi de las especies de pescado bacoco (<i>Pomadasys spp.</i>), rayadillo (<i>Microlepidotus inomatus</i>), guinea (<i>Orthopristis redingii</i>), mojarrón (<i>Calamus brachysomus</i>) y chivato (<i>Mulloidichthys dentatus</i>).	31
Figura 8	Evaluación reológica mediante la prueba de fractura en torsión para geles de surimi elaborados sin sal y fijados térmicamente a 90°C.	32
Figura 9	Evaluación reológica mediante la prueba de fractura en torsión para geles de surimi elaborados con 1.5% de sal y fijados térmicamente a 90°C.	34

		Página
Figura 10	Evaluación reológica mediante la prueba de fractura en torsión para geles de surimi elaborados con 2.5% de sal y fijados térmicamente a 90°C.	36
Figura 11	Grado de doblez presentado por geles de surimi elaborados sin sal y fijados térmicamente a 90°C.	38
Figura 12	Grado de doblez presentado por geles de surimi elaborados con 1.5% de sal y fijados térmicamente a 90°C.	38
Figura 13	Grado de doblez presentado por geles de surimi elaborados con 2.5% de sal y fijados térmicamente a 90°C.	39
Figura 14	Clasificación de la textura de los geles de surimi de bacoco, guinea, mojarrón, rayadillo y chivato, elaborados con 2.5% de sal y fijados térmicamente a 90°C durante 15 min.	41

RESUMEN

Se evaluó la factibilidad de producir surimi a partir de cinco especies de pescado de bajo valor comercial del Golfo de California, con base en los rendimientos y la composición química de los surimis así como en las propiedades reológicas de los geles de surimi elaborados con tres niveles de sal: 0, 1.5 y 2.5% y dos tiempos de fijación térmica a 90° C: 15 y 30 min. Las especies seleccionadas fueron: bacoco (*Pomadasys spp*), rayadillo (*Xenistius californiensis*), guinea (*Orthopristis redingii*), mojarrón (*Calamus brachysomus*) y chivato (*Mulloidichthys dentatus*). Para la preparación de los surimis, el músculo de pescado separado mecánicamente, fue sometido a una serie de tres ciclos de lavado-prensado. La evaluación reológica de los geles de surimi se realizó mediante el método de fractura torsional para la obtención de los parámetros de esfuerzo, deformación y rigidez cortante. Asimismo, la elasticidad fue determinada mediante el método empírico del grado de doblez empleando una escala de 5 puntos, en la cual el valor de 1 corresponde a la calidad mas baja y 5 a la mas alta. El rendimiento para surimi fluctuó de 31% para bacoco a un 45% para guinea. Los resultados de los análisis químicos indicaron que las cinco especies poseen alto contenido de proteínas y bajo contenido de lípidos, lo cual es apropiado para el proceso de obtención de surimi. La concentración de 2.5% de sal y 15 minutos de calentamiento, presentó la mejor calidad reológica global en los geles de surimi de las cinco especies. El análisis de los parámetros reológicos, mostró que bacoco presentó la mejor calidad con respecto a esfuerzo cortante con un valor de 50 KPa y al igual que mojarrón presentó la mayor deformación cortante. Para el grado de doblez; bacoco, guinea, rayadillo y mojarrón presentaron el nivel de 5, el cual

corresponde al nivel mas alto de calidad que se obtiene para esta prueba. Chivato consistentemente presentó una calidad muy baja en los diferentes parámetros reológicos analizados. Se concluye que con base en los rendimientos, composición química y funcionalidad del músculo, medida a través de parámetros reológicos; bacoco, guinea, rayadillo y mojarrón son especies muy apropiadas para la producción de surimi, siendo bacoco la que presenta la mejor calidad.

ABSTRACT

The feasibility of producing surimi from five species of fish of low commercial value of the Gulf of California was evaluated based on yields and chemical composition of the surimis as well as the rheological properties of the surimi gels elaborated with three levels of salt: 0, 1.5 and 2.5% and two times of thermal setting at 90°C: 15 and 30 min. The selected species were: Bacoco (*Pomadasys spp*), wavyline grunt (*Microlepidotus inornatus*), bronzestriped grunt (*Orthopristis redingii*), Pacific porgy (*Calamus brachysomus*) and Mexican goatfish (*Mulloidichthys dentatus*). Surimis were prepared from the fish muscle mechanically separated by a series of three washing-pressing steps. Rheological parameters like shear stress, strain and rigidity at failure were measured by a torsional test. Also, the elasticity was analyzed by means of the empirical method of the folding test using a scale of 5 points, in which 1 corresponds to the lowest quality and 5 to the highest. The yields for surimis were in the range of 31% for bacoco to 45% for guinea. Chemical analyses indicated that the five species were high in proteins and low in lipids, that which is appropriate for the surimi process. The best global rheological quality for the gels of surimi of all the species was obtained at the level of 2.5% of salt and 15 minutes of heating. The analysis of the rheological parameters, showed that bacoco obtained the best quality for shear stress with a value of 50 KPa. and the same as Pacific porgy the biggest shear deformation. Folding test showed that bacoco, bronzestriped grunt, wavyline grunt and Pacific porgy obtained the level of 5, which corresponds at the highest quality obtained for this test. Mexican goatfish consistently presented a very low quality in all rheological parameters analyzed. Based on yields, chemical composition and functionality of their muscle, measured through

rheological parameters; bacoco, wavyline grunt, bronzestriped grunt and Pacific porgy are very appropriate species for the surimi production. The best surimi was obtained from bacoco.

1. INTRODUCCIÓN

Surimi es un término de origen japonés que literalmente significa “carne picada”. Este término es empleado para referirse al ingrediente alimenticio elaborado a partir de músculo de pescado molido que se somete a una serie de lavados con agua a baja temperatura y se mezcla con aditivos crioprotectantes para lograr su estabilidad durante el almacenamiento en congelación (Anónimo, 1987). Los lavados tienen como objetivo promover la eliminación de los componentes responsables del color, sabor y aroma del pescado, mientras que los crioprotectantes permiten que el producto pueda ser almacenado en congelación sin que sufra cambios en sus propiedades originales. La principal característica del surimi es su capacidad de formar geles térmicamente irreversibles. Adicionalmente posee como características un color blanco así como olor y sabor casi neutro. Debido a estas propiedades; el surimi puede ser empleado como materia prima para la elaboración de una amplia gama de productos alimenticios con textura de gel, como por ejemplo productos de imitación a los productos cárnicos tradicionales tipo embutidos y jamones así como de productos de imitación a mariscos (camarón, langosta y cangrejo); estos últimos conocidos como “análogos de mariscos” (Lee, 1992).

El proceso de elaboración de surimi, permite la utilización de una gran diversidad de especies de pescado sin que se perciban en el producto final, diferencias con respecto al color, aroma y sabor característico del músculo de cada una de ellas. Sin embargo, no todos los peces son apropiados para producir las características de gelificación requeridas para el surimi.

En el presente trabajo se planteó evaluar la factibilidad de emplear como materia prima para la producción surimi, bacoco (*Pomadasys spp.*), rayadillo (*Microlepidotus inornatus*, Gill, 1863), guinea (*Orthopristis reddingii*, Jordan y Richardson, 1895), mojarrón

(*Calamus brachysomus*, Lockington, 1880) y chivato (*Mulloidichthys dentatus*, Gill, 1863). Estas especies han sido reportados dentro de las capturas frecuentes dentro de la pesca incidental de Baja California Sur (Ramírez-Rodríguez, 1997, Sánchez-Ortiz *et al.*, 1997) y junto con otras especies clasificadas como "otras", constituyen aproximadamente el 21% de la producción pesquera en el estado de Baja California Sur y el 18.5 % de la producción pesquera a nivel nacional (Anuario Estadístico de Pesca, 1998). Sin embargo no se tiene establecida su demanda como producto fresco, por lo cual se propone su aprovechamiento mediante la tecnología del surimi.

La factibilidad de emplear estas especies para producir surimi, fue evaluada mediante la determinación de los rendimientos y la composición química de los surimis elaborados a partir de cada especie, así como por medio de la evaluación de las propiedades de gelificación térmica que presentaron los geles de los diferentes surimis.

2. ANTECEDENTES

2.1 Historia.

La tecnología de producción de surimi tiene sus orígenes en Japón y se considera que tuvo sus inicios alrededor del año 1100 DC. Lee (1984^a) señala que tradicionalmente el surimi se preparaba a partir de pescado fresco e inmediatamente se utilizaba para la producción de una gran variedad de productos tradicionales en Japón clasificados con el término de "Kamaboko". Originalmente, la producción de surimi era irregular y desarrollada exclusivamente a escala familiar ya que se dependía del suministro diario de pescado fresco (Miyachi *et al.*, 1973). La producción comercial de productos de kamaboko se inició en el siglo diecinueve a pequeña escala y fue hasta comienzos del presente siglo cuando se inicia la expansión de esta industria, incrementándose la producción desde varios miles de toneladas en 1910 hasta 185,000 toneladas en 1940 (Okada, 1992); sin embargo, el crecimiento más significativo se tuvo posterior a 1959, cuando se descubre la forma de congelar el surimi sin que este pierda sus propiedades, gracias a la incorporación de aditivos crioprotectores (Lee, 1984^a); este descubrimiento permitió preparar surimi en grandes cantidades cuando la captura era abundante y almacenarlo para su uso posterior cuando ésta disminuyera. Con lo anterior, la producción de surimi se incrementó de 32,000 toneladas en 1965 a 380,000 toneladas en 1975 (Matsumoto, 1978).

Desde inicios de los ochenta, se ha generado mucho interés en la industria de los alimentos marinos debido al rápido crecimiento en la popularidad de los productos basados en surimi, especialmente análogos de cangrejo en Estados Unidos y en Europa. Actualmente el mercado mundial de surimi se centra en Japón, el cual es el mayor consumidor de surimi en el mundo; en el este y sudeste de Asia el consumo está creciendo al incorporarlo en algunos de sus alimentos tradicionales (Ishikawa, 1996). Para

la producción de surimi a escala comercial actualmente se utilizan alrededor de 45 especies de pescado (Sun-Pan, 1992), sin embargo el pollak de Alaska (*Theragra chalcogramma*) es la especie mas utilizada, siendo el principal ingrediente para la elaboración de surimi destinado a análogos de maiscos.

Se considera que esta especie puede ser insuficiente, por una parte, debido al incremento en la demanda de productos basados en surimi y por otra a la limitación por parte de Estados Unidos al acceso de barcos japoneses a la captura del pollak de Alaska a raíz de la declaratoria de 200 millas de zona de conservación de las pesquerías (Shimizu *et al.*, 1992), por lo anterior, diversos investigadores han estudiado la factibilidad de producir surimi a partir de recursos locales, haciendo énfasis sobre todo en aquellas especies subutilizadas (Álvarez *et al.*, 1995; Montejano, 1990; Reppond *et al.*, 1995; Chan *et al.*, 1995; Babbitt *et al.*, 1993; Spencer *et al.*, 1992; Montejano y Morales, 1990; Montejano y Morales, 1991^a ; Montejano y Morales, 1991^b; Pipatsattayanuwong *et al.*, 1995; Treviño *et al.*, 1990; Hotton *et al.*, 1990; Roussel y Cheffel, 1988). No se tienen antecedentes sobre el estudio de las propiedades reológicas de las especies de peces subutilizadas de las Costas de Baja California Sur; por lo cual, el presente trabajo es el primero que se realiza en este sentido.

2.2 Composición y funcionalidad de las proteínas del músculo de pescado.

La proteína muscular del pescado está compuesta por proteína sarcoplásmica, la cual se localiza en el plasma muscular; por proteína miofibrilar la cual se encuentra en las miofibrillas, y por proteína que forma el tejido conectivo o estroma. La distribución de estas proteínas varía de un 70 a 80% aproximadamente de proteína miofibrilar y de un 18 a 25 % de proteína sarcoplásmica, mientras que el estroma se encuentra en cantidades de 3 a 5%. Las proteínas sarcoplásmicas se caracterizan por ser solubles en agua pudiendo ser extraídas por una simple presión o por una homogeneización del músculo

con agua o con soluciones salinas de baja fuerza iónica. El estroma se compone de colágeno y elastina, las cuales son proteínas insolubles en la mayoría de los solventes (Lee, 1992).

La distribución de estas proteínas en el tejido muscular varía entre las diferentes especies (Suzuki, 1981). En comparación con el músculo de mamíferos, el músculo de pescado contiene considerablemente menos estroma, permitiéndole formar una matriz de gel mas uniforme cuando este se mezcla con sal. La solubilización con sal de las proteínas miofibrilares con una adecuada cantidad de agua permite la formación de un sol que subsecuentemente se transforma en un gel elástico bajo calentamiento. Este comportamiento único de la proteína miofibrilar de pescado le proporciona una alta funcionalidad lo que permite que a partir de su músculo se desarrollen una gran gama de productos procesados (Lee, 1992).

Las propiedades funcionales de las proteínas han sido definidas como cualquier propiedad fisicoquímica que afecta el comportamiento y las características de un alimento y que contribuye a la calidad final de un producto (Kinsella, 1976), estas propiedades dependen en gran parte de las interacciones de las proteínas con los otros constituyentes de los alimentos, como carbohidratos, lípidos, agua y sales. Además influyen en ellas también el pH, la temperatura, la fuerza iónica, la constante dieléctrica del medio en que se encuentren, la concentración y especie de proteína y, finalmente el tratamiento térmico previo que sufrió la proteína durante su obtención. Entre las propiedades funcionales pueden mencionarse la formación de geles, emulsiones y espumas que imparten las características de textura propias de cada alimento, así como el aumento de la viscosidad de los sistemas; esto último es debido a la propiedad de las proteínas de retener y absorber agua, lo que es muy importante en alimentos que requieren de una consistencia o viscosidad determinada (Badui-Dergal, 1984). La facilidad de las proteínas para formar geles depende de su capacidad para integrar una estructura tridimensional, en la que el

agua pueda quedar atrapada. Las proteínas son las más reactivas entre los principales componentes alimenticios, pudiendo reaccionar con azúcares reductores, grasas y sus productos de oxidación, polifenoles, y muchos otros componentes alimenticios (Pomeranz, 1991), originando de ésta forma las propiedades funcionales anteriormente señaladas.

2.3 La tecnología del surimi.

2.3.2 Características generales y usos del surimi.

Recientemente, un nuevo proceso fue introducido de Japón, en el cual el sarcoplasma y el estroma son removidos del músculo de pescado a través del picado, lavado y refinamiento que produce una forma concentrada de proteína miofibrilar la cual es luego estabilizada con crioprotectantes. La tecnología establecida relacionada con este proceso es referida como “La tecnología del surimi” (Lee, 1992).

Lee (1984^a) define al surimi como la pasta refinada de pescado que ha sido lavada con agua fría de tal forma que se ha reducido considerablemente su olor, color y sabor característico y se han concentrado sus proteínas miofibrilares.

La principal característica del surimi como materia prima es la alta funcionalidad que desarrolla, esta alta funcionalidad se atribuye principalmente a las proteínas miofibrilares del músculo de pescado, siendo la capacidad de formación de gel la que permite su utilización como un ingrediente de alta funcionalidad para la elaboración de productos imitación cármicos así como de productos de imitación a marisco (Martin, 1992).

Debido a sus propiedades de unión, gelificación y emulsificación, el surimi puede ser utilizado como un ingrediente proteico funcional en una gran variedad de productos alimenticios (Roussel y Cheftel, 1988).

Hamman y Mac Donald (1992) consideran que la característica más importante del surimi como componente alimenticio es su poder texturizante.

Funcionalmente, se considera que el surimi puede formar geles cuatro veces más fuertes y dos veces más cohesivos que la mayoría de las carnes y puede sostener por arriba de cinco veces su peso en agua. Por otra parte, al poseer un sabor y olor casi neutro le permite fácilmente unir en su matriz una gran diversidad de ingredientes que le imparten color, olor y sabores típicos a los productos que se desea imitar (Martin, 1992).

Como un ingrediente alimenticio, aparte de su alta funcionalidad, el surimi puede ser una fuente de proteína de excelente calidad nutricional en los productos alimenticios que se elaboran a partir de él (Lee, *et al.*, 1988).

Como se menciona anteriormente, la capacidad de formación de gel es el atributo más importante del surimi, sin embargo es deseable que incluya otras características como un sabor neutro, color blanco, bajo nivel de impurezas, bajo contenido de lípidos y bajo contenido de humedad (Spencer *et al.* 1992).

2.3.2 Reología del surimi y productos derivados.

La reología es definida como el estudio de la deformación y flujo de los materiales (Hamman y Mac Donald, 1992). Con relación a las propiedades de flujo del surimi crudo o natural y las pastas de surimi, la viscosidad es la propiedad reológica de mayor interés y puede ser dependiente del tiempo o la tasa de corte. Por otra parte, los geles de surimi exhiben comportamiento viscoelástico, poseyendo simultáneamente las propiedades de sólido elástico y fluido viscoso (Tung, 1991). Con relación a la formación de geles de surimi fijados con calor o de pastas conteniendo surimi, el estudio reológico incluye las denominadas pruebas de gran deformación, las cuales son requeridas a fin de tener una correlación consistente con la textura sensorial (Montejano *et al.*, 1985), los resultados de estas pruebas pueden proporcionar información importante relacionada con la estructura

del gel formado lo cual sería de utilidad para predecir la aceptabilidad de la textura de un producto. Actualmente, el método recomendado para el análisis reológico en geles de surimi es el método de fractura en torsión. La fractura es simplemente el rompimiento o separación de un material ó estructura en dos ó mas partes. El comportamiento de la fractura de un alimento es un aspecto importante de sus propiedades mecánicas. Cuando el alimento es masticado, éste se rompe en la boca. La facilidad o dificultad con la cual este rompimiento se efectúa, forma la base de la percepción sensorial de algunas cualidades texturales de los alimentos. La medición más obvia y simple que puede ser tomada para cuantificar el punto de fractura de un material son el esfuerzo y la deformación (denominados como esfuerzo cortante y deformación cortante). La aplicación de una deformación creciente a una muestra de material dará como resultado un incremento en el esfuerzo. En algún punto el material se romperá y ese esfuerzo a la fractura a sí como la deformación en ese punto pueden ser tomadas como medidas de las propiedades de fractura de los materiales (Purslow, 1989).

2.3.3 Fundamentos del proceso de obtención de surimi.

Las características únicas que posee el surimi como ingrediente alimenticio altamente funcional y de alta estabilidad durante el almacenamiento congelado se atribuyen en gran parte a los tratamientos que se aplican al músculo del pescado durante las diferentes etapas del proceso de obtención.

Tratamiento del pescado.

Uno de los factores que determinan la calidad funcional del surimi, es la frescura del pescado (Lee, 1992; Onibala *et al.*, 1997) por lo cual se recomienda trabajar con materia prima lo mas fresca posible. El pescado lavado con agua fría es eviscerado y descabezado. La remoción de la víscera se realiza en forma total y evitando que

contamine el músculo ya que ésta contiene una alta concentración de proteasas alcalinas, las cuales han sido reportadas como enzimas que tienen un efecto adverso en la formación del gel (Deng, 1981; Cheng *et al.*, 1979; Lanier *et al.*, 1981; Su *et al.*, 1981; Sam y Lanier, 1988; Makinodan *et al.*, 1985).

Obtención de la pulpa de pescado.

En procesos de baja escala, ó cuando se utiliza especies de gran tamaño como atún, pez vela o jurel entre otros, la obtención del filete se realiza en forma manual y la pulpa (músculo molido) se obtiene utilizando un molino convencional (Shimabukuro, 1986), sin embargo, en el proceso industrial la pulpa se obtiene directamente del pescado eviscerado mediante el uso de máquinas conocidas como descarnadoras ó despulpadoras (Sonu, 1986).

Lavado y deshidratación.

Esta etapa es también denominada blanqueo y consiste en el lavado de la pulpa de pescado utilizando agua a bajas temperaturas (de 0 a 5°C), seguido de un proceso de remoción del exceso de humedad mediante un prensado o una centrifugación. El objetivo de aplicar este lavado es lograr la separación de la grasa del pescado y la remoción de otros materiales que imparten sabor y color a la pasta, así como la de enzimas que afectan negativamente la funcionalidad (Wasson, 1992; An *et al.*, 1994; Benjakul *et al.*, 1996), adicionalmente, con este proceso se logra concentrar la proteína miofibrilar (Shimabukuro *et al.*, 1986) cuya concentración ha mostrado tener una relación directa con la calidad del gel (Acton *et al.*, 1981; Lee, 1992).

Refinado.

La refinación consiste en la remoción de pequeñas partículas consideradas como impurezas, incluyendo fragmentos de tejido conectivo, piel, espinas y escamas (Toyoda *et al.*, 1992).

Crioprotección.

Durante el almacenamiento en congelación del pescado se presentan cambios moleculares en las proteínas, los cuales conducen al deterioro de sus propiedades funcionales. Estos efectos adversos de la congelación sobre las proteínas del músculo incluyen la cristalización del agua, la delocalización de las proteínas y agregaciones intermoleculares o cambios en la conformación intramolecular. El deterioro de las propiedades funcionales durante la congelación es minimizado por el uso de agentes crioprotectores adecuados tales como sacarosa, sorbitol, polidextrosa y/o en combinación de polifosfatos (Park, 1994^a). En el proceso comercial, la pulpa lavada de pescado se mezcla con 4% de sacarosa y 4% de sorbitol. Los niveles de sacarosa y sorbitol pueden ser ajustados dependiendo del tipo de producto que se elaborará y del nivel de dulzor deseado (Lee, 1984^a).

Congelación y almacenamiento.

En el proceso comercial, después del mezclado con crioprotectores, el surimi se empaqueta en bolsas de polietileno de 10 Kg y se congela empleando un congelador de placas, este equipo permite una rápida congelación con lo cual se minimiza la desnaturalización de las proteínas al llevar el producto a una temperatura de -25° C. Después de la congelación, dos bloques de surimi se empaquetan en cajas de cartón corrugado (Toyoda *et al.*, 1992).

Las condiciones específicas con las cuales se trabaja en cada una de las etapas descritas anteriormente, así como las variaciones que a este proceso general se apliquen, dependen de la naturaleza del pescado empleado. Suzuki (1981), Sonu (1986), Shimizu *et al.*, (1992) y Toyoda *et al.*, (1992) describen condiciones de proceso específicas dependiendo de la utilización de pescados de carne blanca o carne roja.

3. JUSTIFICACIÓN

La industria pesquera en México se encuentra poco diversificada concentrando su esfuerzo básicamente en la explotación y comercialización de un reducido número de especies marinas entre las que se encuentran la sardina, el camarón, el atún, la langosta y algunos moluscos (Anuario Estadístico de Pesca, 1997). Una alternativa para una mayor diversificación de esta industria y al mismo tiempo un mayor aprovechamiento de los recursos marinos subutilizados, es la introducción de productos manufacturados que utilicen al músculo de pescado molido de tal forma que se aprovechen al máximo sus propiedades nutritivas y funcionales.

Uno de estos productos alternativos es el surimi, el cual puede ser utilizado como ingrediente o materia prima altamente nutritiva y funcional para la elaboración de productos similares a los productos cárnicos tradicionales como embutidos y jamones así como de productos de imitación a mariscos conocidos como análogos.

En los países desarrollados, la introducción al mercado de productos análogos a mariscos a partir de surimi está teniendo mucho éxito. Actualmente son cerca de veinte países los que producen surimi comercialmente o al menos en escala experimental, basándose esa producción en especies de gran biomasa como lo es el Pollak de Alaska (*Theragra chalcogramma*) (Roussel y Cheftel, 1988). En México, la elaboración de surimi se encuentra aún en el nivel de investigación y los resultados obtenidos hasta el momento muestran que existen significativas diferencias en las características texturales de las especies estudiadas (Montejano, 1990; Montejano y Morales, 1991^a); por otra parte la biomasa disponible de las mismas puede presentar gran variabilidad durante las diferentes épocas del año (Morales *et al.*, 1990). Por tal motivo, si se pretende plantear a la industria pesquera la producción de surimi como una alternativa de diversificación de sus productos, es necesario como primera etapa realizar un estudio sobre la mayoría de

las especies susceptibles de ser utilizadas de tal forma que permita determinar qué especies ofrecen características similares a fin de plantear posibles sustituciones en épocas de escasez de algunas de ellas e igualmente definir el tipo de producto a que se destinaría cada especie en función de sus características funcionales.

Por lo anterior, el presente estudio pretende determinar la factibilidad de utilizar cinco de las especies de pescado subutilizadas del Golfo de California con base a la caracterización reológica de los sumis obtenidos a partir de cada una de ellas.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar las características reológicas de geles de surimi obtenidos a partir de cinco especies de pescado de bajo valor comercial con el fin de plantear la tecnología del surimi como una alternativa para su aprovechamiento.

4.2 Objetivos específicos

- 4.2.1 Determinar rendimientos y composición química de surimis obtenidos a partir de diversas especies de pescado de bajo valor comercial.
- 4.2.2 Determinar la calidad reológica de los geles de surimi obtenidos.
- 4.2.3 Plantear posibles sustituciones entre las especies estudiadas para la obtención de surimi de calidad constante.
- 4.2.4 Determinar el efecto de la concentración de sal y tiempo de fijación térmica sobre las propiedades reológicas de los geles de surimi de cada una de las especies.

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1 Obtención de la materia prima.

Las especies de pescado seleccionadas para el presente trabajo fueron, bacoco (*Pomadasys spp.*), rayadillo (*Microlepidotus inomatus*), guinea (*Orthopristis reddingi*), mojarrón (*Calamus brachysomus*) y chivato (*Mulloidichthys dentatus*). La selección se realizó sobre la base de su disponibilidad, bajo costo y poca ó nula demanda en el mercado como producto fresco. El pescado se obtuvo posterior a su captura, directamente del pescador y se transportó enhielado hasta el laboratorio para ser procesado inmediatamente.

5.2 Elaboración de los surimis.

La metodología utilizada para la obtención de los surimis de cada una de las especies se resume en la figura 1. Los pescados fueron lavados con agua fría y posteriormente descabezados y eviscerados aplicando posteriormente un segundo lavado con el fin de eliminar la sangre desprendida y los residuos de vísceras. Después de este tratamiento, los pescados se abrieron en mariposa y se procedió a la obtención de la pulpa (músculo molido de pescado) utilizando una despulpadora marca Yanagiya. La pulpa obtenida fue sometida a tres ciclos de lavado-prensado empleando agua a una temperatura de 2° C en una relación pulpa:agua de 1:3. En cada ciclo de lavado, la mezcla se agitó manualmente durante un minuto y se dejó reposar por un período de 15 a 20 minutos. Después de cada ciclo de lavado se decantó la máxima cantidad de agua posible para eliminar de esta forma el material graso que había solidificado por efecto de la baja temperatura y que se mantenía floculando en la superficie. En el último ciclo de lavado se adicionó 0.2% (p/v) de NaCl grado alimenticio a la mezcla pulpa:agua con el fin

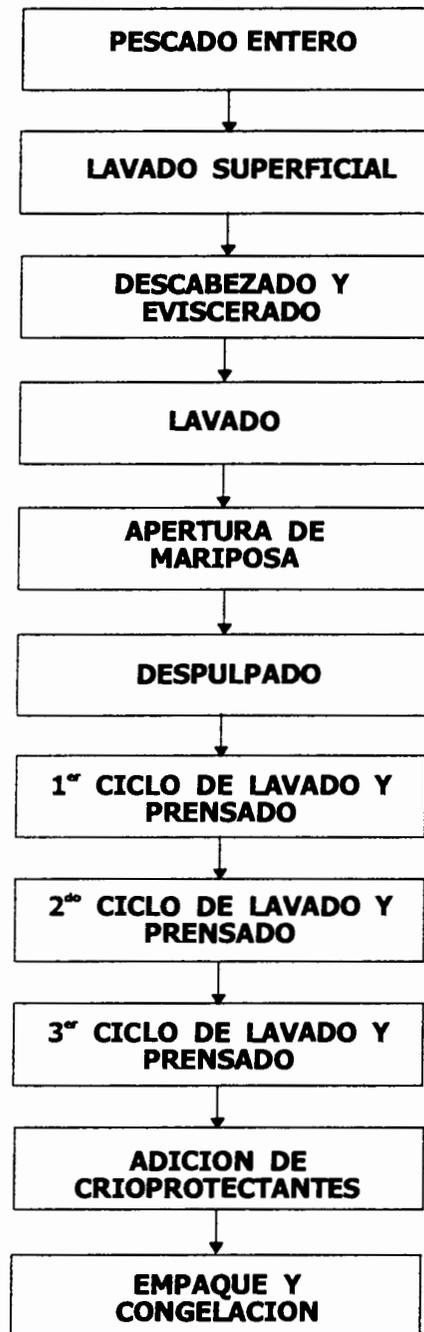


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento empleado para la elaboración de los surimis.

de facilitar la remoción de agua. Para eliminar el exceso de humedad, después de cada lavado, la pulpa se colocó en sacos de doble capa de manta de cielo y se aplicó un prensado utilizando una prensa marca AISA modelo CIR-012. Para la obtención de los surimis, la pulpa lavada y prensada de cada especie, se mezcló con 4% (p/p) de sorbitol y 4% (p/p) de sacarosa; ambos aditivos fueron adicionados con el fin de evitar la desnaturalización de las proteínas durante el posterior almacenamiento en congelación. La mezcla obtenida, se empacó en bolsas plásticas y se congeló a una temperatura de -30°C almacenándose a esta misma temperatura hasta su posterior análisis.

Para el cálculo de rendimiento se determinó el peso del pescado entero, el peso de la pulpa así como el del surimi obtenido de cada especie.

5.3 Análisis químicos en músculo y surimi.

Para la determinación del contenido de humedad se utilizó una estufa de convección mecánica marca LabLine modelo 3478M empleando una temperatura de 100°C y un tiempo de 4.5 h. El contenido de cenizas se determinó mediante calcinación de la muestra a una temperatura de 550°C durante un tiempo de 4.5 h. Los lípidos se cuantificaron mediante el método soxhlet utilizando éter de petróleo como solvente. La proteína se analizó mediante el método microkjeldhal (A.O.A.C.,1984) empleando como factor de conversión del contenido de nitrógeno a proteína el valor de 6.25. En todos los casos los análisis se realizaron por triplicado.

5.4 Evaluación de la calidad reológica.

5.4.1 Preparación de los geles de surimi.

Para la preparación de los geles, el surimi fue colocado a temperatura ambiente hasta lograr una descongelación parcial cuidando que la temperatura no excediera de -2°C. Posteriormente se cortó en cuadros de 1 cm aproximadamente y se pesaron tres lotes de 500 g a los cuales se adicionó 0, 1.5 ó 2.5% (p/p) de sal común. En el caso de los surimis de bacoco y rayadillo se añadió hielo en cantidad suficiente para ajustar a 78% (p/p) el contenido de humedad de la mezcla, de acuerdo a la recomendación de Lanier (1992). Esto se realizó con el fin de eliminar la influencia del factor humedad de los surimis sobre la calidad reológica de los geles (Lee, 1992; Montejano y Hemández, 1991; Hastings y Curral. 1989), para los surimis de mojarrón y chivato no fue posible esta estandarización ya que su contenido de humedad fue superior al 78%. La mezcla fue homogeneizada durante 6 minutos utilizando un procesador para alimentos tipo casero marca Hamilton Beach modelo MH920. Posteriormente fue embutida en tubos de aluminio de 15 cm de largo X 1.9 cm de diámetro provistos de tapas con rosca en ambos extremos. Para la obtención del gel los tubos se sometieron a dos tiempos de calentamiento a una temperatura de 90°C, los cuales fueron de 15 y 30 minutos. Para este calentamiento se empleó un baño de agua con control de temperatura. Transcurrido el tiempo de calentamiento (15 ó 30 minutos), los tubos se enfriaron por inmersión en una mezcla de agua y hielo. Los geles obtenidos se empacaron en bolsas de polietileno, se etiquetaron y almacenaron en refrigeración. Los análisis reológicos se realizaron dentro de las 24 a 48 horas posteriores al almacenamiento de los geles.

5.4.2 Prueba de fractura en torsión.

Para este análisis, se utilizaron entre 8 y 12 réplicas de geles de cada uno de los tratamientos de concentración de sal y tiempo de calentamiento por especie. Las muestras se prepararon con una geometría tipo mancuerna cuyas dimensiones fueron 3 cm de longitud, un centímetro de diámetro mínimo en su sección central y 0.95 cm de radio de curvatura como se muestra en la figura 2. La reducción del diámetro de los geles se realizó utilizando un esmeril de mesa con piedra de grano fino. Para la determinación de los parámetros de esfuerzo y deformación cortante se aplicó una modificación al método de fractura en torsión descrito por Montejano *et al.*, (1983). Esta modificación, desarrollada por Montejano (1991), consiste en la utilización de un viscosímetro (Brookfield modelo 5XHBDV-1) equipado con graficador y con un dispositivo que permite montar al viscosímetro la muestra de gel que será sometido a la torsión. La medición se realizó haciendo girar el viscosímetro a una velocidad de 2.5 r.p.m. En el graficador se aplicó una velocidad de movimiento del papel de 10 cm/min y se registró el valor del torque en unidades Brookfield y la distancia en cm (figura 3).

Con los valores de torque y distancia se calcularon el esfuerzo y deformación cortante de acuerdo con las ecuaciones descritas por Montejano (1991):

5.4.2.1 Esfuerzo cortante

$$\tau = 1580 \times U.B$$

donde:

τ = Esfuerzo cortante en Pascales.

U.B. = Torque en unidades del instrumento, siendo en este caso unidades Brookfield.

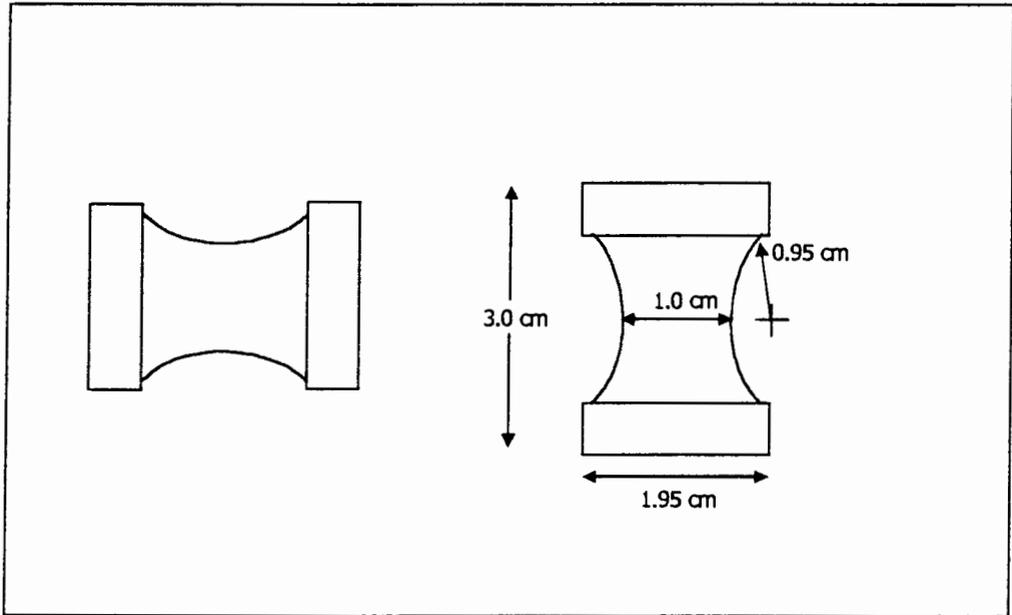


Figura 2. Geometría requerida para las muestras de geles de surimi sometidos al análisis de fractura en torsión.

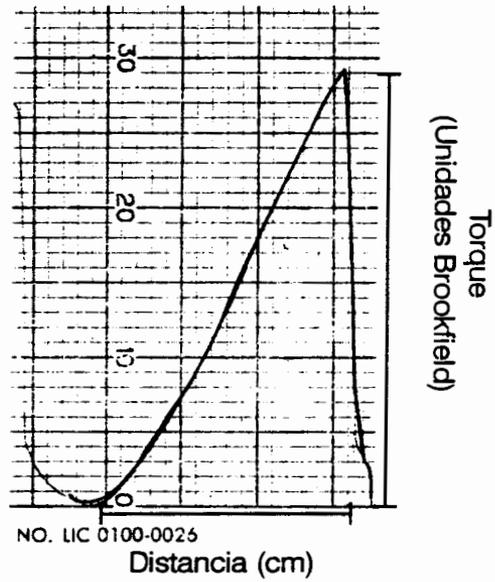


Figura 3. Curva típica resultante de la fractura en torsión de geles de surimi.

5.4.2.2 Deformación cortante.

$$\gamma = [0.150 (D/V)] - 0.00848 (U.B.)$$

Donde:

γ = Deformación cortante (adimensional).

D= Distancia recorrida desde el inicio hasta la fractura.

V= Velocidad de movimiento del papel en cm/s.

En los casos en los que el valor de deformación cortante fue superior a 0.8, se aplicó la siguiente corrección:

$$\gamma_{\text{ver}} = \ln [1 + \gamma^2/2 + \gamma (1 + \gamma^2/4)^{1/2}]$$

donde:

γ_{ver} = Deformación cortante verdadera.

γ = Deformación cortante.

5.4.2.3 Rigidez cortante.

La rigidez cortante, la cual representa el módulo de rigidez (Hamann y MacDonald, 1992) fue calculada mediante la división del esfuerzo cortante entre la deformación cortante verdadera.

5.4.3 Determinación del grado de doblez.

De los geles obtenidos de cada tratamiento (15 cm de largo x 1.9 cm de diámetro), se cortaron seis muestras de 3 mm de espesor a las cuales se determinó el grado de doblez ó ruptura de acuerdo al método descrito por Lee (1984^a). Esta es una evaluación subjetiva que consiste en aplicar dobleces a la muestra utilizando los dedos índice y pulgar. La elasticidad de la muestra se clasificó de acuerdo con la escala que se describe en el cuadro 1.

Cuadro 1. Escala de clasificación del grado de doblez de geles de surimi.

GRADO DE DOBLEZ	EVALUACIÓN
AA ó 5	No se rompe cuando se dobla en dos cuadrantes.
A ó 4	No se rompe cuando se dobla a la mitad.
B ó 3	Se rompe gradualmente al doblarlo a la mitad.
C ó 2	Se rompe inmediatamente al doblarlo a la mitad.
D ó 1	Se rompe bajo la simple presión de los dedos.

5.4.4. Clasificación de la textura de los geles de surimi de las diferentes especies.

La textura que presentaron los diferentes geles, fue clasificada basándose en los valores de esfuerzo cortante y deformación cortante verdadera, de acuerdo a la forma señalada por Park (1994^b), descrita en el cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de textura con base en las características de esfuerzo y deformación cortante.

ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN CORTANTE VERDADERA	CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA DEL GEL
Alto	Alta	Duro ó rígido
Alto	Bajo	Frágil ó quebradizo
Bajo	Alta	Huloso o elástico
Bajo	Baja	Blando ó débil

5.5 Análisis estadísticos.

Se realizó una comparación de los rendimientos y la composición químico proximal de las diferentes especies tanto para músculo como surimi, e igualmente se comparó la calidad reológica del surimi de las diferentes especies mediante análisis de varianza de una vía. Por otra parte, para determinar el efecto de la concentración de sal y el tiempo de calentamiento sobre la calidad reológica del gel en cada una de las especies, los valores de esfuerzo, deformación verdadera, y rigidez cortante así como el grado de dobléz obtenidos fueron analizados mediante el análisis de variancia de dos vías ($p=0.05$) y la prueba Tukey de comparación múltiple, utilizando el paquete estadístico Statistica®.

6. RESULTADOS

6.1 Rendimientos y composición química

Los rendimientos que se obtuvieron tanto para la pulpa como para el surimi de las diferentes especies se presentan en el cuadro 3. Los valores para pulpa variaron desde un 38% para bacoco, hasta un 55% para la especie chivato, mientras que los rendimientos para surimi fluctuaron desde un 31% para el de bacoco hasta un 45% para el de guinea. Al comparar los rendimientos de pulpa con los de surimi se observó una gran variación en el nivel de pérdida por efecto del lavado que presentaron las diferentes especies, siendo esta variación dentro del intervalo de 3.6 % a un 38.2%.

En las figuras 4, 5, 6 y 7 se muestra la composición química promedio del músculo de cada una de las especies de pescado estudiadas, así como la de los surimis obtenidos a partir de éstas. Para las especies bacoco, guinea y mojarrón, no se observó diferencia ($P>0.05$) con respecto a los contenidos de humedad en el músculo (figura 4), presentando valores inferiores al 78%; en el caso de rayadillo y chivato la humedad presente en el músculo fue de 74.7 y 72.4 % respectivamente. Con respecto a los surimis, se encontró que el de rayadillo fue el de menor humedad con un contenido del 74.7%, Por otra parte, la humedad que alcanzaron los surimis de las especies mojarrón y chivato fue superior al nivel de 78%, por lo tanto no fue posible su estandarización a este nivel para su posterior análisis reológico, lo cual fue realizado con las otras tres especies. El contenido de proteína, se muestra en la figura 5. Las especies bacoco, guinea y mojarrón fueron las que presentaron un menor contenido de proteína en músculo, cuyos valores fueron cercanos al 20%, mientras que el mayor contenido de proteínas fue observado en el músculo de chivato. Con respecto al contenido de proteína en los surimis, se presentó una variación desde un 8.53% para el surimi de chivato, hasta un 12.78 % para el de la especie rayadillo.

Cuadro 3. Rendimientos en la obtención de pulpa y surimi sobre la base de pescado entero para las especies estudiadas.

Especie	Rendimiento para pulpa (% p/p)	Rendimiento para surimi (% p/p)
Bacoco	38.0 ± 3.73 ^a	31.0 ± 2.27 ^a
Guinea	47.0 ± 1.40 ^b	45.0 ± 2.30 ^b
Rayadillo	44.0 ± 1.73 ^b	34.0 ± 1.73 ^a
Mojarrón	44.8 ± 0.72 ^b	43.2 ± 3.86 ^b
Chivato	55.0 ± 5.96 ^c	34.0 ± 2.90 ^a

* Promedios en la misma columna y con el mismo superíndice son estadísticamente iguales ($p > 0.05$), según el ANOVA y la prueba de Tukey.

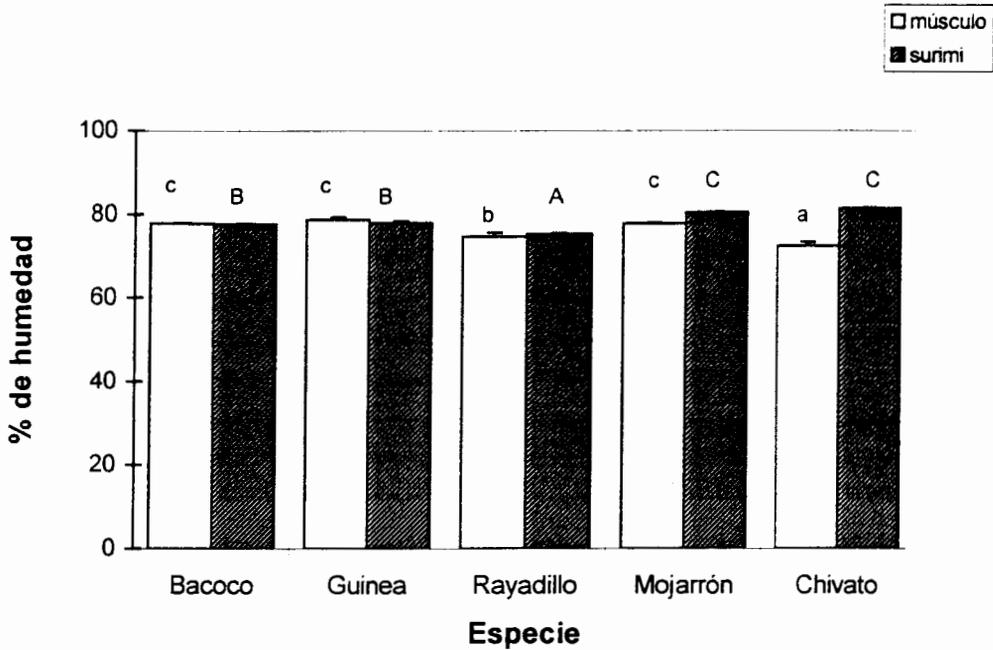


Figura 4. Contenido de humedad en músculo y surimi de las especies de pescado bacoco (*Pomadasys spp.*), rayadillo (*Microlepidotus inomatus*), guinea (*Orthopristis redingii*), mojarrón (*Calamus brachysomus*) y chivato (*Mulloidichthys dentatus*). Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para músculo, literales mayúsculas cumplen la misma función para surimi.

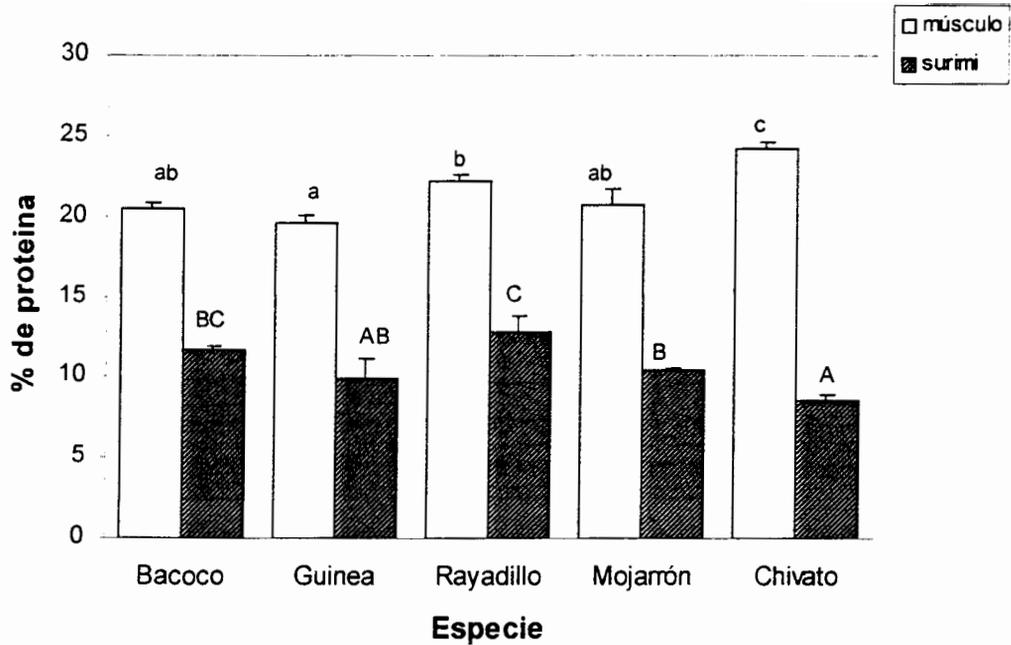


Figura 5. Contenido de proteína cruda en músculo y surimi de las especies de pescado bacoco (*Pomadasys spp.*), rayadillo (*Microlepidotus inornatus*), guinea (*Orthopristis redingii*), mojarrón (*Calamus brachysomus*) y chivato (*Mulloidichthys dentatus*). Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para músculo, literales mayúsculas cumplen la misma función para surimi.

Por otra parte, se encontró un contenido muy bajo de lípidos en el músculo de todas las especies (figura 6), cuyos valores, a excepción del presentado por rayadillo, fueron inferiores al 1%. Este nivel se vió reducido y de manera significativa ($P < 0.05$) en el surimi de todas la especies, fluctuando desde valores de 0.25% para bacoco y mojarrón a un 0.68 % para la especie guinea. Igualmente se observó una reducción significativa en el contenido de cenizas de los surimis con respecto a los niveles presentados en el músculo (figura 7).

6.2 Evaluación de la calidad reológica de geles de surimi de las diferentes especies.

6.2.1 Prueba de fractura en torsión.

La calidad reológica de los geles de los diferentes surimis presentó variación en función tanto de la especie como de las condiciones de proceso utilizadas. En la figura 8 se observa que en el tratamiento sin sal y con 30 minutos de calentamiento, la especie rayadillo fue la que produjo geles mas fuertes con valores de esfuerzo superiores a 30 KPa; mientras que bacoco al igual que mojarrón presentaron los menores valores. Al comparar los valores de esfuerzo obtenidos dentro de un mismo tratamiento térmico, se observó que con 15 minutos de calentamiento, los geles de las especies rayadillo y guinea presentaron la misma calidad con respecto a esfuerzo; sin embargo, cuando el cocimiento se prolongó por 30 minutos la calidad observada para los de rayadillo fue superior ($P < 0.05$).

Los valores de deformación cortante fluctuaron desde 0.99 a 1.34. Aquí se observó que los geles de surimi de rayadillo, a pesar de haber obtenido los valores mas altos de esfuerzo cortante, presentaron la calidad mas baja con respecto a deformación, mientras que los de la especie mojarrón presentaron los valores mas altos pero no significativamente diferentes ($P > 0.05$) a los de guinea en el tratamiento de 15 minutos y a

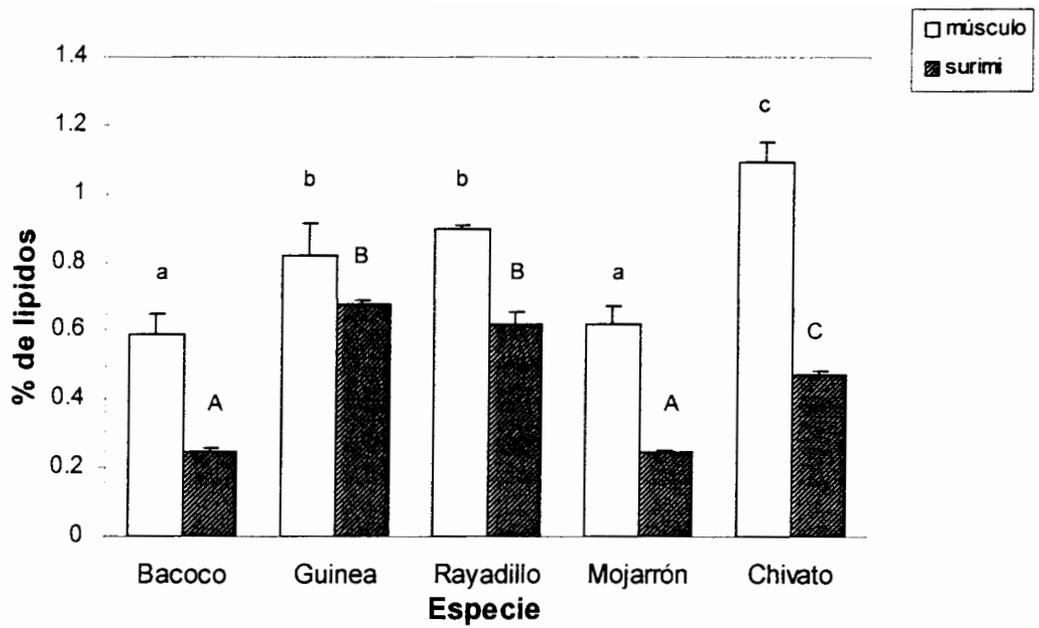


Figura 6. Contenido de lípidos totales en músculo y surimi de las especies de pescado bacoco (*Pomadasys spp.*), rayadillo (*Microlepidotus inornatus*), guinea (*Orthopristis redingii*), mojarrón (*Calamus brachysomus*) y chivato (*Mulloidichthys dentatus*). Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para músculo, literales mayúsculas cumplen la misma función para surimi.

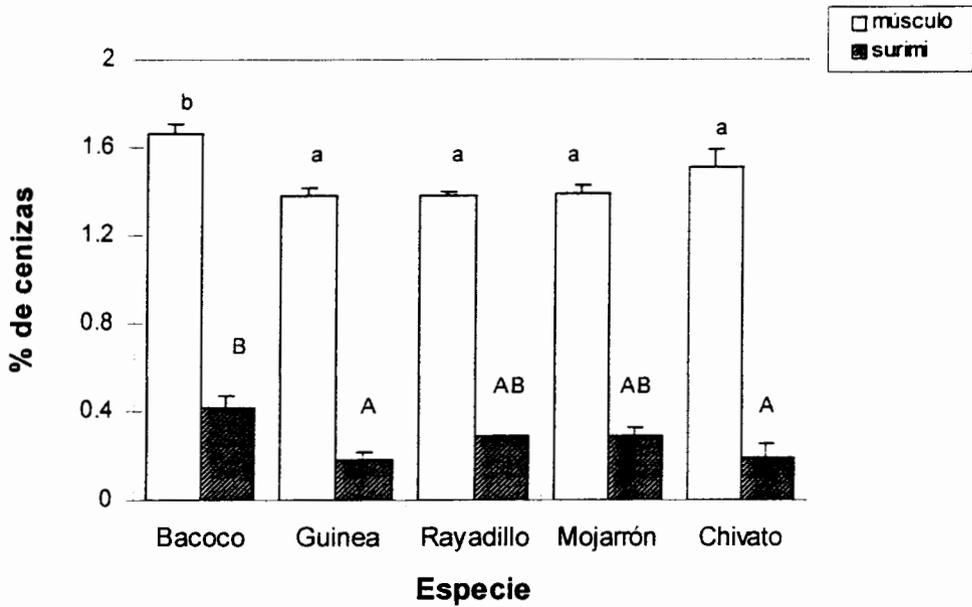


Figura 7. Contenido de cenizas totales en músculo y surimi de las especies de pescado bacoco (*Pomadasya spp.*), rayadillo (*Microlepidotus inornatus*), guinea (*Orthopristis redingii*), mojarrón (*Calamus brachysomus*) y chivato (*Mulloidichthys dentatus*). Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para músculo, literales mayúsculas cumplen la misma función para surimi.

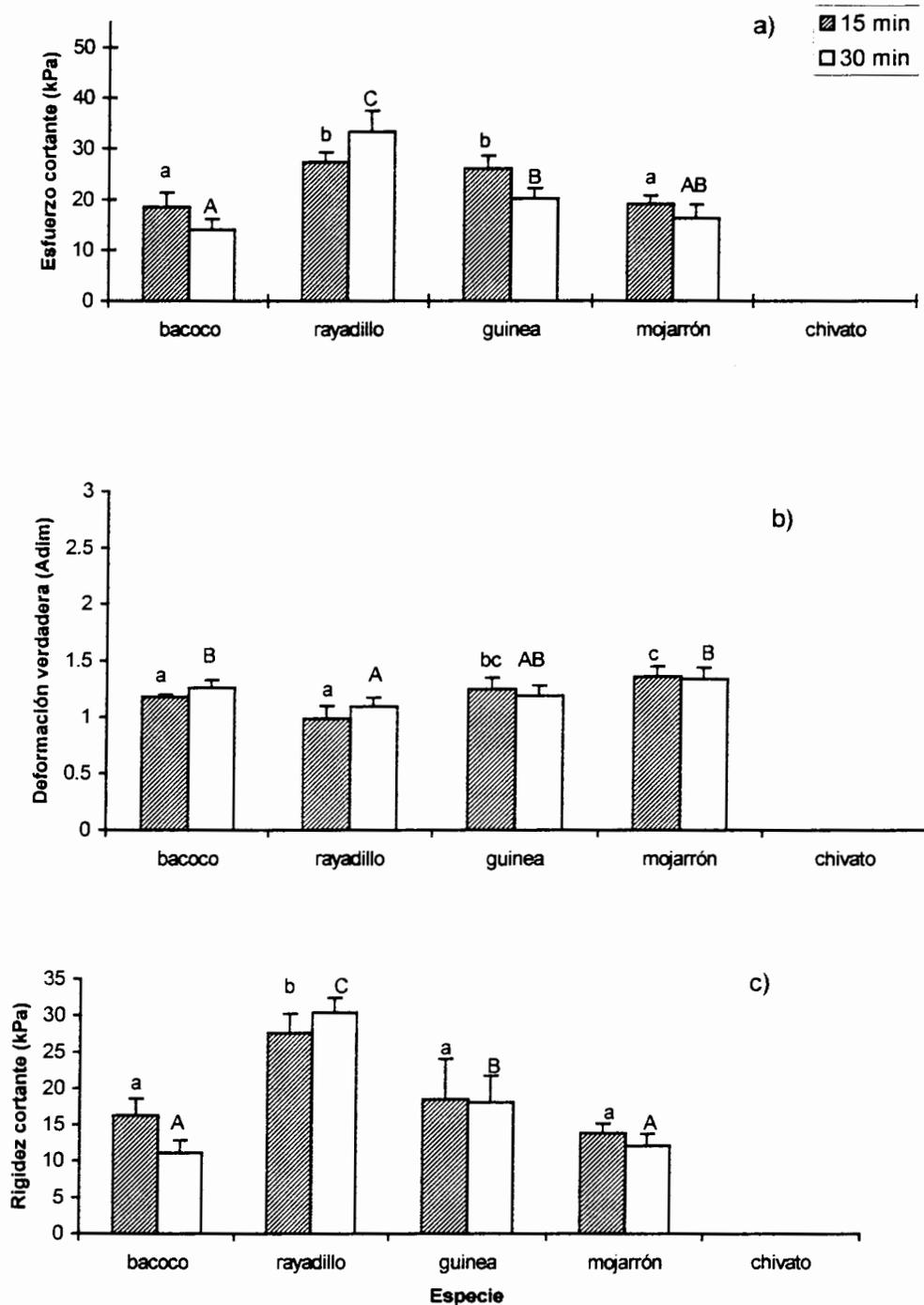


Figura 8. Evaluación reológica mediante la prueba de fractura en torsión para geles de surimi elaborados sin sal y fijados térmicamente a 90°C. a) Esfuerzo cortante, b) Deformación verdadera, c) Rigidez cortante. Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para el tratamiento de 15 minutos, literales mayúsculas cumplen la misma función para el tratamiento de 30 minutos.

los de bacoco y guinea en el tratamiento de 30 minutos. Igualmente en la figura 8 se observan los resultados de la rigidez cortante que presentaron geles elaborados sin sal. Al igual que ocurre con los dos parámetros reológicos anteriores, al comparar la calidad de las diferentes especies, se presenta una variación en función del tratamiento térmico empleado, ya que se observó que geles de las especies bacoco, guinea y mojarrón fijados térmicamente durante 15 minutos presentaron valores de rigidez no significativamente diferentes ($P>0.05$); sin embargo, cuando la fijación se realizó durante 30 minutos, la rigidez que presentaron los geles de guinea, fue superior ($P<0.05$) a la observada para las otras dos especies. La especie rayadillo fue la que produjo geles de mayor rigidez en ambos tratamientos.

En la figura 9 se presentan los valores promedio de esfuerzo cortante que presentaron los geles elaborados con 1.5% de sal. El comportamiento observado entre las diferentes especies a 15 minutos de cocimiento presentó cierta variación con respecto al observado a los 30 minutos; encontrándose diferencias ($P<0.05$) entre los valores de esfuerzo de algunas especies. A los 15 minutos de cocimiento la especie mojarrón, quien obtuvo un valor de esfuerzo cortante de 27.5 KPa, presentó una menor calidad que la observada para guinea y bacoco mientras que a 30 minutos su calidad sólo fue inferior a la de bacoco. Por otra parte, las especies guinea y bacoco presentaron entre sí la misma calidad en ambos tratamientos. Se observó que a este nivel de sal, los valores máximos de esfuerzo (obtenidos por el bacoco) fueron cercanos a los 40 KPa.

Los valores de deformación cortante verdadera presentados en la figura 9 indicaron que a un nivel de 1.5% de sal y 15 minutos de cocimiento, las especies rayadillo, mojarrón y guinea presentaron una elasticidad significativamente ($P>0.05$) igual, con una fluctuación desde 1.53 para rayadillo hasta 1.8 para guinea. Por otra parte, a 30 minutos de cocimiento, la calidad del mojarrón, medida en base a deformación, fue mejor

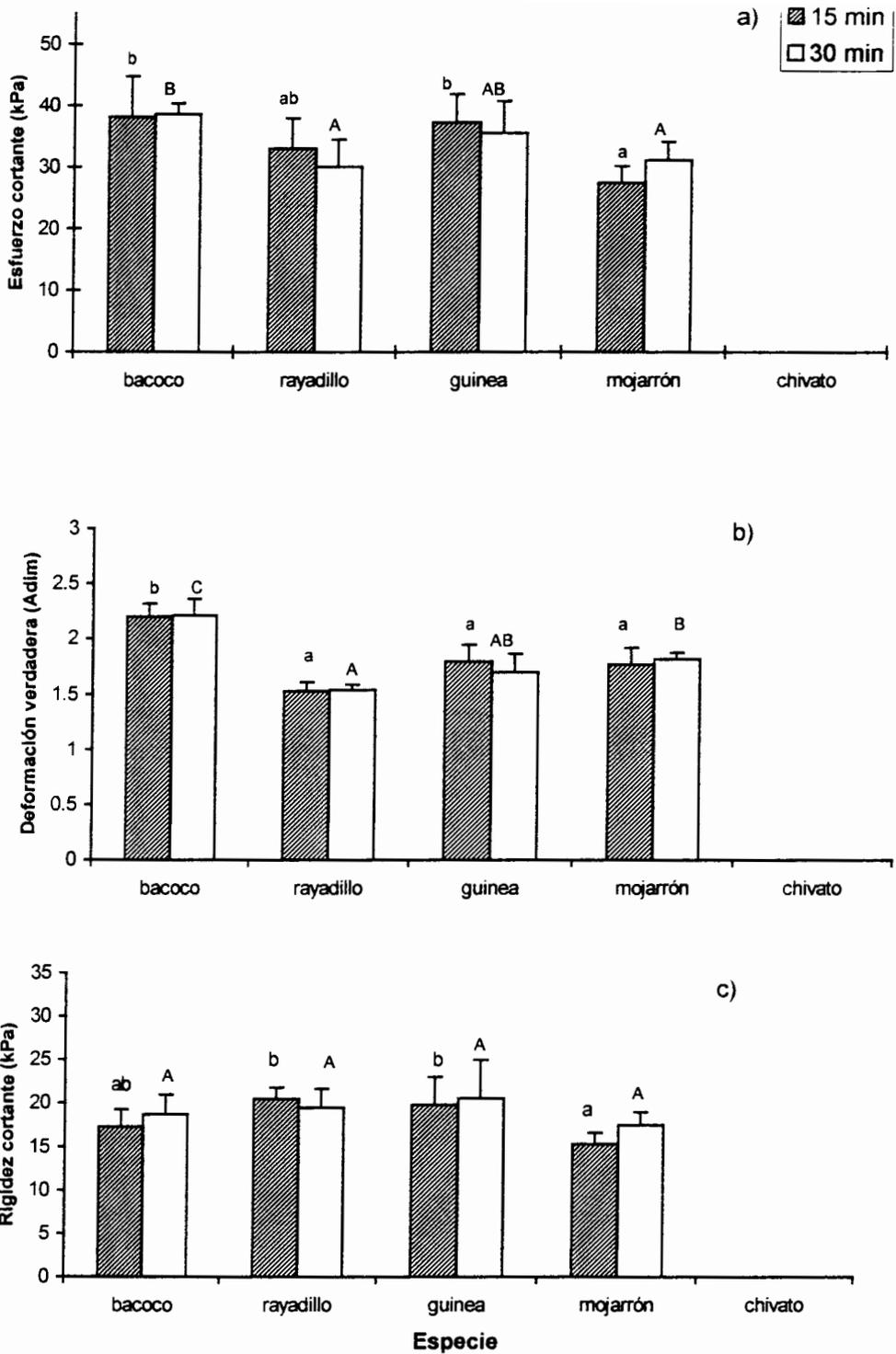


Figura 9. Evaluación reológica mediante la prueba de fractura en torsión para geles de surimi elaborados con 1.5% de sal y fijados térmicamente a 90°C. a) Esfuerzo cortante, b) Deformación verdadera, c) Rigidez cortante. Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para el tratamiento de 15 minutos, literales mayúsculas cumplen la misma función para el tratamiento de 30 minutos.

($P < 0.05$) que la presentada por el rayadillo a este mismo tiempo. Igualmente se observó que la especie bacoco fue la que presentó con ambos tratamientos térmicos, la mas alta deformación. con un valor superior a 2.0 y significativamente ($P < 0.05$) mayor al presentado por el resto de las especies. Por otra parte, se observaron valores de rigidez muy homogéneos e inferiores a los 25 KPa entre los geles de las diferentes especies, presentándose sólo una diferencia entre los geles mojarrón con respecto a los de rayadillo y guinea. en el tratamiento de 15 minutos

Para el tratamiento con 2.5% de sal, los valores promedio obtenidos para los parámetros de esfuerzo cortante, deformación cortante verdadera y rigidez, se muestran en la figura 10. Aquí puede observarse que para este tratamiento, se presentó un rango muy amplio de variación en el esfuerzo que presentaron los geles de surimi de las diferentes especies así como ciertas similitudes entre algunas de ellas. Los valores de esfuerzo fluctuaron desde 8.68 KPa para los geles de chivato lo cual representa una calidad muy pobre. hasta 50.62 KPa para geles de bacoco. A 15 minutos de cocimiento, las especies rayadillo y guinea presentaron valores significativamente ($P > 0.05$) iguales, mientras que a los 30 minutos, la calidad de rayadillo fue menor a la que presentó la guinea. Por otra parte, los resultados de deformación cortante verdadera demuestran que en ambos tratamientos térmicos, la especie chivato fue la que presentó menor elasticidad, mientras que las especies bacoco y mojarrón fueron las que presentaron la mayor calidad ($P < 0.05$) con respecto a este parámetro. Se observó también que geles de las especies rayadillo y guinea, sometidos a 15 minutos de cocimiento presentaron valores de deformación significativamente ($P > 0.05$) iguales, sin embargo cuando el calentamiento se prolongó por 30 minutos la calidad de guinea fue significativamente superior que la de rayadillo. Por otra parte, con base a los resultados de rigidez cortante se observó que las especies bacoco, rayadillo y guinea presentaron la misma relación entre esfuerzo y

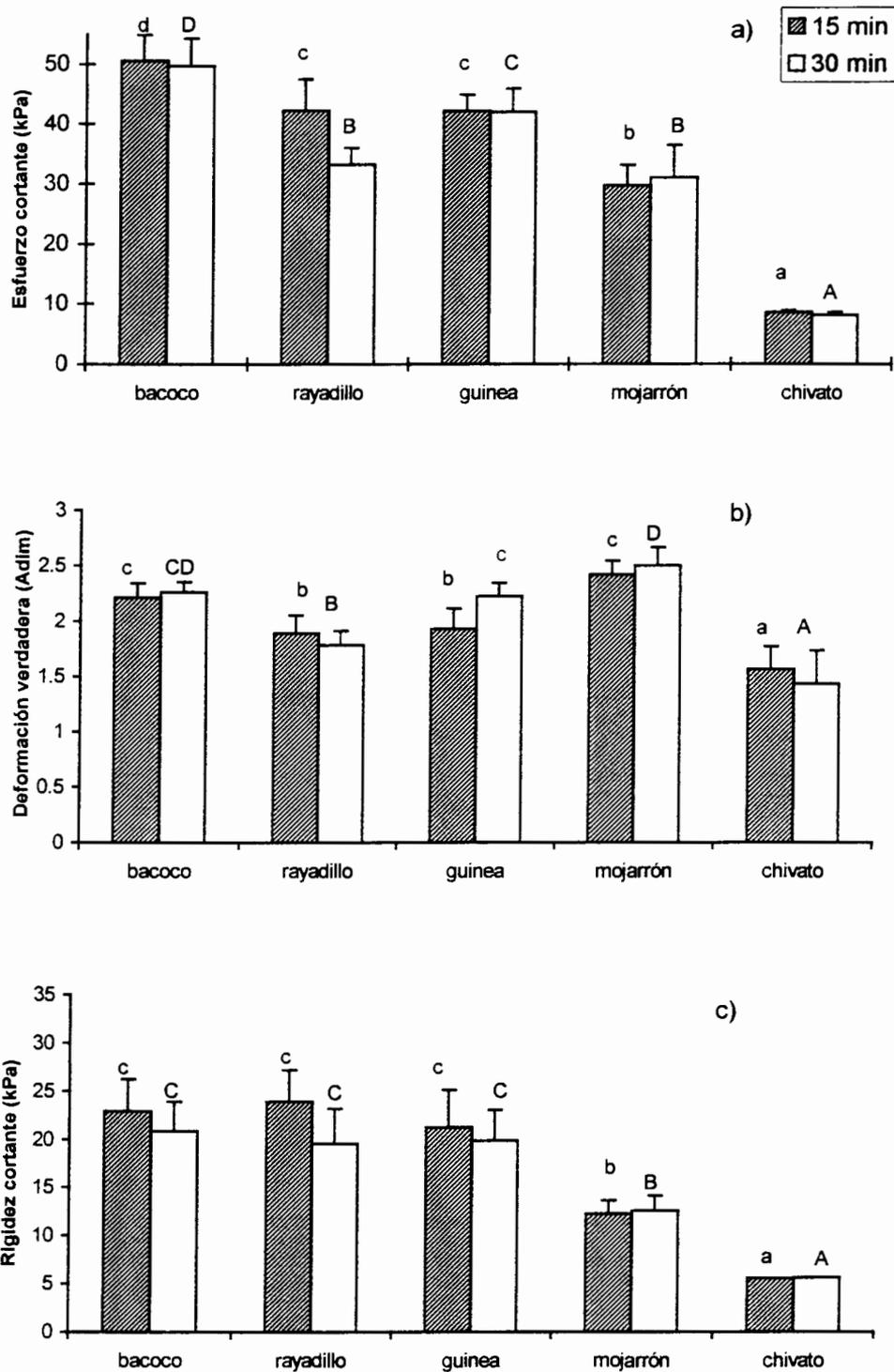


Figura 10. Evaluación reológica mediante la prueba de fractura en torsión para geles de surimi elaborados con 2.5% de sal y fijados térmicamente a 90 °C. a) Esfuerzo cortante, b) Deformación verdadera, c) Rigidez cortante. Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para el tratamiento de 15 minutos, literales mayúsculas cumplen la misma función para el tratamiento de 30 minutos.

deformación en ambos tratamientos térmicos, además de que la observada para chivato fue muy inferior a la que presentaron éstas. Es importante señalar que los geles de surimi de la especie chivato, elaborados con 0 y 1.5% de sal presentaron una textura tan blanda que hizo imposible la preparación de las muestras para la prueba de fractura en torsión, por lo cual solo aparecen reportados resultados para el tratamiento con 2.5% de sal.

6.2.2. Determinación del grado de dobléz.

Los resultados del grado de dobléz promedio que presentaron los geles de surimi de las diferentes especies de pescado elaborados sin la adición de sal se presentan en la figura 11. en la cual se observa que los geles de todos los surimi mostraron una calidad muy baja. al presentar valores que fluctúan entre 1 y 2, mientras que aquellos que contenían 1.5% de sal (figura 12) presentaron un grado de dobléz que varió entre 3 y 4, siendo en el caso de las especies rayadillo, guinea, bacoco y mojarrón significativamente ($P>0.05$) igual en geles calentados por 15 minutos, sin embargo, cuando el tratamiento térmico se efectuó durante 30 minutos, éste fue inferior ($P<0.05$) en los geles de bacoco y rayadillo con respecto a la presentada por los de guinea y mojarrón. Los resultados obtenidos por los geles elaborados con 2.5% de sal (figura 13) mostraron que con excepción del chivato, a este nivel de sal no se detectan diferencias en la calidad reológica de las diferentes especies, tanto en el tratamiento de 15 como en el de 30 minutos. siendo esta calidad la máxima que se obtiene mediante esta prueba. Por otra parte. se encontró que mediante este análisis, los geles de surimi de chivato, al igual que con las determinaciones anteriores, mostraron una calidad reológica muy baja.

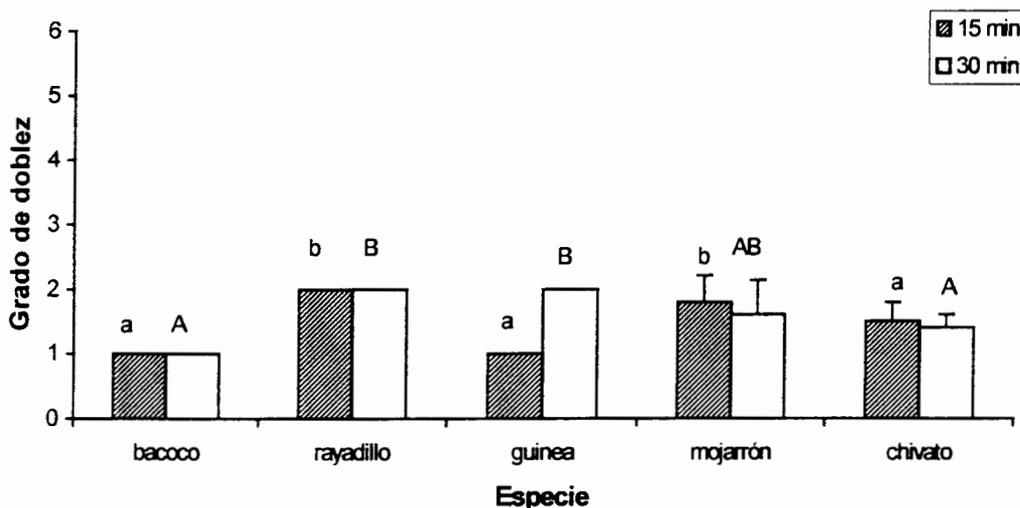


Figura 11. Grado de doblez presentado por geles de surimi elaborados sin sal y fijados térmicamente a 90°C. Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para el tratamiento de 15 minutos, literales mayúsculas cumplen la misma función para el tratamiento de 30 minutos.

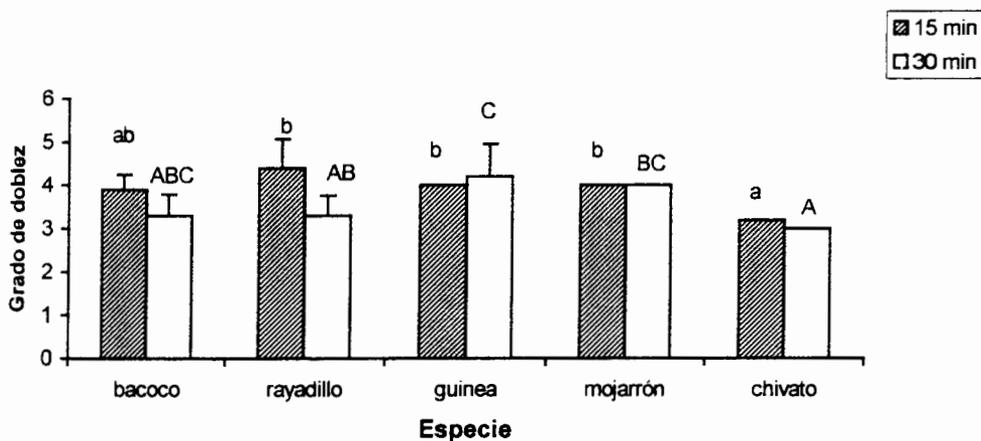


Figura 12. Grado de doblez presentado por geles de surimi elaborados con 1.5% de sal y fijados térmicamente a 90°C. Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para el tratamiento de 15 minutos, literales mayúsculas cumplen la misma función para el tratamiento de 30 minutos.

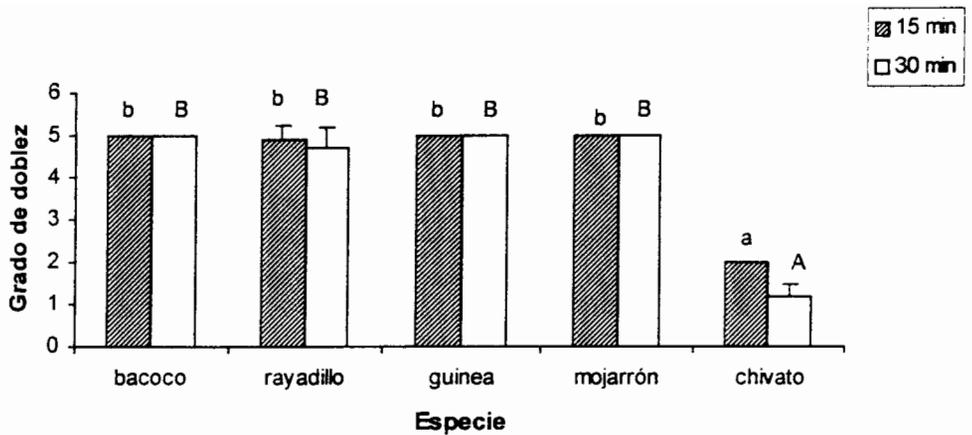


Figura 13. Grado de doblez presentado por geles de surimi elaborados con 2.5% de sal y fijados térmicamente a 90°C. Literales minúsculas diferentes sobre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$) para el tratamiento de 15 minutos, literales mayúsculas cumplen la misma función para el tratamiento de 30 minutos.

6.2.3 Clasificación de la textura de geles de surimi de las diferentes especies.

Para clasificar la textura de los geles de surimi, se seleccionó el tratamiento mediante el cual se obtuvieron los valores de esfuerzo cortante y deformación cortante mas altos, lo cual indica una mayor calidad reológica. En la mayoría de las especies, el tratamiento mediante el cual se obtuvieron los valores mas altos para estos parámetros fue el de 2.5% de sal y 15 minutos de calentamiento a 90° C. Con base en esta clasificación (Figura 14), se observó una gran diferencia en textura entre las cinco especies, presentando los geles de chivato una textura mas blanda, mientras que los de bacoco una mayor dureza. Los geles de mojarrón fueron los que presentaron una mayor elasticidad y los de guinea una moderada dureza, por otra parte, los geles de rayadillo tuvieron características intermedias entre elásticas y duras.

6.3 Efecto de la concentración de sal y tiempo de cocción sobre los parámetros reológicos de geles de surimi de las diferentes especies

El efecto de los tres niveles de sal (NaCl) empleada y los dos tiempos de calentamiento a 90°C sobre las propiedades de gelificación térmica fue estudiado en cada una de las especies. Para la especie bacoco (cuadro 4) se encontró que al utilizar un nivel de 2.5% de sal se obtuvieron los mayores valores de esfuerzo cortante así como mayor grado de doblez, sin embargo, presentaron la misma ($P>0.05$) deformación los geles elaborados con 1.5 ó 2.5 % de sal. Por otra parte, dentro de cada uno de los niveles de sal empleados, se encontró que la calidad reológica de los diferentes geles, no se vió afectada por el tiempo de fijación térmica empleada, con excepción del grado de doblez observado en los geles elaborados con 1.5% de sal, en donde se presentó un decremento al prolongar el calentamiento por 30 minutos.

Para los geles de surimi de la especie guinea (cuadro 5), igualmente se observó un incremento en los valores de esfuerzo cortante y grado de doblez, como respuesta al

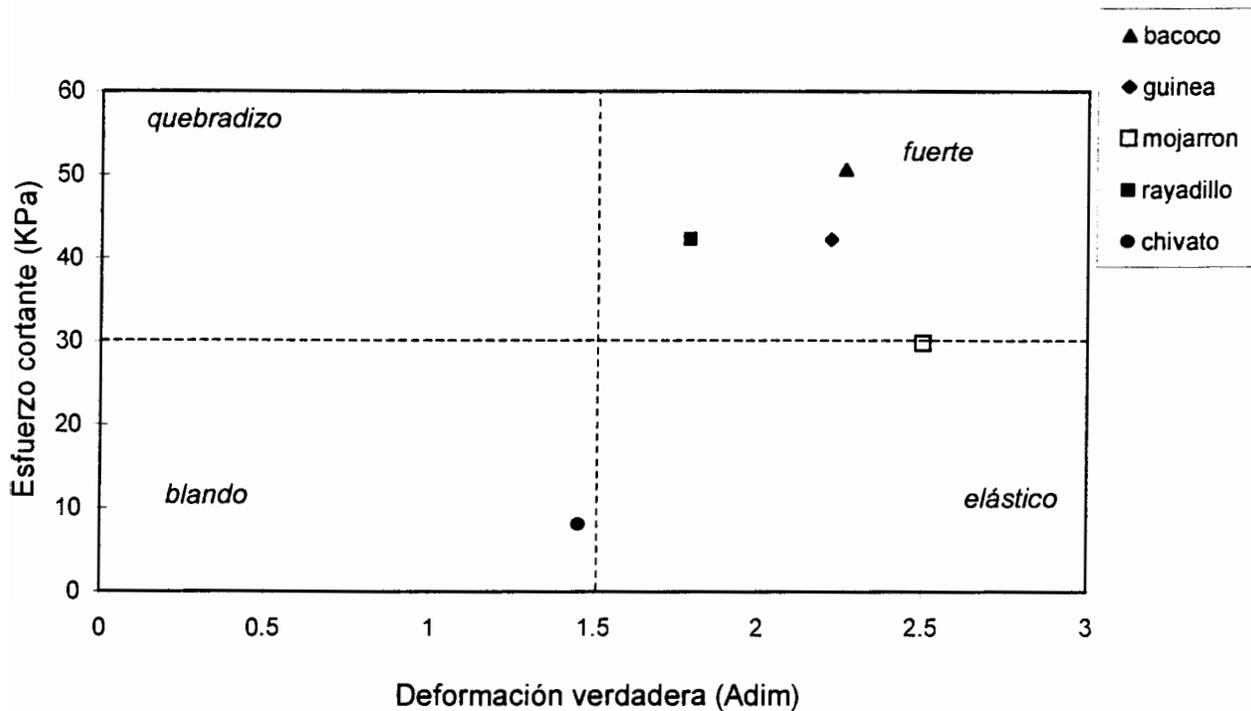


Figura 14. Clasificación de la textura de los geles de surimi de bacoco, guinea, mojarrón, rayadillo y chivato, elaborados con 2.5% de sal y fijados térmicamente a 90°C durante 15 minutos.

Cuadro 4. Efecto de la concentración de sal y el tiempo de cocimiento sobre los Parámetros reológicos en geles de surimi de bacoco.

% Sal (NaCl)	Tiempo de cocimiento a 90°C (minutos)	Esfuerzo (KPa)	Deformación verdadera	Prueba del Doblez
0	15	18.58 ± 2.76 ^a	1.18 ± 0.02 ^a	1 ± 0 ^a
	30	14.06 ± 2.07 ^a	1.26 ± 0.07 ^a	1 ± 0 ^a
1.5	15	38.18 ± 6.63 ^b	2.20 ± 0.12 ^b	3.9 ± .35 ^c
	30	38.64 ± 1.74 ^b	2.21 ± 0.15 ^b	3.3 ± .49 ^b
2.5	15	50.62 ± 7.26 ^c	2.21 ± 0.13 ^b	5 ± 0 ^d
	30	49.70 ± 4.57 ^c	2.26 ± 0.09 ^b	5 ± 0 ^d

* Promedios en la misma columna y con el mismo superíndice son estadísticamente iguales ($p > 0.05$), según el ANOVA y la prueba de Tukey.

Cuadro 5. Efecto de la concentración de sal y el tiempo de cocimiento sobre los parámetros reológicos en geles de surimi de guinea.

% Sal (NaCl)	Tiempo de cocimiento a 90°C (minutos)	Esfuerzo (KPa)	Deformación verdadera	Prueba del Doblez
0	15	26.16 ± 2.41 ^a	1.25 ± 0.10 ^a	1 ± 0 ^a
	30	20.17 ± 2.05 ^a	1.19 ± 0.09 ^a	2 ± 0 ^b
1.5	15	37.29 ± 4.64 ^b	1.80 ± 0.15 ^b	4 ± 0 ^c
	30	35.58 ± 5.16 ^b	1.70 ± 0.17 ^b	4.2 ± 0.75 ^c
2.5	15	42.19 ± 2.68 ^b	1.93 ± 0.18 ^b	5 ± 0 ^d
	30	42.00 ± 3.82 ^b	2.22 ± 0.12 ^c	5 ± 0 ^d

• Promedios en la misma columna y con el mismo superíndice son estadísticamente iguales ($p > 0.05$), según el ANOVA y la prueba de Tukey.

incremento en el nivel de sal empleado, asimismo fue observado un incremento en los valores de deformación; sin embargo, el incremento en esfuerzo sólo fue significativo ($P < 0.05$) entre los niveles de 0 con respecto al de 1.5 y 2.5% de sal, mas no entre el nivel de 1.5 con respecto al de 2.5%. Al analizar el efecto del tratamiento térmico dentro de cada nivel de sal, se encontró que los geles elaborados con 2.5% y calentados durante 30 minutos presentaron una mayor deformación ($P < 0.05$) con respecto a los calentados por sólo 15 minutos. Asimismo con un mayor tiempo de calentamiento, un grado de doblez mas alto fue observado en los geles elaborados sin sal. En los geles de la especie rayadillo (cuadro 6), se observó una mejor calidad con respecto a su esfuerzo cortante así como su deformación y grado de doblez, en los tratamientos de mayor concentración de sal. Por otra parte, al comparar los valores obtenidos para cada uno de los parámetros dentro de un mismo nivel de sal y bajo los dos tiempos de tratamiento térmico se observó que al prolongar el calentamiento por 30 minutos se obtuvo una disminución significativa ($P < 0.05$) en los valores de esfuerzo que presentaron los geles elaborados con 2.5% de sal así como del grado de doblez de los geles elaborados con 1.5 % de sal, en el esfuerzo cortante no se observó una influencia del tratamiento térmico sobre los valores obtenidos. En los geles de surimi de mojarrón (cuadro 7) se observó un efecto similar al observado en los de guinea en los parámetros de deformación y grado de doblez como respuesta al incremento en el nivel de sal empleado, presentando los valores mas altos en el tratamiento con 2.5% de sal. De igual forma, el incremento en esfuerzo sólo fue significativo ($P < 0.05$) entre los niveles de 0% con respecto a 2.5% de sal, mientras que entre los niveles de 1,5% y 2.5% el esfuerzo observado fue igual ($P > 0.05$). En el cuadro 8 se presenta la comparación de los valores del grado de doblez obtenidos para los geles de surimi de chivato elaborados con los tres niveles de sal y los dos tiempos de tratamiento térmico, e igualmente de los valores de esfuerzo y deformación para los dos tiempos de tratamiento térmico en los geles elaborados con 2.5 % de sal; en este caso se

Cuadro 6. Efecto de la concentración de sal y el tiempo de cocimiento sobre los parámetros reológicos en geles de surimi de rayadillo.

% Sal (NaCl)	Tiempo de cocimiento a 90°C (minutos)	Esfuerzo (KPa)	Deformación verdadera	Prueba del Doble
0	15	27.4 ± 1.98 ^a	0.99 ± 0.11 ^a	2 ± 0 ^a
	30	33.43 ± 4.12 ^a	1.09 ± 0.08 ^a	2 ± 0 ^a
1.5	15	33.09 ± 4.93 ^a	1.53 ± 0.08 ^b	4.4 ± 0.67 ^c
	30	30.11 ± 4.38 ^a	1.54 ± 0.05 ^b	3.3 ± 0.47 ^b
2.5	15	42.30 ± 5.18 ^b	1.88 ± 0.16 ^c	4.9 ± 0.33 ^c
	30	33.24 ± 2.84 ^a	1.78 ± 0.13 ^c	4.7 ± 0.5 ^c

* Promedios en la misma columna y con el mismo superíndice son estadísticamente iguales ($p > 0.05$), según el ANOVA y la prueba de Tukey.

Cuadro 7. Efecto de la concentración de sal y el tiempo de cocimiento sobre los parámetros reológicos en geles de surimi de mojarón.

% Sal (NaCl)	Tiempo de cocimiento a 90°C (minutos)	Esfuerzo (KPa)	Deformación verdadera	Prueba del Doble
0	15	19.09 ± 1.69 ^a	1.36 ± 0.09 ^a	1.8 ± 0.41 ^a
	30	16.27 ± 2.69 ^a	1.34 ± 0.10 ^a	1.6 ± 0.54 ^a
1.5	15	27.49 ± 2.70 ^b	1.77 ± 0.15 ^b	4 ± 0 ^b
	30	31.17 ± 2.94 ^b	1.82 ± 0.06 ^b	4 ± 0 ^b
2.5	15	29.74 ± 3.42 ^b	2.42 ± 0.12 ^c	5 ± 0 ^c
	30	30.97 ± 5.48 ^b	2.50 ± 0.16 ^c	5 ± 0 ^c

* Promedios en la misma columna y con el mismo superíndice son estadísticamente iguales ($p > 0.05$), según el ANOVA y la prueba de Tukey.

Cuadro 8. Efecto de la concentración de sal y el tiempo de cocimiento sobre los parámetros reológicos en geles de surimi de chivato.

% Sal (NaCl)	Tiempo de cocimiento a 90°C (minutos)	Esfuerzo (KPa)	Deformación verdadera	Prueba del Doblez
0	15	-	-	1.5± 0.6 ^a
	30	-	-	1.4± 0.5 ^a
1.5	15	-	-	3.2± 0.4 ^b
	30	-	-	3.0± 0.6 ^b
2.5	15	8.67 ± 0.30 ^a	1.56± 0.21 ^a	2.0± 0 ^{ab}
	30	8.08 ± 0.56 ^a	1.44± 0.30 ^a	1.3± 0.8 ^a

- Para estos tratamientos la textura presentada por los geles fue tan blanda que no permitió preparar las muestras con la geometría requerida para el análisis de fractura en torsión.

Promedios en la misma columna y con el mismo superíndice son estadísticamente iguales ($p > 0.05$), según el ANOVA y la prueba de Tukey.

encontró que el tiempo de calentamiento no tuvo influencia sobre los valores de esfuerzo y deformación ni tampoco sobre el grado de doblez. Por otra parte, los geles que presentaron un mayor grado de doblez fueron aquellos que se prepararon con un nivel de 1.5% de sal.

7. DISCUSIÓN.

7.1 Rendimientos y composición química

Desde el punto de vista económico, uno de los factores que determina la factibilidad de utilización de una especie como fuente de materia prima para la obtención de surimi es el rendimiento (Montejano y Morales, 1991^a). Los valores de 31 a 45% obtenidos en este trabajo son similares a los rendimientos que han sido reportados para otras especies estudiadas en México (Montejano, 1990; Montejano y Morales, 1991^a) e incluso superiores al rendimiento del 20 al 32% que se reporta para procesos industriales establecidos en países líderes en la producción de surimi como lo son Japón y Estados Unidos (Lee, 1984^b; Lee, 1986; Anónimo, 1987). Por lo tanto, se considera que con base en los rendimientos, las cinco especies estudiadas son muy adecuadas para la producción de surimi, en particular guinea y mojarrón, que fueron las que presentaron un mayor rendimiento. Sin embargo, cabe mencionar que estos resultados pueden variar en función de la estación del año o bien dependiendo del grado de madurez en que se encuentren cada una de las especies estudiadas, debido a que los cambios en la composición química que se presenta en los peces a lo largo del año (Love, 1980; Ingólfssdóttir *et al.*, 1998) afecta el rendimiento (Babbit, 1986). Por otra parte, al comparar los rendimientos de pulpa con los de surimi, se observó una gran variación entre el nivel de pérdida que presentaron las diferentes especies durante la etapa de lavados, fluctuando desde 3.57% para el mojarrón, hasta un 38.18% obtenido por el chivato. Lee (1986), ha señalado que durante la etapa de lavado estas pérdidas que se presentan son de aproximadamente un 30%, mientras que Babbit (1986) indica valores del 28 y 37%. Dentro de los materiales que se incluyen en estas pérdidas se consideran las sustancias hidrosolubles como proteínas sarcoplásmicas y sales, así como la grasa que se separa por decantación e igualmente parte de la proteína miofibrilar que se pierde durante la

operación de filtrado-prensado la cual puede disminuir hasta en un 38% (Lin y Park, 1996). Uno de los factores principales que determina el nivel de estas pérdidas, es el grado de molienda del músculo de pescado, el cual depende del diámetro del orificio de tambor utilizado en el descamado (Lee, 1984^a). Sin embargo, en este trabajo se utilizó la misma criba para todas las especies, por lo tanto la variación en el nivel de pérdida en este caso puede ser atribuida a la diferente cohesividad del músculo de cada una de las especies, así como su comportamiento diferencial en la capacidad de hidratación de sus proteínas (Toyoda *et al.*, 1992).

Por otra parte, con base en la composición química, se encontró que las cinco especies de pescado analizadas en este estudio, se encuentran en la categoría de especies bajas en grasa y altas en proteína (Sikorski, 1990), cuyas características son deseables para la producción de surimi (Sonu, 1986; Lee, 1984^a; Shimabukuro *et al.*, 1986). Por lo tanto, con respecto a su composición química resultan apropiadas para este proceso. Por otra parte, al considerar el contenido de humedad como uno de los factores que se toman en cuenta para la clasificación de la calidad del surimi, se encontró que las especies bacoco, guinea y rayadillo presentaron valores aceptables (Sonu, 1986), mientras que valores de 80.35% de humedad para el surimi de mojarrón y de 81.36 % para el de la especie chivato, son aproximadamente 5 y 6 % mas altos al valor recomendado para surimi de alta calidad (Spencer *et al.*, 1992). Esto ha sido reportado como uno de los factores que origina una menor calidad reológica reflejada particularmente en una reducción del esfuerzo cortante conforme se incrementa el contenido de humedad (Chung *et al.*, 1993; Reppond y Babbit, 1997). Por lo tanto, este criterio tiene que ser tomado en cuenta al realizar una comparación reológica entre las diferentes especies. Por otra parte, al comparar los niveles de lípidos y cenizas entre el músculo y surimi, se observó que los niveles de lípidos fueron removidos hasta en un 60% en el músculo de mojarrón y los de cenizas hasta en un 87 % en el músculo de

guinea y chivato. Estos valores son similares a los reportados para estudios con otras especies (Adu *et al.*, 1983; Roussel y Cheftel, 1988; Repond *et al.*, 1995) y están considerados como niveles de remoción que demuestran que el proceso de refinamiento ó lavados del músculo fue efectuado eficientemente para la obtención de los surimis.

7.2 Evaluación de la calidad reológica de geles de surimi de las diferentes especies.

El principal atributo del surimi como ingrediente alimenticio es su alta funcionalidad, especialmente por su propiedad gelificante; por lo tanto, su calidad se determina con base principalmente en sus propiedades reológicas, en particular mediante el esfuerzo y deformabilidad de los geles obtenidos por procesamiento térmico (Lanier, 1986). Esta consideración se realiza en virtud de que se ha demostrado que estos parámetros son los que se correlacionan de manera mas eficiente con la evaluación sensorial (Montejano *et al.*, 1985), prediciendo eficientemente la aceptación que tendrá el producto. En general, la deformación cortante a la fractura representa la elasticidad y ductilidad de la estructura del gel y es independiente del esfuerzo cortante el cual representa la fuerza estructural o bien la fuerza de esa estructura (Montejano, 1989). Al determinar estas propiedades reológicas así como la rigidez y el grado de dobléz en geles de cada uno de los surimis, se encontró un amplio rango en sus propiedades de textura así como algunas similitudes entre especies. De acuerdo con los resultados de la prueba de torsión, el bacoco presentó la mejor calidad con respecto a esfuerzo con un valor de 50.6 KPa, el cual es considerado un valor muy adecuado para la producción de surimi. Un segundo lugar de calidad con respecto a esfuerzo fue obtenido por rayadillo y guinea, seguido por mojarrón con valores en estos tres últimos casos apropiados para surimi de calidad aceptable. El chivato presentó un valor de esfuerzo de 8.7 KPa, el cual se considera de calidad inaceptable para la elaboración de surimi. Con respecto a la

deformación cortante, los geles de mojarrón, a pesar de haber obtenido un tercer lugar en la calidad con respecto a esfuerzo, presentaron al igual que los de bacoco, la mejor calidad con respecto a deformación, con un valor superior al de 1.9, el cual se establece como mínimo para pasar la tradicional prueba japonesa de doblez para un surimi aceptable (Hamman y Lanier, 1987). Estos resultados coinciden con lo señalado por Montejano (1989), en el sentido de que el esfuerzo es independiente de la deformación; es decir no necesariamente los geles que presenten mayor esfuerzo tendrán que presentar mayor deformación. Para este mismo parámetro de deformación, los geles de chivato presentaron la menor calidad.

La rigidez cortante representa la relación de la fuerza de la estructura del gel con respecto a la elasticidad o maleabilidad de los mismos (Lanier, 1992). Por lo tanto, es evidente que los geles de rayadillo hayan presentado mayor rigidez al haber sido los de mayor fuerza y menor deformabilidad. De acuerdo con los resultados del grado de doblez, los surimis de bacoco, guinea, rayadillo y mojarrón presentaron la misma calidad, obteniendo un valor máximo de acuerdo con la escala de Lee (1984^a); también en esta determinación el chivato mostró una calidad inaceptable (Suzuki, 1981).

Es conocido que existe diferente capacidad de gelificación entre las diferentes especies de pescado (Suzuki, 1981), lo cual pudo apreciarse en los geles de surimi de las especies estudiadas en este trabajo; estas diferencias se atribuyen a diferencias en el entrecruzamiento de las cadenas pesadas de miosina para la formación de la red proteica (Chan *et al.*, 1992) y se considera que ese diferente entrecruzamiento se debe a diferencias estructurales y funcionales presentes en las moléculas de miosina de cada especie en particular (Chan *et al.*, 1992). Sin embargo, diversos estudios han demostrado que el nivel de humedad de los surimis así como el contenido de proteína tiene un efecto sobre las características de textura de los geles obtenidos (Chung *et al.*, 1993; Lee *et al.*, 1992). Por lo tanto, las diferencias de textura observada entre las especies mojarrón

y chivato con respecto al resto, no pueden ser atribuidas exclusivamente a diferencias de funcionalidad entre las especies ya que las dos primeras poseen un mayor porcentaje de humedad lo cual podría estar influyendo significativamente en los menores valores de esfuerzo observado; sin embargo, no se puede ser concluyente en este sentido en tanto no se realicen nuevas determinaciones ajustando los contenidos de humedad a un mismo nivel.

A pesar de que el surimi de chivato presentó una calidad muy baja no debe descartarse como especie susceptible a ser empleada, ya que desde un punto de vista económico resulta muy adecuada. Una alternativa sería probar el efecto de diversos aditivos que previamente han mostrado ser eficientes para mejorar las propiedades reológicas de surimi de otras especies (Lee, H. *et al.*, 1992; Park, 1994^b; Pacheco-Aguilar y Crawford, 1994; Yoon *et al.*, 1997, Nielsen y Pigott, 1994; Lee y Park, 1998) o bien plantear la utilización de surimi de chivato en productos cuya textura no demanden altos valores de esfuerzo y deformación o de grado de dobléz como es el caso de albóndigas, croquetas ó salchichas (Choulea *et al.*, 1996; Fiddler *et al.*, 1993).

7.3 Clasificación de la textura de geles de surimi de las diferentes especies.

Al clasificar la textura relacionando el esfuerzo y la deformación se obtienen cuatro descriptores de la misma. Las esquinas extremas se etiquetan con los términos sensoriales que representan una interpretación intuitiva de la experiencia sensorial que sería percibida en la muestra. La localización absoluta y los valores extremos ó límites de estos términos sensoriales no han sido determinados por experimento sensorial y puede variar entre productos y grupos de consumidores, así que los términos de “quebradizo”, “fuerte”, “blando” y “elástico” deben ser usados sólo para una comparación relativa de textura entre muestras de diferentes especies o de diferentes tratamientos en lugar de ser empleados como un medio de determinación de un descriptor sensorial absoluto (Hamann

y Mac Donald, 1992). Con base en lo anterior, para el presente estudio se asume, que en términos de comparación los geles de surimi de bacoco, guinea y rayadillo son los que presentaron una mayor fuerza, mientras que los de mojarrón resultaron ser mas elásticos. Los geles de surimi de chivato fueron mucho más blandos que el resto.

7.4 Efecto de la concentración de sal y tiempo de cocción sobre los parámetros reológicos de geles de surimi de las diferentes especies.

Las características gelificantes del surimi de cada especie en particular depende entre otros factores, de la concentración de sal y de las condiciones térmicas de formación del gel (Lee, 1992; Chung *et al.*, 1993). En procesos comerciales los niveles de sal empleados fluctúan del 2 al 3 % (Shimizu *et al.*, 1981); sin embargo, al trabajar con nuevas especies, es necesario determinar la concentración adecuada ya que existen diferencias entre las especies que las hacen requerir diferentes concentraciones de sal para lograr una óptima solubilización de la proteína miofibrilar y consecuentemente una máxima gelificación (Henningar *et al.*, 1988; Niwa, 1992). Los resultados de este trabajo mostraron que cada una de las especies estudiadas presentó un comportamiento específico para cada uno de los parámetros reológicos analizados, como respuesta a los cambios en la concentración de sal. Los geles de surimi de bacoco presentaron un incremento en el valor de esfuerzo cortante al aumentar la concentración de sal, exhibiendo su mayor valor a la concentración de 2.5% mientras que los de guinea y mojarrón no presentaron incremento mas allá del nivel de 1.5%, este resultado coincide con lo reportado por Douglas-Schwarz y Lee (1988) para geles de surimi de Pollak de Alaska que igualmente requirió 1.5% de sal para lograr la mejor calidad reológica. En ese mismo estudio se encontró que los geles de merluza roja presentaron mejor calidad con un nivel de 2 % de sal. Por otra parte, los geles de surimi de guinea, rayadillo y mojarrón que presentaron la mayor deformación fueron los preparados con 2.5% de sal, mientras

que para bacoco no se observaron diferencias en la deformación obtenida con 1.5% ó 2.5% de sal. Al analizar el efecto de la concentración de sal sobre el grado de doblez se encontró que los geles de surimi de bacoco, guinea y mojarrón elaborados con 2.5% de sal fueron los que alcanzaron el mayor grado de doblez, mientras que para rayadillo no se observó una diferencia entre los niveles de 1.5 y 2.5% de sal. En el caso de chivato, el nivel de 1.5 % fue con el que se obtuvo un mejor resultado.

Al analizar el efecto del tiempo de calentamiento sobre la calidad reológica de los geles de cada especie a un mismo nivel de sal, se observó que para los geles de surimi de mojarrón y chivato no se presentó un efecto significativo. Por otra parte, se observó un decremento en la calidad reológica global en los geles de surimi de bacoco y de rayadillo calentados por 30 minutos. En el caso de bacoco la reducción se presentó en el grado de doblez de los geles elaborados con 1.5% de sal y en el de rayadillo esta reducción de calidad fue observada en el esfuerzo de los geles preparados con 2.5% de sal y en el grado de doblez de los preparados con 1.5% de sal. Esta reducción de la calidad reológica como efecto de un calentamiento prolongado ha sido previamente reportado para otras especies (Douglas-Schwarz y Lee, 1988; Jiménez-Colmenero *et al.*, 1994). Contrariamente a lo observado para rayadillo y bacoco, se encontró que los geles de guinea que presentaron una mejor calidad fueron los que se sometieron a un calentamiento de 30 minutos obteniendo un mayor valor de deformación al nivel de 2.5% de sal y un mayor grado de doblez al nivel de 0% de sal. Alvarez *et al.*, (1995) señalan que existe un tiempo óptimo para la formación de los geles proteicos térmicamente irreversibles y que después de este tiempo la fuerza de esos geles decrece. Los resultados del presente estudio sugieren que para rayadillo y bacoco, ese tiempo óptimo se encuentra alrededor de los 15 minutos mientras que para guinea es alrededor de los 30 minutos. De lo anterior se deduce que para la elaboración de los geles de surimi de bacoco, rayadillo mojarrón y chivato se recomienda el empleo de 2.5% de sal y 15

minutos de calentamiento, mientras que para los de guinea conviene utilizar 2.5% de sal y 30 minutos de fijación térmica.

8. CONCLUSIONES

- Desde un punto de vista económico; bacoco, guinea, rayadillo y mojarrón mostraron ser bastante adecuados para la producción de surimi, debido a los altos rendimientos que presentaron, así como por su composición química.
- Los geles de surimis de bacoco, guinea, rayadillo y mojarrón presentaron la más alta calidad con respecto a su elasticidad (grado de doblez), por lo cual podrían ser empleados de manera indistinta para el desarrollo de productos que demanden esa característica.
- En términos de fuerza estructural (medida con base a esfuerzo cortante), los geles de surimi de bacoco fueron los que presentaron mejor calidad; rayadillo y guinea mostraron la misma calidad intermedia, mientras que chivato obtuvo una calidad muy baja por lo tanto no se considera apropiada.
- Los geles de surimi de mojarrón y bacoco fueron los que presentaron mejor calidad con respecto a la deformación cortante y pueden ser empleadas de manera indistinta para productos que requieran un mismo grado de deformabilidad.
- De los niveles de sal (NaCl) utilizados, a la concentración de 2.5% se obtuvo el mejor nivel de solubilización de la proteína miofibrilar para el surimi de las cinco especies y por lo tanto la mejor calidad reológica global de sus geles.
- De los tiempos de tratamiento térmico aplicados, se recomienda 15 minutos para los geles de bacoco y rayadillo, ya que con este tiempo se tuvo un mejor desarrollo global

de las características reológicas; en este mismo sentido para guinea se recomienda un tiempo de fijación térmica de 30 minutos. En el caso de los geles de mojarrón no se observó influencia del tratamiento térmico sobre la calidad de sus geles por lo cual se sugiere un calentamiento de 15 minutos.

- Bajo las condiciones experimentales del presente trabajo; desde un punto de vista reológico, el chivato no se considera una especie apropiada para la producción de surimi de calidad aceptable.
- Con base a la calidad funcional de su músculo, medida a través de los parámetros de esfuerzo, deformación y grado de doblez, las especies de pescado bacoco, guinea, rayadillo y mojarrón resultan apropiadas como materia prima para la elaboración de surimi, siendo la especie bacoco la que presenta la mejor calidad.

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I. P. N.
DONATIVO

9. RECOMENDACIONES

- Para trabajos posteriores, se recomienda estandarizar la humedad de los surimis mediante un proceso de prensado controlado. Lo anterior permitirá atribuir exclusivamente a diferencias en la funcionalidad de cada una de las especies estudiadas, las diferencias observadas en la calidad reológica de los geles de surimi obtenidos a partir de ellas.
- Se recomienda continuar con la evaluación de las propiedades reológicas de una mayor cantidad de especies marinas susceptibles de ser aprovechadas, lo cual permitiría ampliar la disponibilidad de materia prima para un proceso de producción de surimi a escala comercial.
- Mediante la metodología utilizada en el presente trabajo, los geles de surimi de chivato presentaron una calidad reológica inaceptable, sin embargo se sugiere no descartarla como especie potencialmente aprovechable, sino realizar una nueva evaluación que tenga como objetivo la optimización del proceso de elaboración de surimi de chivato.

10. LITERATURA CITADA

- Acton, J.C., M.A. Hanna y L.D. Satterlee. 1981. Heat-Induced gelation and protein-protein interaction of actomyosin. *J. Food Biochemistry*. 5:101-113.
- Adu, G.A., J.K. Babbitt y D.L. Crawford. 1983. Effect of washing on the nutritional and quality characteristic of dried minced rockfish. *J. Food Sci.* 48:1053.
- Álvarez, C., I. Couso, y M. Tejada. 1995. Sardine surimi gels as affected by salt concentration, blending, heat treatment and moisture. *J. Food Sci.* 60(3):622-626.
- An, H., Weerasinghe, V., Seymour, T. y Morrissey, M. 1994. Cathepsin degradation of Pacific whiting surimi proteins. *J. Food Sci.* 59(5):1013-1017.
- Anónimo. 1987. Net value. *Food*. 1: 47-49.
- Anuario Estadístico de Pesca 1998. SEMARNAP. Dirección General de Informática y Estadística. 244 pp.
- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 14th. Ed. Association of official Analytical Chemists. Washington, D.C. U.S.A. 1141 pp.
- Babbitt, J.K. 1986. Suitability of seafood species as raw materials. *Food Techn.* 97-100.
- Babbitt, J.K., K.D. Reppond, G. Kamath, A.C. Hardy, Ch. J. Pook, N. Kokubu y S. Bemsten. 1993. Evaluation of processes for producing arrowtooth flounder surimi. *J. of aquatic food product technology*. 2(4): 89-96.
- Badui- Dergal, S. 1984. Química de los alimentos. Ed. Alhambra Mexicana, S.A. México. 430 pp.
- Benjakul, S., Seymour, T., Morrissey, M. y An, H. 1996. Proteinase in Pacific whiting surimi wash water: Identification and characterization. *J. Food Sci.* 61(6): 1165-1170.

- Chan, J.K., T.A. Gill y A.T. Paulson. 1992. Cross-linking ability of myosin heavy chains from cod, herring and silver hake during thermal setting. *J. Food Sci.* 57: 906.
- Chan, J.K., T.A. Gill, J.W. Thompson y D.S. Singer. 1995. Herring surimi during low temperature setting, physicochemical and textural properties. *J. Food Sci.* 60 (6): 1248-1253.
- Cheng, C. S., D.D. Hamann, y N.B. Webb. 1979. Effect of thermal processing on minced fish gel texture. *J. Food Sci.* 44: 1080.
- Choulea, K.P., M.A. Pérez-Azuela, E. Decamp. Y J. Montiel-Montoya. 1996. Elaboración de croquetas y albóndigas a base de una pasta de pescado para consumo humano. *Tecnología de alimentos.* 31(2): 23-30.
- Chung, Y.C., L. Richardson y M.T. Morrisey. 1993. Effects of pH and NaCl on gel strength of Pacific whiting surimi. *J. Aquatic Food Product Technol.* 2 (3): 19-35.
- Deng, J. C. 1981. Effect of temperature on fish alkaline protease, protein interaction and texture quality. *J. Food Sci.* 46:62.
- Douglas-Schwarz, M. y C.M. Lee. 1988. Comparison of the thermostability of red hake and Alaska pollock surimi during processing. *J. Food Sci.* 53 (5): 1347-1351.
- Fiddler, W., Pensabene, R., Gates, R.A., Hale, M., Jahncke, M. y Babbitt, J.K. 1993. Alaska Pollock (*Theragra chalcogramma*) mince and surimi as partial meat substitutes in frankfurters: N-Nitrosodimethylamine formation. *J. Food Sci.* 55 (1):62-65,70.
- Hamman, D.D. y T.C. Lanier. 1987. Instrumental Methods for Predicting Seafood Sensory Texture Quality. En : Kramer, D.E. y J. Liston (Eds.). *Seafood Quality Determination.* Elsevier Press, New York. 123-136.
- Hamman, D, y MacDonald, G. 1992. Rheology and Texture Properties of Surimi and Surimi-Based foods. En : T.C. Lanier y Ch. M. Lee (Eds.). *Surimi Technology.* U.S.A. 429-500.

- Hastings, R.J. y Curral, E.P. 1989. Effects of water, oil, egg white and starch on the texture of cod surimi gels by response surface methodology. *J. of Texture Studies*. 19:431-451.
- Henningar, C.J., Buck, E.M., Hultin, H.O., Peleg, M., Varelziz, K. 1988. Effect of Washing and Sodium Chloride on Mechanical Properties of Fish Muscle Fish. *J. Food Sci.* 53: 963-964.
- Hotton, C., K.E. Spencer y M.A. Tung. 1990. Processing of mackarel surimi. En: Voigt, M.N. y J.R. Botha (Eds.). *Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability*. 81-95.
- Ingólfssdóttir, S., Stefánssoonn y K. Kristbergsson. 1998. Seasonal variations in physicochemical and textural properties of North Atlantic Cod (*Gadus morhua*) mince. *J. of Aquatic Food product Technology*. 7(23): 39-61.
- Ishikawa, Y. 1996. World surimi market outlook. *INFOFISH-INT.* 1: 16-21.
- Jiménez-Colmenero, F., Careche, J., Carballo, J. y Cofrades, S. 1994. Influence of thermal treatment on gelation of actomyosin from different myosystem. *J. Food Sci.* 59(1): 211-215.
- Kinsella, J. E. 1976. Functional properties of protein in food. A Survey, *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 219 p.
- Lanier, T.C., T.S. Lin, D.D. Hamann y F.B. Thomas. 1981. Effect of alkaline protease in minced fish on texture of heat processed gels. *J. Food Sci.* 46: 1647.
- Lanier, T.C. 1986. Functional Properties of Surimi. *Food Technol.* 40(3): 107.
- Lanier, T. C. 1992. Measurement of surimi composition and functional properties. En : Lanier, T.C. y C. M. Lee (Eds.). *Surimi Technology*. U.S.A.. 123-163.

- Lee, C. M. 1984^a. Surimi process technology. *Food Technol.* 38(11): 69-80.
- Lee, C. M. 1984^b. Surimi gel and U.S. Seafood Industry. *Oceanus.* 27:35.
- Lee, C.M. 1986. Surimi manufacturing and fabrication of surimi- based products. *Food Technol.* 40(3): 115-124.
- Lee, C.M. 1992. Factors affecting physical properties of fish protein gel. En: Flick, G. y R. Martin, (Eds.). *Advances in Seafood Biochemistry: Composition and Quality.* Technomic Publishing Company Inc. 43-67.
- Lee, C.M., J, J-S. Chen y K.H. Chung. 1988. Important considerations in optimizing the formulation of surimi-based products. *Proceedings of the Twelfth Annual Conference of the Tropical and Subtropical Fisheries Technology.* Florida Sea Grant College, Gainesville, FL. 176-180.
- Lee, C.M., M.C. Wu y M. Okada. 1992. Ingredient and formulation technology for surimi-based products. En : Lanier, T.C. y Lee C. M. (Eds.). *Surimi Technology.* U.S.A. 273-302.
- Lee, H.G., C.M. Lee, K.H. Chung, y S.A. Lavery. 1992. Sodium ascorbate affects gel-forming properties. *J. Food Sci.* 57 (6) 1343-1347.
- Lee, N. y J.W. Park. 1998. Partial least squares evaluation of the influence of calcium and magnesium on functional properties of washed fish mince (surimi). *J. Food Sci.* 63(6): 969-974.
- Lin, T.M. y J.W. Park. 1996. Extraction of proteins from Pacific whiting mince at various washing conditions. *J. Food Sci.* 61: 432-438.
- Love, R. M. 1980. *The Chemical Biology of Fishes.* Vol. II. Academic Press. 943pp.
- Makinodan, Y., H. Toyohara y E. Niwa. 1985. Implication of muscle alkaline proteinase in the textural degradation of fish meat gel. *J. Food Sci.* 50: 1351.

- Martin, R. 1992. Surimi Products: A Review En: Flick, G. and R. Martin (Eds.) *Advances in Seafood Biochemistry: Composition and Quality*. Technomic Publishing Company Inc. 377-391.
- 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. p. 267. Indo-Pacific Fishery Commission. Bangkok.
- Miyauchi, D., G. Kudo y M. Patashnik. 1973. Surimi a processed 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 primer lugar en Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos 1989. Área de ciencias, categoría profesional. CONACYT. 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 Científica Potosina*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. XII (1):55-65.
- Montejano, J.G. 1991. Métodos para medición de parámetros reológicos en alimentos líquidos y sólidos. *Memorias del curso Reología y Texturometría de Alimentos*. 11-14 de junio de 1991. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Montejano, J.G. y, O.G. Morales. 1990. Variación en atributos de calidad de surimis individuales elaborados a partir de trucha, sardina, lenguado, lisa, jiniguaro y carpa. *BIOTAM* 22(3): 9- 17.
- Montejano, J.G. y O.G. Morales. 1991^a. Evaluación de propiedades reológicas en mezclas de surimi de una especie marina y una dulceacuícola. *BIOTAM* 3(2): 25-32.

- Montejano, J.G. y O.G. Morales. 1991^b. Efecto de dos tratamientos térmicos diferentes sobre las propiedades reológicas en geles de surimi de cuatro especies de pescado. *BIOTAM* 4(1):11-17.
- Montejano, J.G. y Hernández, V.E. 1991. Optimización de la calidad reológica de surimi. *Curso sobre Reología y Texturometría de Alimentos*. 11 - 14 de Junio de 1991. Facultad de Ciencias Químicas. San Luis Potosí.
- 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. of Rheology*, 27(6): 557-579.
- Montejano, J.G., D.D. Hamann y T.C. Lanier. 1985. Comparison of two instrumental methods with sensory texture of protein gels. *J. Texture Studies*. 16: 403.
- Morales, O.G., J.G. Montejano, L. Vega, B.E. Guzmán, M.E. Núñez y J.A. González. 1990. Evaluación estacional de propiedades reológicas y químicas de surimi de cinco especies de pescado de bajo valor comercial. *BIOTAM*. 2 (2): 11-15.
- Nielsen, R.G. y Pigott, G.M. 1994. Gel strength increased in low-grade heat-set surimi with blended phosphates. *J. Food Sci.* 59(2): 246-250.
- Niwa, E. 1992. Chemistry of surimi gelation. En: Lanier, T.C. y Lee Ch. M (Eds). *Surimi Technology*. U.S.A. 389-427.
- Okada, M. 1992. History of surimi technology in Japan en: Lanier, T.C. y C.M. Lee (Eds.) *Surimi Technology*. USA. 3-21 p.
- Onibala, H., T. Takayama, J. Shindo, S. Hayashi y H. Miki. 1997. Influence on freshness on occurrence of setting and disintegrating in heat-induced gels from tilapias. *Fisheries Sci.* 63(2): 276-280.
- Pacheco-Aguilar, R. y D.L. Crawford. 1994. Potassium bromate effects on gel-forming ability of Pacific whiting surimi. *J. Food Sci.* 59(4):786-791.

- Pipatsattayanuwong, S., J.W. Park y M.T.Morrisey. 1995. Functional properties and shelf life of fresh surimi from pacific whiting. *J. Food Sci.* 60 (6): 1241-1244.
- Park, J.W. 1994^a. Cryoprotection of muscle proteins by carbohydrates and polyalcohols. A review. *J. of aquatic food product technology.* 5 (3): 23-41.
- Park, J. W. 1994^b. Functional protein additives in surimi gels. *J. Food Sci.* 59 (3): 525-527.
- Pomeranz, Y. 1991. Functional properties of food. Academic Press. 569 p.
- Purslow, P. 1989. Mechanism of fracture in meat and meat products. En: Bee, R., P. Richmond y J. Mingins (Eds.) *Food Colloids.* The Royal Society of Chemistry. 246-261.
- Reppond, K.D. y J.K. Babbitt. 1997. Gel properties of surimi from various fish species as affected by moisture. *J. Food Sci.* 62 (1): 33-36.
- Reppond, J.K., J.K. Babbitt, S. Berntsen y M. Tsuruta. 1995. Gel properties of surimi from Pacific heming. *J. Food Sci.* 60 (4): 707-710, 714.
- Ramírez-Rodríguez, M. Producción Pesquera en la Bahía de la Paz, B.C.S. En: Urbán, R. y M. Ramírez (Eds.). *La Bahía de la Paz, investigación y conservación.* UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. 273-281.
- Roussel, H. y Cheftel, J.C. 1988. Characteristics of surimi and kamaboko from sardines. *Int. J. of Food Sci. and Technol.* 23: 607-623.
- Sam, W. B. y T. C. Lanier. 1988. Effects of Heat-stable alkaline protease activity of Atlantic Menhaden (*Brevoortia tyrannus*) on surimi gels. *J. Food Sci.* 53 (5): 1340-1342, 1398.

- Sánchez-Ortíz, C., J.L. Arreola-Robles, O. Aburto-Oropeza y M. Cortés-Hernández. 1997. Peces de arrecife en la región de la Paz, B.C.S. En: Urbán, R. y M. Ramírez (Eds.). La Bahía de la Paz, investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. 177-188.
- Shimabukuro, O.R. 1986. Tecnología de pasta de pescado. Memorias del II Curso Internacional Sobre Tecnología de Procesamiento de Productos Pesqueros. Callao, Perú.
- Shimabukuro, O.R., W. Olivares, O. Gonzáles y T. Llerena. 1986. Guía práctica para la elaboración de pasta de pescado. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. 7p.
- Shimizu, Y., R. Machida y S. Takenami. 1981. Species variation in the gel-forming characteristics of fish meat paste. *Bull. Ja. Soc. Sci. Fish.* 47:95.
- Shimizu, Y., H. Toyohara y T. Lanier. 1992. Surimi production from fatty and dark-fleshed fish species. En: Lanier, T.C. y Lee C. M (Eds.). *Surimi Technology*. U.S.A. 181-208 p.
- Sikorski, Z.E. 1990. Tecnología de los productos del mar: Recursos, composición nutritiva y conservación. Acribia S.A. Zaragoza, España. 330 p.
- Sonu, S.C. 1986. Surimi. National Marine Fisheries Service, NOAA. 122 pp.
- Spencer, K., C. Hotton, R. Ablett y E. Bligh. 1992. Gelling and storage performance of surimi from a range of Atlantic Canadian species. En: *Advances in Seafood Biochemistry: Composition and Quality*. Flick, G. and Martin, R. (Eds.). Technomic Publishing Company Inc. 199-212 p.
- Su, H., T.S. Lin y T. C. Lanier. 1981. Investigation into potential sources of heat-stable alkaline protease in mechanically separated Atlantic croaker (*Micropogon undulatus*). *J. Food Sci.* 46: 1654.
- Sun-Pan, B. 1990. Minced fish technology. En: Zikorski, Z.E (Ed.). *Seafood: Resources, nutritional composition and preservation*. CRC. Press. 199-210 p.

Suzuki, T. 1981. Fish and krill protein. Applied Science Publishers LTD. 230 pp.

Toyoda, K. , I. Kimura, T. Fujita, S. Noguchi y C.M. Lee. 1992. The surimi manufacturing process. En : Lanier, T.C. y C. M. Lee (Eds.). *Surimi Technology*. U.S.A. 79-112.

Treviño, B., V. Moreno y M. Morrissey. 1990. Functional properties of sardine surimi related to pH, ionic strength and temperature en : Voigt, M.N. y J.R. Botha (Eds.) *Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability*. 413-422 p.

Tung, M.A. 1991. Comparison of surimi gel strength measurement techniques. 50Th. Annual Conference Tropical And Subtropical Fisheries. Technological Conference of the Americas. In Second Joint Meeting With Atlantic Fisheries Technology Conference. Orlando Florida.

Wasson, D.H. 1992. Fish muscle protease and heat-induced myofibrillar degradation: A Review. *J. of aquatic food product technology*. 1 (2): 23-41.

Yoon, W.B., J.W. Park y B.Y. Kim. 1997. Surimi-starch interactions based on mixture design and regression models. *J. Food Sci.* 62(3): 555-560.

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I. P. N.
DONATIVO