



SURIMI

Cátedras: Proyecto Integrador I y II

Alumna: Soraya Corvalan.

Profesores: Ing. Yolanda Loza, Ing. José M. Molina.

Carrera: Ingeniería Pesquera.

*Universidad Tecnológica Nacional. Unidad Académica Chubut.
Puerto Madryn - Junio 2001-*

1 - Objetivo del trabajo

La elaboración de este proyecto tiene como finalidad el análisis del proceso de elaboración del surimi, y el estudio de la factibilidad económica de la instalación de una línea de producción de surimi dentro de una planta pesquera en funcionamiento.

El fundamento de la elección de este tema de investigación se debe a que no existen estudios previos en la zona relacionados a la aplicación industrial de la tecnología del surimi. Además, el surimi es un producto de particulares características que permite un estudio integrado en lo que respecta a: la tecnología implicada en su elaboración, cambios producidos en las propiedades del músculo de pescado, evaluación y control de calidad, comercialización, y consideraciones económicas implicadas en la industrialización.

Se espera que este trabajo pueda contribuir a la difusión de esta tecnología, que representa una alternativa interesante para la industria pesquera.

2 - Resumen

Surimi es un término japonés aplicado al músculo de pescado desmenuzado, lavado con agua y mezclado con agentes estabilizantes para su buena conservación en estado congelado. Es usado como un producto intermedio de una amplia y diversificada gama de productos análogos de mariscos.

La tecnología del surimi permite utilizar especies marinas de bajo valor comercial, a condición de que éstas presenten buena aptitud gelificante y estabilidad durante el almacenamiento.

El presente trabajo describe la evaluación técnica y económica del proceso de elaboración del surimi.

Summary:

Surimi is a Japanese term for mechanically deboned fish flesh that has been washed with water and mixed with cryoprotectants for a good frozen shelf life. It is used as an intermediate product for a variety of fabricated seafoods, such as crab legs and flakes.

The surimi technology permits one to utilize marine species of low commercial value, on condition that these present a good gel-forming ability and stability during frozen storage.

The present work reports the technical and economic evaluation of the surimi manufacturing process.

3 - Síntesis del proyecto

La tecnología aplicada permite el aprovechamiento de ciertas especies subexplotadas o de bajo valor comercial, siempre y cuando reúnan ciertas características necesarias inherentes al producto deseado.

Existen dos factores importantes en el surimi: 1) la capacidad de formación de gel, que lo hace un producto único en comparación con otros geles, y que le permite con pequeñas variaciones adquirir una gama variada de texturas; y 2) la capacidad de conservación en estado congelado, debida a la acción de los crioprotectores sobre las proteínas.

La versatilidad del surimi para la producción de una gran variedad de productos, ya sea tradicionales japoneses, o análogos de mariscos, presenta interesantes perspectivas desde el punto de vista comercial.

En lo relativo a la evaluación económica del proyecto de la instalación de una línea de surimi en una industria pesquera, se concluye que los factores claves que afectan considerablemente la rentabilidad de la operación de una línea de surimi son: el costo de la materia prima y el precio de venta del producto, siempre que exista disponibilidad de materia prima y estabilidad en las ventas.

Si bien de acuerdo con los resultados obtenidos, el proyecto es económicamente factible, de existir interés en su concreción, es necesario ajustar los datos correspondientes al rendimiento y costos de la materia prima, y realizar un estudio de mercado lo más exacto posible para determinar el precio de venta del producto y sus variaciones. Si tal estudio revela inestabilidad de precios, la instalación de una línea de producción de surimi podría ser una inversión riesgosa.

4 - Introducción

“*Surimi*” es un antiguo término japonés que significa “músculo de pescado picado”, formado durante el proceso elaborador del tradicional producto derivado del *surimi*: “*kamaboko*”. De cualquier modo, el *surimi* es conocido en el presente como un concentrado húmedo de proteínas del músculo de pescado

En realidad, *surimi* es eso, pero más refinado, ya que este producto tradicional japonés constituido por músculo picado, exento de espinas, es lavado varias veces, escurrido hasta la proporción de agua original y la mayoría de las veces pasado a través de un tamiz para eliminar restos de tejido conectivo y otras membranas que lo devaluarían, quedando lo que se puede llamar el material funcional del músculo del pescado.¹

Es necesario distinguir “*surimi*” de “*minced*” (desmenuzado de pescado) y “*productos derivados de surimi*” (“*neriseihin*”). Cuando a la carne de pescado se le retiran las espinas y la piel (usualmente en forma mecánica), es llamado pescado desmenuzado (“*minced fish*”), el cual es el material de partida para la producción de *surimi* y un ingrediente para algunos productos de pescado procesado tales como palitos de pescado, bollitos, etc. Si el pescado desmenuzado es sometido a ciclos de lavado para remover grasa y compuestos hidrosolubles, se convierte en *surimi* fresco. Este *surimi* es un concentrado húmedo de proteínas miofibrilares de pescado, y posee propiedades mejoradas de gelificación, retención de agua, y otras propiedades funcionales relativas al pescado desmenuzado. Sin embargo, las proteínas miofibrilares en el *surimi* perderán sus propiedades funcionales rápidamente una vez congelado el *surimi*.

Cuando el *surimi* fresco es mezclado con aditivos cuya función es principalmente asegurar una buena conservación en estado congelado, y rápidamente es congelado en forma de bloques, se convierte en *surimi congelado*. Las proteínas miofibrilares en el *surimi* congelado retendrán sus propiedades funcionales por muchos meses si el almacenamiento es el adecuado. Debido a la conveniencia en la manipulación y transporte debido a su forma de bloques compactos, unida a su larga vida útil, y calidad uniforme, hacen del *surimi* congelado la forma preferida para el manejo del *surimi*, tal es así que actualmente el término “*surimi*” generalmente se refiere al *surimi* congelado.

Se hacen dos tipos de *surimi* congelado: uno sin sal llamado “*surimi-mu-en*”, el cual se hace mezclando pescado picado lavado con agentes crioprotectores. El “*surimi-ka-en*”, se procesa de la misma forma excepto que además se añade sal al músculo picado.

Además del *surimi* congelado, se produce otro tipo, aunque a escala limitada, llamado “*surimi-nama*” (*surimi* crudo). Este no se congela, para lograr que su funcionalidad sea óptima al tratarse de un producto muy fresco. Las empresas locales de Japón son las principales clientes de este *surimi*, las cuales lo procesan completamente en el día. Además, tiene la ventaja sobre el congelado de que la capacidad de ligar agua es máxima, lo cual beneficia el rendimiento.

El *surimi* no es un alimento en sí mismo, sólo una fase intermedia para la fabricación de una serie de productos denominados genéricamente “*neriseihin*”, siendo el *kamaboko* el producto más representativo del *neriseihin*. El “*kamaboko*” es un gel obtenido por adición de sal al *surimi* ya sea fresco o congelado, y calentamiento a 80-90°C. Aunque la denominación “*kamaboko*” puede aplicarse a la mayoría de los productos “*neriseihin*” con excepción del fiambre y el embutido de pescado (salchichas), se aplica fundamentalmente a un producto elástico, blanco, que se vende en todos los mercados de Japón. Actualmente, lo que más interesa en el mundo occidental es una nueva forma de *kamaboko*: *productos análogos* a otros de alto precio como gambas, vieiras, langostas, patas de cangrejos, etc.¹

Las operaciones de fabricación de *surimi*, descritas en el presente trabajo, ocasionan cambios muy importantes en las propiedades del músculo de pescado picado que afectan a la

composición, a las características organolépticas y al comportamiento durante el almacenamiento en congelación.² Las diferencias más destacadas se indican en la Tabla 1.

La propiedad más importante del surimi es su capacidad para formar geles con una textura muy distinta a la de los geles que forman otras proteínas utilizadas en alimentación. Los geles de surimi difieren también de los formados con otras proteínas en que para que se formen es necesaria la adición de sal, a fin de que la actomiosina sea extraída de las miofibrillas del músculo. Además, los geles de surimi una vez formados son termoestables y pueden volverse a calentar sin que se disgreguen, lo que no ocurre con otros geles, como los de gelatina, que se destruyen con el calor. Tienen alta capacidad de retención de agua, propiedades elásticas acentuadas y casi no tienen sinéresis.²

El aumento de rendimiento, la posibilidad de uso de diferentes especies, la posibilidad de conservación más prolongada, la ausencia de espinas, huesos o escamas, son todos elementos que se conjugan para un menor costo y una creciente aceptabilidad de los productos.

	<i>Músculo de pescado picado (minced)</i>	<i>Surimi</i>
Proteínas totales (%)	17	12-17
Porcentaje de miofibrilares	70-77	≅ 100
Porcentaje de sarcoplasmáticas	20-25	N.C.
Porcentaje de estroma	3	N.C.
Nitrógeno no proteico (%)	1,5-3,0	N.C.
Lípidos (%)	1-30 *	N.C.
Azúcares (%)	≅ 1	8
Polifosfatos (%)	N.C.	0,2
Agua (%)	60-80 *	75-80 **
Apreciación sensorial	Color según la especie: contiene sangre, residuos de peritoneo, algunas escamas, espinas, etc. Olor a pescado.	Pasta blanca, sin estructura y sin olor a pescado.
Comportamiento en estado congelado	Tiende a enranciarse y a modificarse las proteínas. Sigue siendo pescado.	Conservación excelente. Es una materia prima para fabricar nuevos productos.

Tabla 1: Diferencias importantes entre el músculo de pescado picado y el surimi.²
 (Nota: N.C.: no contiene o contiene en cantidades muy bajas; *: según especie y época de captura;
 **: según proceso de fabricación)

5 - Perspectiva histórica

5.1 - Historia de la tecnología del surimi en Japón ³

El estado latente: antes de 1945

Tradicionalmente, el surimi japonés era preparado a partir de pescado fresco e inmediatamente procesado en kamaboko.

La técnica de la elaboración de los productos kamaboko a partir de pescado desmenuzado y lavado, se desarrolla alrededor del 1100 A.C., cuando los pescadores japoneses descubren que pueden mantener por más tiempo el producto si el desmenuzado lavado de pescado es mezclado con sal, luego macerado, y cocinado al vapor. Estrictamente, el nombre kamaboko aparece en un documento en el año 1115. Luego, en 1528, un libro de cocina describe el proceso de elaboración del kamaboko.

La producción de los productos kamaboko comenzó en el siglo diecinueve en pequeña escala usando pescado capturado localmente. No obstante, el actual desarrollo de la moderna industria del kamaboko no se puso en marcha hasta principios del presente siglo cuando el método occidental de pesca arrastrera fue introducido en Japón en 1904.

Como la captura se incrementó con el desarrollo de la pesca por arrastre, hubo un correspondiente incremento en la proporción de pescado cuya calidad comercial sólo era aceptable para su uso como materia prima de los productos kamaboko. Con el crecimiento en el suministro de materia prima, la producción de kamaboko cambió de varios miles de toneladas en los años 1910 a 185.000 toneladas en 1940. Durante aquellos 30 años, las plantas de kamaboko se incrementaron en número pero la capacidad de cada planta permaneció en pequeña escala, como una producción dependiente de una labor familiar manual y de abastecimiento diario de la materia prima. Además, la vida útil de los productos era demasiado breve como para que sea posible una distribución a grandes distancias.

La tecnología de la industrialización del kamaboko era indiscutiblemente un arte, dependiendo de la experiencia manual transmitida de generación en generación. No obstante, varios laboratorios del gobierno, comenzaron a estudiar la tecnología de elaboración. Prototipos de morteros de piedra y separadores de carne que son usados actualmente fueron inventados por H. Ishikawa en 1897 y E. Ikeuchi en 1919, respectivamente. Una variedad de tipos de equipamiento fue inventada e introducida gradualmente en la industria de kamaboko durante este período.

Desarrollo de la industria de salchicha de pescado: 1946-1960

La Segunda Guerra mundial deprimió en gran forma la industria del kamaboko de modo tal que la producción cayó aproximadamente a cero en 1945 (Figura 1, anexo). Recién alrededor de 1952 la producción se sobrepuso como resultado del incremento en la actividad pesquera en aguas circundantes a Japón. El mayor crecimiento de la industria de los productos basados en surimi comenzó en 1953, cuando la salchicha de pescado apareció por primera vez en el mercado. Esta industria se desarrolló muy rápidamente y su producción se incrementó desde 2.000 toneladas en 1954 a 101.000 toneladas en 1960.

El crecimiento de la industria de la salchicha de pescado se atribuye a los siguientes factores: la aceptación del consumidor cuyo poder adquisitivo se incrementó luego de la guerra; aprovisionamiento estable de materia prima consistente en atún congelado, tiburón y carne de ballena; larga vida útil de los productos (más de un mes a temperatura ambiente e incluso durante los meses de verano). El uso de películas sintéticas y el desarrollo de preservantes químicos fueron también la llave para alargar la vida útil de estos productos.

Muchas empresas familiares elaboradoras de salchicha de pescado que empleaban procesos manuales discontinuos fueron poco a poco reemplazadas por grandes compañías pesqueras, las que introdujeron la elaboración automatizada, como así también técnicas de control de calidad en los procesos de elaboración.

La tradicional industria de kamaboko igualmente comenzó a cambiar estructuralmente bajo la influencia del advenimiento de tecnología de la salchicha de pescado. Las plantas de kamaboko crecieron en tamaño y fueron equipadas con nuevos medios de elaboración, de modo tal que las tecnologías de fabricación y preservación desarrolladas en la industria de salchicha de pescado fueron incorporadas en la elaboración de kamaboko. Como resultado, la industria de kamaboko incrementó en producción desde 268.000 toneladas en 1954 a 408.000 ton en 1960.

Las modernas tecnologías del kamaboko y de la salchicha de pescado fueron desarrolladas como resultado de la colaboración entre la industria y varios institutos de investigación. Como resultado de estas investigaciones, fueron establecidos los principios físico-químicos del proceso de elaboración de los productos basados en surimi y su preservación, desarrollando nuevas tecnologías de fabricación y conservación. Uno de los aspectos estudiados se basaba en las condiciones de mantenimiento de la calidad inicial luego de la captura como fundamento para una eficiente utilización del pescado como materia prima, especialmente en el caso del pollack de Alaska (*Theragra chalcogramma*), el cual era objeto de capturas crecientes en aguas circundantes a las Islas Hokkaido.

La evolución de surimi congelado: 1961-1973

Un dramático crecimiento en la industria de los productos basados en surimi comenzó a mediados de la década del 60. La producción total de kamaboko y salchicha de pescado se incrementó desde 509.000 ton en 1960 a un récord de 1.187.000 ton en 1973. Este tremendo crecimiento de la industria fue posible debido al incremento de la provisión estable de materia prima en la forma de surimi congelado.

Antes del desarrollo del surimi congelado, la producción de cada planta de kamaboko era limitada debido a la cantidad restringida de surimi fresco que podía ser producido a partir de pescado fresco entregado diariamente. Los bloques compactos de surimi congelado estaban listos para usar como materia prima, y de este modo, las plantas elaboradoras de productos derivados de surimi evitaban la engorrosa tarea de preparar dicha materia prima con el consecuente problema de deshacerse de los desperdicios.

En 1959, un equipo de investigadores encabezados por K. Nishiya descubrió una singular técnica para estabilizar las proteínas del músculo del surimi durante el almacenamiento congelado. Mediante la extracción por lavado de los componentes hidrosolubles del desmenuzado de pescado y adicionando crioprotectores tal como compuestos de azúcar y polifosfatos, las propiedades funcionales podían ser mantenidas durante la congelación y el almacenamiento en estado congelado.

Aproximadamente en el mismo tiempo, otro tipo de surimi, “surimi adicionado con sal” (“surimi-ka-en”)*, el cual contiene 2% de sal y 10% de azúcar, fue inventado independientemente por T. Ikeuchi y W. Simidu de la Universidad de Kyoto. Los compuestos de azúcar eran los crioprotectores más corrientemente utilizados para los dos tipos de surimi. De todos modos, el surimi adicionado con sal desarrollado por el grupo de Ikeuchi no resultó tan popular como el tipo sin sal (“surimi-mu-en”) desarrollado por el grupo de Nishiya, debido a su inferior tiempo de almacenamiento.

* “Surimi-ka-en”: Surimi congelado que se elabora a partir de músculo desmenuzado de pescado, el cual es lavado, y se le agregan agentes crioprotectores y sal.

Para estabilizar las proteínas del músculo en el surimi congelado, el grupo Nishiya usaba inicialmente un 5% de glucosa. La glucosa luego fue reemplazada por sacarosa y sorbitol, en vista de que la glucosa causaba una coloración parduzca en los productos finales basados en surimi, debido a la reacción de Maillard (entre grupos carbonilo del azúcar reductor y los grupos amina de las proteínas). Solucionado este problema, el nivel de azúcares fue subsecuentemente incrementado al 8-10% para dar mayor estabilidad a las proteínas en el surimi congelado. El efecto crioprotector de los azúcares era también manifestado por otros componentes, tales como sales de glutamato y citrato, aunque estos compuestos no tuvieron aplicación en la producción comercial de surimi congelado.

Basadas en la patente de Nishiya, una industria de surimi congelado sustentada en el pollock de Alaska comenzó en 1960 con cuatro pequeñas plantas en Hokkaido (Figura 2, anexo). La industria de la salchicha de pescado, en vista de la engorrosa escasez de materia prima, fue la primera en aceptar el surimi congelado como materia prima, a la vez de que la calidad aún no era demasiado buena para la mayoría de los tipos de kamaboko. A medida de que la calidad fue perfeccionada, la tradicional industria del kamaboko fue gradualmente aceptando el surimi congelado como materia prima.

A partir de la pesca con barcos arrastreros en aguas distantes, fuera de la Península de Kamchatka en 1966, la producción de surimi congelado por plantas ubicadas en la costa se incrementó marcadamente y ascendió a 205.000 ton en 1973. La producción de surimi congelado a bordo comenzó con dos flotas de buques arrastreros establecidas en 1965 en el Mar de Bering. Las grandes compañías pesqueras tenían ya barcos factorías en el Mar de Bering elaborando desmenuzado de pescado, y estaban enterados de la presencia del enorme recurso del pollock de Alaska en dicha área. La excelente vida útil en estado congelado del surimi y el ahorro en espacio de almacenamiento de las pastillas congeladas (comparado con el pescado entero o filetes) permitió a los barcos factorías elaborar surimi en aguas alejadas de Japón. También lograron una técnica de lavado del desmenuzado de carne con una menor cantidad de agua que la que era normalmente usada en las plantas en tierra. La introducción de una variedad de nuevas y mejorados tipos de equipamiento y maquinaria elevó la productividad y a su vez, estabilizó la calidad del surimi congelado. Luego, tres flotas de buques nodriza y alrededor de 20 arrastreros factorías se ocuparon en la producción de surimi. La producción inicial de 8.000 toneladas de surimi congelado de barcos factorías en 1965 se incrementó a un tope de 218.000 toneladas en 1973.

Alrededor de la mitad del abastecimiento de surimi japonés congelado era procesado en barcos factorías, y el resto en plantas en tierra. Sin embargo, la calidad del producto a bordo era generalmente superior, puesto que estas plantas procesaban el pescado el mismo día de la captura, mientras que las plantas en tierra tenían acceso al pescado recién entre 1 a 5 días luego de la captura.

Por otro lado, en la elaboración de surimi congelado, las etapas iniciales son idénticas a las correspondientes de la preparación del kamaboko tradicional: descabezado, eviscerado, separación de la carne de espinas y piel, lavado, drenado, y refinado del desmenuzado de pescado (Figura 3, anexo). La diferencia radica en la escala de producción. Una planta típica en tierra tiene una capacidad de producción de 10 a 20 toneladas de surimi congelado por día, mientras que las plantas tradicionales de kamaboko pueden procesar a lo sumo 10 toneladas de pescado diariamente. En resumen, la capacidad de producción es mayor y más mecanizada que en una de kamaboko. El equipamiento y la maquinaria para la producción de surimi ha sido desarrollada a partir de perfeccionamientos en la maquinaria de procesamiento. Esto incluye equipos tales como lavadoras de pescado, varios tipos de separadores de carne de grandes capacidades, tanques de lavado, cribas rotativas, refinadoras, prensas de tornillo, y decantadores. La introducción de las cribas rotativas en el drenado, incrementa la eficiencia del lavado y extracción de componentes solubles no deseados. La prensa de tornillo tomó el

lugar de la centrifugadora de tipo canasta (la cual operaba de forma discontinua), realizando así una operación de prensado continua y eficiente. La refinadora reemplazó en la mayoría de los casos al “strainer” (filtro tipo tambor colador) en la homogeneización y remoción de trozos de piel, espinas y restos de tejido conectivo de la pulpa lavada. La refinadora opera sobre dicha pulpa con alto contenido de agua, generando por lo tanto poca elevación de temperatura del desmenuzado, mientras que el “strainer” actúa sobre la pulpa ya prensada, incurriendo en importantes gradientes de temperatura con la consecuente desnaturalización de las proteínas. La decantadora centrífuga recupera eficientemente las finas partículas de músculo suspendidas en el agua efluente.

Crecimiento de la industria del kamaboko

Un abundante abastecimiento de materia prima en forma de surimi congelado y el rápido crecimiento de la economía nacional japonesa estimuló la actividad de la industria del kamaboko. En 1973, la industria de los productos derivados del surimi produjo 1.187.000 toneladas de estos productos, incluyendo 179.000 toneladas de salchicha de pescado. La introducción del surimi congelado cambió claramente la industria de productos derivados del surimi. Las plantas de kamaboko ahora estaban libres de la engorrosa tarea de preparar la materia prima (surimi) y del problema de la disposición de los desechos, resultando en un considerable ahorro de tiempo y dinero. De este modo, las plantas de productos derivados de surimi crecieron en tamaño y cambiaron los sistemas de procesamiento para acomodarse al nuevo material. (Figura 4, anexo)

Inicialmente, la descongelación del surimi para la elaboración de kamaboko era mayormente realizada mediante la exposición del surimi a temperatura ambiente por largos periodos de tiempo. Luego, se utilizó la aplicación de microondas de alta frecuencia para un deshielo de corta duración. Sin embargo, este equipamiento era costoso tanto en lo que respecta a su valor de adquisición, como a su mantenimiento. Por lo tanto, las modernas plantas optaron generalmente por descongelar el surimi en salas templadas con aire acondicionado, o mediante intercambiadores de placas, en los cuales el surimi era colocado en estantes en los cuales circulaba agua caliente.

El mortero de piedra para la preparación de la pasta de surimi era simbólico del proceso tradicional del kamaboko. De cualquier modo, este mortero fue reemplazado por la “*silent cutter*” a causa de la menor eficiencia del primero. Cuando se usa surimi fresco, la silent cutter genera un considerable aumento de calor, lo que se traduce en un marcado decremento de las propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares. Por esta razón, las plantas tradicionales de kamaboko no instalaban estas máquinas. No obstante, las bajas temperaturas del surimi congelado superaban estos problemas de generación de calor. La eficiencia de la “*silent cutter*” fue incrementada al perfeccionarse su diseño, y de este modo, fue adoptada en las plantas de productos derivados del surimi.

Un gran número de descubrimientos fundamentales resultaron a partir de estudios científicos durante este período, los cuales perfeccionaron los conocimientos del proceso.

Impactos negativos en la industria del surimi: 1974 al presente

La industria de los productos derivados del surimi mantuvo un nivel de producción de alrededor de un millón de toneladas entre 1969 y la mitad de los años 1970. Sin embargo, la producción comenzó a declinar en 1974 y tuvo un retroceso a 911.000 toneladas en 1980. Esta declinación fue atribuida a un incremento en el costo de la materia prima y a un cambio en la reacción de los consumidores de estos productos.

Durante el período entre 1974 hasta el presente, el precio del surimi congelado ha sido aproximadamente duplicado como resultado de diversos factores. El primero de estos fue la ley de contaminación de agua de 1970, la cual imponía fuertes restricciones sobre los

efluentes emitidos por las plantas en tierra. La crisis del petróleo de 1974 también tuvo un tremendo impacto sobre la industria surimera: tanto la operación de pesca como la producción de surimi se volvió costosa.

Otro impacto negativo para Japón fue el incremento de regulaciones de captura de parte de las naciones que controlaban el recurso pollock. La presión de la sobrepesca durante la primera mitad de los años 1970 disminuyó las reservas del Alaska pollock. Las regulaciones de captura se iniciaron en el Mar de Bering en 1974, además, el establecimiento de las 200 millas como zona económica exclusiva por la Unión Soviética y los Estados Unidos en 1977 restringieron aún más la captura japonesa del Alaska pollock.

Adicionalmente, la recesión mundial causada por la crisis del petróleo afectó la economía de Japón. De todos modos, la recesión no era la única razón para que el mercado japonés disminuyera el consumo de productos basados en el surimi. El interés por la seguridad de los alimentos fue incrementándose, y una serie de prohibiciones de aditivos alimentarios usados en estos productos disminuyeron la confianza de los consumidores. Estos aditivos incluían los compuestos de nitrofurano y peróxido de hidrógeno como conservantes, y bromato de potasio usado para mejorar la resistencia del gel. Para compensar los factores negativos mencionados anteriormente, se realizaron grandes esfuerzos dirigidos al desarrollo de nuevos productos, nuevas tecnologías de tratamiento de aguas desechadas, utilización de otras especies, y métodos de conservación de los productos derivados del surimi.

5.2 - Desarrollo de la tecnología del surimi en los Estados Unidos ⁴

En enero de 1985, la primera descarga de pollock de Alaska fue desembarcada en Kodiak, Alaska, con el propósito de hacer surimi. En 1989, los Estados Unidos produjeron más del 20% del total mundial de surimi. Detrás de estos números, existe una notable historia de transferencia de tecnología y desarrollo industrial, en el cual Japón y los Estados Unidos desempeñaron roles fuera de lo normal; los industriales americanos adoptaron una tecnología japonesa y, luego de unos pocos años, llegaron a convertirse en lo suficientemente competitivos como para vender sus productos en Japón.

Existen aproximadamente sólo treinta compañías productoras de surimi o alimentos basados en surimi en los Estados Unidos. Esta pequeña industria, sin embargo ha tenido un tremendo impacto en todos los niveles del negocio de alimentos marinos, y además, ha mejorado la estabilidad económica de las empresas pesqueras del Pacífico Noreste.

Los comienzos de la industria surimera se remontan por lo menos a los años 1940, cuando varios grupos familiares ya realizaban kamaboko en Hawaii y California. Sus productos eran similares a los tradicionales de Japón, sin embargo, el desarrollo de la industria como es conocida actualmente fue catalizada por la introducción de análogos de mariscos, y en especial de imitaciones de cangrejo provenientes de Japón al mercado americano iniciada en 1976. Estos productos nacieron para el consumidor japonés, pero rápidamente se extendieron hacia el mundo occidental

Poco a poco, los sucedáneos de surimi comenzaron a ser el centro de la atención de los consumidores, y paralelamente, de varias compañías. En junio de 1978 se elaboró por primera vez surimi americano, en una cooperativa empresarial entre Deep Sea Foods y Nichibeï Fisheries. La planta piloto en Alabama no sobrevivió comercialmente a causa de la irregularidad en el suministro de materia prima. Sin embargo, fue capaz de guiar importantes proyectos aplicados en los principios de los años 1980, y operó suficiente tiempo como para comprobar la factibilidad de la operación. A partir de la importación en 1980 de productos símil cangrejo provenientes de Japón, comenzó el explosivo crecimiento de la demanda por dichos productos en Estados Unidos.

A medida que se ampliaba el mercado potencial de las imitaciones de cangrejo basadas en surimi, la caída en las capturas de cangrejo en el Mar de Bering y la necesidad de un producto sustituto, produjeron un efecto catalítico.

Desde 1979 a 1983, el volumen de exportación se dobló cada año, de forma que en 1983 las exportaciones totalizaron 18.828 Ton, destinándose el 73% para el mercado estadounidense. En 1984 se exportaron 32.462 Ton de análogos de músculo de cangrejo, de las cuales el 83% fue absorbido por el mismo mercado.

Entre 1980 y 1985, el consumo en Estados Unidos de imitaciones de cangrejo creció en una proporción de más del 70% cada año. De hecho, en 1984 los americanos estaban consumiendo más de los productos simulados que de cangrejo natural. La fabricación de derivados del surimi pasó desde 420 Ton en 1979 a más de 40.000 en 1985.

En 1983, a partir del establecimiento de Yamaha Enterprises de Los Angeles (compañía elaboradora del kamaboko tradicional), el número de plantas creció rápidamente, hasta 15 en 1986. Dicho año marcó la primera declinación en las importaciones de imitaciones de cangrejo provenientes de Japón. A su vez, 1987 fue el primer año de producción americana de surimi en el mar, a bordo de arrastreros factorías, y el primer año en que la producción en Estados Unidos fue suficiente como para abastecer la mayoría de las necesidades de procesadores americanos de productos derivados.

El crecimiento de la industria surimera americana fue paralelo a la expansión de la flota destinada exclusivamente a dicha actividad. El número de plantas elaboradoras de imitaciones de cangrejo no cambió demasiado desde 1986, sin embargo, éstas duplicaron o triplicaron su capacidad de producción, acompañado por una expansión de las líneas de producción, adelantos en tecnología, y sobre todo automatización en los procesos.

6 - Aspectos bioquímicos

6.1 - Anatomía del músculo de los peces y composición proteica

La anatomía del músculo del pez difiere de la anatomía de los animales terrestres, en lo que respecta al sistema tendinoso (tejido conectivo) que conecta los paquetes musculares al esqueleto del animal.

Los peces tienen células musculares que corren en paralelo, separadas perpendicularmente por tabiques formados por delgadas membranas de tejido conectivo (miocomata o miosepto), ancladas al esqueleto y a la piel. Los segmentos musculares situados entre estos tabiques de tejido conectivo se denominan miotomas o miómeros.⁶

Todas las células musculares extienden su longitud total entre dos miocomatas, y corren paralelamente en el sentido longitudinal del pez. La masa muscular a cada lado del pez forma el filete. La parte superior del filete se denomina músculo dorsal y la parte inferior músculo ventral.

Los miocomatas o mioseptos corren en forma oblicua, formando un patrón de surcos perpendiculares al eje longitudinal del pez, desde la piel hasta la espina. Esta anatomía está idealmente adaptada para permitir la flexibilidad del músculo en los movimientos necesarios para propulsar el pez a través del agua.

El grosor de los mioseptos depende de la especie, edad, longitud de los peces y estado de carnes de éstos. El número de miotomos se corresponde con el de vértebras de la columna vertebral.

Los músculos de los peces están constituidos por varios grupos de proteínas:

- a) *Proteínas miofibrilares* o estructurales (actina, miosina, actomiosina, y proteínas reguladoras tales como: tropomiosina, troponina y actinina), que constituyen el 70-80%

del contenido total de proteínas. Estas proteínas son solubles en soluciones salinas neutras de alta fuerza iónica. Conforman el aparato contráctil responsable de los movimientos musculares.⁵⁻⁶

- b) *Proteínas sarcoplasmáticas* (mioalbúmina, globulina, y enzimas), que desempeñan las funciones bioquímicas en las células, siendo solubles en soluciones salinas neutras de baja fuerza iónica. La co-coagulación de la fracción hidrosoluble de la proteína sarcoplasmática y de las miofibrilares, impide que estas últimas formen un entramado firme y cohesionado. Esta fracción localizada en el plasma celular, constituye el 25-30% del total de proteínas. Los peces pelágicos, cuyos músculos son más oscuros que los de los fondos, contienen más cantidad de proteína sarcoplasmática coagulable que los peces demersales. Esta es una de las razones por las que es preferible elaborar los desmenuzados a partir de pescado blanco, asegurando así una mayor elasticidad.⁵⁻⁷⁻⁸
- c) *Proteínas del tejido conectivo* (colágeno), que constituyen aproximadamente el 3% del total de las proteínas en teleósteos y cerca del 10% en elasmobranquios. Son responsables principalmente de la integridad de los músculos.⁵

Proteínas miofibrilares:

Cada fibra muscular que compone cada miotomo está rodeada por una membrana llamada sarcolema. La mayor parte del volumen celular está ocupado por un manojo de *miofibrillas* que discurren en paralelo al eje longitudinal de la fibra. Cada miofibrilla está dividida por un disco Z (línea Z). La zona entre dos discos Z se llama sarcómero y se considera la unidad morfológica de la miofibrilla. Si se presenta de forma más detallada la estructura de la miofibrilla (Figura 5, anexo), se observan dos miofilamentos de distinto espesor. El principal componente de los filamentos gruesos es *miosina* y el de los filamentos delgados es la *actina*, apareciendo zonas alternas de franjas claras y oscuras por la distribución de estos filamentos.⁶

Por ser las proteínas miofibrilares solubles en sal, el triturado del pescado sin añadir cloruro sódico respeta la estructura miofibrilar. Si la carne de pescado se desmenuza en presencia de sal, se aprecia la desintegración de la estructura miofibrilar y la formación de un entramado de actomiosina (resultado de la unión de la actina con la miosina).⁷

Las *proteínas miofibrilares* participan en la rigidez que experimentan los músculos post mortem (rigor mortis). Cambios que acontecen en estas proteínas llevan más tarde a la resolución de la rigidez cadavérica, mientras que en el curso de los almacenamientos de larga duración en congelación pueden originar el endurecimiento de la carne. Las proteínas miofibrilares también son responsables de la capacidad del pescado para retener agua, de la textura peculiar de los productos pesqueros, así como de las propiedades organolépticas y la capacidad formadora de gel. Es así que la formación de un entramado de proteína miofibrilar es responsable de las propiedades funcionales del surimi. Es esta estructura de gel la que origina la elasticidad y consistencia textural de los productos.⁷

Estudios realizados por Tokiwa y Matsumiya reportan que las miofibrillas aisladas de músculo de pescado conservado durante un tiempo, muestran una disminución del número de sarcómeros, que está relacionado con la duración del período de congelación. En otras palabras, inmediatamente después de la muerte las miofibrillas son largas en su mayoría, mientras que a medida que pasa el tiempo de conservación, se va incrementando el número de fragmentos cortos de las miofibrillas. Este fenómeno se atribuye a la desintegración post-mortem de la línea Z, causada por una proteasa del músculo del pescado. Esta proteasa que es responsable de la desintegración de la línea Z se denomina “factor proteína sarcoplasmática activada por Ca^{2+} ”.⁶

La velocidad y el grado de fragmentación de las miofibrillas dependen de la especie de pescado y de las condiciones de conservación del músculo. De allí que la calidad del pescado congelado puede estimarse por medio del “método de fragilidad celular”, examinando microscópicamente las miofibrillas.⁶

Analizando las miofibrillas aisladas, se observó que la actividad ATPásica (adenín-trifosfatasa) y la estabilidad de las proteínas miofibrilares variaban dependiendo de la especie de pescado y la duración del tiempo de conservación.⁶

Miosina:

Se mencionó que las miofibrillas constan de dos tipos de miofilamentos (filamentos gruesos y filamentos delgados). La miosina es la proteína que forma los filamentos gruesos.⁸

La miosina se puede extraer del músculo con una solución salina de fuerza iónica 0,45-0,60 de pH ligeramente alcalino. Si se realiza la extracción rápidamente, se obtiene miosina bruta denominada miosina A. Si se alarga el período de extracción se obtienen preparados de actomiosina y se impide el aislamiento de miosina pura.⁶

La miosina contiene dos cadenas polipeptídicas idénticas, dotadas de un alto contenido de estructura alfa helicoidal. Las dos cadenas están enrolladas una sobre la otra, formando una superhélice, tal como se ilustra en la Figura 6 en el anexo. La molécula tiene dos cabezas globulares que son responsables de su actividad enzimática (ATPasa) y de su capacidad para interaccionar con la actina. Asociadas con cada cabeza globular existen dos “cabezas ligeras”, de modo que con cada molécula de miosina se asocian cuatro cadenas ligeras. Las cadenas ligeras son de dos clases químicamente diferentes.⁸

Cuando se digiere la miosina con enzimas proteolíticas como quimotripsina, durante un período corto, la miosina se divide en dos componentes, uno de sedimentación rápida, llamado meromiosina pesada o H-meromiosina (HMM), y otro de sedimentación lenta llamado meromiosina ligera o l-meromiosina (LMM). Cuando la HMM se trata con tripsina, quimotripsina o papaína se divide en dos partes: cabeza (S₁) y cuello (S₂). La HMM tiene actividad ATPásica y capacidad de unirse con la actina, mientras que la LMM no tiene ninguna función biológica. La estabilidad al calor de la ATPasa de HMM coincide con la de la ATPasa de la miosina, considerándose entonces que la estructura inestable de la miosina de pescado reside en el fragmento S₁ de la HMM.⁶

La *actividad ATPásica* de la miosina está muy influenciada por la presencia de iones K⁺, Mg²⁺, y Ca²⁺. En soluciones de KCl, la ATPasa de la miosina se inactiva en presencia de Mg²⁺ y se activa con Ca²⁺.⁶

Actina:

La actina es la proteína más importante de los filamentos delgados, y constituye el 15-30% de las proteínas miofibrilares del músculo.⁸

Para la extracción de la actina, el músculo picado se lava con una solución de bicarbonato sódico al 4%, se centrifuga y el precipitado se mezcla con acetona fría para obtener el polvo desecado con acetona. Cuando la G-actina (forma globular de la actina) se mezcla con sales neutras y se polimeriza, pasa a F-actina (forma fibrosa). La miosina se puede extraer del músculo con una solución salina de fuerza iónica 0,45-0,60 de pH ligeramente alcalino. Si se realiza la extracción rápidamente, se obtiene miosina bruta denominada miosina A. Si se alarga el período de extracción se obtienen preparados de actomiosina y se impide el aislamiento de miosina pura.⁶

Tropomiosina y troponina:

Estas proteínas regulan la contracción muscular. Desde el punto de vista de la bioquímica muscular son muy importantes, sin embargo su contenido en el músculo es muy bajo y no tienen un papel significativo desde el punto de vista del procesado del pescado. ⁶

Actomiosina: ⁶

La actina y la miosina se extraen fácilmente del músculo de pescado con soluciones salinas, formando actomiosina en solución.

El método empleado es el siguiente: el músculo de pescado se corta en trozos y se mezcla durante unos minutos en una homogeneizadora provista de una cubierta que impida o disminuya la formación de espuma, a una temperatura aproximada de 5°C. La solución obtenida se diluye con agua destilada hasta alcanzar una fuerza iónica de 0,05, originando la precipitación de la actomiosina.

La actomiosina obtenida por este método contiene actina, miosina, tropomiosina y troponina, y se denomina actomiosina natural. Las características de la actomiosina son similares a las de la miosina, con acción enzimática que degrada el ATP (adenín-trifosfato) a ADP (adenín-difosfato) y Pi (fósforo inorgánico). La solución de actomiosina tiene una viscosidad alta y birrefringencia de flujo, disminuyendo la viscosidad y desapareciendo la birrefringencia de flujo cuando se añade ATP.

Cuando se suspende la actomiosina en una solución de cloruro sódico y se añade ATP, la actomiosina que formaba un gel blando y limpio, se convierte en un depósito compacto. A este fenómeno se denomina “superprecipitación”, siendo muy útil para distinguir la actomiosina de la miosina.

La actividad Mg^{2+} ATPásica de la actomiosina es marcadamente superior a la de la miosina, mientras que la actividad Ca^{2+} ATPásica de la actomiosina es igual a la de la miosina, ya que la actina no tiene influencia en ella.

6.2 - Métodos de medida de la desnaturalización por congelación ⁶

Hay muchos métodos para medir la desnaturalización de las proteínas de pescado durante el almacenamiento en congelación:

a) *Solubilidad de las proteínas miofibrilares:*

Para saber de una forma indicativa si la proteína miofibrilar está o no desnaturalizada, un método que se usa comúnmente es medir la cantidad de proteína miofibrilar extraída del músculo con soluciones salinas de fuerza iónica 0,45-0,60. Se aprecia claramente que un pH bajo y una temperatura alta originan la desnaturalización de la proteína, lo que conduce a un descenso de extractabilidad y una menor solubilidad de la proteína miofibrilar.

b) *Viscosidad:*

En el músculo de pescado conservado por congelación la viscosidad de la actomiosina aislada o de la fracción soluble en soluciones salinas, disminuye al aumentar el período de conservación.

c) *Actividad ATPásica:*

La actividad ATPásica de la actomiosina de pescado disminuye al aumentar el período de conservación en congelación. Esto se debe al descenso de actividad de la ATPasa de la miosina. La actividad ATPásica se mide en $\mu\text{mol Pi} / \text{min} / \text{mg proteína}$ (micromoles de fósforo inorgánico por minuto por miligramos de proteína).

d) *Microscopía electrónica:*

Los estudios realizados en proteínas de pescado demuestran claramente que la actomiosina se agrega durante la conservación del músculo de pescado por congelación.

6.3 - Aspectos bioquímicos de la formación de gel ⁸

Las características más peculiares de los *productos derivados del surimi* se deben a las proteínas del músculo y a los tratamientos especiales necesarios para mejorar sus propiedades emulsionantes, capacidad de retención de agua y propiedades texturales.

La primera etapa consiste típicamente en el picado del tejido muscular en presencia de sal, que solubiliza parcialmente las proteínas miofibrilares y así se obtiene un sol espeso o pasta. A continuación sigue un proceso de calentamiento que estabiliza la red estructural de proteínas de naturaleza gelatinosa. Esta red proteica con toda probabilidad está estabilizada por interacciones hidrógeno e hidrofóbicas e impone una ordenación estructural extensa del agua que contiene. La emulsificación de los lípidos muy probablemente resulta de la interacción de lípidos y proteínas mediante asociaciones hidrófobas; el número de grupos hidrófobos de la proteína aumenta a medida que ésta se desnaturaliza durante el tratamiento térmico. A lo largo del proceso de mezclado las proteínas del músculo recubren la superficie de cada gota de grasa a medida que éstas se forman. La emulsión se estabiliza todavía más cuando las proteínas gelifican durante el calentamiento. La miosina es la proteína más importante para estabilizar la emulsión.

Las propiedades específicas de cualquier producto formado dependen de la especie de la que procede el músculo y en particular del músculo utilizado además de otras variables del procesado tales como la velocidad e intensidad del calentamiento y el estado bioquímico del músculo post-mortem. La concentración de sal y el pH influyen de modo notable las propiedades del gel de proteína.

La miosina es el componente más importante del tejido muscular con relación a la capacidad de formar geles. La actina participa en este proceso mediante la formación de F-actomiosina que a su vez interacciona con la miosina libre. La F-actomiosina actúa como enlace cruzado entre las porciones de cola de la actina ligada y las moléculas de miosina libres, confiriendo fuerza al gel.

En la gelificación del músculo picado inducida por el calor las porciones de cabeza y cola de la molécula de miosina juegan papeles diferentes. La porción de cabeza de la molécula de miosina experimenta la agregación irreversible en la que interviene la oxidación de los grupos SH. Esta agregación contribuye a la formación de la red proteica tridimensional del gel. La porción de cola de la molécula de miosina sufre una transición irreversible hélice-arrollamiento durante el proceso de calentamiento y después participa en la formación de la red tridimensional. La formación del gel proteico ocurre mediante desnaturalización de la proteína bajo condiciones estrictamente definidas. Sin embargo, la desnaturalización de las proteínas del músculo, especialmente la miosina, bajo otras condiciones, como por pH bajo, desnaturalización por congelación o deshidratación produce una estructura de gel débil.

En resumen, la formación de las redes proteicas que constituyen los geles, se considera el resultado de un balance entre las interacciones proteína-proteína y proteína-disolvente (agua), y entre las fuerzas atractivas y repulsivas entre cadenas polipeptídicas adyacentes.

Entre las *fuerzas atractivas* implicadas se encuentran las interacciones hidrofóbicas (potenciadas por las temperaturas elevadas) y electrostáticas (como los puentes Ca^{2+} y otros cationes divalentes), los puentes de hidrógeno (potenciados por el enfriamiento), y los enlaces disulfuro. Su contribución relativa depende de la naturaleza de la proteína, de las condiciones ambientales y de la etapa del proceso de gelificación. En cuanto a las *fuerzas repulsivas*, las repulsiones electrostáticas (especialmente a valores de pH alejados del punto isoeléctrico) y las interacciones proteína-agua tienden a mantener separadas las cadenas polipeptídicas. Las elevadas concentraciones de proteína facilitan la atracción intermolecular (de las proteínas) y la gelificación, porque incrementan los contactos intermoleculares.

7 - Proceso de elaboración de surimi

7.1 - Introducción

Desde que la producción de surimi congelado comenzó en Japón en 1960, nuevas técnicas y maquinaria han sido desarrolladas.

Actualmente, la producción de surimi a bordo se encuentra más difundida debido, fundamentalmente a la diferencia en calidad con respecto al surimi producido en plantas en tierra. La mayoría de éstas, se han ido especializando en la elaboración de productos derivados de surimi.

En la Figura 7, se presenta la distribución de equipamiento en una planta de surimi en tierra. Un proceso muy similar, vinculando las mismas unidades de operación con sólo pequeñas adaptaciones, se utiliza en plantas en tierra en Japón, Islas Aleutianas (Alaska) y Tailandia.¹⁵

7.2 - Procedencia de la materia prima

La capacidad formadora de gel de las proteínas musculares del pescado varía de una a otra especie. En consecuencia, los pescados utilizados para la fabricación de surimi son aquellos cuyas proteínas tienen mayor capacidad de formación de gel y que ofrecen más disponibilidad de captura. A su vez, en una especie determinada, la temporada en que se realice la captura y las condiciones en que ésta se manipule influyen sobre la calidad del surimi y de los productos terminados.

Los más utilizados en Japón son: pollack de Alaska (*Theragra chalcogramma*), merluza del Pacífico (*Merluccius productus*), corbina (*Argyrosomus argentatus*, *Nibea mitsukurii*), pez lagarto (*Saurida undosquamis*), pez sable (*Trichiurus lepturus*), morena del Japón (*Muraenesox cinereus*) (ver Figura 8, anexo), pez roncadador, jurel (*Trachurus trachurus*), y diversos tipos de tiburones, anguilas y platijas.⁶

Los esfuerzos conjuntos de diferentes expertos en la prevención de la desnaturalización por congelación de distintas especies de pescado de menor valor comercial, mejorando métodos de captura, manipulación, procesamiento, diseño de maquinaria, creación de nuevas presentaciones y comercialización, han hecho actualmente del pescado subexplotado la más valiosa materia prima para la industria del surimi.

Hoy día se destinan más de 60 especies de pescado a la preparación de surimi. Sin embargo, sólo el pollock de Alaska (abadejo de Alaska) constituye del 40 al 50% de la materia prima empleada en la elaboración de surimi en tierra y del 50 al 55% del surimi procesado a bordo de los buques factoría.⁷ Antes de la producción de surimi a niveles industriales, el abadejo de Alaska se pescaba sólo por el valor de sus huevas y para la producción de harina y aceite de pescado. Se congelaban volúmenes pequeños debido a la rápida pérdida de calidad de su carne luego de 1 o 2 meses de almacenamiento en cámaras.

Especies costeras como pescadilla y corbinas representan sólo un 5% del total de surimi producido.

A continuación se relacionan otras especies de pescado de las costas argentinas, del Perú y Chile cuya explotación para elaborar surimi es factible porque son aptas para formar geles de resistencia superior a 400 g.cm.*¹⁻⁶

* La resistencia del gel se calcula en un ensayo en el cual la muestra es sometida a cierta presión, obteniéndose curvas de fuerza versus deformación. La resistencia (también llamada “fuerza del ashi”) se calcula como el producto de la carga aplicada (gr.) y el grado de deformación (cm).

<i>Especie</i>	<i>A.E. (%)</i>	<i>R.G.(g.cm)</i>
Merluza común (<i>Merluccius hubbsi</i>)	19,6 / 18,4	835 / 910
Merluza austral (<i>Merluccius australis</i>)	22,8 / 16,1	605 / 765
Polaca (<i>Micromesistius australis</i>)	23,0 / 20,7	505 / 580
<i>Pinguipes sp.</i>	29,9 / 24,9	399 / 448
Merluza de cola (<i>Macruronus magellanicus</i>)	16,5 / 14,2	648 / 1120
Merluza negra (<i>Dissostichus eliginoides</i>)	32,9 / 24,6	212 / 306
Abadejo (<i>Genypterus blacodes</i>)	34,0 / 21,8	212 / 380
Bacalao criollo (<i>Salicota australis</i>)	26,2 / 24,6	386 / 535
<i>Coryphaenoides holotrachys</i>	34,0 / 31,9	386 / 328
Barracouta (<i>Thyrstites atun</i>)	-	100 / 93
Merluza (<i>Merluccius gayi</i>)	28,0 / 20,8	1090 / 1540
Cabrilla (<i>Paralabrax callaensis</i>)	25,0 / 22,1	653 / 978
Palometa (<i>Brama raii</i>)	25,8 / 19,6	850 / 1240
Tilapia (<i>Tilapia nilotica</i>)	-	500
Caballa (varias especies)	-	400
Sardina (varias especies)	-	900
Jurel (<i>Trachurus trachurus</i>)	-	500

Tabla 2: Propiedades del gel de surimi preparado a partir de distintas especies ¹⁻⁶
 (AE: Agua Extraída por presión ; RG: resistencia del gel; en ambos, el primer valor es el correspondiente a una muestra sin almidón de papas, y el segundo valor con almidón de papas al 3%)

El rendimiento varía según la especie utilizada. En el caso del abadejo de Alaska, de cada 100 ton de pescado se obtienen 30 de músculo picado que, tras el lavado se reducen a 20 Ton, las cuales suministran 22 ton de surimi. Las restantes especies de gádidos dan un rendimiento similar. ¹

En la tabla 2, si se observan los valores encontrados para las especies de las costas argentinas, pueden distinguirse tres grupos: merluza común (*Merluccius hubbsi*), merluza austral (*Merluccius australis*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y *Pinguipes spp.*, que forman un grupo de calidad superior; *Genypterus blacodes* y polaca (*Micromesistius australis*) que forman un grupos intermedio y *Thyrstites atun*, *Salicota australis* y *Coryphaenoides holotrachys* que forman un grupo de mala calidad. ⁶

En la práctica, en el litoral argentino se utilizan la polaca (*Micromesistius australis*) y merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). La primera de las especies, tiene en términos nominales mejor rendimiento toneladas de surimi versus toneladas de captura con un porcentaje que oscila entre el 18% y el 25% dependiendo del estadio en que se encuentre el pescado y el tipo de máquinas empleadas a bordo para el procesado de la captura. Las capturas máximas de polaca se dan en otoño e invierno. ¹⁰

7.3 - Captura y manipulación del pescado

El pescado experimenta cambios estacionales y también después de la captura. Las variaciones de esta materia prima pueden ser muy pronunciadas. Sin embargo, hace falta una

calidad continuada de la misma para obtener productos de buena calidad. La frescura del pescado es el principal factor a controlar en la elaboración de surimi.

La frescura va disminuyendo a medida que transcurre el tiempo después de la captura. Como consecuencia, también decrece la consistencia de los geles de la materia prima debido a la disminución de la actomiosina de extracción, aumentando a su vez el pH del músculo de pescado.⁷ Por lo general, se obtienen productos de buena calidad si el pescado se procesa en los dos días siguientes a su captura, suponiendo que el pescado haya sido almacenado adecuadamente en ambiente refrigerado.

Los buques factoría generalmente procesan al pescado antes de las 24 horas postcaptura, consecuentemente, son capaces de producir un surimi de mejor calidad que las plantas en tierra, las que elaboran el pescado luego de varios días luego de la captura. El surimi de mejor calidad se elabora a bordo de barcos factorías a partir de pescado fresco, y recibe la denominación de grado SA. Si se procesa después de un día en hielo, se le asigna el grado 1. Es de grado 2 y 3 cuando se procesa, respectivamente, a los 1 a 3 días o 3 a 4 días de la captura.¹

En zonas de pesca tales como el mar de Bering, donde las temperaturas son muy bajas, usualmente no es necesario refrigerar la captura si el procesamiento es llevado a cabo en un corto período. Sin embargo, cuando la temperatura ambiente es cercana a 10°C, entonces el almacenamiento a bajas temperaturas resulta necesario, particularmente si el procesamiento es realizado luego de las 24 horas postcaptura. En los barcos factorías, en los cuales su autonomía les permite moverse libremente en el área de pesca, la tasa de captura debe ser constantemente ajustada de acuerdo a la capacidad de procesamiento de la planta a bordo, procesando el pescado dentro de las 12 horas de capturado, asegurando así la frescura de la materia prima.⁹

En los casos en los que la materia prima debe ser almacenada por un período extendido de tiempo, el pescado debe ser mantenido a temperaturas menores de 5°C. El agua de mar refrigerada (AMR) ha resultado un buen método de almacenamiento a causa de su capacidad de enfriar rápida y uniforme, con un mínimo de daños físicos al pescado. Si embargo, se debe cuidar que el tiempo de almacenamiento no se extienda a más de dos días, puesto que dicha inmersión de pescado en agua salada puede causar que la sal inicie la desnaturalización de las proteínas del músculo, acompañada de una caída concomitante de la calidad del surimi elaborado posteriormente.⁹

A su vez, si la captura es almacenada a temperaturas por debajo del punto de congelación del pescado, la calidad del surimi también puede ser adversamente afectada. Por lo tanto, cuando se utiliza agua de mar refrigerada, se debe tener cuidado tanto en la temperatura como en el tiempo de inmersión.⁹

En cuanto a la estación de captura, se debe tener en cuenta que el pescado capturado durante el desove y después de éste contiene alta tasa de humedad y es relativamente pobre en lípidos y proteína, en comparación con el capturado en el período de alimentación. Como consecuencia, los desmenuzados preparados a partir de las capturas citadas en primer lugar resultan de calidad más baja que los elaborados con las segundas.⁹

7.4 - Clasificación y lavado de la captura

Antes de que se inicie el procesamiento, las especies objetivo deben ser separadas de otras especies marinas acompañantes. El método usual de separación de estas especies es mediante el *clasificado* manual a medida de que la captura es transportada sobre una cinta transportadora.

Luego, el pescado debe ser clasificado de acuerdo al tamaño. Este clasificado puede ser realizado automáticamente usando tanto una máquina clasificadora de cilindros o de tipo oruga.⁹

Los pescados de muy pequeña talla, como así las especies no comerciales, son descartados, alimentándose con ellos la línea de producción de harina de pescado juntamente con la cabeza, vísceras, espinas y cuero de las especies procesadas. Es de destacar que los buques surimeros tienen normalmente factorías de harina y algunos de aceite de pescado.

Restos de fango y arena deben ser extraídos de la captura mediante el *lavado*. Por otra parte, si al pescado no se le quita la piel para su procesamiento, las escamas deben ser removidas para prevenir, posteriormente, su acumulación y obstrucción en la máquina separadora de espinas. El lavado y remoción de escamas se realiza simultáneamente, con una máquina lavadora de tipo rotatorio.⁹

7.5 - Fileteado del pescado

Esta etapa influye tanto en la calidad como en la cantidad del desmenuzado obtenido luego del deshuesado, logrando mayor calidad a expensas de la producción.

Si se utiliza filetes como materia prima para la elaboración de surimi, el producto será más blanco y de mejores propiedades funcionales que el producido a partir de troncos de pescado. De todos modos, se debe tener presente las dos opciones.

El fileteado incluye descabezado, eviscerado y separación del espinazo, produciendo así un filete sin espinas. Las máquinas fileteadoras pueden ser de tipo de alimentación manual o mecánica. (Figura 9, anexo)

La posición del corte de la cabeza durante el fileteado es muy importante. Si la posición de dicho corte es muy adelantado, las branquias y parte de la cabeza permanecen en el tronco, y por lo tanto la calidad del producto disminuirá. Si la posición del corte se desvía hacia más atrás, la producción se verá reducida.⁹

Las vísceras deben ser removidas completamente. Si resta una pequeña porción de vísceras, las propiedades de formación del gel del surimi decrecerán debido al alto contenido de enzimas proteolíticas, aumentando el número de microorganismos alterantes. La proteasa de las vísceras se mantiene activa durante el almacenamiento en estado congelado y el kamaboko hecho de esta clase de surimi tendrá una textura elástica (“ashi”) débil.⁹

En el abadejo de Alaska, la porción de espinas anterior al poro urogenital también debe ser removida. Nuevamente, la posición del corte debe ser decidida teniendo en consideración el balance entre calidad y producción. La tela negra (peritoneo) debe ser completamente removida, como las escamas, ya que de no ser retiradas, resultarán en indeseadas inclusiones coloreadas que disminuyen la presentación del surimi.⁹

Los filetes procedentes de la máquina fileteadora se transportan por cinta hacia la máquina separadora de carne. Al mismo tiempo, se lavan los filetes con un pulverizador en forma de ducha, y se verifica si hay presencia de residuos de espinas, piel u otros defectos de calidad.

Las cintas transportadoras pueden acumular altos niveles de exudado, formándose superficies pegajosas que contaminan los filetes, contribuyendo al detrimento de la calidad de la materia prima.

La aplicación de aire comprimido (60–80 psi) disminuye significativamente la cantidad de agua dulce necesaria, mientras que provee suficiente fuerza para remover eficientemente la mayoría de los residuos adheridos. No ha dado el mismo resultado la utilización de agua goteando, o en forma de lluvia, ya que se realiza un semi-lavado de la superficie, y prácticamente no se remueven los residuos de los filetes.⁹

En esta etapa, se chequea la presencia de residuos de aletas, escamas, o vísceras para su eliminación, y se determina el peso de los filetes producidos a partir de una cantidad definida de materia prima, con el objeto de establecer la producción de filetes. Esta producción varía de acuerdo al tamaño original de cada pescado, la presencia o ausencia de huevas, y la estación de captura. De cualquier modo, la producción debe ser determinada empíricamente para cada planta procesadora, y el proceso por lo tanto, debe ser ajustado de tal manera que la producción esté de acuerdo con los límites especificados.⁹

7.6 - Separación mecánica del músculo de pescado

Es práctica común en las plantas de fabricación de surimi, tanto en tierra como a bordo, el uso de separador de tambor para separar el músculo de las espinas, escamas, aletas, etc. Este tipo de máquina introduce el pescado, ya sea en forma de filete o tronco, entre una cinta de goma y un tambor agujereado con orificios, por lo que la cinta de goma presiona sobre el pescado y extrusiona el músculo a través de los agujeros hacia el interior del cilindro. Suelen pasar a través de los agujeros pequeñas espinas, tejido conectivo, pequeños trozos de peritoneo, etc., pero son eliminados en los pasos subsiguientes. (Figura 10, anexo)⁹

El mezclado de cierta cantidad de sangre en el músculo no se puede evitar, y es particularmente un problema cuando se desmenuza pescado mal descabezado y/o eviscerado. Conviene lavar el pescado picado inmediatamente después de obtenido debido a que la sangre comunica colores extraños al oxidarse con el aire.

Para esta etapa de separación se deben elegir modelos de máquinas con alta capacidad de producción y confiabilidad. Igualmente se debe prestar atención a la limpieza de la superficie del tambor durante el proceso, con un adecuado mantenimiento a intervalos regulares.

El diámetro de los orificios del tambor influye en gran medida en las operaciones subsiguientes de lavado y eliminación de agua, como también en la producción y calidad del surimi. Comúnmente, el diámetro de los orificios usados se encuentra en un rango de 4 a 7 mm y se elige de acuerdo con el tamaño y frescura del pescado. Para mejorar la capacidad de procesamiento y maximizar la producción, el área total del tambor debe ser tan grande como sea posible, coherente con el esfuerzo mecánico requerido.⁹

Si se utiliza pescado con piel, la presentación del pescado hacia la máquina desmenuzadora es muy importante. La cara del filete sin piel debe exponerse hacia el tambor, de modo tal que la piel no forme una barrera a la introducción del músculo dentro del tambor. Si se utiliza como materia prima los troncos de pescado (H&G), se recomienda que sean partidos (corte mariposa) para incrementar el área superficial de músculo presentado al tambor.⁹

El material de desecho de la primera máquina separadora de músculo es conducido a una segunda máquina separadora, la cual completa efectivamente la separación del músculo de piel y espinas.

La carne picada (“minced”) proveniente de esta operación, llamada “*otoshimi*” en Japón, es transportada en cintas a un tanque en el cual se mezcla con una cantidad igual de agua y es bombeada a tanques de lavado.

7.7 - Lavado de la carne desmenuzada

7.7.1 - Funciones del lavado:

La práctica del lavado del músculo picado en el proceso de fabricación de surimi comenzó en Japón a principios del presente siglo, como procedimiento para eliminar grasa, olor fuerte a pescado y para blanquearlo. Más tarde, en los años 60-70 se observó que, además, el lavado aumenta la capacidad de formación de gel.

Con el lavado se llevan a cabo las siguientes funciones: ¹

Separación mecánica de las impurezas: Si la mezcla agua-pescado se agita convenientemente, el músculo desprende grasa, partículas de peritoneo, pequeñas partículas remanentes del aparato digestivo y músculo rojo, que por decantación se pueden eliminar.

Lavado propiamente dicho: En el agua se diluye la sangre, los pigmentos y otras impurezas que pueden catalizar la agregación proteica y causar coloración indeseable en el producto final.

Lixiviación: El contacto del músculo picado con agua dulce provoca una exudación de componentes solubles en agua, particularmente proteínas sarcoplasmáticas, que impedirían la correcta formación de gel, y sales inorgánicas que contribuirían a la desnaturalización de las proteínas durante el posterior período de congelación.

El lavado de la pulpa determina una pérdida del 15 al 20% del peso, lo que permite una concentración mayor de las proteínas salino-solubles. ¹¹

En concreto, las proteínas sarcoplasmáticas intervienen negativamente de dos formas: impidiendo la formación del gel y actuando proteolíticamente, ya que la mayoría son enzimas.

En el caso específico de utilizar especies gáldidas el factor lavado incidiría favorablemente eliminando de cierto modo la formación de formaldehído durante el almacenamiento, generado por la reacción enzima sustrato (TMAOasa/TMAO)*. ¹¹

Lavados repetidos eliminan en parte las proteínas sarcoplasmáticas en el músculo, lo cual redundaría en una reducción de la desnaturalización** de la actomiosina. ¹

7.7.2 - Factores que afectan la eficiencia del lavado y la calidad del surimi:

a) *Ciclos de lavado y tiempo:*

Una pregunta muy común es: ¿Cuántos lavados se requieren y cuán largo debe ser el tiempo de lavado para producir un surimi de buena calidad? El número de ciclos de lavado requerido depende del tipo, composición y frescura del pescado a ser procesado.

La mayoría de los componentes solubles se remueven rápidamente en el primer ciclo de lavado principalmente por simple dilución. Los ciclos adicionales de lavado, además de disminuir la cantidad de solubles sirven para extraer sangre, melanina, trozos de peritoneo, y otras impurezas. Sin embargo, es necesario un tiempo definido de permanencia para la salida de los componentes hidrosolubles de la carne desmenuzada. La extracción de dichos componentes del desmenuzado en un ciclo dado de lavado aparece como función del tiempo de agitación, independientemente de la proporción carne – agua. Como se muestra en la figura 11 del anexo, la cantidad de proteínas extraídas se incrementa marcadamente con un tiempo de lavado cuya duración sea de 9 a 12 minutos. Esto indica que es conveniente una agitación

*TMAO: Oxido de Trimetilamina. TMAOasa: enzima que cataliza reacciones sobre el sustrato óxido de trimetilamina.

** Por desnaturalización proteica se entiende cualquier modificación de la conformación (secundaria, terciaria o cuaternaria) que no vaya acompañada de la ruptura de enlaces peptídicos, implicados en la estructura primaria.

de 9 a 12 minutos por lavado. Por ejemplo, 5 minutos de agitación en cada ciclo por dos ciclos de lavado se considera adecuado. Si el tiempo de permanencia se prolonga indebidamente, la carne de pescado absorberá una cantidad excesiva de agua y, consecuentemente, el drenado posterior será muy dificultoso. Aunque el tiempo óptimo varía con la frescura de la materia prima, la temperatura del agua, y el tamaño de las partículas de carne, generalmente se considera apropiado un tiempo de 15 a 20 minutos para el proceso de lavado completo. (Figura 12, anexo) ⁹

De acuerdo a estudios llevados a cabo con lavado continuo de una relación de mezcla 3:1 (agua/carne), se ha observado que la resistencia del gel se incrementa hasta llegar a dos ciclos de lavado, nivelándose luego. ⁹ (Figura 13, anexo) Esta elevación en la resistencia del gel refleja el aumento del contenido de proteínas miofibrilares y la disminución del correspondiente en las sarcoplasmáticas. Se ha comprobado que esto ocurre aunque se mantenga constante la proporción de actomiosina, lo que indica que el incremento de la capacidad de formación de gel no se debe a que aumenta la proporción de actomiosina, como algunos autores han indicado. ¹

Lavados adicionales más allá de dos ciclos resultan innecesarios desde el punto de vista del mejoramiento de la resistencia del gel. ⁹

b) Características del agua de lavado:

Los principales factores que determinan la eficacia del agua de lavado son su dureza, pH y temperatura.

Dureza del agua: La dureza del agua de lavado afecta a la capacidad de absorción de agua del músculo de pescado y, consecuentemente, a la capacidad de formación de gel. A medida que avanza el lavado, el músculo se hace más hidrofílico y embebe agua. Si el agua de lavado es blanda, el músculo absorbe más agua, lo que origina, por una parte, que no se puedan separar bien las impurezas del músculo por decantación ya que el músculo flota y por otra parte, que el agua no se pueda extraer fácilmente, con lo que el surimi final tiene un alto contenido en humedad y, por lo tanto, una menor capacidad de formación de gel. Por el contrario, aguas muy duras incorporan una gran cantidad de sales inorgánicas (como por ejemplo: Ca^{+2} y Mg^{+2}), reduciendo la estabilidad térmica durante el lavado y causando la desnaturalización de la actomiosina en la conservación en estado congelado.⁹ Por estas razones, el agua de dureza media es la idónea, especialmente para el último ciclo de lavado. Como confirmación a esto, interesa señalar que se ha considerado tradicionalmente el agua de Japón como la mejor para la fabricación de surimi, ahora se sabe que esto se debe a que es agua de dureza media. En la práctica industrial, cuando el agua es blanda, se adiciona a la empleada en el último lavado entre 0,1 y 0,3% de cloruro sódico, cálcico o magnésico. Es muy importante que la adición no supere el 0,6%, porque valores más altos suponen de nuevo una mayor absorción de agua por parte del músculo de pescado. ¹

Efecto del pH: El pH del agua de lavado afecta la retención de agua durante el proceso de lavado y posterior drenado y en consecuencia, la capacidad de formación de gel. Pareciera en principio, que el pH debería ser bajo, cercano al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares, para que el músculo no sufriera el fenómeno de hinchamiento, con los problemas que ello acarrea. Sin embargo, la capacidad de formación de gel disminuye mucho con pHs inferiores a 6,3 debido, probablemente, a la inestabilidad de la proteína miofibrilar (Nishioka, 1984). Por ello, se recomienda ajustar el valor del pH del agua al correspondiente de la carne de pescado (6,5 – 7,0), para asegurar el máximo desempeño funcional de las proteínas del pescado.⁹ Para realizar dicho ajuste, se utiliza ácido clorhídrico diluido teniendo cuidado de no disminuir el pH por debajo de 6,0, ya que de lo contrario, no se forma el gel en el kamaboko, siendo recomendable ajustarlo con pH-metro. ⁶

El pescado pelágico no sólo tiene mayor contenido de proteínas sarcoplasmáticas que los peces de fondo, sino que también experimenta un descenso más rápido del pH en el músculo post mortem (5,7 – 6,0). Ambas circunstancias contribuyen a generar una peor calidad textural. El lavado de los desmenuzados de pescado pelágico con agua que contenga el 0,5% de bicarbonato sódico aumenta de manera efectiva el pH del desmenuzado y mejora la calidad textural. Por ser la caballa y la sardina pescados grasos, las tasas de lípidos pueden llegar a superar el 20%. Se ha creado un separador de carne-grasa que elimina esta sustancia después de ajustar el pH lavando con bicarbonato y que se ha hecho insustituible para la elaboración de surimi a partir de pescado pelágico. ⁷

Temperatura: La temperatura del agua dulce en el lavado debería preferentemente estar en un rango entre 3 a 10°C para prevenir la desnaturalización de las proteínas inducida por el calor, y reducir la proliferación microbiana. En general, las propiedades funcionales de las proteínas disminuyen rápidamente con el incremento de temperatura. La temperatura apropiada del agua debe ser determinada en base a la termoestabilidad de las funcionales proteínas miofibrilares. Más allá de los límites de tolerancia de temperatura, las proteínas miofibrilares pierden su capacidad de formación de gel. Cada especie marina posee su propia termoestabilidad, la que se relaciona con su adaptación fisiológica al hábitat de vida. ⁹

Desde el punto de vista del mantenimiento de la calidad en el producto, es deseable el uso de agua fría. Sin embargo, el agua caliente es más efectiva para la remoción del agua del desmenuzado ya lavado. No sólo la cantidad de agua separada del desmenuzado, también la velocidad de separación se incrementa con la temperatura del agua, como se muestra en la figura 14 en el anexo. De cualquier modo, dado que la termoestabilidad de las proteínas es un factor limitante, el control cuidadoso de la temperatura del agua es crítico para la elaboración de un surimi de alta calidad. ⁹

7.7.3 - Proceso de lavado:

En los primeros días de la industria de surimi, el lavado era realizado de modo discontinuo, lo cual requería grandes cantidades de agua. La carne desmenuzada de pescado se agitaba, drenando luego el sobrenadante. El ciclo era repetido normalmente alrededor de cinco veces.

En la actualidad, en plantas que trabajaban a pequeña escala, se utilizan tanques de acero inoxidable o de polietileno de una capacidad de 100 litros, mientras que las que trabajan a mayor escala son de 500 a 1000 litros. La mezcla de músculo y agua que se recoge del separador de carne, se vierte por la parte superior del tanque, se agrega más agua y se lava. Después de este proceso, se abre la llave situada en el fondo y el contenido pasa a un deshidratador. ⁶

El moderno proceso de lavado se opera de forma continua. Se combinan tanques de lavado con un tamiz rotativo desarrollado para el procesamiento del surimi. El tanque de lavado posee paletas que se activan automáticamente cuando se llena el tanque a un nivel determinado. La carne lavada es drenada a través del tamiz rotativo antes del siguiente ciclo de lavado. Este paso se repite dependiendo del número de ciclos de lavado requeridos.

En cuanto al consumo de agua, antiguamente el lavado se realizaba en cinco ciclos, usando cantidades de agua total cercanas a las 30 o 40 veces la cantidad de pescado. Hoy en día, teniendo en cuenta que el agua no sólo cuesta su precio, sino también el coste adicional para depurarla antes de eliminarla como efluente, las empresas tienden a minimizar su consumo. ¹

En una planta de surimi en tierra, la cantidad total de agua necesaria en el lavado depende de la frescura del pescado y puede variar de 10 a 20 veces la cantidad de carne desmenuzada. Esta cantidad se divide en 3 o 4 ciclos de lavado. ⁹ Con tres ciclos de lavado, la

Asociación Japonesa para el Surimi estima que el consumo total en agua durante todo el proceso en una fábrica en tierra de surimi es, aproximadamente, 25 veces el peso del surimi que procesa.¹

El surimi preparado con cantidad insuficiente de agua se deteriora rápidamente en el almacenamiento congelado. Por otro lado, a bordo de los buques factorías donde se procesa pescado muy fresco, el volumen de agua de lavado utilizado en uno o dos ciclos puede ser tan bajo como seis veces la cantidad de carne desmenuzada.⁹

Esta es la mayor diferencia entre los dos procesos. Los modernos buques surimeros pueden procesar surimi, como así también harina y aceite de pescado. La única limitación para el procesamiento a bordo es la provisión de agua dulce, la cual debe ser generada a partir de agua de mar mediante desalinización.¹² En algunas plantas de surimi a bordo se hace el primer ciclo de lavado de cada lote de surimi con el agua del segundo lavado del anterior, ahorrando así grandes cantidades de agua dulce.¹

Por ejemplo, en el procesamiento a bordo del abadejo de Alaska, el lavado se realiza de una manera tal de utilizar pequeñas cantidades de agua dulce como lo permita el proceso, en vista de que el agua dulce resulta cara de preparar a bordo. El lavado es necesariamente llevado a cabo dos veces en una proporción de una parte de desmenuzado por cada 2 o 3 partes de agua: el primer lavado se efectúa colocando 400 litros de pescado desmenuzado dentro de un tanque de mil litros equipado con un agitador y luego 600 litros de agua dulce. Esta mezcla se agita suavemente durante un intervalo de tiempo determinado para estimular la dilución de varios componentes indeseables. Posteriormente, mediante un tamiz rotatorio se efectúa un drenado intermedio para eliminar parte del agua con los componentes hidrosolubles.⁹

Un segundo lavado y drenado intermedio se lleva a cabo de igual forma. Un tercer lavado y drenado intermedio puede ser también realizado antes del refinado. En esta etapa, el contenido de humedad es de alrededor del 90%, dependiendo de las características operativas de la refinadora.⁹

El drenado final o prensado debe ajustar el contenido de agua del desmenuzado al correcto nivel.

Las limitaciones principales del sistema convencional de lavado son:¹³

- a) Se requiere una gran cantidad de espacio para los tanques de lavado, aspecto crucial en una planta de procesamiento a bordo.
- b) La naturaleza discontinua del proceso de lavado en tanques.

Una configuración optimizada para conducir el sistema de lavado mencionado de modo continuo consiste en tres tanques por cada lavado. Los tanques operan de modo serial: llenado, lavado y vaciado, suplantando de este modo la alimentación constante de desmenuzado en la línea.¹³

Otro tipo de sistema de lavado continuo opera con un tanque para cada lavado. El sistema emplea un tanque de lavado largo y angosto con un dispositivo de mezcla que admite agua y el desmenuzado a lavar mientras egresa la mezcla lavada. El tiempo de lavado se controla regulando el volumen de desmenuzado/agua en el tanque. El inconveniente de este sistema es que es difícil de controlar el tiempo de lavado, mezcla y agitación, ya que una pequeña desviación resulta en la salida de desmenuzado poco o excesivamente lavado.¹³

En resumen, la configuración exacta del proceso continuo está diseñada para satisfacer objetivos de producción específicos y deben por lo tanto ser adaptados individualmente por cada línea de proceso y planta de procesamiento. El proceso continuo ha sido muy efectivo en el primer ciclo de lavado, provocándose la mayor parte de la lixiviación o extracción de los componentes solubles. Luego del drenado a través del tamiz rotativo, el segundo lavado se realiza con un proceso discontinuo controlado. Este lavado por tanda permite, por flotación la remoción de grasas.¹³

Drenado intermedio:

El exceso de agua absorbida por el músculo picado durante el lavado se elimina parcialmente en tambores perforados rotatorios llamados tamices, drenadores o cedazos. (Figura 15, anexo)

Este drenado intermedio que se realiza luego de cada etapa de lavado, se debe efectuar convenientemente, puesto que un drenado incorrecto puede incrementar la capacidad hidratante de la carne de pescado.⁹

Los tamices se construyen con malla de nylon, de acero inoxidable o con una placa perforada. Los tamices de placa perforada de acero inoxidable se utilizan generalmente en los barcos factorías. El diámetro de los orificios es de alrededor de 0,5 mm. La mayor parte del drenado ocurre dentro de la primera sección del tamiz rotativo, por lo tanto se debe ir disminuyendo el diámetro de los orificios desde 1,3 mm en la primera sección a 0,5 mm al final del tamiz para mejorar el drenado. En los tamices rotativos provistos de espiral interno existe la posibilidad de que se acumule desmenuzado en los sectores de difícil limpieza. Tal acumulación puede contribuir significativamente al desarrollo de una importante carga bacteriana y, consecuentemente, al detrimento de la calidad final del producto.⁹

Algunas plantas utilizan un “Hidrasieve” para incrementar la eficiencia en el drenado. Posee una simple construcción, consistente en un plano inclinado con orificios sobre el cual desciende la mezcla desmenuzado/agua. El grado de drenado puede ser ajustado variando las aberturas en el tamiz o el ángulo de inclinación.⁹

Las partículas finas que pasan a través del tamiz pueden considerarse de alrededor del 8% en peso de la carne que ingresa. Una porción significativa de esas partículas puede ser recuperada en una operación continua por recolección del agua y asentamiento de las partículas en tanques de forma cónica. Las partículas asentadas son recicladas dentro del sistema, preferentemente en el último tamiz rotativo. Sin embargo, muchas plantas de surimi actualmente emplean un método de centrifugado en el cual se recupera más eficientemente las finas partículas de carne desperdiciadas de los tamices y prensas de tornillo.⁹

7.8 - Refinado

El pescado picado, después de salir de la máquina separadora, contiene fragmentos de espinas, ligamentos, peritoneo, escamas, etc., que no se eliminan en el lavado y que es necesario separar para la obtención de un producto final fino y uniforme.

La operación de refinado se puede llevar a cabo antes o después de la eliminación final del agua en exceso (prensado). Si se hace después, el tambor deberá estar refrigerado continuamente por circulación interna de agua, ya que en el momento del extruído se genera, por rozamiento, gran cantidad de calor (elevación de temperatura del orden de 2 a 4°C). Este aumento de temperatura acelera la interacción proteína-proteína, con el resultado final de la disminución de la capacidad formadora de gel. Para soslayar este problema muchas factorías refinan antes de separar el agua en exceso, con lo que el agua presente es suficiente para absorber el calor producido sin que la temperatura se eleve excesivamente.¹⁻⁷

En los primeros años de la industria, esta etapa era realizada luego del prensado, en una máquina conocida como “*strainer*”. El colador, si bien es eficiente en la remoción de sólidos indeseables, eleva la temperatura del desmenuzado deshidratado, lo cual resulta a menudo en la desnaturalización de las proteínas y la pérdida de funcionalidad. Este problema ha sido en gran parte aliviado con el desarrollo de la refinadora, la cual se coloca antes del drenado final (Figura 16, anexo).⁹

En estas máquinas se obliga al músculo picado, mediante un rotor de tipo tornillo que gira a alta velocidad, a pasar por los agujeros pequeños de un tambor perforado, mientras que

las impurezas se eliminan por otra salida. Se utilizan mallas de 1 a 3 mm para el tamizado de la pulpa. La abertura del tamiz es uno de los indicadores de calidad del producto.⁹⁻¹⁰⁻¹¹

La carne blanca sale de la parte delantera de la refinadora, mientras que la materia dura consistente en espinas, escamas, tejidos conectivos y piel, que no pueden pasar a través de las perforaciones, se descargan al final de la máquina como desecho. Este aún contiene una gran proporción de proteínas miofibrilares y se alimenta inmediatamente a una refinadora para una segunda extracción. El producto resultante es catalogado como un grado B de surimi, mientras que el surimi elaborado a partir del desmenuzado de la primera refinadora, se considera de grado A.⁹

En algunos casos, la refinadora se divide en las secciones anterior y posterior, y el producto surimi es clasificado de acuerdo a la porción a través de la cual emerge.

A mayor calidad en la pureza del refinado, menor rendimiento en el producto final. Se considera, en esta etapa, una eficiencia promedio buena cuando los residuos resultantes oscilan en un 10% de la carne desmenuzada.¹¹

Las consideraciones de calidad involucradas en el proceso de refinado incluyen el problema de cómo remover las impurezas efectivamente obteniendo a la vez una alta producción, y cómo prevenir la elevación de temperatura en la carne de pescado debido a las grandes fuerzas de cizalla que ésta debe soportar.⁹

Estas consideraciones apuntan a un contenido apropiado de agua en la carne de alrededor del 90% y el mantenimiento de la temperatura de la carne tan baja como sea posible. Esto requiere de una estricta regulación del proceso y de ser necesario, la instalación de una unidad refrigerante para bajar la temperatura de la carne durante el refinado.⁹

7.9 - Prensado (drenado final)

El drenado final se efectúa generalmente por medio de una prensa de tornillo (Figura 17, anexo).

La pasta semisólida saliente de la refinadora contiene alrededor del 90% de humedad, cantidad que se debe reducir aproximadamente al 80-84% con la prensa de tornillo.⁹

La introducción de las prensas de tornillo adecuadas ha supuesto un gran avance en la fabricación de surimi. Estas máquinas pueden procesar más de 20 Tn/día en proceso continuo, lo que las hace muy aptas para las necesidades industriales.¹

La prensa de tornillo consiste de un tornillo rotativo y un tamiz o filtro cilíndrico. Para que la capacidad volumétrica de la abertura entre el tamiz y el tornillo sea pequeña en el orificio de salida comparada con el de entrada, el diámetro del eje del tornillo remata en punta, o se varía el paso del tornillo.⁹

Esta diferencia entre las capacidades de entrada y salida, expresadas como una razón, se denomina la relación de compresión. Cuanto mayor sea la relación de compresión, mayor será la potencia de drenado. Sin embargo, si la presión interna es irregularmente alta, entonces los requerimientos del material a los esfuerzos mecánicos serán mayores y, consecuentemente, se incrementarán los costos de fabricación del equipamiento.⁹

Por otra parte, a elevadas presiones el desmenuzado es forzado a salir fuera del tamiz junto con el agua y la producción obviamente disminuye. Además, incrementando la presión por encima del nivel necesario, se puede promover la degradación de la calidad de las proteínas, tal como la elevación de temperatura y las condiciones de cizalla a las que éstas se ven sometidas.⁹

La relación de compresión en la mayoría de las prensas de tornillo puede ser establecida en un rango de 2,5 a 5,0, pero la relación exacta debe ser determinada considerando varios factores, incluyendo tanto la frescura y tamaño del pescado como también la estación. Normalmente, se utilizan valores entre 2,5 a 3,5.⁹

La potencia de drenado de la prensa de tornillo se determina por el tamaño de los orificios del tamiz o cedazo. A mayor tamaño de los orificios, mayor drenado, pero la probabilidad de que la carne se escape con el agua también se incrementa. Algunas prensas tienen diferentes diámetros de orificio en la entrada y salida considerando las diferencias de presión de estas posiciones. Generalmente, el rango de diámetro de los orificios es de 0,5 a 1,0 mm en la entrada y de 1.0 a 2.0 mm en la salida.⁹

Para una eliminación adecuada de agua, es necesario ajustar la velocidad de prensado. La velocidad óptima se determina por el grado de drenado requerido para el desmenuzado de pescado. Usualmente se emplea una velocidad lenta para maximizar el drenado con un amplio tiempo de residencia y también para evitar un problema de deslizamiento o resbalamiento. Cuando la fricción entre los sólidos y el tornillo es más grande que la fricción entre los sólidos y el tamiz (tal como ocurre cuando el desmenuzado se encuentra demasiado hinchado e hidratado), el desmenuzado comenzará a deslizarse (girando con el tornillo y sin avanzar), interrumpiéndose el drenado.⁹

En el mercado están disponibles tanto la prensas de tornillo de eje simple, como de dos ejes. El tipo de dos ejes posee las ventajas de una gran capacidad de procesamiento, prácticamente sin efecto de resbalamiento de desmenuzado dentro de la prensa y posee operación muy simple.

7.10 - Incorporación de aditivos

El componente principal del surimi es la proteína miofibrilar, la cual tiene que conservar su funcionalidad a través de la conservación en estado congelado, especialmente en lo que respecta a la capacidad de formar un gel que tenga la resistencia y elasticidad adecuadas. Si el pescado picado se conserva a -20°C sin haberle adicionado ningún agente crioprotector, la proteína sufre una acusada desnaturalización, resultando una textura esponjosa y perdiendo la mencionada capacidad de formación de gel.⁶

La congelación induce en las proteínas miofibrilares (y concretamente en la miosina) su agregación, desnaturalización o ambos fenómenos, lo que se refleja en una pérdida de funcionalidad, principalmente de su solubilidad, aptitud gelificante y capacidad de retención de agua. Durante la congelación del músculo, las moléculas de agua localizadas en las zonas más frías comienzan a cristalizar. El agua contenida en el sistema muscular migra hacia la superficie de los cristales de hielo, agrandándolos. Se considera que este fenómeno induce la pérdida de agua en el microambiente que rodea a las proteínas, provocando que los grupos funcionales presentes en la superficie proteínica queden deshidratados y libres, lo que origina que se presenten enlaces intermoleculares entre las superficies proteicas, así como cambios en la conformación estructural de las proteínas. La migración del agua hacia la superficie de los cristales de hielo, provoca también una concentración de sales y cambios de pH en el agua no congelada que permanece rodeando a las proteínas, pudiendo ambos factores participar en su inestabilidad.¹⁴

Para paliar este problema, se ha estudiado el efecto de la adición de una serie de sustancias como aminoácidos y sus derivados, ácidos carboxílicos y sus sales, carbohidratos, etc., que actúan impidiendo la agregación de las proteínas miofibrilares.

En realidad, el mecanismo de acción de estos compuestos no se conoce todavía totalmente, aunque parece ser que se unen a las proteínas por alguno de sus grupos funcionales mediante enlaces iónicos, de hidrógeno o unión disulfuro, mientras que el otro o los otros grupos funcionales pueden hidratarse. Actualmente se reconoce que en estas explicaciones existen muchas lagunas y que no se conoce con certeza el mecanismo.¹

7.10.1 - Aditivos utilizados

Los aditivos incorporados comúnmente a los productos de pescado desmenuzado se describen a continuación:

Extensores macromoleculares

El *almidón* es muy utilizado, agregándose a los productos de pescado desmenuzado en una cantidad del 5 al 10%. El almidón participa en la formación de gel como una fase dispersa, absorbe durante el calentamiento parte del agua del desmenuzado, gelatinizándose parcialmente y llenando los huecos del entramado proteico, que queda así reforzado. Al mismo tiempo, el almidón actúa como humectante y mejora la estabilidad al congelado – descongelado de los productos de pescado desmenuzado.¹ La fracción de amilosa es responsable de la firmeza y estabilidad del gel, mientras que la fracción de amilopectina es responsable de la elasticidad del gel.⁶⁻¹²

Por lo general se utiliza almidón de patata, trigo, maíz y también almidón alfa.

Si bien el almidón de trigo como el de patatas tienen prácticamente la misma capacidad de reforzar la estructura de gel, se prefiere en el uso al almidón de trigo a causa de que es menos probable su contaminación con microorganismos de naturaleza térrea, tales como el *Clostridium botulinum*. En general, los geles firmes y elásticos son producidos a partir de almidones no modificados, tal como almidón de patatas y trigo, que son menos propensos a alteraciones a temperatura ambiente. Como contrapartida, el almidón de maíz produce geles frágiles y débiles. A pesar de la capacidad del almidón de patatas y de maíz para producir geles fuertes y elásticos, los geles preparados con estos almidones tienen escasa estabilidad a la congelación - descongelación, y se vuelven rígidos y gomosos con un almacenamiento prolongado en congelación.¹²

Como el efecto fortificante de los gránulos de almidón está muy directamente relacionado con sus características físicas, los estudios encaminados a utilizar almidones modificados para controlar la textura del kamaboko pueden abrir muchas posibilidades. Estos almidones pueden estar modificados con agentes oxidantes, ácidos o aldehídos para que incrementen su resistencia a fuerzas mecánicas externas, en particular el almidón tratado con aldehído incrementa la fuerza del ashi, sin embargo el kamaboko hecho con almidón tratado por agentes acidificantes u oxidantes no forma ashi fuerte.⁶

Además los almidones modificados mejoran admirablemente la estabilidad a la congelación– descongelación, por lo tanto resulta conveniente usar una mezcla con 50% de almidón sin modificar y 50% de almidón modificado, en combinación con clara de huevo para producir un balance deseado entre resistencia de gel y estabilidad al congelado– descongelado.¹²

Además, en la preparación de derivados de surimi se han utilizado *sustancias carbohidratadas* gomosas como el *alginato*, *carboximetilcelulosa* (CMC) y *gomas de xantano*. Sin embargo, la goma de xantano en particular crea una textura fluida, al reducir la rigidez de torsión y aumentar la fragilidad de los productos de surimi. El carragén se emplea como sustancia gelificadora que mejora la estabilidad a la congelación – descongelación de estos artículos.¹

Inhibidores de proteasas

Un problema que se presenta con pescados de determinadas áreas es la abundancia de enzimas proteasas debido a la infestación por parásitos; por ejemplo, con la merluza del Pacífico, muy frecuentemente infestada con *myxosporea*. Para resolver este problema es necesario agregar al surimi un inhibidor de proteasas, por lo que con la simple adición de *clara de huevo* al 3% se resuelve el problema.¹

Además, la clara de huevo seca o en forma líquida, se suele adicionar al desmenuzado con el objeto de mejorar la resistencia de gel. Cuando se utiliza clara de huevo seca, se debe adicionar una cantidad apropiada de agua para ajustar el contenido de humedad en el producto final. La capacidad de fortalecimiento del gel por parte de la clara de huevo se debe a sus propiedades de ligar agua. Otra función importante es la de otorgar al producto mayor blancura y brillo.¹²

Crioprotectores

La estabilidad a la congelación-descongelación es otra característica funcional, además de la textura, de capital importancia para la calidad de los productos de surimi. Durante el depósito en congelación de esta clase de artículos se produce la sinéresis y reducción de la solidez de los geles, hecho que ha inducido a buscar eficaces crioprotectores.

Los crioprotectores añadidos a los productos de pescado desmenuzado se agrupan en cinco categorías atendiendo a su naturaleza química: *aminoácidos y péptidos, ácidos carboxílicos, mono y disacáridos, polioles, sales (principalmente polifosfatos)*.⁷

Muchos aminoácidos tienen efectos crioprotectores. Entre ellos, los más eficaces son el ácido aspártico, ácido glutámico y cisteína. De efecto moderado son: lisina, histidina, serina, alanina e hidroxiprolina. De modo general, evitan que la actomiosina pierda rápidamente solubilidad, viscosidad y actividad ATPasa*. También impiden que las moléculas de actomiosina formen agregados. Carecen de acción crioprotectora aquellos aminoácidos que, como la leucina y fenilalanina, cuentan con cadenas laterales hidrófobas relativamente grandes.⁷

Entre los *ácidos carboxílicos* con efectos crioprotectores más intensos se incluyen: ácido L-málico, ácido malónico, ácido metil malónico, ácido maleico, ácido láctico, ácido glutárico, ácido glucónico, ácido glicólico, ácido alfa amino butírico, ácido tartárico, ácido cítrico.⁷

Entre las sales, el *cloruro sódico* es ingrediente principal del “surimi-ka-en” (surimi con sal). Se emplea como solubilizador de la actomiosina y mejorador del buqué. No actúa como crioprotector. Con el agregado de sal a razón de 2,5 a 3% la carne se transforma en un gel debido a la solubilización de las proteínas salino-solubles.¹¹

Los *polifosfatos* se utilizan ampliamente como mejoradores de la capacidad retentiva de agua y reductores del goteado en el descongelado. Los tripolifosfatos, pirofosfatos y hexametrafosfatos son más eficaces que los ortofosfatos. Las mezclas de tripolifosfatos y pirofosfatos o bien fosfato y azúcar son efectivos mejoradores de la retención de agua y solidez de los geles. Los polifosfatos se agregan hasta un contenido en el surimi entre 0,2 y 0,3%. Proporciones superiores no son convenientes, pues imparten un sabor no aceptable.¹⁻⁹ Generalmente se emplean mezclas 1:1 de tripolifosfato de sodio y hexametrafosfato de sodio.¹⁴

El mecanismo de acción de los polifosfatos tampoco está muy claro y se han ofrecido varias explicaciones. Así, podrían contribuir a los cambios del pH, la modificación de la fuerza iónica, las interacciones específicas del anión fosfato con cationes divalentes y proteínas miofibrilares. También se piensa que podrían actuar por la unión de aniones polifosfato a las proteínas y la rotura simultánea de los puentes entre la actina y la miosina, provocando un incremento de la repulsión entre las cadenas peptídicas que hace que el sistema aumente de volumen pudiendo movilizar agua entre las mallas de la trama formada. Por último, otros autores atribuyen su efecto al mecanismo de los grupos $-PO_4H_2$ que harían como puentes entre la proteína y el agua, mientras que otros opinan que el único efecto de los polifosfatos es sinérgico, aumentando la acción de los azúcares y polioles.¹⁴

Las *hexosas* (glucosa y fructosa) y los *disacáridos* (sacarosa y lactosa) son muy efectivos. Se ha convertido en una práctica industrial habitual la inclusión de sacarosa en las

* Actividad ATPasa: actividad enzimática que cataliza la hidrólisis de adenosín trifosfato (ATP).

fórmulas de surimi, con objeto de evitar la desnaturalización por congelación de las proteínas musculares del pescado. ⁷ El azúcar normalmente se agrega en cantidad necesaria para que su proporción en el surimi sea del 5 al 8%. ¹⁻¹⁵ La mitad del azúcar es sorbitol, para así evitar el sabor dulce y el pardeamiento que pueden causar los azúcares reductores (por reacciones de Maillard) que resulta al fabricarse el kamaboko (que requiere color blanco) o productos derivados. ¹ Sin embargo, el sorbitol confiere una dureza mayor al pescado picado que si se utiliza sacarosa. ⁶ La glucosa, que es menos costosa, se adiciona al surimi de inferior grado de calidad para ser utilizado en embutidos, ya que el color más oscuro dado por la reacción amino-carbonil no es un factor importante en ese tipo de producto.

Se han propuesto dos hipótesis referentes al efecto crioprotector que ejercen los carbohidratos de bajo peso molecular, sobre las proteínas miofibrilares de pescado: ¹⁴

Matsumoto (1979) sugiere que el carbohidrato se une a la superficie proteica a través de puentes de hidrógeno y sus grupos hidroxilo libres se unen a moléculas de agua, creando una capa de hidratación alrededor de la proteína, cuyas moléculas de agua no migran hacia la superficie del hielo durante la congelación. ¹⁴

Arakawa y Timasheff (1982), encontraron que los azúcares de bajo peso molecular, estabilizan la estructura proteínica a temperaturas inferiores del punto de congelación, porque incrementan la tensión superficial del agua, lo que desfavorece termodinámicamente el estado desnaturalizado. Sus resultados indican que el azúcar tiende a permanecer fuera de la esfera de hidratación de la proteína, por lo que no presenta interacción con la superficie de la misma (es excluido preferencialmente de la superficie proteínica). Sugiriendo que, durante la congelación del músculo de pescado, la cristalización del agua incrementa la concentración del azúcar en el medio que rodea a la proteína, lo que desfavorece termodinámicamente su desnaturalización. ¹⁴

Por otra parte, Carpenter y Crowe (1988) encontraron que diferentes solutos, como azúcares, polioles, aminoácidos, metilaminas y sales, presentaron efecto crioprotector sobre la actividad de deshidrogenasa láctica. Estos compuestos poseen la característica de ser preferencialmente excluidos de la superficie proteínica, es decir, no presentan interacción con ella. En tanto que compuestos como la urea y el clorhidrato de guanadina, que tienden a reaccionar con las proteínas (llamados caotrópicos, por alterar el sistema que los contiene), las desestabilizan y no son crioprotectores. Existen también sustancias como el dimetilsulfóxido, polietilenglicol, etilen-glicol, etanol y 2-metil-2,4- pentanodiol, que tienen acción crioprotectora, pero que en altas temperaturas, reaccionan con las proteínas desestabilizándolas. Basados en todo esto, los autores mencionados concluyen que un compuesto tendrá efecto crioprotector en tanto sea preferencialmente excluido de la superficie proteínica. ¹⁴

La hipótesis de Arakawa y Timasheff (1982), ha sido ampliamente aceptada para explicar el mecanismo por el cual la sacarosa y el sorbitol, protegen a la proteína miofibrilar de pescado durante la congelación del surimi. ¹⁴

En resumen, la prevención de la desnaturalización de las proteínas mediante la aplicación de azúcares puede ser explicada debido a su habilidad para incrementar la tensión superficial del agua, como también para aumentar la capa límite de agua, que previene la migración de las moléculas de agua hacia fuera de las proteínas, estabilizando éstas últimas. ¹²

Los *polioles*, en especial el glicerol, se vienen utilizando desde largo tiempo como crioprotectores biológicos. Glicerol, etilen-glicol y sorbitol, que se han venido considerando humectantes en el procesado de alimentos, son eficaces crioprotectores en el procesado de surimi. Como se mencionó anteriormente, el efecto crioprotector del etilen-glicol desaparece a medida que aumenta la temperatura. La agregación de un 10% de sorbitol y del 1,5 al 3% de glutamato a desmenuzados de caballa desarrolla acción sinérgica, mejorando la solidez de los geles de los productos finales. ¹

En la actualidad se cuenta con tres nuevos crioprotectores para el surimi: Polidextrosa®, Palatinil® y Lactitol. Los tres presentan la particularidad de conferir un sabor dulce mucho menos intenso que el de la sacarosa. El Lactitol y el Palatinil® son polioles que presentan el 50% del valor calórico de la sacarosa y una dulzura relativa de 0,4 y 0,5 respectivamente, en relación al azúcar. Además no inducen caries y pueden ser tolerados por los diabéticos. El lactitol proviene de la hidrogenación catalítica de la lactosa y su fórmula es Dgalactosil-b-(F4)-D-glucitol. El Palatinil® proviene de la sacarosa y es una mezcla equimolar de D-glucosil-a-(1F6)-D-glucitol y D-glicosil-a-(1F1)-D-manitol. La Polidextrosa® es un polisacárido altamente ramificado, preparado por la polimerización térmica de la glucosa. Su empleo como crioprotector en alimentos cárnicos (incluyendo pescados) ha sido patentado. La efectividad de cada uno de los tres aditivos mencionados al 8%, es equivalente al de la mezcla sacarosa-sorbitol 1:1 al 8%.¹⁴

Grasas y aceites

De acuerdo con el tipo de producto, a los desmenuzados de pescado se incorporan otros ingredientes. Con frecuencia se añade un 3 al 4% de aceite vegetal a los artículos conformados. La agregación de grasas plásticas mejora la estabilidad del congelado – descongelado y evita la aparición de una textura esponjosa. También modifica el gel hervido para hacerlo menos gomoso y reducir al mínimo el efecto debilitador de la textura ejercido por la cocción, especialmente cuando se alcanzan temperaturas entre 60 y 70°C.⁷

Industrialmente se usa el aditivo “*Puribesuto*”, que es una fórmula registrada desarrollada por la Asociación de Surimi de Japón y una compañía farmacéutica. El Puribesuto TP433 contiene 87% de D-sorbitol, 6,5% de polifosfatos, y 6,5% de glicéridos. El Puribesuto TP423 contiene 89% de D-sorbitol, y 6,6% de glicéridos.¹

Experiencias en nuestro país sugieren la utilización de azúcar 4% y de Puribesuto TP433: 4,65%.¹⁰

7.10.2 - Proceso de incorporación de aditivos

La *incorporación de los aditivos* se hace con una mezcladora común o, más frecuentemente, en una máquina tipo “silent cutter”. El tipo “silent cutter” (Figura 18, anexo), es normalmente usada en los buques surimeros. Esta máquina se caracteriza por su gran capacidad de producción, corto tiempo de mezclado (5 a 15 minutos) y alta eficiencia en la dispersión de los aditivos en el desmenuzado.

En una “silent cutter”, la carne de pescado ya prensada y los aditivos se colocan dentro del recipiente y se mezclan por la acción de varias cuchillas que giran a alta velocidad. Estas cuchillas están dispuestas siguiendo una configuración propulsora.⁹

Como el proceso de mezclado genera calor, las máquinas frecuentemente están refrigeradas continuamente mediante camisas de agua fría o por un chorro de CO₂ enfriado. La temperatura de la mezcla debe permanecer por debajo de los 10°C.¹⁵ Muchas industrias realizan el proceso de mezclado al vacío para evitar la formación de burbujas de aire.¹

Las máquinas tipo “silent cutter” operan en forma discontinua, es decir por tandas, mezclando normalmente lotes de 100 – 300 kg. Esto hace que este tipo de equipamiento no sea muy conveniente desde el punto de vista de la producción, ya que se genera en esta etapa un “cuello de botella”. Para resolver este problema, fue desarrollado en Japón un nuevo tipo de mezcladora continua, siendo utilizada desde 1980. En dicha máquina, se alimenta el desmenuzado prensado y los aditivos necesarios y se logra un mezclado continuo y uniforme en menos de un minuto. La elevación de temperatura es mínima. Este tipo continuo de mezcladora no sólo produce un producto uniforme y de alta calidad, sino que también es extremadamente eficiente y de bajo mantenimiento.⁹

7.11 - Congelación y conservación en estado congelado

El surimi, una vez mezclado con los aditivos, está listo para ser congelado. Para esto se envasa en bolsas de polietileno, colocando diez kilos de producto y se moldea en una bandeja metálica de aproximadamente 60 milímetros de espesor.⁷⁻¹⁰

Desde 1982, se utiliza un sistema automático de moldeado y envasado (desarrollado por Nippon Suisan Kaisha Ltd.) (Figura 19, anexo). Esta máquina extrusiona bloques de 10 Kg de pasta de pescado con una precisión de $\pm 0,1$ Kg y envasa dichos bloques en bolsas de polietileno.⁹

El punto de congelación incipiente del músculo de pescado es -1 °C a -2 °C. En el caso del pescado picado lavado y en el “surimi-mu-en” (sin sal), es alrededor de -1 °C. Sin embargo en el caso del “surimi-ka-en” (con sal) es mucho más bajo dependiendo de la cantidad de sal añadida.⁶

Los bloques de surimi se congelan usualmente en armarios de placa de contacto, a fin de obtener en el centro de los bloques una temperatura de a -25 o más bajas. Esto permite una rápida congelación (2 a 4 horas), con mínima desnaturalización de las proteínas.⁹⁻¹⁰

Luego del congelado, se empaican dos bloques por cada caja de cartón corrugado. A continuación, se rotula en cada caja las leyendas legales: especificaciones del producto y su calidad, datos del establecimiento elaborador, y datos de procesamiento. La caja se precinta y se almacena a -30 °C.

Los problemas que plantea la congelación son parecidos a los del resto de los productos pesqueros. Desde el punto de vista sanitario, este proceso es muy conveniente, porque preserva por largos períodos estos alimentos contra la putrefacción microbiana y la autólisis enzimática. Sin embargo, se presentan cambios en la calidad: incremento en la pérdida de agua, con disminución de la jugosidad, cambios en olor y sabor y ablandamiento indeseable. Durante la cocción, disminuye la succulencia y la capacidad de retención de agua y hay modificaciones indeseables en la textura como endurecimiento, granulosidad o grumosidad y resequedad. También se afectan negativamente propiedades funcionales como su capacidad de emulsificación, ligado de grasa, retención de agua o hidratación y de gelificación.¹⁴

Entre especies de pescado existe diferencia en la estabilidad en congelación. Así por ejemplo, a partir de roncador congelado (*Argyrosomus argentatus*), se puede obtener un surimi que forme geles con calidad media en elasticidad (“ashi”), atributo de textura importante en este producto. Sin embargo, a partir de abadejo de Alaska congelado (*Theragra chalcogramma*), se obtiene un surimi cuyos geles presentan muy baja elasticidad.¹⁴ Por otra parte, las especies grasas preservan mejor la funcionalidad de sus proteínas miofibrilares durante el almacenamiento en congelación, que las especies magras. También se ha observado que la desnaturalización por congelación se instaura mucho más rápidamente en pescados blancos con mayor contenido en agua.⁶

El surimi, que es un concentrado húmedo de proteínas miofibrilares de pescado, es altamente susceptible al deterioro por congelación. Esto se atribuye a tres factores: (1) las proteínas miofibrilares del pescado son muy sensibles a daño por congelación, (2) durante su obtención se realiza la extracción de la fracción hidrosoluble, y (3) se somete a un proceso que implica el rompimiento de la estructura celular, con lo que las proteínas del músculo pueden reaccionar con mayor facilidad.¹⁴ Según Lee (1984), este decremento en las capacidades funcionales del surimi es atribuido a un decremento en la actomiosina extractable.¹² Sin embargo, de acuerdo a estudios llevados a cabo por Iwata, se observó que la menor capacidad formadora de gel no coincide con el índice más bajo de solubilidad proteica.⁶

Se ha encontrado que la actomiosina comienza a agregarse desde las etapas iniciales de la congelación y el grado de agregación se incrementa con el tiempo de almacenamiento. En esta interacción proteica se ha establecido la participación de enlaces iónicos, puentes

hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y enlaces disulfuro. Se piensa que la participación de los enlaces disulfuro en este deterioro, es de principal importancia. También existe evidencia de que las proteínas miofibrilares modifican su estructura durante la congelación, lo que contribuye a la pérdida de su funcionalidad.¹⁴

En la práctica, existe una temperatura crítica entre -2 y -10°C aproximadamente, que hay que superar lo antes posible, para evitar la formación de grandes cristales de hielo, con todos los problemas que esto acarrea; por lo tanto, se recomienda congelar rápidamente. Por otra parte, dada la forma regular del bloque, se recomienda efectuar la congelación en armario de placas. Durante el almacenamiento congelado es importante que la temperatura no supere los -20°C . La conservación es mejor a -30°C . La capacidad de formación de gel no se mantiene adecuadamente a temperaturas superiores a -18°C (Okada, 1967) y a temperaturas próximas a -10°C esta capacidad disminuye notablemente en períodos tan cortos como dos meses. Por ejemplo, la vida en almacenamiento del surimi de abadejo de Alaska a -10°C es de alrededor de dos meses, pero a -20°C es de prácticamente un año.¹⁵ En virtud de esto, la Asociación Japonesa de Refrigeración recomienda que el surimi se almacene de -23 a -25°C . La industria japonesa ha establecido una cadena de frío, que permite mantenerlo durante su transporte y almacenamiento entre -25 y -30°C .¹⁴

Igualmente se debe tener en cuenta que si bien fluctuaciones de temperaturas durante un período corto de tiempo (menos de una semana), por ejemplo debido a transportes, no reducen significativamente la calidad del surimi, períodos más extensos (tres semanas) causan importantes pérdidas llegando a la inaptitud para su uso.¹²

Otro factor importante para que la conservación sea buena es el grado (SA, 1, 2, ó 3). En surimi de bajo grado, el almacenamiento congelado influye negativamente más rápidamente y con más intensidad.¹

También el pH del surimi es importante para su buena conservación congelado, ya que un pH bajo causa agregación proteica rápida durante la conservación. Este es un problema a tener en cuenta, especialmente cuando se trabaja con pescados con mucho músculo rojo. El hecho de que exista alta concentración de enzimas en el surimi, por ejemplo, por un lavado escaso, es peligroso, pues durante la conservación en estado congelado actúan destruyendo la capacidad de formación de gel.¹ Por debajo de pH 6,5, las proteínas miofibrilares son inestables a la congelación y pierden rápidamente su actividad de ATPasa, que es un indicador de la habilidad de formación de gel.¹⁴

Se recomienda que la descongelación del surimi se realice en forma lenta a bajas temperaturas, para evitar deterioro en la calidad. La industria del kamaboko, induce una descongelación parcial del surimi a -3°C , y a dicha temperatura procede a mezclarlo con los ingredientes y la sal en una cortadora cárnica, para evitar que en esta operación se caliente el producto y pierda atributos funcionales. Entre estos cambios se encuentran la desnaturalización y la agregación proteica, que se manifiestan como una mala capacidad gelificante y que se ven favorecidas por la adición de sal, especialmente cuando se incrementa la temperatura.¹⁴

7.12 - Productividad de la materia prima en la elaboración de surimi

Un balance de material para cada paso en el proceso de elaboración del surimi se presenta en la Figura 20 en el anexo.

La productividad puede variar con las especies, tamaño y estación, como también con el tipo de maquinaria de procesamiento utilizada. Por lo tanto, es normal esperar ciertas fluctuaciones en la productividad. Sin embargo, para alcanzar el máximo de productividad, se requiere un control cuidadoso de las etapas correspondientes al fileteado y separación de la carne.

En atención al máximo aprovechamiento de la materia prima, generalmente se recomienda el fileteado de las piezas de pescado de mayor tamaño y el descabezado y eviscerado, para las piezas más chicas (Tabla 3). También se debe prestar atención a la pérdida de finas partículas de carne durante las etapas de drenado y prensado. Como se muestra en la Figura 23, la productividad total puede ser mejorada significativamente recuperando las proteínas miofibrilares usualmente perdidas en el agua de lavado, con la recuperación de 4,3% de las proteínas miofibrilares y su incorporación en el refinado, el rendimiento de la materia prima pasa a ser de 19,5% a 23,8%.⁹

<i>Etapa del proceso</i>	<i>Aprovechamiento %</i>	
	<i>H&G</i>	<i>Filete</i>
Pescado entero	100	100
Filete (con piel)	-	38
Descabezado y eviscerado	60	-
Desmenuzado sin espinas	45	34
Desmenuzado lavado y drenado	31	24
Surimi	33	26

*Tabla 3: Aprovechamiento de la materia prima en las distintas etapas del proceso de elaboración de Surimi, usando H&G o filetes de Hoki.*⁹

7.13 - Ejemplificación de la elaboración de surimi abordo de buques factorías:⁹

Un barco surimero no sólo procesa surimi, sino que también procesa otros productos secundarios tales como huevas, harina y aceite de pescado. El único limitante en un proceso a bordo es el abastecimiento de agua dulce, la que debe ser generada a partir de la desalinización de agua de mar.

Una línea de procesamiento de surimi abordo (Figura 21, anexo) consiste de los siguientes pasos:

Bodega de almacenamiento: El pescado capturado se almacena en tres depósitos con agua de mar (< 8°C durante todo el año). Los depósitos se sitúan en popa, por delante de la rampa de popa. La capacidad total de almacenamiento de alrededor de 190 ton con un espesor de pila de pescado de 9 a 10 pies. Una serie de cintas transportadoras conducen el pescado por el depósito de almacenamiento a través del lavado y pesado hasta el fileteado. La primera cinta transportadora está hecha de malla metálica para permitir el drenado del pescado proveniente del depósito.

Clasificado: El pescado es enviado a la clasificadora en donde es seleccionado por el tamaño requerido en la máquina fileteadora. El pescado pequeño se envía a la planta de harina de pescado.

Lavado/Pesado: El lavado se realiza en un cilindro horizontal, de alrededor de 30 pies de largo y 4 pies de diámetro. Dentro del cilindro perforado hay un espiral que obliga al pescado a moverse bajo una lluvia de agua de mar a presión. El agua limpia de mar se toma de la proa de la embarcación. Este tipo de lavadora efectúa simultáneamente el total de la pieza, si ésta se ha descabezado previamente. La velocidad de rotación del cilindro es de 10 r.p.m. el pesado se realiza para poder estimar posteriormente los rindes del procesamiento.

Fileteado: Las fileteadoras (Toyo 708N o Baader 182) se colocan en paralelo a la cinta de alimentación. La Toyo 708N produce un corte mariposa con piel, quedando adheridos en el filete restos de aletas y peritoneo. La Baader 182 efectúa filetes con piel y los restos de

membrana son mínimos, resultando una alta calidad de desmenuzado en términos de color e impurezas, pero la productividad es ligeramente menor que en el caso del corte mariposa. La velocidad de producción ronda para ambas máquinas en 160-200 piezas/minuto, con un operario cuya tarea es colocar el pescado previamente descabezado en la máquina. Posteriormente, los filetes se transportan por cinta a la etapa de desmenuzado, mientras que los restos se destinan a la planta de harina.

Desmenuzado: Se utilizan tres máquinas desmenuzadoras con un tambor perforado (el tamaño de las perforaciones es de 4-6 mm). Cuando se colocan filetes con piel, la máquina normalmente se opera con una o dos personas que colocan el filete de forma tal de que éste presente la cara interna o sin piel hacia el tambor. De todos modos, esto resulta en un desmenuzado ligeramente coloreado, lo que no ocurre en caso del desmenuzado de filetes ya cuereados. La cinta de alimentación tiene una provisión para desviar los filetes dentro de un recipiente de retención, la cual actúa como un control de flujo o regulador de caudal cuando hay un exceso de flujo de filetes.

Primer lavado: Se realiza por una serie de dos tanques. Los tanques tienen fondos cónicos para facilitar la descarga y están equipados con agitadores con hojas axiales que giran a 5 r.p.m. Las entradas están en la parte superior y los conductos de efluente en el fondo. A partir de esta etapa, incluyéndola, se utiliza agua dulce. La proporción agua / desmenuzado es de 1:1 para el primer lavado. El agua dulce refrigerada ($< 10^{\circ}\text{C}$) se prepara a partir de agua de mar. Debido al bajo contenido de lípidos ($< 1\%$), en el procesamiento del abadejo de Alaska, no se elabora aceite de pescado.

Primer drenado: En esta etapa, se utiliza una serie de tres tamices rotativos, con un tamaño de perforaciones < 1 mm, que giran a 10 r.p.m. No se utiliza atomización interior, pero se usa agua de mar a alta presión atomizada desde el exterior para prevenir que se tapen las perforaciones. El desmenuzado proveniente de los tres tamices se reúne dentro de un tanque de equilibrio de 10-15 pie³ (283,2 - 424,8 litros) y luego es bombeado dentro de los tanques de segundo lavado usando una bomba (tipo de dos lóbulos).

Segundo lavado: Este sistema emplea una serie de cuatro tanques, los cuales son alimentados por un sistema de simple distribución. La alimentación se realiza de una manera sincronizada en donde uno o dos tanques son alimentados o vaciados, mientras el resto de los tanques están en operación. Esto permite una operación continua a diferencia del proceso discontinuo en el que la siguiente alimentación tiene que aguardar hasta que el lavado de la primera se complete. La razón agua / desmenuzado es de alrededor de 2:1, dos veces la cantidad de agua usada para el primer lavado. El uso estimado de agua es de 22000-44000 galones (83,27-166,54 m³) por día.

Segundo drenado: Se realiza con una serie de cuatro tamices rotativos en paralelo. Todos los tamices descargan en una sola tolva. Se efectúa atomización exterior con agua de mar a alta presión como en el primer drenado.

Refinado: El refinado se lleva a cabo en tres pasos usando cuatro refinadoras. El primer paso emplea dos refinadoras en paralelo, las cuales producen surimi de primer grado, constituyendo alrededor del 2/3 de la salida total. En la segunda etapa, lo descartado por las refinadoras anteriores, se bombea dentro de la tercer refinadora, la cual produce el surimi de segundo grado (ligeramente grisáceo). El desmenuzado producido a partir de las dos primeras etapas de refinado constituye más del 90% del total de producto terminado. En la tercera etapa, el descarte de la tercera refinadora, va a la cuarta refinadora, la cual separa el desmenuzado de tercer grado (grisáceo). El descarte de la cuarta refinadora se destina a la planta de harina de pescado.

Depósito luego del refinado: Un cajón de acopio unido a cada máquina refinadora aloja provisoriamente el flujo de descarte. Tiene paletas que giran horizontalmente y que mantienen el material en movimiento, contribuyendo a la alimentación de la bomba.

Prensado: Tres prensas se alinean para equilibrar las tres etapas de refinado, en atención al manejo de productos de tres diferentes grados de calidad. La primera prensa es la más amplia en tamaño y es usada para el primer grado de desmenuzado. La segunda y la tercera se usan para el segundo y tercer grado, respectivamente.

Mezclado: Tres mezcladoras refrigeradas se colocan al lado de las prensas. Una porción controlada de desmenuzado proveniente de la prensa se alimenta dentro de cada mezcladora. En esta etapa, se agregan los aditivos crioprotectores al desmenuzado y se mezcla un cierto período de tiempo.

Envasado: Cada línea está equipada con una envasadora de doble tornillo y balanza las cuales son operadas por una persona. En esta operación, se extrusionan 10 Kg de surimi con forma de panes y se envasa en una bolsa de polietileno. Una cinta de rodillos recibe el producto embolsado y lo transporta hasta el congelador. Se acostumbra utilizar bolsas de diferente color para identificar los productos de distintos grados.

Congelado: Los congeladores de placa horizontal se colocan en dos hileras. La capacidad total es de 70 toneladas por día.

Empaque: Luego del congelamiento, las bandejas se transfieren en una cinta de rodillos, para su desmolde. Posteriormente se colocan dos bloques (de 10 Kg) de surimi por cada caja de cartón corrugado. Se imprimen las leyendas legales en cada caja y se almacena en cámaras de congelado.

7.14 - Fabricación de surimi a partir de especies pelágicas

La fabricación de surimi a partir de pescados con gran proporción de músculo rojo, como es el caso de muchos pescados pelágicos sub-explotados, plantea una tecnología particular, debido a problemas específicos como son, el color del producto, el sabor particular de estos pescados, el pH bajo del músculo que produce un deterioro rápido del producto y la gran cantidad de grasa y músculo rojo.

Problemas específicos:

Rápido deterioro proteico después de la muerte: A efectos de la fabricación de surimi, la sardina y la caballa mantienen su estado de óptima frescura en hielo sólo por 1 a 3 días. Pasado este lapso de tiempo, la resistencia del gel de kamaboko obtenido es menor del valor mínimo aceptable (aproximadamente 400 g.cm). En ambos casos, los ejemplares pequeños pierden antes la frescura necesaria para que permitan obtener un buen surimi. Otro factor que afecta la resistencia del gel es la estación de captura, de forma que normalmente el músculo de las sardinas en verano proporciona geles de menor resistencia que en invierno, debido en parte a la mayor proporción de grasa y al calor ambiental.¹

Las especies migratorias, tales como sardina, caballa, etc., contienen gran cantidad de glucógeno que después de la muerte se degrada en ácido láctico, causando una drástica reducción del pH, lo que afecta seriamente a las propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares y particularmente, a la capacidad de formar gel.¹ Además, el músculo contiene una gran cantidad de histidina que después de la muerte pasa rápidamente a histamina, lo que puede originar reacciones alérgicas en algunos consumidores.⁶ Por estas razones, es importante neutralizar lo antes posible el músculo de pescado.

Otra característica importante de los músculos de sardina y caballa es que después de la muerte la actomiosina se desnaturaliza rápidamente.⁶

Gran contenido de proteína sarcoplasmática: Teniendo en cuenta que estos pescados tienen un alto contenido en proteínas sarcoplasmáticas y que éstas interfieren en el proceso de formación de gel, los lavados de este tipo de surimi deben ser especialmente intensos. Por

ello, dado que la proteína sarcoplasmática se disuelve mejor cuando el disolvente tiene cierta fuerza iónica, es necesario utilizar soluciones especiales de lavado. ¹

Alto contenido en músculo rojo: En sardina, caballa y jurel, la proporción de músculo rojo es de aproximadamente 10-20%. Teniendo en cuenta que en este músculo la proporción de proteína miofibrilar es mucho menor, y la de pigmentos mucho mayor, el resultado es un producto con una menor capacidad de formación de gel y con más color, por lo que resulta menos interesante. ¹ Además, los inconvenientes del músculo rojo son la mayor presencia de tejido conectivo, que hace que la textura sea dura y difícil de moler. ⁶

Por lo expuesto, es imprescindible eliminar el músculo rojo en los primeros estadios de la fabricación de surimi. Sin embargo, si se elimina por completo el músculo rojo, el rendimiento disminuye por lo que la cantidad de músculo rojo que se puede mezclar viene determinada por la calidad, el precio del producto y el rendimiento esperado. ⁶

Gran contenido de grasa: La mayoría de estos pescados tienen un alto contenido en grasa, especialmente en las estaciones de calor. Esta grasa, por supuesto, es necesario eliminarla del surimi, lo que plantea no pocos problemas. Interesaría quitarla antes de picar el producto, pues de lo contrario el músculo y la grasa se juntan y su posterior eliminación en el lavado se hace más difícil, aparte que la eliminación del agua de lavado con alto contenido en grasa puede plantear problemas según la legislación ambiental de cada país. ¹

Procedimiento de fabricación:

Existen varios procedimientos desarrollados en Japón para la fabricación de surimi a partir de pescados azules con gran cantidad de músculo rojo, como son gran parte de los pelágicos. Dos de ellos han sido aplicados comercialmente y los otros todavía se encuentran en período de investigación. A continuación, se describen someramente dichos métodos.

➤ *Método de la Asociación Japonesa de Fabricantes de Surimi:* Este método trata de aprovechar al máximo la maquinaria utilizada para la fabricación de surimi a partir de pescado blanco. Este proceso tiene varias ventajas como maquinaria barata, alta productividad y rendimiento y buen sabor. Sin embargo, tiene otros inconvenientes como son, color algo oscuro, baja resistencia de gel y algo de olor a pescado, todo esto debido a que no se elimina completamente ni la grasa ni el músculo rojo. Excepto el color, la calidad es igual que el surimi de segunda clase de abadejo de Alaska procesado en un barco factoría. ¹⁻⁶

La parte importante de este método de trabajo es que se desarrolla en tres ciclos: ¹⁻⁶

Primer ciclo: En una solución de bicarbonato sódico al 0,5% en cantidad de cuatro veces el peso del músculo, durante 20 minutos. El bicarbonato sódico sirve para neutralizar el pH del músculo y mejorar la capacidad de formación de gel (hace el “ashi” más fuerte). La separación de la solución se hace por decantación.

Segundo ciclo: En agua muy fría, en cantidad de cuatro veces la del surimi, durante 15 minutos. La separación del agua se hace por un cedazo o tamiz rotatorio.

Tercer ciclo: En solución de NaCl al 0,3%, en una cantidad de dos veces la del pescado, durante 10 minutos. El uso de la solución de NaCl facilita la separación posterior del agua en exceso, según se explicó anteriormente. La separación del agua se hace por un tamiz o cedazo rotatorio.

➤ *Método del chorro de agua:* Este método fue desarrollado conjuntamente por la Administración de Japón y la Compañía de Pesca Kyokuyo, aplicando el procedimiento de Horiguchi y Katayori, para separar el músculo blanco del resto, mediante un chorro de agua a alta presión, el cual proporciona, además, un lavado efectivo del músculo. ¹⁻⁶

Este método de duchado a presión se basa en el hecho de que el músculo rojo se adhiere más a la piel que el músculo blanco, el músculo blanco es más suave que el rojo, lo cual facilita la separación mecánica. ⁶

Con este método se extrae el músculo blanco casi sin contaminación de grasa y músculo rojo, dándole una apariencia agradable, eliminando el olor a pescado y conservando efectivamente la capacidad de formación de gel. Como desventajas se encuentra que el equipo del chorro de agua es relativamente caro y el rendimiento es pequeño.

En este método los pescados, después de descabezados, eviscerados y quitadas las escamas, se abren en mariposa y se sitúan hacia arriba, de forma que el chorro de agua dé directamente en el músculo blanco. El chorro ha de tener una presión de 10 a 20 Kg/cm², dependiendo del tiempo de exposición del pescado al chorro y del rendimiento que se requiera. De esta forma, el músculo blanco es fragmentado por el chorro, dejando atrás la piel con la capa de grasa subcutánea y el músculo rojo, recogándose en un cedazo vibratorio, donde se lava continuamente por duchado. Este músculo se deshidrata mediante una prensa de tornillo hasta que la humedad sea de alrededor del 80% y después pasa a los ciclos de lavado. El primero de estos ciclos se desarrolla en una solución de 0,05-0,1% de bicarbonato sódico en una cantidad de cinco veces la del músculo y durante veinte minutos. El segundo ciclo se desarrolla en agua, durante quince minutos, y una proporción agua-músculo de cinco a uno. La cantidad total de agua utilizada será de 30 a 40 veces el peso del filete, por lo cual generalmente ésta se recircula.¹⁻⁶

Usando este método se consigue un rendimiento de surimi de sólo 17-20% respecto del peso de pescado inicial.

➤ *Otros métodos:* Un método bastante moderno consiste en desmenuzar el pescado picado antes del lavado y después introducirlo en una solución de bicarbonato sódico al 0,8%. Después se lava. Con este método se obtiene un surimi de alta calidad, pero resulta demasiado caro.¹

Otro método llamado de *congelación rotacional*, consiste en lo siguiente: el filete se fija en un tambor de un congelador rotatorio y la piel, grasa subcutánea y parte del músculo rojo, se separan por una cuchilla vibratoria. Este método tiene la ventaja de que conserva la forma del filete; la desventaja es, sin embargo, que el músculo rojo no puede ser totalmente separado. Además la maquinaria es cara pues necesita equipo de producción de frío.⁶

La densidad del músculo rojo es menor que la del blanco a causa de su alto contenido en grasa. También ha sido estudiada la posibilidad de separar el músculo rojo y el blanco por *diferencia de densidades*. El desmenuzado puede ser suspendido en una solución de sacarosa de densidad media. El músculo blanco se recoge después de decantar.⁶

7.15 - Productos colaterales de la producción de surimi

Los más importantes productos secundarios que se pueden extraer en el proceso de fabricación de surimi son: huevas, harina, aceite y proteínas solubles.

Las *huevas* son un producto mucho más caro que el surimi, por lo que su extracción es de capital importancia. Asumiendo que el 50% del total de pescado sean hembras, y de acuerdo al desarrollo gonadal, se puede extraer aproximadamente hasta el 5% del peso total del pescado, lo que supone un gran interés económico. Durante la estación de desove del pollock de Alaska, las huevas son retiradas antes del fileteado. Desde que las huevas saladas tienen un alto precio, la extracción de huevas de buena calidad con una alta producción, constituye un importante factor económico en la elaboración de surimi. La extracción de las huevas puede ser realizada tanto manual como mecánicamente.⁶

De los desperdicios del pescado (cabezas, vísceras, espinas, piel, etc.) se obtiene la *harina* de pescado. El rendimiento puede llegar hasta el 20%.¹

El *aceite* de pescado se obtiene tanto de los desperdicios mencionados anteriormente como de las aguas de lavado. El rendimiento es entre 0,3 y 10% del pescado.

Las *proteínas solubles* que se disuelven en las aguas de lavado también se pueden recuperar por varios métodos, como electrocoagulación o por precipitación, con un simple calentamiento de las aguas de lavado.

7.16 - Proceso de tratamiento de las aguas de desecho

La elaboración de surimi requiere una gran cantidad de agua fresca durante el proceso de lavado, de 10 a 20 veces el peso de la carne desmenuzada, dependiendo de las especies, condición del pescado y el alcance de la limpieza requerida. En el presente, toda el agua usada durante el proceso de surimi se descarga como agua de desecho. Esto es preocupante, debido a que el agua efluente contiene en promedio de 3,4 gramos de proteína por litro (0,34%). Alrededor del 80% de las proteínas presentes en el agua de desecho es hidrosoluble. La cantidad total de proteínas perdidas es de aproximadamente 30% del peso de desmenuzado, y varía de planta a planta, dependiendo de la cantidad de agua usada y el número de ciclos de lavados empleado.¹²

Puesto que la carga de efluentes es demasiado alta para un tratamiento microbiológico convencional, se han desarrollado varios pre-tratamientos para remover las proteínas hidrosolubles, lípidos y partículas suspendidas.

Normalmente el agua de desecho es tratada solamente con un *método de barro activados*, o en combinación con un método de flotación por aire disuelto. En el último método, las proteínas se concentran en la superficie de las burbujas y forma una espuma a medida que el aire es burbujeado a través del agua, la espuma es luego removida de la fase de agua. La recuperación de las proteínas por el *método de flotación por aire* se realiza con metales tal como aluminio o hierro, o coagulantes tal como poliacrilato de sodio y quitosan. La remoción de las proteínas del agua tratada por un *método de electrocoagulación* es corrientemente usado en queserías y establecimientos procesadores de carne, en Estados Unidos, pero aún es experimental en Japón. El principio de este método radica en conseguir la floculación por neutralización electrolítica sobre las partículas de las proteínas. En este método, un depósito actúa como cátodo y una gran cantidad de ánodos se coloca en el agua a tratar para formar microburbujas de oxígeno e hidrógeno, las cuales causan que la proteína flocule. Una vez en la superficie, la floculencia es espumada fuera, de manera similar al método de flotación por aire.¹²

Paralelamente a estos esfuerzos por reducir la carga del efluente, se ha prestado mucha atención para reducir la cantidad de agua necesaria para los procesos de lavado. La introducción de una prensa de tornillo directamente luego del primer ciclo de lavado resultó efectiva en la reducción de la cantidad de agua requerida.⁹

8 - Calidad del surimi congelado

8.1 - Consideraciones microbiológicas en la elaboración de surimi ¹⁶

Como ya se ha explicado, el surimi consiste en pescado fresco desmenuzado y lavado, que ha sido estabilizado con aditivos crioprotectores y luego congelado. A causa del excesivo manejo, tanto sea por humanos y máquinas, aumenta la oportunidad de contaminación microbiana y su crecimiento, durante la elaboración de surimi. Recuentos aeróbicos en placa de surimi se encuentran en un rango de $1,6 \times 10^3$ a $8,3 \times 10^6$ por gramo.

En general, el surimi elaborado a bordo de los barcos factoría posee menor recuento microbiano comparado con el surimi elaborado en plantas en tierra. Esto no es sorpresa, debido a que los barcos surimeros reciben el pescado en óptimas condiciones de frescura. La diferencia radica en el crecimiento microbiano que ocurre en el pescado antes de su procesamiento. Sin embargo, existen variaciones entre el surimi producido en las mismas condiciones, que van en un rango desde $2,0 \times 10^3$ a $7,6 \times 10^6$ por gramo para el surimi estadounidense producido en plantas en tierra.

Es evidente la necesidad de poseer un conocimiento detallado de los microorganismos asociados con el pescado y los factores que influyen en la calidad microbiológica final del surimi.

Los microorganismos encontrados en el pescado fresco son originalmente de la piel, agallas e intestino. Recuentos microbianos de la piel oscilan entre 10^3 a 10^5 /cm², las agallas poseen recuentos de 10^3 - 10^4 por gramo, y los intestinos contienen 10^2 - 10^9 por gramo de microorganismos. Esta gran variación notada en el intestino se debe al estado de repleción estomacal encontrado en el momento del análisis.

Los géneros de microorganismos normalmente hallados en el pescado son *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Cytophaga*, *Vibrio*, *Aeromonas*, *Arthrobacter* y *Corynebacterium*.

El surimi elaborado a partir de pescado viejo contiene una carga microbiana tan alta como 10^6 por gramo. La composición de once muestras de surimi estudiadas muestra una flora microbiana que consiste de: *Pseudomonas*, 22%; *Acinetobacter*, 14%; *Moraxella*, 10%; *Vibrio* y *Aeromonas*, 10%; *Flavobacterium*, 9%; *Arthrobacter* y *Corynebacterium*, 8%; y otras incluyendo *Serratia*, *Cytophaga*, *Proteus* y *Enterobacter*, 15%.

Estudios sobre la microbiología del surimi y sus productos derivados, demuestran que la mayoría de las bacterias psicrófilas encontradas en surimi congelado se inactivan durante la elaboración de los productos derivados (“análogos”), debido al tratamiento térmico en la posterior pasteurización. Por lo tanto, los microorganismos encontrados en los productos análogos tienen su origen en contaminaciones posteriores al procesamiento térmico; igualmente se han encontrado bacterias termorresistentes que podrían haber sido introducidas mediante ingredientes (sorbitol, aromatizantes, colorantes, huevo entero en polvo, yema de huevo, clara de huevo, lecitina, etc.). Por lo que resulta obvio asegurar que no ocurra una contaminación post-proceso.

Los aditivos crioprotectores en el surimi son usados para preservar la capacidad de formación de gel de las proteínas miofibrilares. No resulta muy claro si los crioprotectores exhiben un efecto adicional de protección sobre los microorganismos. Ciertos informes muestran un efecto protector sobre *Escherichia* pero no sobre *Vibrio* spp. La sacarosa y el sorbitol en el surimi, sin embargo, actúan como nutrientes adicionales y sostienen mejor el crecimiento microbiano que el desmenuzado sin aditivos.

Contaminación microbiológica y crecimiento durante la elaboración de surimi:

El pescado, en buenas condiciones de frescura, tiene normalmente un bajo recuento microbiano, del orden de 10^3 a 10^4 por gramo. A medida que el pescado se descabeza, eviscera, filetea y se le retira la piel, el grado de lavado que recibe en cada etapa es crítica. Los contaminantes microbianos están inicialmente en la superficie y se remueven con el lavado. Si no son removidos, la etapa de desmenuzado que sigue distribuirá los organismos por toda la carne picada. Este desmenuzado, como se ha visto, es luego sometido a varias etapas de lavado y drenado, durante las cuales se han encontrado muy pequeños cambios en los recuentos microbianos. Las etapas de refinado y prensado concentran los sólidos, incluyendo la biomasa microbiana. La duración de estadía del surimi en estas máquinas es diferente y el crecimiento microbiano puede aparecer en una prensa de tornillo de lento movimiento. La etapa final de incorporación y mezcla de aditivos es la última oportunidad para la contaminación microbiana y su crecimiento.

Cualquier máquina o persona que manipule el desmenuzado puede contaminar el producto. Es sumamente importante la rigurosidad en la limpieza de las diversas máquinas utilizadas en la elaboración de surimi.

Aplicación del concepto HACCP en la elaboración de surimi:

El concepto del *Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control* (HACCP) fue introducido por primera vez en la Conferencia Nacional de Protección de Alimentos celebrada en Denver, Colorado, Estados Unidos, en 1971. El HACCP es un enfoque sistemático para identificar peligros (reales o percibidos) y estimar los riesgos que pueden afectar la inocuidad de un alimento, a fin de establecer medidas para controlarlos.

El sistema está basado en el conocimiento de los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en una o más etapas del procesamiento, pudiendo tomarse medidas para lograr el control de puntos considerados críticos. Un *punto crítico de control* (PCC) se define como un punto en las etapas del proceso donde la falla de un control puede resultar en un inaceptable riesgo para la salud del consumidor. Dado su carácter preventivo, la anticipación de los riesgos y la identificación de los puntos de control son los elementos fundamentales de aplicación de este sistema. Es un sistema de autocontrol por parte de la industria, la cual realizará monitoreos y registros permanentes, convirtiéndose en responsable directo. El sistema HACCP mejora el control de calidad en la industria alimentaria, dando seguridad de que los productos cumplirán las especificaciones sanitarias del mercado nacional e internacional; además, ayuda a ahorrar tiempo y dinero, ya que supone un esfuerzo organizado para planificar y controlar la calidad desde el principio, resultando en una menor proporción de reclamaciones por parte de los compradores. Este sistema es capaz de adaptarse a situaciones cambiantes, tales como adelantos en el diseño de los equipos, cambios en los procedimientos de procesado o nuevos desarrollos tecnológicos.

La elaboración de surimi está lejos de ser estandarizada. Una línea de surimi es usualmente una combinación única de máquinas fabricadas por distintas industrias. Algunas son aptas para su limpieza en el lugar (clean-in-place: CIP), pero la mayoría no, es más, lamentablemente es común encontrar máquinas con un diseño tal que dificulta la higiene de los distintos componentes. Algunas están refrigeradas, otras no. Algunas máquinas, debido a sus limitaciones de diseño, se convierten en un cuello de botella o bien permiten que la producción discurra semejando un flujo laminar. Debido a estas variaciones, para la aplicación del sistema HACCP en la elaboración de surimi, cada línea debe ser analizada por separado.

Una etapa crítica en la reducción de la carga microbiana es el fileteado.

En el refinado se debe evitar la elevación excesiva de temperatura que provee óptimas condiciones para el desarrollo de los microorganismos. También el prensado con prensas de

tornillo se identifica normalmente como un punto crítico de control, debido a que dicha máquina puede convertirse en un sitio propicio para el crecimiento microbiano. La adición de aditivos crioprotectores, el envasado y el congelado del surimi son otras etapas de control que asimismo pueden ser clasificadas como críticas, en los casos en que no existan o sean deficientes: los procedimientos de elaboración acorde con las especificaciones, las buenas prácticas de manufactura, de higiene y saneamiento, el monitoreo de datos inherentes al proceso, etc.

Esta clasificación de las etapas nombradas como puntos críticos, se basa en experiencias de la industria y puede coincidir o no de acuerdo al estado de cada establecimiento elaborador.

Como conclusión, es obvio que el surimi es un muy buen medio de crecimiento de microorganismos. Por lo que se deben tomar estrictas medidas de control para reducir la contaminación microbiana y su crecimiento durante la elaboración de surimi y la posterior elaboración de sus productos derivados.

8.2 - Evaluación de la calidad del surimi

El surimi es un concentrado de proteínas miofibrilares, principalmente actomiosina, la cual es solubilizada en sal durante el picado. El sol de proteínas solubilizadas o pasta, gelifica cuando se lo expone a elevadas temperaturas.

La *actomiosina* es el factor más importante en la formación del gel en el kamaboko y otros productos derivados y es posible determinar su velocidad de desnaturalización, sin embargo no es fácil determinar los factores que dificultan o impiden la formación del *ashi*, tales como la acción de las proteínas sarcoplasmáticas y el *modori**.

La medida de la cantidad de proteína que se extrae con soluciones salinas no se puede utilizar como índice, ya que no existe una clara correlación entre el *nivel de actomiosina extractable* y la capacidad de formar gel.⁶ A pesar de esto, existen diferencias entre la bibliografía consultada, ya que Lee (1984) asegura que el nivel de la actomiosina funcional determina la capacidad de formación de gel y la resistencia del gel. Según el mismo autor, el nivel de la actomiosina funcional, (medido como actomiosina extractable), se incrementa con un incremento en el número de ciclos de lavado y disminuye con la frescura del pescado; tal disminución en la actomiosina extractable puede ser explicada por la autólisis de los tejidos, que se incrementa con un almacenamiento extendido.¹² A su vez, Sikorsky, afirma que la solidez de los geles se correlaciona linealmente con la extractabilidad de la actomiosina y también con la actividad Ca^{2+} ATPasa.⁷

Por otro lado, es posible determinar, hasta un cierto punto, la capacidad para formar gel por el *perfil de sedimentación* obtenido en la ultracentrifugación de las proteínas miofibrilares, en el que una capacidad alta para formar kamaboko se manifiesta con un pico claro de actomiosina en el perfil de sedimentación de la fracción de proteínas solubles en soluciones salinas.⁶

La *actividad ATPásica* de la miosina es el índice más sensible para medir la desnaturalización proteica, por lo que la relación entre actividad ATPásica y la capacidad de formar kamaboko es lo que realmente se estudia.⁶

Por lo expuesto, la calidad del surimi congelado se puede medir por el índice de actividad de ATPasa; a modo de ejemplo, el efecto crioprotector de los azúcares y polifosfatos, y la desnaturalización proteica por congelación a distintos pH, se estudian actualmente utilizando este índice.⁶

* *Modori*: Mecanismo por el cual se destruye la estructura del gel a temperaturas próximas a 60°C durante un lento calentamiento.

Además, la calidad del surimi durante el almacenamiento congelado es también afectada por la temperatura de almacenamiento, período de almacenamiento, el nivel de humedad y el tipo y nivel de crioprotectores usado.¹²

La calidad del surimi se gradúa sobre la base de las condiciones químicas y visuales del surimi fresco y su capacidad de formación de gel.

El Subcomité Técnico del Comité de Surimi, correspondiente a *National Fisheries Institute* (NFI), fue formado en 1986 para direccionar métodos de ensayo estándar de evaluación de la composición del surimi y sus propiedades funcionales. Este régimen de testeo estándar sería capaz de definir las unidades o sistema de medida de cada propiedad y daría a la industria una especificación precisa y objetiva de la calidad del surimi, para definir contratos confiables entre comprador-vendedor, asegurando internamente el control de calidad y pronosticando en la formulación del producto la funcionalidad del surimi.¹⁶

Fue el consenso del subcomité que no se estableciera un sistema de grados para el surimi basado en el criterio de calidad de un grupo consumidor, o de un producto derivado en particular. Más bien, la calidad del surimi debería ser especificada simplemente basándose sobre las pruebas de mediciones estándar de muestras de lotes individuales. Este sistema concedería mayor flexibilidad a los compradores de surimi, los que por fin pueden valorar las propiedades particulares de interés para elaborar el producto deseado.¹⁶

Esta ha sido una de las dificultades del sistema de graduación japonés, el cual descende la calidad del surimi por cualquier defecto encontrado con respecto a su uso en la producción de kamaboko. En otras palabras, el grado de calidad está basado en la calidad del kamaboko hecho a partir del surimi congelado.¹⁶ Esto no es aplicable al surimi que va a ser destinado a otros usos, tales como palitos de pescado, hamburguesas, albóndigas, etc.⁶

Los métodos estándar (NFI, 1991) fueron desarrollados con mediciones de sólo aquellas propiedades del surimi fresco importantes en la formulación de productos en el presente, o que pueden incluir surimi como un ingrediente en el futuro. Los métodos estándar fueron establecidos tanto para la composición como para las propiedades funcionales.¹⁶

6.2.1 - Métodos estándar de N.F.I. para las propiedades de composición:¹⁶

Las propiedades de composición están medidas como un porcentaje de masa o volumen de una cantidad unitaria de surimi. Los constituyentes de mayor interés para el uso del surimi por los procesadores de alimentos son: proteína, humedad, grasa, y contaminantes visuales. Los “contaminantes visuales” son manchas coloreadas u oscuras, fácilmente distinguibles en contraste con las claras proteínas del músculo. La medida de partículas contaminantes no detectables visualmente, tales como escamas o espinas transparentes o ligeramente coloreadas, no se consideró un problema de suficiente magnitud como para justificar un procedimiento de examen estándar. Debido a que el pH es también una medida de la concentración de un constituyente (iones hidrógeno), su medición se incluye también como una propiedad de composición, a pesar del hecho de que el pH se utiliza originalmente como una medida indirecta de la funcionalidad (capacidad de formación de gel).

Contenido de proteínas:

El método estándar para la determinación del contenido de proteínas es el método Kjeldahl de determinación de nitrógeno. El factor de conversión 6,25 se utiliza en la conversión de % de nitrógeno a % de proteína. En el caso de especies o productos que contengan cantidades sustanciales de nitrógeno no proteico (tales como elasmobranchios, tiburón desmenuzado), se debe tener cuidado de no incurrir en errores en las mediciones del contenido proteínico.

Contenido de humedad:

El método estándar para la determinación de la cantidad de humedad es el método de secado en horno, utilizando un período de secado de alrededor de 18 horas a 100°C. El método de secado en horno al vacío, que es más rápido, puede ser un método alternativo. Se debe tener cuidado en la toma de muestras desde el centro del bloque a fin de evitar áreas deshidratadas por congelación en la superficie. Las muestras son pesadas en una balanza analítica a temperatura ambiente después de haberse equilibrado en un ambiente apropiado (normalmente se usa un desecador para enfriar la muestra). De esta manera se calcula la pérdida de peso de la muestra como humedad.

Contenido de lípidos (grasa):

El contenido de lípidos se mide por el procedimiento de extracción con cloroformo-metanol de Bligh y Dyer (1959). Los procedimientos de extracción con acetona no son recomendados.

Contaminantes visuales:

Los contaminantes visuales se evalúan de acuerdo al método estándar japonés. La técnica es la siguiente: Se pesan diez gramos de surimi fresco o descongelado, luego se aplastan hasta hacer una lámina de 1 mm o menos entre placas de vidrio transparente (aproximadamente de 10 cm x 10 cm). Los objetos que se encuentren superiores a 2 mm o más de diámetro se cuentan como 1 y los menores de 2 mm como 0,5. Los menores de 1mm no se cuentan. La suma se informa como el número de contaminantes visuales por unidad de área.

Medida del pH:

La medida del pH se efectúa diluyendo completamente en un vaso de homogeneización, diez gramos de surimi fresco o descongelado en 100 ml de agua destilada. Después se mide con pH-metro o en el caso de no disponer de él, con papel de pH. Si no se dispone de homogeneizadora el mezclado se puede hacer con mortero. Se debe prestar atención a la calibración adecuada del pH-metro y a la limpieza de los electrodos, así como también a los efectos de la temperatura sobre la medición. Las muestras de surimi fresco o de desmenuzado de pescado, pueden presentar variaciones en la lectura durante la medición, lo que se puede prevenir utilizando como medio de dilución una solución de iodoacetato de sodio.

8.2.2 - Métodos estándar de NFI para la medición de propiedades funcionales:

Las *propiedades funcionales* pueden ser definidas como el efecto inducido por un ingrediente tanto sobre las propiedades organolépticas de un alimento (sabor, olor, textura, apariencia, etc.), o sobre las propiedades mecánicas del alimento durante su procesamiento (bombeado, extruído, resistencia al desgarre o fractura, etc.). Esta definición indica que la expresión de una propiedad funcional no sólo es dependiente de la cantidad de ingredientes adicionados al alimento, sino que también es afectada por el proceso en el que la formulación del alimento fresco se expone a la elaboración.¹⁶

Las mediciones funcionales son usualmente realizadas mediante la preparación y procesamiento de la muestra, de manera tal que se asemeje lo más estrechamente al proceso normal de elaboración. Si la sustancia es el constituyente principal de los productos, como el surimi en el kamaboko, es innecesario añadir casi todos los ingredientes encontrados comúnmente en el producto (almidón, proteínas, etc.) para evaluar la funcionalidad del surimi. Sólo es necesario picar el surimi con sal y suficiente agua para aproximar el contenido

de sólidos del producto final, y luego cocinar la pasta durante un tiempo equivalente al usado en la elaboración del producto de interés.¹⁶

Los bloques de surimi se retiran de la cámara de congelado y se templean a temperatura ambiente por una hora o hasta llegar a una temperatura de aproximadamente -5°C . Se cortan en rebanadas o trozos y se pesa una cantidad apropiada (3 a 5 kg) que luego se coloca en una máquina tipo “silent cutter” con equipo de vacío. Se asegura la tapa y el surimi es molido con las paletas rotativas, a baja velocidad sin vacío durante 2 a 5 minutos.¹⁻¹⁶⁻¹⁷ Luego, se retira la tapa, y se rocía sobre el surimi la sal requerida y el agua fría para ajustar la mezcla a 2-3% de sal y 78% de humedad.¹⁶ Se vuelve a asegurar la tapa, se hace vacío y la mezcla se sigue picando a alta velocidad durante unos 10 a 15 minutos. Todo el material debe estar enfriado, pues la temperatura en ningún caso puede subir de los 10°C .¹⁶

La pasta se transfiere a una embutidora de salchichas, evitando la incorporación de aire en la masa. Dicha máquina coloca la pasta dentro de tubos de acero inoxidable de 19 mm, los que han sido previamente rociados con un agente con base de lecitina. Se debe evitar la incorporación de burbujas de aire en la pasta durante el llenado de los tubos. Se sellan los extremos de los tubos y se colocan los mismos en un apropiado baño de agua. El proceso conveniente tiempo-temperatura para el procesamiento térmico es:¹⁶

Capacidad de formar “setting”* (“suwari”) de baja temperatura: $0-4^{\circ}\text{C}$ por un espacio de 12 a 18 horas, seguido por un calentamiento a 90°C durante 15 minutos.

Capacidad “setting” de temperatura media: 25°C por un espacio de 3 horas, seguido por un calentamiento a 90°C durante 15 minutos.

Capacidad “setting” de alta temperatura: 40°C por un espacio de 30 minutos, seguido por un calentamiento a 90°C durante 15 minutos.

Evaluación de actividad de proteasa: 60°C por 30 minutos, seguido por 90°C por 15 minutos.

Efecto rápido de cocido: 90°C por 15 minutos.

Las determinaciones de color y sabor se realizan sobre muestras cocidas sólo a 90°C según el efecto rápido de cocido precitado.¹⁶

Luego del procesamiento térmico, los tubos son rápidamente transferidos a un baño de agua helada. Una vez enfriados, los geles se retiran de los tubos con un émbolo y se mantienen en bolsas plásticas selladas bajo examen. Las muestras deben ser observadas dentro de 24-48 horas de su preparación.¹⁶

Un método alternativo muy difundido en las plantas elaboradoras es el embutido de la pasta en una tripa de cloruro de vinilideno de 200-259 mm de largo y 48 mm de diámetro, sin introducir aire en la masa. Después se calienta entre 30 a 40 minutos a 90°C en un baño de agua. Inmediatamente después se enfría en agua helada, y se mantiene a temperatura ambiente durante 12-24 horas antes del análisis.¹⁻¹⁷

Con la pasta gelificada de surimi ya formada (kamaboko) se procede a hacer los análisis siguientes:

Determinación de las propiedades de formación de gel:

La capacidad de formación de gel de surimi se evidencia fundamentalmente por las propiedades reológicas del producto examinado cuando se lo somete a esfuerzos (deformación por tensión, compresión, cizalla y rotura). Para los geles, los cuales son completamente cohesivos/adherentes, una deformación por torsión es la única medida geométrica que permite un cálculo preciso de estas propiedades.¹⁶

* “Setting”: Cuando se calienta la pasta molida con sal, durante la elevación de temperatura se forma un gel ligeramente transparente denominado suwari en japonés. Este proceso se llama “setting” en idioma inglés, y se lo conoce como “asentado” en idioma español. Este tema se desarrolla en el punto 9.2.

Las muestras refrigeradas se dejan hasta alcanzar la temperatura ambiente (20-25°C) antes del examen. Se cortan las muestras con un largo de 28,7 mm con una sierra de guillotina y se fijan rápidamente a un disco de estireno con cola de cianoacrilato.¹⁶

La máquina formadora muele la muestra de una forma precisa, el mínimo diámetro debe ser 1.0 mm. La muestra molida es luego colocada en un viscosímetro rotacional especificado. La muestra es retorcida hasta el punto de corte mientras se registra con computadora o sobre papel, el torque vs. la rotación angular (deformación) producida. Mediante los diagramas obtenidos (Figura 22), se logra el máximo de torque y de deformación angular en el punto de corte.¹⁶

Bajo estas condiciones especificadas, el esfuerzo y la tensión efectiva de falla pueden ser calculadas a partir de valores mensurables.¹⁶

Interpretación de las mediciones de esfuerzo y tensión efectiva:

Estas mediciones de dos propiedades mecánicas principales e independientes indican la resistencia (tensión) y adherencia o cohesividad (tensión efectiva) de un gel de surimi. Un plano XY de estas mediciones suministra una especie de mapa de las propiedades de formación de gel de lotes individuales de surimi (o de productos finales preparados con formulaciones y parámetros de procesamiento específicos) en términos de propiedades texturales del gel. (Figura 23, anexo). Cambios en el proceso o en la formulación pueden resultar en diferencias de textura de los geles calentados, que son fácilmente seguidos como puntos en dicho mapa. Con la experiencia, las relaciones entre composición, procesamiento o variables en la formulación y su efecto sobre la textura del gel pueden establecerse fácilmente. Por ejemplo, se ha encontrado que variables tales como contenido de humedad y temperaturas de cocido afectan principalmente en un movimiento vertical (stress) sobre el gráfico, mientras que un movimiento horizontal es afectado principalmente por factores tales como la frescura del pescado usado para hacer surimi, la cantidad de lavados y el control de temperatura durante elaboración de surimi. Las especificaciones tanto para el surimi como para los productos terminados pueden ser descriptas como una ventana rectangular o circular, sobre la que se puede determinar si un producto se encuentra dentro o fuera de las especificaciones.¹⁶

*Determinación del color:*¹⁶

Es mejor medir el color del surimi instrumentalmente, en vez de una comparación visual con fotografías, en las que puede cambiar el color con el tiempo o por otras causas. Cualquier colorímetro competente de mediciones exactas, (Hunter, por ejemplo), usando el sistema $L^*a^*b^*$ de la CIE (Comisión Internacional de l'Eclairage). En cualquier escala **L** denota: la claridad en una escala de 0-100 desde el negro al blanco en escalas de gris; **a** denota: (+) tono rojizo o (-) tono grisáceo; y **b** denota: (+) tono amarillento o (-) azulado. La intensidad del color se determina como $(a^2 + b^2)^{1/2}$. Generalmente, el surimi tendrá un valor de **L*** de alrededor de 50, y valores bajos, cercanos a cero, de **a*** y **b***.

Para incrementar la confiabilidad y reproducibilidad de las mediciones con los instrumentos, se utiliza para calibrar la máquina un mosaico de color estándar aproximando el color y la textura de superficie de un surimi de alta calidad (elaborado a partir de pollock). Los valores de **L***, **a***, **b***, están impresos en cada mosaico estándar.

La muestra de gel cocido debe tener como mínimo un espesor de 5 cm y el doble de diámetro. Usualmente se rellena con la muestra una placa Petri de vidrio, y a continuación se realizan las mediciones.

Un índice de “blancura” particularmente útil en la evaluación del color en conjunto del surimi está determinada como menos de 100, la distancia en el espacio de color entre el punto de máxima blancura al punto que representa el color de la muestra. Se calcula como:

$$\text{“Blancura”} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

Se han publicado muchas otras fórmulas para calcular el grado de “blancura”, de modo tal que cuando la “blancura” se especifica, el método de cálculo puede ser estipulado. De todos modos, se recomienda que cuando se especifique el color del surimi, se detallen los tres valores principales, L*, a*, b*, ya sea que se haya calculado o no el valor de “blancura”. Por otra parte, en un informe de laboratorio, se debe especificar el instrumento de medición de color usado para realizar las mediciones.

Determinación de sabor y olor: ¹⁶

Las evaluaciones de sabor y olor son por naturaleza muy subjetivas, mientras que los análisis deben ser objetivos. En consecuencia, se ha determinado que para los propósitos del comercio, vendedores y compradores deben definir sus propios criterios de olor/sabor. Para los propósitos de investigación, es más conveniente dirigir perfiles de muestras usando paneles entrenados para medir las notas predominantes de olor/sabor y sus intensidades. Es recomendable que las muestras a ser usadas en dicho análisis sean preparadas con un calentamiento a una temperatura mínima interna de 85°C por 25 minutos. Generalmente es mejor distinguir entre aquellos sabores y olores característicos comunes a las especies, o propios de los aditivos normales que contiene el surimi contra aquellos sabores/olores característicos que indican un deterioro o mal manejo.

8.2.3 - Otros métodos de medición de las propiedades funcionales del surimi: ¹⁶

Los japoneses originaron la industria surimera y han desarrollado una serie de métodos empíricos para la medición de las propiedades funcionales del surimi, a las cuales ellos aún se adhieren de una forma u otra. La experiencia de muchas compañías de Alaska es que los métodos varían un poco con las compañías individuales japonesas o los tecnicismos, creando confusión en la interpretación de resultados.

En 1985, se llevó a cabo una cuidadosa comparación de lo que es actualmente el método estándar N.F.I. para la medición de la capacidad de formación de gel en el surimi, con el método japonés. En este trabajo, se destacaron significativos errores en mediciones que podían ser esperados con el método japonés. Sin embargo, la actual dominación de la industria de surimi por intereses japoneses, así como la relativa facilidad en la conducción de los exámenes japoneses con respecto a los exámenes estándar de N.F.I., hacen evidente la indudable persistencia de los métodos japoneses en la industria surimera algún tiempo más.

Otras técnicas han sido propuestas y usadas en algún grado en investigaciones o en el control rutinario de calidad, pero de usos limitados. Frecuentemente, en los establecimientos elaboradores, puede resultar útil el empleo de técnicas de medición que son más rápidas que los métodos estandarizados, aún cuando la exactitud o la precisión se vean comprometidas. En vista de que tales métodos no resultan fidedignos, no se recomienda su uso en lo que respecta al manejo comercial.

El sistema japonés de medición estándar de la calidad

La normalización de los métodos para la determinación de la calidad se estableció en Japón en 1980, como resultado de estudios y reuniones entre varias compañías interesadas, y el Laboratorio de Pesquerías Tokai. Los métodos propuestos se resumen en las tablas 4 y 5.

Lo siguiente es un comentario de estos métodos, los cuales se encuentran divididos en análisis realizados sobre el surimi como materia prima y análisis realizados sobre el gel cocinado (kamaboko).

Análisis de la Materia Prima:

Los exámenes realizados sobre muestras de surimi como materia prima (sin cocinar), tales como: pH, color, exudado bajo presión, y viscosidad, son pruebas indicadores de las propiedades funcionales, las cuales se expresan totalmente cuando la pasta es tratada con calor, en la forma de gel. Por ejemplo, el *pH* y las *propiedades de ligar agua* del surimi se relacionan con las propiedades de ligar agua y de formación del gel cocido, pero no necesariamente pronostican exactamente lo último. El *color* (blancura) se afecta generalmente con la coagulación de la proteína en las muestras de surimi calentado y la inclusión de burbujas de aire tanto en la muestra calentada o no, de modo tal de incrementar la dispersión de la luz y otorgar una apariencia más blanca. La *viscosidad* es frecuentemente un indicador útil de la calidad de las proteínas a causa de sus cambios como la desnaturalización de las proteínas. Sin embargo, se ha documentado casos en los que la viscosidad de la pasta de surimi no se correlacionaba con la textura del gel. A causa de que estas pruebas sobre el surimi como materia prima, son sólo mediciones indirectas de las propiedades importantes, se prefieren mediciones directas de las propiedades funcionales sobre un gel completamente cocido. De lo contrario, en vista de que la relación entre estas pruebas indirectas y las propiedades mencionadas no son completamente conocidas, es posible que una muestra de surimi pueda presentar características indeseables en estas pruebas indirectas, y aún así cumplir satisfactoriamente en la aplicación del producto (y viceversa).

Análisis del gel cocido (kamaboko):

La preparación de las muestras incluye ciertos pasos críticos, tales como el tiempo y grado de picado, la temperatura final, el grado de incorporación de aire y la presión realizada al envasar la pasta en la tripa o tubo. Estos son pasos que pueden afectar las propiedades texturales del producto terminado.

La inclusión de almidón de papa incrementa las mediciones de la fuerza de punción, en una cantidad que depende tanto de la calidad del almidón usado, como de la cantidad de agua que absorbe durante el cocido. Además, la cantidad de humedad de la muestra también afecta las mediciones.

La pasta se embute dentro de una tripa o tubo de material plástico. Mientras el protocolo especifica un diámetro de 48 mm, la industria usa más comúnmente una tripa de 30 mm de diámetro. Posteriormente, se coloca en un baño de agua caliente (90°C) y se mantiene completamente sumergida durante la cocción.

El enfriamiento se efectúa mejor en una mezcla de agua y hielo. Se retira la tripa de la muestra, y se corta la pasta en trozos de 25 mm de largo para el ensayo.

En cuanto a las técnicas de medición de la *textura del gel*, se utiliza tanto el gelómetro Okada (Figura 24, anexo) como un reómetro electrónico. El primero es un instrumento cómodo de usar, que impulsa el émbolo o penetrómetro con una fuerza creciente (a velocidad variable). Las velocidades del émbolo son muy lentas en comparación con las usadas en el reómetro moderno, el cual impulsa el émbolo a velocidad constante (especificada).

Las muestras cortadas se centran bajo los 5 mm de diámetro del émbolo del reómetro, y se inicia el ensayo. Al aplicar presión con el vástago, la muestra se deforma gradualmente hasta que se rompe, obteniéndose por medio de un quimógrafo las curvas de fuerza versus deformación. La fuerza del *ashi* se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Fuerza del ashi (g.cm)} = \text{Carga (g)} \times \text{Grado de deformación (cm)}$$

La curva generada se parece a la del análisis de torsión (Figura 22): una respuesta casi lineal de fuerza versus deformación hasta el punto de falla. El análisis de punción es conocido particularmente por sobreestimar la capacidad de gelificación de las proteínas del surimi de alta calidad, en relación con las mediciones realizadas por torsión, de tal modo que las mediciones de punción no son útiles para predecir las propiedades de gelificación del surimi.

A partir de lo expuesto, resulta obvio que la textura de los geles de surimi es un atributo que depende de la resistencia y de la cohesión. El protocolo japonés de análisis llama al producto de estas dos variables: “*resistencia de gel*” (“jelly strength”), lo cual oculta la contribución relativa de cada uno de los atributos mencionados a la textura del gel. Por ejemplo, usando esta aproximación, un gel blando pero cohesivo proporcionaría el mismo puntaje de “resistencia de gel” que una muestra resistente pero más fluida.

Por otro lado, en el kamaboko con ashi fuerte, el agua no se puede extraer por presión manual; sin embargo esto es bastante fácil en kamaboko con ashi débil. En vista de lo anterior, se ha desarrollado un método para determinar la calidad del ashi (textura elástica) midiendo la *cantidad de agua extraída por presión*. En la bibliografía se denota cierta diferencia en cuanto al método o protocolo de este ensayo, ya sea se aplique al surimi o al kamaboko. Según Suzuki ⁶, en el método desarrollado por Okada, se coloca la muestra de kamaboko entre dos papeles de filtro. La muestra debe tener 2 cm de diámetro por 0,3 cm de grueso y aproximadamente 1 gramo de peso. Luego se ejerce presión con una prensa pequeña (Figura 25, anexo) a una presión fija (por ejemplo 10 kg/cm²) durante un período determinado tal como 20 segundos. La diferencia de peso antes y después de ejercer la presión expresada en porcentaje, refleja la cantidad de agua. Cuanto menor es el porcentaje de agua extraída por presión, más alta será la calidad de la muestra analizada.⁶ El modo de realizar el mencionado ensayo para el surimi se detalla en la Tabla 4.

El *análisis sensorial* descrito para el análisis del gel es obviamente más subjetivo que los métodos instrumentales y por lo tanto, menos preciso debido a la variación en el puntaje otorgado por el panel de jueces.

El *ensayo de plegado* se utiliza para determinar el grado de fuerza del “ashi”. Este ensayo se realiza plegando lentamente por la mitad, una rebanada de 3 mm de espesor del gel, mientras se examina la rebanada por signos de falla estructural (grietas). La cantidad mínima de dobleces requerida para producir una fisura en el gel determina el puntaje para este ensayo. Si se compara los resultados de este ensayo con las mediciones de torsión, se concluye que el ensayo de plegado es adecuado para la separación de surimi de alta y baja calidad, pero no es sensible a diferencias en calidad de surimi con capacidades de gelificación de buena a excelente.

Las *mediciones de color* descritas por el protocolo de ensayo japonés no especifican el espesor o diámetro de las muestras, factores que pueden afectar de forma considerable las mediciones. La “blancura” se especifica por la determinación CIE “Z”, mientras que el brillo por la determinación “L” del sistema Hunter. Ambas son mediciones que ignoran la contribución de otros componentes (“X” e “Y” en CIE, “a” y “b” en el sistema Hunter) que pueden influenciar considerablemente la percepción visual del color.

Tabla 4: Sistema de Testeo Japonés de Calidad del Surimi Congelado ¹⁻⁶⁻¹²⁻¹⁶

Item	Procedimiento	Comentarios																						
<p>1 – METODOS OBLIGATORIOS</p>																								
<p>a – Humedad</p>	<p>Descongelar el bloque de surimi en la bolsa de polietileno (cerrada, para prevenir la evaporación). Tomar una porción cuando el bloque esté semidescongelado.</p> <p>Antes de que la muestra llegue a 0°C, tomar 5-10 gramos en un pesa-substancias (previamente tarado). Introducir el pesa-substancias sin tapa en una estufa eléctrica regulada a 100-105°C hasta que esté seco el producto. Luego sacar el pesasubstancias y enfriarlo en un desecador, pesar otra vez y medir la pérdida de peso. Repetir esto hasta peso constante. Calcular la pérdida de peso de la muestra como humedad. La determinación se debe hacer por triplicado.</p> <p>Cuando el secado se haga por infrarrojos se toman 5-10 gramos en las mismas condiciones que antes y se corta en finas lonchas antes de ponerlo en el plato de secado.</p> <p>En cualquier caso se deben hacer tres o cuatro repeticiones. La medida se dará en porcentaje.</p> $\text{Hum}(\%) = \frac{\text{Peso pre-drenado}(\text{g}) - \text{Peso post-drenado}(\text{g})}{\text{Peso pre-drenado}(\text{g})} \times 100$	<p>No se debe retirar el surimi de la bolsa de polietileno durante el descongelamiento.</p> <p>La colocación de surimi congelado dentro de un pesa-substancias, puede ser causa de error, debido a condensación sobre la superficie exterior del recipiente.</p>																						
<p>b – pH</p>	<p>Se coloca en un vaso de homogeneización 45 ml de agua destilada con 5 g de muestra descongelada y se homogeneiza. Luego se realizan las mediciones con un pH-metro. Este análisis se debe hacer por duplicado.</p>	<p>Agregar agua al surimi en una proporción de nueve a uno.</p> <p>El mezclado puede efectuarse con un mortero.</p> <p>En caso de no disponer de un pH-metro, puede utilizarse papel de pH.</p>																						
<p>c – Detección de impurezas</p>	<p>Se aplasta 10 gramos de surimi completamente descongelado hasta hacer una lámina de 1 mm o menos, (tamaño 10 cm x 10 cm). Los objetos que se encuentren superiores a 2 mm o más se cuentan como 1, y los menores de 2 mm como 0,5. Los menores de 1mm no se cuentan. La evaluación final se hace como sigue:</p> <table border="0" data-bbox="544 1509 975 1845"> <thead> <tr> <th>Puntos</th> <th>Número de impurezas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>1 – 2</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>3 – 4</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>5 – 7</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>8 – 11</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>12 – 15</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>16 – 19</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>20 – 25</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>26 – 30</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>+ de 30</td> </tr> </tbody> </table>	Puntos	Número de impurezas	10	0	9	1 – 2	8	3 – 4	7	5 – 7	6	8 – 11	5	12 – 15	4	16 – 19	3	20 – 25	2	26 – 30	1	+ de 30	<p>Las impurezas para el propósito de este ítem son definidas como trozos de peritoneo, espinas, etc.</p>
Puntos	Número de impurezas																							
10	0																							
9	1 – 2																							
8	3 – 4																							
7	5 – 7																							
6	8 – 11																							
5	12 – 15																							
4	16 – 19																							
3	20 – 25																							
2	26 – 30																							
1	+ de 30																							

<p>2 – METODOS OPTATIVOS</p> <p>a - Medida de blancura:</p> <p>b – Medida de luminosidad</p> <p>c – Exudado bajo presión (drip)</p> <p>d - Viscosidad</p>	<p>Rellenar una placa Petri de vidrio y medir con un medidor de color (Hunter, por ejemplo), usando el sistema x, y, z de la CIE (Comission International de l'Eclairage). Hacer tres o más repeticiones.</p> <p>Con la misma muestra determinar el valor L del sistema L, a , b de la USC (Universal Chromatic Scale). Hacer tres o más repeticiones.</p> <p>Colocar 50 gramos de surimi descongelado en un cilindro de 35 mm de diámetro y 150 mm de longitud. Aplicar sobre el surimi un peso de 500 gramos, y después de 5-10 minutos, otros 500 gramos. Mantener el peso total de 1000 gramos durante 20 minutos. Después determinar la cantidad de exudado eliminado. Expresar el resultado en porcentaje.</p> <p>Exudado (%) = (Peso exudado / Peso muestra) x 100</p> <p>Se toman 143 gramos de surimi descongelado y se le añaden 857 ml de solución de NaCl al 3,5% (para que resulte una concentración final del 3%). La salmuera se debe enfriar previamente a 10°C. Homogeneizar esta mezcla a 5-10°C durante un tiempo aproximado de 8 minutos. Después se mantiene el homogeneizado 40 minutos y se mide en viscosímetro rotatorio con cuidado que la temperatura nunca suba de 10°C ± 0,5 y a una velocidad de 15 rpm (4rps).</p>	<p>Descongelar la muestra de surimi naturalmente para las mediciones de exudado.</p> <p>El cilindro debe estar cerrado en su cara inferior por una tapa horadada con numerosos agujeros de 3 mm.</p> <p>En lo posible, el vaso del homogeneizador debe tener un sistema de prevención de espuma, de lo contrario, conviene llenar el vaso completamente.</p> <p>El viscosímetro generalmente utilizado es Brookfield (Tokyo Instruments, Modelo C).</p>
--	---	---

Tabla 5: Sistema de Testeo Japonés para el Kamaboko ⁶⁻¹⁶

<i>Item</i>	<i>Procedimiento</i>	<i>Comentarios</i>
1 – Preparación de la muestra		
a.1 – Muestra sin almidón	Se toman 3 a 5 Kg de surimi semidescongelado (0-5°C) y se corta en pequeños trozos. Se muele en una amasadora durante 30 minutos, o se pica en una “silent cutter” durante 5 minutos. Después de añade cloruro sódico, en una proporción del 3%, y se continúa el picado alrededor de 10 minutos en la “cutter”, o 30 minutos en la amasadora o mortero. El surimi se conserva por debajo de 10°C.	Todo el material debe estar enfriado, pues la temperatura en ningún caso puede subir de los 10°C (para preservar la funcionalidad de la actomiosina).
a.2 – Muestra con almidón	Usando el mismo procedimiento adoptado con la muestra sin almidón, se adiciona 3% al 5% de almidón de patatas a la pasta de desmenuzado (en términos de peso del surimi), luego mezclar el tiempo adecuado.	Se agrega almidón de patatas de acuerdo al grado de calidad: cero para el grado AA, 3% para el grado A, y 5% para el grado B.
b – Envasado	Se envasa alrededor de 150 gramos del producto obtenido en tripas de cloruro de vinilideno de 48 mm de diámetro y aproximadamente 200-250 mm de largo.	Se deben cerrar los extremos de los tubos. Cuidado en no introducir aire en la masa.
c - Calentamiento	El producto se calienta en un baño de agua entre 30 y 40 minutos a 90°C.	
d – Enfriado	Se sumerge inmediatamente el producto en agua fría. Luego se mantiene a temperatura ambiente durante 12-24 horas antes del análisis.	
2 – Métodos para determinar la calidad	Para realizar los siguientes análisis, el kamaboko formado se debe dejar a temperatura ambiente entre 18 a 48 horas.	La temperatura de las muestras debe encontrarse entre los 20°C y 30°C.
a – Resistencia de gel	<p>La resistencia de gel puede ser medida tanto con un reómetro como con un gelómetro Okada, equipados con un penetrómetro de 5 mm de diámetro. Las probetas que se usan para el análisis consisten en rodajas de la muestra de 30 mm de diámetro y 25 mm de longitud. Para realizar este análisis, se quita la tripa de la muestra.</p> <p>Se sitúa la probeta de tal forma que el penetrómetro coincida con el punto central. La velocidad de penetración debe ser mínima. Cuando el gel pierde la resistencia y se rompe, se mide la fuerza y la profundidad de la depresión conseguida antes de la ruptura.</p> <p>La fuerza (W) se mide en unidades de peso: gramos. La profundidad de la depresión (L) se expresa en unidades de longitud: centímetros. El producto de ambos (W x L), se denomina resistencia del gel (g.cm).</p>	<p>Cuanto mayor sea el diámetro del penetrómetro, mayor será la variación en elasticidad (W: g), y cuanto menor sea dicho diámetro, mayor será la variación en depresión (L: cm).</p> <p>Este análisis se repite tres o más veces.</p>
b – Blancura del gel	Se mide como en el surimi.	
c – Luminosidad	Se mide como en el surimi.	
d – Análisis sensorial	Se utilizan rodajas de 5 mm de espesor. Se aplica una escala de 10 puntos, con un panel de tres o más jueces entrenados. Como características sensoriales se deben medir dureza en la textura y elasticidad. La evaluación se debe	

<p>e – Análisis de plegado</p>	<p>expresar en términos de resistencia estructural, y el puntaje se realiza de la siguiente manera: Extremadamente firme: 10 Muy firme: 9 Firme: 8 Ligeramente firme: 7 Normal: 6 Ligeramente blando: 5 Blando: 4 Muy blando: 3 Extremadamente blando: 2 Frágil: 1</p> <p>Se cortan rodajas de 3 mm de espesor. Se toman las rodajas entre el dedo pulgar y el índice, y se dobla para observar si se rompe y en qué medida. Se analizan cinco trozos de cada muestra.</p> <p>La evaluación se realiza con una escala de cinco puntos: Grado 5: No se rompe después de doblar dos veces. Grado 4: No se rompe después de doblar una vez. Grado 3: Se rompe gradualmente cuando se dobla. Grado 2: Se rompe inmediatamente cuando se dobla por la mitad. Grado 1: Se rompe simplemente al apretar con el dedo.</p>	<p>El espesor de las rodajas difiere del usado para el anterior análisis.</p> <p>La relación con el método convencional de evaluación es la siguiente: 5 = AA, 4 = A, 3 = B, 2 = C, 1 = D.</p>
--------------------------------	--	--

Sistema japonés para establecer la calidad del Surimi

Aparentemente, no existe un criterio uniforme entre los procesadores de surimi. Un reporte editado por Ashenden Pacific Marketing (1983) señala para el surimi elaborado en tierra, diferentes estándares publicados por All Japan Frozen Fish Meat Association (AJFFMA) y la Asociación Hokkaido de Surimi (HSA). Estos separan el surimi producido a partir de pollock en seis y cuatro grados de calidad, respectivamente. El primero abarca contenidos de humedad en un rango de 79 al 82%, mientras que el posterior expone un rango de 75 al 78%. La razón para esta discrepancia en contenidos de humedad puede yacer en las distintas cantidades de agentes crioprotectores agregados en estos dos métodos distintos de clasificación (5% para la escala de AJFFA y 10% para la escala de HSA), como también por el hecho de que la escala HSA está dada para el surimi salado (“surimi-ka-en”).¹⁶

La clasificación del surimi representa esencialmente un proceso de dos etapas en Japón: el surimi se clasifica primero por el contenido de humedad y frescura del pescado que proviene, lo que entonces determina las cantidades de almidón a agregar, que a su vez dependen de la posterior evaluación de las propiedades de formación de gel. De acuerdo a los protocolos de calificación de AJFFA y HSA, parecería que luego de la adición del almidón, el surimi tiene que obtener un puntaje correspondiente a la calificación “AA” (doble plegado sin fisuras) en el ensayo de plegado.¹⁶

A pesar de la lista de AJFFA de seis grados o calidades, el reporte mencionado inicialmente señala que, esencialmente sólo tres grados del surimi elaborado en tierra se comercializan, los que a su vez se califican como clase especial (SA), primera clase (A) y segunda clase (B). El producto de segunda clase representa cerca del 99% de la producción total de surimi en tierra.¹⁶

El mismo reporte afirma que existen hasta seis calidades para el surimi procesado a bordo, las cuales representan el número de secuencias a través de las cuales el producto es procesado antes de alcanzar el estándar aceptable de excelencia.¹⁶

Miyauchi presenta un criterio de calificación para el surimi sin sal (“surimi-mu-en”) de abadejo de Alaska, establecido por HSA en 1965 (tabla 6). Dicho criterio coincide con el presentado por la Dra. Tanaka Suzuki. Presenta tres grados para el surimi procesado a bordo y cuatro grados para el surimi procesado en tierra. En la preparación del kamaboko para el ensayo de plegado, se agregan distintas cantidades de almidón. Estas cantidades, como se mencionó anteriormente, dependen de la calidad potencial del surimi, que a su vez depende de la frescura del pescado. También una alta cantidad de humedad del desmenuzado lavado permite que la cantidad de almidón usado se incremente.¹⁵

Grados	Frescura del pescado	Contenido de humedad de la pulpa lavada (%)	Aditivos usados				Cantidad de almidón usado en el “Kamaboko” preparado para el ensayo de plegado (%)
			Azúcar (sorbitol) (%)	Sorbitol (%)	Glucosa (%)	Polifosfato (%)	
SA	Pescado de un día a bordo en rigor	79	-	5	-	0,2	0
A	Pescado de un día post rigor	80	5	-	-	0,2	3
			-	5	-	0,2	
			-	-	5	0,2	
B	Pescado en hielo durante 1 a 3 días	82	5	-	-	0,2	5 - 7
			-	-	5	0,2	
C	Pescado en hielo durante 3 a 4 días	83	5	-	-	0,2	10
			-	-	5	0,2	

*Tabla 6: Grados de calidad para el surimi sin sal elaborado a partir de abadejo de Alaska (Theragra chalcogramma), establecidos por la Hokkaido Surimi Association en 1965.*¹⁵

En resumen, existen varios criterios que difieren entre sí, pero en el Taller de Trabajo sobre Surimi realizado en 1984 en Seattle, Estados Unidos, se presentó un criterio común para la asignación de grados al surimi producido tanto en tierra como a bordo (Tabla 7). En esta escala, se especifica que sólo se agrega un 5% de agentes crioprotectores, y el ensayo de resistencia de gel se realiza con almidón y sin almidón. El contenido de humedad se regula muy estrechamente a un bajo nivel en todos los grados.¹⁶

Grados	Análisis del surimi como materia prima			Análisis del Kamaboko (con almidón)				Análisis del Kamaboko (sin almidón)			
	Humedad (%)	pH	Impurezas (suma total)	Resistencia del gel g.cm (3% de almidón)	Plegado (puntaje)	Grado de ashi (suma total)	Blancura (grado)	Resistencia de gel (g.cm)	Plegado (puntaje)	Grado de ashi (suma total)	Blancura (grado)
<i>Surimi de barcos factorías</i>											
1	75 ± 0,5	>7.0	10.0	> 900	10	10	>60.0	>680	10	10	>46
2	75 ± 0,5	7.0	9.0	> 900	10	9	>59.0	>680	10	9	>45
3	75 ± 0,5	7.0	> 8.0	> 850	>8.5	> 8.0	>58.0	>649	8.5	>8.0	>43
4	75 ± 1.0	7.0	> 6.0	> 700	>7.5	> 6.0	>55.0	>520	7.5	>6.0	>38
5	75 ± 1.0	7.0	> 5.0	> 600	>7.0	> 5.0	>52.0	>440	7.0	>5.0	>35
6	75 ± 1.0	7.0	> 4.0	> 450	>6.5	> 4.0	>50.0	>310	6.5	>4.0	>32
<i>Surimi de plantas en tierra</i>				Force strenght (g)				Force strenght (g)			
Especial	77	-	-	-				350 g	10		
1	78	-	-	330 (3% de almidón)	10	-	-	-	-	-	-
2	79	-	-	300 (5% de almidón)	10	-	-	-	-	-	-
Fuera de grado	80	-	-	300 (10% de almidón)	10	-	-	-	-	-	-

Tabla 7: Estándares de Calidad de Surimi libre de sal.

8.2.4 - Calidad nutritiva del surimi y productos derivados ¹⁸

Durante la década del ochenta, la *National Food Processors Association* (NFPA) realizó dos proyectos referidos a la calidad nutritiva del surimi y sus productos derivados. El primer proyecto patrocinado por la *New England Fisheries Development Foundation* trata sobre el contenido de nutrientes de ciertos alimentos de origen marino y algunos productos derivados de surimi. El segundo proyecto es patrocinado por el *National Marine Fisheries Services* y hace referencia a la evaluación de los efectos del procesamiento sobre la composición nutritiva y el seguimiento de la calidad de los nutrientes durante dos años de vida útil.

Como parte del primer estudio, la NFPA utilizó muestras de langostino, vieiras, pollack, y patas de cangrejo. Los resultados se compararon con los correspondientes a muestras de surimi (obtenido de bloques congelados) y productos derivados de surimi. A causa de que los productos de surimi requieren cierto tratamiento térmico, éstos fueron comparados con los niveles de nutrientes esperados en alimentos marinos cocidos.

En general, los alimentos de origen marino constituyen buenas fuentes de proteínas y existen procesos que podrían bajar significativamente el contenido de proteínas o disminuir la calidad de las proteínas. Esto, como consecuencia podría levantar interrogantes concernientes a la conveniencia de la tecnología aplicada.

Hay variación en los niveles de proteínas encontradas en los alimentos de origen marino. El langostino contiene aproximadamente 38% de los Aportes Dietéticos Recomendados (RDA)* de proteína, mientras que el pollack o abadejo de Alaska contiene 30%. El surimi contiene aproximadamente 34% del RDA de proteína, mientras que los productos reestructurados contienen 28%. Aunque los productos de surimi contienen el 75% de proteína encontrada en el langostino cocido, éstos se comparan mejor con el pollack asado. Este resultado no es ninguna sorpresa ya que la mayoría de estos productos derivan de surimi realizado a partir de pollack.

Si bien el contenido de proteínas resulta cercano al nivel esperado, surge la pregunta relativa a si la calidad de las proteínas resulta afectada por las técnicas de procesamiento. Para responder esta pregunta, se han realizado estudios referidos al coeficiente de eficacia proteica (PER)** de alimentos de origen marino, incluyendo surimi y sus productos.

La caseína es generalmente usada como una proteína de referencia y tiene un PER de 2,50. Todos los productos testeados, con excepción de las vieiras, tienen proporciones elevadas de caseína y todos tenían proporciones de aproximadamente 3,0 o más. Las vieiras fueron una interesante excepción, ya que las ratas perdían peso. La respuesta a este fenómeno no involucra a la calidad de las proteínas en sí sino, a la presencia de la actividad tiaminasa en las vieiras, debido a que las ratas tienen una deficiencia en tiamina y, si se acompañara el bioensayo con inyecciones de tiamina, el crecimiento en peso de las ratas sería el esperado en los otros casos. Ninguno de los otros alimentos de origen marino o de las muestras de surimi resultaron ser significativas fuentes de tiamina o riboflavina, y contienen 3% o menos de estas vitaminas.

* *Aportes Dietéticos Recomendados (RDA) de los EE.UU.*: Los RDA se han definido como “los niveles de ingesta de nutrientes esenciales que el *Committee on Dietary Allowances* del *Food and Nutrition Board* considera adecuado, de acuerdo con los conocimientos científicos disponibles, para cubrir las necesidades nutritivas conocidas de prácticamente todas las personas sanas”. Es decir, los RDA se basan en las necesidades cuantitativas humanas de nutrientes esenciales. Se utilizan como pauta en la planificación de dietas en la producción de alimentos, en su dosificación nutricional y en la evaluación nutricional de los alimentos consumidos.

** *Coficiente de Eficacia Proteica (PER)*: Es el peso en gramos ganado por las ratas de laboratorio por cada gramo de proteína consumido. Es un valor de fácil determinación y, aunque no es una medida exacta y puede ser influenciada por muchos parámetros, ha sido generalmente usada para estimar la calidad de las proteínas.

El langostino es una fuente significativa de las *vitaminas B*, y contiene 11% del RDA para la *niacina* (vitamina B3). Los otros alimentos contienen menos pero cantidades mensurables (patas de langosta 5%, pollack 6%, vieras 4%) mientras que el bloque de surimi congelado y sus productos derivados contienen menos de 2% del RDA para la niacina. Comparando el surimi con su mayor componente, el pollack, se comprueba que la mayoría de estas vitaminas hidrosolubles han sido perdidas durante el lavado y procesos de filtrado.

Un compuesto que continúa atrayendo la atención tanto de los consumidores como de los científicos es el *colesterol*. Muchos consumidores están reduciendo su consumo de productos que contienen colesterol. El langostino contiene cantidades significativas de colesterol, aproximadamente 150 mg/100g, mientras que el cangrejo, el pollack y las vieras contienen sólo 26 a 30 mg/100g.

El surimi y productos derivados no son fuentes significativas de *calcio*, conteniendo menos del 2% del RDA para este nutriente. Además, este nivel es similar al pollack. El langostino y las patas de langosta contienen ligeramente más calcio, hasta 6% del RDA.

El contenido de *hierro* del surimi y derivados es bajo, pero esperado, de acuerdo al contenido respectivo en pollack. Ninguno de los alimentos marinos sujetos a estos ensayos contuvieron más del 5% del RDA para el hierro (langostino 5%, langosta 3%, pollack <2%, viera 4%).

El *potasio* es fácilmente ionizado, y por lo tanto fácilmente perdido en cualquier proceso que involucre la adición de agua. Esto es evidente si se comparan los niveles de potasio encontrados en el surimi y sus derivados con los niveles encontrados en muestras de pollack. El pollack contiene aproximadamente 261 mg/100g, mientras que el surimi contiene 78 mg/100g, y los productos derivados de surimi contienen 94 mg/100g.

El contenido de *sodio* de los productos de surimi (780 mg/100g) es aproximadamente cinco veces más elevado que el respectivo para el surimi (143 mg/100g). La mayoría del sodio adicional se encuentra bajo la forma de tripolifosfato de sodio y glutamato de sodio, y algo de clorato de sodio que es agregado por razones sensoriales.

Resumiendo, existe una variación en el contenido de nutrientes de los alimentos de origen marino ensayados. El langostino es una mejor fuente de proteínas, niacina, calcio, hierro que las patas de langosta, viera y pollack. Los productos de surimi son una excelente fuente de proteínas de calidad y tienen niveles de nutrientes similar al pollack. Algunas pérdidas de niacina y potasio fueron observadas probablemente debido a la solubilidad de estos dos nutrientes.

Por otra parte, en el segundo proyecto referido a los efectos del procesamiento térmico sobre la composición nutritiva en los productos derivados de surimi envasados, se compararon los resultados de los análisis de evaluaciones organolépticas y nutrientes, antes del procesamiento y luego de 6 a 12 meses de almacenamiento.

Las evaluaciones organolépticas resultaron favorables en cuanto al sabor, olor y textura, no siendo observado ningún deterioro debido al almacenamiento.

Las muestras contenían menos del 2% del RDA para tiamina (vitamina B1) y niacina (vitamina B3), pero poseían el 4% del RDA para riboflavina (vitamina B2) en una muestra de 100 gramos, indicando un deterioro insignificante.

La vitamina B12 en contrapartida, fue afectada por el procesamiento pero se mantuvo estable durante el almacenamiento. Las muestras iniciales sin procesar térmicamente contenían aproximadamente 10% del RDA para vitamina B12, mientras que las muestras procesadas contenían 5% en una porción de 100 gramos.

Los productos de surimi cocidos no son una fuente significativa de cobre, zinc o hierro. Mil gramos de un producto análogo (similar patas de cangrejo) contienen aproximadamente 4% del RDA para el calcio y 6% del RDA para el fósforo. No se observan importantes cambios en dichos valores debido al procesamiento realizado o al posterior almacenamiento.

Las muestras contienen algo más de 800 mg de sodio por 100 gramos y aproximadamente 75 mg de potasio. Tampoco se observan cambios en el contenido de estos minerales.

9 - Mecanismo de formación de gel

9.1 - Capacidad formadora del gel de la pasta de pescado ⁶

El proceso de formación del gel en el kamaboko, y en los productos derivados de surimi, es, como se muestra en la Figura 26, un complejo de varios cambios químicos y fisico-químicos de la proteína del músculo.

Los mecanismos y las interacciones responsables de la formación de las redes tridimensionales proteicas que constituyen los geles no son suficientemente conocidos, pero prácticamente todos los estudios señalan la necesidad de que la proteína se despliegue y se desnaturalice antes de la interacción y agregación ordenada proteína-proteína. Cuando las proteínas desnaturalizadas se agregan para formar una red proteica ordenada, el proceso se denomina *gelificación*.

Los aspectos bioquímicos de la formación del gel se han detallado en el punto 6.3 del presente trabajo.

El ashi fuerte se forma solamente si cada paso del proceso se realiza con cuidado. Si ocurre algún problema en cualquiera de las etapas no se forma ashi fuerte. Los factores que influyen en la capacidad para formar el gel, como ya se ha mencionado anteriormente son principalmente: calidad del lavado, la frescura de la materia prima y su manipulación.

El primer proceso para formar el gel en el kamaboko es convertir la proteína miofibrilar del músculo en un sol por la acción de la sal. Cuando se muele el músculo con 2-3% de sal, se transforma en una pasta viscosa. Este cambio se produce por la alta retención de agua de la proteína miofibrilar dispersa.

Una concentración entre 1,2 y 1,5 M de cloruro de sodio (NaCl) permite un máximo de extracción de proteína miofibrilar del músculo de pescado como también una muy buena elasticidad en el producto terminado (ver figura 27). Sin embargo, el uso de sal en esas concentraciones, produciría un producto demasiado salado, por lo que normalmente se utiliza entre 2,5 a 3,5% (0,4 a 0,6 M) de NaCl. ²⁰

En relación al pH, la cantidad mínima de sal que es necesaria para extraer la proteína miofibrilar del músculo a pH 7,0 es aproximadamente 2,0% (0,4 M) del peso del músculo. Si disminuye el pH, la concentración de sal necesaria es mayor. En el caso del pez lagarto (*Saurida undosquamis*) a pH 5,8-7,0 se necesita ClK al 0,4M, mientras que a pH 5,5-5,6 se necesita al 0,6M.

Una característica del músculo de caballa y sardina, es el descenso del pH en el estado de rigor hasta 5,6-5,8 lo que no ocurre en pescados de carne blanca. Este es el motivo por el que se necesita añadir sal a una concentración 0,6M para hacer kamaboko de estas especies. Cuando se fabrica kamaboko la cantidad de sal que se añade en relación con el peso del músculo es 2,5-3,0% por lo que esta diferencia de pH del músculo es despreciable.

Si la concentración de sal es demasiado alta, se produce el fenómeno denominado “salting-out” * y la proteína no se disuelve en la solución salina, impidiéndose por consiguiente la formación del kamaboko (se dice que el ashi es débil).

En el pescado congelado, la formación del gel en el kamaboko se dificulta cuando la proteína se ha desnaturalizado durante la conservación, produciéndose una disminución acusada de la solubilidad de las proteínas miofibrilares. En algunas especies también sucede

* “Salting-out”: precipitación de las proteínas al aumentar la concentración de sal.

que cuando no son muy frescas, la solubilidad proteica se pierde, lo que impide la formación del gel en el kamaboko.

La actomiosina es el principal componente de la proteína miofibrilar que se solubiliza en soluciones salinas y también es el principal componente que forma el gel en el kamaboko. A partir de resultados obtenidos de experiencias de laboratorio, en donde se aisló miosina sin contaminar con actomiosina a partir de músculo de caballa y de *Chrysophrys major*, se demostró que cuando el músculo de pescado se muele con sal se forma un sol de actomiosina en lugar de un sol de miosina. Se detecta una ligera diferencia en la textura del gel del kamaboko hecho con miosina y el hecho con actomiosina, ya que este último tiene una textura ligeramente más dura.

9.2 - Asentado (suwari): ⁶

Si la pasta de pescado que se obtiene al moler el músculo con sal se deja reposar durante un período de tiempo, se forma gradualmente un gel ligeramente transparente que se denomina “suwari”.

En la fabricación industrial de kamaboko, por lo general, se evita el asentado y se aplica directamente el proceso de calentamiento. Durante éste, la pasta de pescado se convierte en el gel “suwari”.

A partir de investigaciones llevadas a cabo por Migita y colaboradores, se ha llegado a la conclusión que el gel suwari no se obtiene únicamente por la hidratación de las moléculas proteicas, sino también por la formación de un retículo formado por puentes de hidrógeno que se establece entre las moléculas de las proteínas miofibrilares. Paralelamente, Niwa y colaboradores explican el mecanismo de formación de suwari de la siguiente forma: el gel suwari se produce al retener agua en los enlaces moleculares formados por medio de uniones hidrofóbicas y por puentes de hidrógeno. La proteína que forma el gel, la actomiosina y los constituyentes agregados se modifican durante el calentamiento quedando enrollados al azar.

Se ha verificado que el grado de suwari varía con la especie de pescado.

9.3 - Modori: ⁶

La formación del gel suwari se produce durante el calentamiento hasta una temperatura de 50°C. Sin embargo, cuando se pasa de 60°C parte de la estructura del gel se destruye, denominándose a este fenómeno “modori”. El grado de modori varía según la especie de pescado, lo que se ha comprobado midiendo la destrucción del gel suwari. Esto se ha hecho calentando el gel durante 20 minutos a 50°C, y durante 2 horas a 60°C. El resultado demostró que en el caso de *Etrumeus micropus* y *Navodon modestus*, el gel se destruyó casi por completo, mientras que con pez lagarto (*Saurida undosquamis*) no se produjo modori y con *Cynias manazo* y *Makaira mazara* el gel suwari se tornó más resistente.

Como hipótesis se considera que el modori es originado por proteasas ya que en el músculo de pescado se ha detectado una proteasa alcalina que se activa a una temperatura de 60°C aproximadamente. Sin embargo, algunos resultados contradicen esta hipótesis, ya que la proteasa se inhibe de una forma acusada a concentraciones salinas de alrededor de 0,5 M, así como por el hecho de que no se forma modori cuando se añade esta enzima a la pasta de pescado. En el músculo de carpa, boquerón y *Hemiramphus sajori*, la presencia de proteasa es evidente mientras que en la trucha arco iris (*Salmo gairdnerii irideus*), sardina, abadejo de Alaska y caballa no lo es. La fuerza del modori y la distribución de esta enzima no coinciden en diferentes especies de pescado. En la actualidad no se ha encontrado una explicación satisfactoria al mecanismo del modori.

Para obtener kamaboko con *ashi* fuerte a partir de pescados como la caballa en la que se produce modori fácilmente, un método es hacer que la pasta pase rápidamente la zona de temperaturas en la que éste se presenta. Por ejemplo, el kamaboko forma *ashi* fuerte cuando se fríe en aceite.

En resumen, para evitar el modori y mejorar a su vez el *ashi*, se debe cocer rápidamente a altas temperaturas la pasta de surimi con los ingredientes específicos del producto deseado.

19

9.4 - Kamaboko:⁶

Cuando se calienta la pasta de pescado después de pasar la zona de temperaturas en la que se produce el modori, se forma el gel denominado *kamaboko*, que es elástico y no transparente. La formación de este tipo de gel se atribuye a la creación de una estructura reticular donde intervienen las moléculas fibrosas de las proteínas miofibrilares. La configuración de las proteínas se modifica por el calor al interaccionar un grupo radical en la superficie de las moléculas, formándose un retículo mucho más fuerte que el del gel *suwari*.

Estos retículos se han identificado por microscopía electrónica y los de mayor dimensión y estructura porosa por microscopía óptica. En el kamaboko hay redes formadas a nivel molecular y a nivel superior, combinándose estas estructuras intrincadamente dando lugar a la elasticidad característica.

Actualmente se están estudiando los tipos de enlaces intermoleculares que forman la estructura reticular. Se cree que participan puentes de hidrógeno y uniones hidrofóbicas. Sin embargo la participación de enlaces S-S (enlaces disulfuro), es un punto que todavía está sin dilucidar. Aunque es difícil probar la existencia de uniones salinas, tampoco puede desecharse teniendo en cuenta que las soluciones de actomiosina absorben fuertemente los pigmentos polares y también que la fuerza del gel del kamaboko se incrementa al añadir aminoácidos básicos.

10 - Productos derivados del surimi

Todos los geles hechos a partir de surimi se conocen con el nombre de “*neriseihin*”, siendo el más conocido de todos en el mundo occidental el kamaboko y aplicándose este nombre en muchas ocasiones a todos los geles obtenidos a partir de surimi.

En la actualidad los productos *neriseihin* pueden dividirse en cuatro grupos:

- Productos tradicionales japoneses
- Salchichas y otros embutidos
- Análogos de mariscos
- Otros productos

10.1 - Productos tradicionales japoneses

Estos productos se denominan de forma distinta según el cocinado, la forma, los ingredientes e incluso la zona geográfica. En relación con el método de cocinado, el kamaboko es el más conocido de los hechos al vapor.

La nomenclatura de los productos varía también en función de los ingredientes que se añaden al surimi al fabricar el gel. Se utiliza almidón, huevo, productos vegetales, tales como zanahorias, guisantes, cebolla, etc., gambas, calamares, etc. En general, no se utilizan productos lácteos.²

Todos estos productos se elaboran siguiendo procesos muy similares, que difieren principalmente en los ingredientes empleados y en la forma de cocinado que puede ser al vapor, por cocción, asado o frito.

Si se parte de surimi congelado la primera etapa del proceso es la atemperación a unos -5°C . Si se parte de surimi recién elaborado esta etapa es, evidentemente, innecesaria.

El “surimi-ka-en” se descongelará más rápido y a menor temperatura, ya que contiene 2,5% de sal. Cuando se procesa kamaboko, el “surimi-ka-en” se descongela y a continuación se introduce en la picadora.⁶

El “surimi-mu-en” tiene que ser mezclado y picado con sal cuando se hace kamaboko, pero la sal no se añade hasta que el surimi no esté descongelado. La razón es que, si la sal se añade al pescado picado a medio descongelar todavía con cristales de hielo, baja el punto de congelación ocasionando una disminución de temperatura en el pescado. En el surimi picado bajo estas condiciones las partículas pequeñas de músculo no se descongelan e impiden que la textura sea suave, independientemente del tiempo que se esté picando.⁶

Ya que el “surimi-ka-en” contiene sal mezclada con el músculo al hacer el kamaboko, sólo hay que añadir 3 a 0,5% de sal con el almidón y las especias y mezclar con una máquina tipo “cutter”.⁶

A continuación de esta etapa de atemperación, se procede a la mezcla con los ingredientes, la conformación del producto, su cocinado y, finalmente, enfriado y envasado.²

La incorporación de ingredientes se efectúa en una “silent cutter”. Se incorpora primero la sal y una vez que se ha disuelto la proteína, se añade el resto de los ingredientes.²

En esta etapa hay que tener cuidado con la elevación de temperatura y la inclusión de aire. Si sube la temperatura la proteína (en especial, la actomiosina) se desnaturaliza y se agrega, perdiendo la capacidad de formar geles, por lo que, en general, debe mantenerse por debajo de 10°C . Para disminuir la elevación de temperatura se utilizan camisas refrigeradas por hielo o por circulación de agua refrigerada.⁶ Por otro lado, si se incluye aire en la masa mientras se mezcla, al calentar se forman burbujas y baja la calidad del producto.²

Los ingredientes que se añaden son distintos en función de la variedad de kamaboko que se quiera obtener y también en función de la especie de la que se haya hecho el surimi. En general, si el surimi es de grado SA admite mucha más cantidad de agua que si es de calidad inferior. Si el grado de adhesión es pequeño se añade almidón y si es muy grande, se añade agua. Una fórmula general para la fabricación de kamaboko es la siguiente: para 100 gramos de surimi añadir: 3 g de sal; 0,2 a 0,4 g de glutamato monosódico; 4,5 a 14,0 g de azúcar (según se parta de surimi o de pescado picado); 3 a 15 g de almidón; 2,5 ml de “mirin” (sake dulce); clara de huevo equivalente a 2 huevos por kg de surimi o polifosfato 0,2 a 0,3%. La cantidad de agua depende de lo que se ha apuntado anteriormente.² Esta pequeña cantidad de alcohol, en forma de sake, es agregada para enmascarar el olor a pescado.¹⁹

Las características plásticas y de coagulación de la pasta obtenida facilitan su moldeado en distintas formas según el tipo de kamaboko. En Japón, la forma más común es el kamaboko “*itatsuki*”, en la que la pasta se coloca sobre una tabla fina de madera. Industrialmente el moldeado se hace utilizando maquinaria. Durante el moldeado se debe evitar la introducción de aire en la pasta, ya que en el calentamiento éste se expande y origina roturas que dejan agujeros en el producto que deterioran su apariencia.⁶

Una vez molida la pasta, si se deja reposar un período de tiempo pierde su elasticidad y se convierte en un gel que dificulta su moldeado. Este fenómeno, ya anteriormente mencionado, se denomina “suwari” o asentado y ocurre también durante el calentamiento. Esta es la razón por la que debe darse la forma deseada inmediatamente después de moler la pasta. Además debe conservarse a baja temperatura para que no se produzca el fenómeno de “suwari”. La capacidad de formar “suwari” depende de la especie de pescado. Un método

para que el ashi sea más fuerte es dejar la pasta molida con la forma ya dada hasta que se produzca suwari antes de calentar.⁶

En cuanto al tratamiento térmico, cuando se calienta la pasta molida, durante la elevación de la temperatura se forma el gel suwari y después se forma el gel elástico que se denomina kamaboko.

Se emplean distintos métodos de calentamiento tales como el cocinado al vapor, asado a las brasas, fritura y ebullición. En los productos cocinados al vapor la temperatura interior tiene que alcanzar más de 75°C y el tiempo necesario, por supuesto, varía según la forma y el tamaño de las piezas. No se utilizan temperaturas mayores de 90°C porque dan lugar a la formación de burbujas en el interior de la masa, las cuales al expandirse dejan cavidades dentro del producto con deterioro de la calidad. Sin embargo, en el *hampen*, que se hace cocido, la textura adecuada es esponjosa. Cuando el cocinado se hace por fritura se tiende a freír en dos etapas: primero a 140°C, y posteriormente a 180°C. Esto se hace para evitar que la masa se expanda al freír.²

Una vez obtenido el producto se enfría, utilizando diversos procedimientos. Normalmente se enfría a temperatura ambiente utilizando ventiladores eléctricos o almacenándolo en refrigeración. En esta fase hay que tener cuidado para evitar contaminaciones secundarias por microorganismos del aire.⁶

La comercialización de este tipo de productos tradicionales se hace fundamentalmente en Japón, aunque se pueden encontrar en otros países donde la comunidad japonesa es grande, como sucede en la costa oeste de EEUU, o en Canadá, o en lugares donde las comunidades étnicas son populares.²

Proceso de producción de distintas variedades de kamaboko:

Kamaboko tipo itatsuki:

La pasta molida y condimentada se coloca sobre una tabla fina de madera de pino o de cedro japonés a la que se fija por la adhesividad natural de la pasta y se calienta al vapor. El tamaño de las tablas varía según el fabricante. El tiempo que se somete al vapor depende del tamaño pero generalmente es 80-90 minutos para el tamaño grande y 20-30 para el pequeño. Algunos tipos se asan a la brasa en vez de cocerse al vapor o después de cocerlos al vapor.⁶

Kamaboko frito:

El kamaboko frito se hace con pasta de pescado molida a la que se han añadido varios ingredientes, dado forma y frito en aceite de soja o de colza a una temperatura de 170-180°C. A este tipo de kamaboko en distintas partes de Japón se le denomina “*satsuma age*” o “*tempura*”. La materia prima empleada para el kamaboko frito puede ser de calidad inferior a la del itatsuki kamaboko. Hay distintas clases de kamaboko frito según se añadan huevos, calamares u hortalizas, tales como zanahoria trocesada, guisantes o pimiento verde, y también según la forma.⁶

Chikuwa:

El chikuwa se hace poniendo la pasta molida alrededor de un tubo de latón y asando a las brasas la superficie. La forma del chikuwa (de cilindro) se da actualmente por medio de una maquinaria adecuada que se conecta a una asadora automática. El asado puede hacerse por gas o por electricidad, y el tubo de latón se extrae automáticamente para ser usado de nuevo.

El chikuwa asado a las brasas se considera de buena calidad cuando es blanco en el interior y marrón-dorado en la superficie. La calidad del pescado que se utiliza es

generalmente inferior a la del itatsuki kamaboko. La siguiente tabla muestra un ejemplo del pescado y de los ingredientes utilizados como materia prima en el chikuwa: ⁶⁻¹⁹

Especie		Ingredientes	
Corbina	8 kg	Sal	0,32 kg
Lagarto	1 kg	Almidón de trigo	0,7 kg
Morena del Japón	1 kg	Sake dulce	0,5 kg
		Glutamato sódico	0,15 kg
		Clara de huevo	optativo

Tabla 8: Materias primas e ingredientes utilizados en el Chikuwa ⁶

Hampen:

El hampen es blanco y esponjoso. La esponjosidad se debe a que durante el proceso de molido se incorpora aire a la pasta. El músculo de tiburón, especialmente de marrajo (*Isurus glaucus*), se utiliza mucho por su gran capacidad de retener el aire. La incorporación de aire también se incrementa si se mezcla la pasta con 6-10% de batata molida. La forma usual consiste en cuadrados de 8 cm de lado que se someten a cocción hasta que alcanzan una temperatura de 80-90°C. ⁶⁻¹⁹

Datemaki:

En este producto, se mezcla una gran cantidad de huevo, y por lo tanto este producto tiene un fuerte gusto a huevo. Otra variedad de datemaki contiene queso. La materia prima del datemaki varía y por lo tanto existe una gran variedad de datemaki con diferentes formas, aunque su presentación más común es enrollado. El método de calentamiento también es variado.¹⁹

10.2 - Salchichas de pescado ²

La fabricación de salchichas y otros embutidos a partir de pescado comenzó en Japón en 1925, aunque otros autores la datan a finales del siglo XIX. En 1938 se patentó un procedimiento para fabricar un tipo de embutido de pescado a partir de carne de atún. Sin embargo, el producto tenía dos inconvenientes: uno de ellos era que el olor a pescado no podía eliminarse totalmente, y el otro que la dieta japonesa, a base de arroz, era incompatible con los embutidos, que están pensados más para comer con pan. Únicamente a partir de la Segunda Guerra mundial su consumo empezó a hacerse más popular.

Para elaborar salchichas no es necesario que el músculo de pescado sea muy blanco, ya que el producto final debe tener el color característico de las carnes rojas. De hecho, en Japón se ha utilizado mucho para estos productos pescado con músculo rojo (atunes) y también carne de ballena, aunque actualmente en la mayoría de los casos se utiliza surimi de pollock de Alaska, con la ventaja de que este surimi tiene mejores propiedades funcionales y da a la masa más adhesividad y elasticidad.

El proceso de elaboración de *salchichas de pescado* tiene varias operaciones similares al de salchichas de carne, y esta industria se ha beneficiado de todos los logros que se han hecho en este campo en los últimos años. A continuación se describen las principales etapas del proceso:

Se parte de pescado picado ya lavado y de surimi, que se mezclan en una “silent cutter” añadiendo sal y los ingredientes, que varían según el producto y el fabricante, pero que, en general, son almidón, proteínas animales o vegetales, especias, colorantes, potenciadores del aroma, saborizantes, grasas animales o vegetales, etc. El almidón y el agua se incorporan en

las cantidades adecuadas para obtener las características deseadas. Las formulaciones son muy diversas, según el producto final, como ocurre en las salchichas de carnes rojas o de aves. Una vez que la masa ha alcanzado la textura deseada se embute en tripa artificial y cada unidad se cierra poniendo un clip en ambos extremos. El embutido se lleva al autoclave en donde debe permanecer hasta que el centro térmico alcance 120°C durante 4 minutos. A continuación se suele someter a un primer enfriado dentro del autoclave para evitar la rotura de la tripa artificial, luego el embutido se saca del autoclave y se termina de enfriar con agua fría. Para evitar recontaminaciones que pueden producirse a través de los extremos se sumergen las salchichas en agua hirviendo (10 a 30 segundos). Este paso además elimina las arrugas que se suelen formar en la superficie. Posteriormente se secan por aire. De esta manera los extremos quedan sellados, impidiéndose las recontaminaciones.

El sabor de pescado que tenían las primeras salchichas de pescado se está eliminando, ya que últimamente la industria ha desarrollado nuevos saborizantes que permiten que compitan mejor con las hechas con carne vacuna o de aves.

Las diferencias fundamentales entre las salchichas y los productos tipo kamaboko, incluyendo aquí todos los productos tradicionales, es que al ser un producto esterilizado y con envoltura, su período de conservación es mucho mayor y se puede comercializar a temperatura ambiente. Además, incluyen especias y condimentos que hacen que tengan un sabor más fuerte que los tradicionales.

Algunas compañías japonesas y americanas están fabricando productos de imitación de carne (tipo “chopped”, salamis, mortadelas, etc.). Se fabrican a partir del 100% de surimi, con una textura análoga al producto que se quiere imitar y saborizado con distintos sabores y aromas tales como, ahumado, con sabor a queso, etc. La ventaja de estos productos es que tienen bajo nivel de colesterol y de calorías, lo que actualmente es muy apreciado por muchos consumidores.

Existe también otro tipo de salchichas hechas a partir de surimi texturizadas con soja y coloreadas, de forma que el producto resultante es casi indistinguible de las salchichas de carne. Se comercializan refrigeradas en vez de esterilizadas.

10.3 - Análogos de mariscos

Actualmente los productos derivados del surimi que tienen más interés para el consumidor occidental son los *análogos de mariscos*. El más conocido es el llamado “patas de cangrejo artificial”. Inicialmente se desarrolló como una especie de salchicha, sin estructura, con aroma y sabor a cangrejo, y con una cubierta coloreada de rojo. El producto tenía buena aceptación en Japón a pesar de que no imitaba la textura del producto natural, pues los japoneses están acostumbrados a consumir productos del tipo kamaboko, cuya textura es homogénea, no fibrosa, por lo que no se consideró necesario imitar la del producto natural. Sin embargo, fue por esto último por lo que el primer intento de introducir el producto en EE.UU. fracasó rotundamente. Esto estimuló el desarrollo de procedimientos para conferir estructura fibrosa al producto, lo que unido al fuerte incremento del precio del producto natural que tuvo lugar a partir de 1981-1982, producido por el descenso de capturas de cangrejos en Alaska, y a la creciente demanda de alimentos con bajo contenido de colesterol y grasas y alto de proteínas, favoreció el incremento del consumo de este producto en EE.UU. donde actualmente está bien establecido. ²

En general, la mayoría de los productos derivados del surimi que actualmente están en el mercado han sido desarrollados por la industria del Japón, que en este sector va con muchos años de ventaja sobre el resto de los países. Sin embargo, en EE.UU. existe actualmente un gran interés por desprejarse de la industria japonesa y desarrollar sus propios análogos y otros

nuevos. Para ello, ya en 1983, la Alaska Fisheries Development Foundation, entregaba surimi gratis a las empresas que los solicitaban para desarrollar nuevos productos.²

El mercado de los derivados del surimi, principalmente de los que se incluyen dentro de los análogos de mariscos, ha mantenido una tendencia creciente.²

En otros países, el consumo ha estado estancado o ha retrocedido a consecuencia de que los productos que se importaron inicialmente eran de muy baja calidad, y a la demanda se retrajo. Eso ha ocurrido en Australia y Nueva Zelanda. En estos últimos años parece que se va recuperando el mercado. En Gran Bretaña, hubo un crecimiento rápido en 1983 y luego el mercado también se estancó debido al mismo problema. En otros países de Europa se están introduciendo estos productos, aunque la mayoría son importados de Japón.²

En el desarrollo de los análogos de mariscos se ha trabajado y se sigue trabajando sobre todo en tres problemas: el sabor, la textura y el aspecto externo e interno.

El sabor tiene que ser lo más natural posible, ni demasiado suave ni tan fuerte que se note enseguida un aroma y sabor artificial. Además, ha de ser estable durante la comercialización y el cocinado posterior.²

La textura ha de ser tal que al masticar se aprecie una firmeza y elasticidad adecuadas, que el producto no parezca gomoso ni que sea demasiado blando. Hay que evitar que quede aire atrapado en forma de burbujas, ya que el producto quedaría esponjoso. La sensación en la boca tiene que ser la que daría el producto que se imita: fibrosa, laminar, uniforme, en partículas, etc. Además, esta textura debe ser visible.²

El aspecto (forma, color y textura apreciada visualmente) no debe ser tan uniforme que se note enseguida que el producto es manufacturado, sino que debe tener las irregularidades propias del producto natural.²

Entre los análogos de mariscos que se encuentran en el mercado, los más importantes son los de cangrejo en distintas formas (patas de cangrejo ruso enteras o troceadas, y carne de cangrejo preparada para ensaladas, en fibras o desmenuzada), vieiras, gambas, colas de langosta y almejas, aunque el campo puede extenderse a cualquier producto que se considere interesante.²

La comercialización se hace principalmente en estado congelado, aunque también se encuentran en el mercado productos refrigerados y enlatados. En general son productos precocidos. La composición es muy variada, y depende del producto a imitar y del fabricante. Hay algunos que incluyen producto natural mezclado con surimi.²

Procesos de elaboración de análogos de mariscos: ²⁻¹⁹

Para obtener estos derivados de surimi se utilizan procesos diferentes en los que figuran algunas de las operaciones siguientes:

Moldeado por extrusión: El moldeado se realiza directamente, en la forma que se quiera (gamba, etc.), el producto no tiene textura fibrosa, sino que es un gel homogéneo.

Coextrusión y moldeado: El extrusionado se hace por medio de boquillas con perforaciones separadas de forma que la estructura final es fibrosa. Las fibras caen en el molde en capas. La textura es más parecida a la natural.

Formación de fibras: Es la operación más normal y la que se va a explicar con más detalle.

Moldeado con fibras: Se forman primero fibras, se cortan y luego se ponen en el molde que se desee con o sin mezcla de pasta sin estructurar. Las fibras pueden formarse por cualquier método señalado anteriormente u obteniendo láminas delgadas de geles hechos previamente (3 a 4 cm de espesor y cortando laminillas de 1 a 3 mm de grosor).

El proceso que está más extendido actualmente para la fabricación de patas de cangrejo y para vieras puede resumirse en los siguientes pasos. La primera operación es la de descongelación o atemperación a -5°C de los bloques de surimi congelado. Esta operación puede hacerse por distintos procedimientos (aire, agua, microondas, etc.), siempre procurando que la diferencia de temperatura entre el centro térmico y el exterior no sea grande. Generalmente se prefiere la atemperación a -5°C para evitar calentamientos excesivos durante la operación de mezclado.²

Los bloques atemperados se trituran en la silent cutter y se añade la *sal* para liberar la actomiosina, con lo que, como ya se ha indicado, el surimi se convierte en una pasta viscosa. Entonces se añaden los restantes ingredientes y se prosigue el mezclado-amasado que debe prolongarse lo necesario, pero vigilando que la temperatura se mantenga baja para evitar la degradación de la actomiosina. Al final se añade *agua* o *almidón* según la textura que se desea obtener y también *clara de huevo* (5-10%). También, para dar al producto un sabor a cangrejo, se agrega una cierta cantidad de *saborizante* en forma de extracto de cangrejo; separadamente, para imitar el aspecto de la carne de cangrejo, se adiciona a parte de la pasta una cierta cantidad de agente colorante. Estas operaciones son prácticamente comunes para todos los *neriseihin*, excepto en los ingredientes añadidos y en la duración del mezclado-amasado, que varía según la textura que deba darse a la masa.²

En la siguiente operación, la masa se bombea a una extrusionadora que forma una lámina de dimensiones adecuadas al producto que se desee obtener. La lámina pasa por una “setting machine” donde permanece 20 minutos a 40°C , con lo que la masa gelifica (gel suwari). Una vez gelificada la lámina se enfría y pasa a una cortadora de discos que hace incisiones longitudinales en la lámina, pero sin cortarla totalmente y posteriormente se enrolla en forma de cilindro y se envuelve con una lámina plástica en la que se ha depositado previamente una capa fina de surimi coloreado (si se va a destinar a patas de cangrejo), se cierra y se corta en cilindros de la longitud deseada. El corte puede ser perpendicular o en ángulo. Se envasan al vacío, se calientan a 90°C durante 30 minutos y, posteriormente, se esterilizan. Esto se hace en dos pasos, porque si se calienta inicialmente por encima de 100°C , se forman burbujas en el interior que dan una textura esponjosa. Se enfrían, se secan y se almacenan a la temperatura que se desee.²

Este es el esquema general más extendido actualmente, para fabricar patas de cangrejo y vieras, pero no es el único, ya que la maquinaria varía según de los fabricantes. En el caso de las vieras, la lámina se hace más chata para que al enrollarla tenga un diámetro mayor, y se corta en porciones más cortas. Además, los ingredientes son distintos, ya que las porciones tienen que tener sabor a viera.²

Algunos fabricantes emplean dos cuerpos de masa con distinta textura. Una masa exterior más blanda (el contenido en agua es mayor) y sin estructurar, y una interior estructurada como se ha descrito.⁶

Para las gambas y las colas de langosta se utiliza moldeado directo, teniéndose un producto homogéneo, o bien el moldeado con fibras, con lo que la textura final es fibrosa y más parecida a la natural.²

Las fórmulas que se utilizan en cada producto son muy variadas y dependen de los fabricantes. Como norma general, para la fabricación de estos productos el surimi que se utilice debe ser de los clasificados en grados superiores. El contenido de agua debe ser del 78-80% como máximo, por lo que la cantidad de agua a añadir depende del surimi empleado, y de los ingredientes que se añadan.²

Una fórmula tipo para patas de cangrejo, es la siguiente:

- Surimi (grado A), 1000g.
- Sal (NaCl), 25 g.
- Agua con hielo, 100-150 g.

- Azúcar (sacarosa), 50-70 g.
- Almidón de papa, 50 g.
- Glutamato monosódico (MSG)
- Ribotide, 0,1 g.
- Glicina, 3 g.
- Succinato sódico, 0,3 g.
- Mirin, 20-30 g.
- Extracto de cangrejo, 10-20 g.
- Saborizante de cangrejo, 3 g.

El *almidón* tiene como finalidad incrementar la resistencia del gel y la capacidad de retención de agua. Suele ser de patata o de trigo y no puede ser pregelificado, sino que la gelificación del almidón debe hacerse en la masa. En muchos casos, se utiliza clara de huevo que incrementa la resistencia del gel y el brillo del producto terminado. En algunos casos se utilizan proteínas vegetales (soja y gluten).²

Los *saborizantes* pueden ser responsables del aroma y sabor o potenciadores del mismo. Dentro de los primeros los hay naturales, artificiales, extractos condensados de materiales naturales y “coatoms”, que son mezclas de varios aromas estabilizados por liofilización y que son más estables y más fáciles de manejar que otros. Dentro de los potenciadores de sabor se encuentran los aminoácidos, glutamato monosódico y glicina. Este último existe como glicina libre en los crustáceos, por lo que es muy importante en estos productos. También se emplean mezclas de aminoácidos (proteína animal hidrolizada y proteína vegetal hidrolizada). También se encuentran nucleótidos como el monofosfato de inosina y el monofosfato de guanina. Los colorantes empleados tienen que ser insolubles en agua para que el producto no destiña. En general, se tiende a emplear pigmentos carotenoides, ya que las regulaciones sanitarias de la mayoría de los países son muy severas actualmente con los colorantes sintéticos.²

10.4 - Otros productos derivados del surimi²

El futuro del surimi no está únicamente ligado a los productos descritos someramente, sino que su campo de aplicación es mucho más amplio. Actualmente se encuentran en el mercado estadounidense otros productos, muchos de ellos elaborados a partir de surimi liofilizado y proteína de algodón. Uno de ellos se denomina Calorie Control Formula, y está comercializada por United Sciences, Dallas, Texas. Otro de los productos es una barra de un dulce denominado “granola” (originalmente hecha de avena, azúcar morena, pasas, coco, etc.), elaborada con surimi y cubierta con “dacopa” que se obtiene de la raíz de la dalia. Se está pensando en fabricar yema de huevo de surimi, chocolate, batidos, etc. De hecho, algunas consultoras están formulando, a petición de las industrias, además de salchichas hechas con un 100% de surimi, surimi picado para chiles, sopas, surimi deshidratado para salsa de espaguetis, tacos y cubiertas de pizzas, espaguetis hechos con una mezcla de surimi y harina, salmón ahumado, etc. No sólo la industria del pescado está interesada en el surimi, sino que también lo están las de productos dietéticos, alimentos infantiles, dulces, galletas, quesos, leche, mantequilla, etc.

Actualmente hay campos en los que el surimi no es competitivo, ya que aunque tiene las características deseadas, se utilizan industrialmente otros productos que son más baratos y de funcionalidad similar. Sin embargo, en otros productos se está estudiando su uso para suplementar el aporte de proteína a la dieta. Este campo tiene muchas posibilidades que no están restringidas al uso que generalmente se da a los productos pesqueros.

11 - Surimi en Argentina

11.1 - Principales recursos pesqueros utilizados para la elaboración de surimi:

La *polaca* (*Micromesistius australis*) y la *merluza de cola* (*Macruronus magellanicus*) son los recursos ícticos de mayor relevancia económica en la plataforma y principios del talud al sur de los 45°S.

Polaca:

La polaca se distribuye a ambos lados del extremo austral del continente americano, en profundidades que oscilan entre los 100 y 800 metros.

Suele conformar grandes cardúmenes de alta movilidad principalmente durante la noche. Es un pez longevo, cuya máxima edad estimada en treinta años ha manifestado cambios en correspondencia con los niveles de su explotación. En la actualidad su edad máxima bordea los 21 años. Alcanza su primera madurez sexual alrededor de los tres años, cuando presentan una talla de 35 cm los machos y 38 cm las hembras, a un 59% y un 61% de su longitud máxima respectivamente. Su actividad reproductiva se desarrolla intensamente entre agosto y septiembre en la zona sudeste de las Islas Malvinas, extendiéndose en algunos casos hasta el mes de noviembre.²¹

La pesca de la *polaca* comenzó hacia fines de los años 70, a consecuencia del accionar de buques de Polonia. En esos años, éste era un recurso inexplorado, longevo y altamente parasitado. El máximo histórico capturado fue de 260.000 ton en 1983. Tras ese pico máximo, las capturas descendieron estableciéndose constantes en alrededor de 100 mil toneladas hasta 1989/90, cuando por influencia de los Acuerdo Marco, firmados entre empresas rusas, búlgaras y argentinas, comenzó a operar sobre el recurso un reducido número de buques de gran porte. Aunque actualmente ya no se encuentra parasitada, es la especie preferida por los buques surimeros que suman seis embarcaciones: cuatro de bandera argentina y dos de bandera japonesa, estos últimos operan en el área de Malvinas.²¹⁻²²

Los buques de bandera argentina que elaboran surimi a partir de polaca tienen su caladero principal alrededor de la Isla de los Estados. En cuanto a las áreas y épocas de pesca, si bien se distribuye por una extensa zona, la flota argentina realiza la captura en un área restringida: se trabaja en tres cuadrículas, al este, al noreste y la principal, al sudeste de la Isla de los Estados. La flota que opera en Malvinas, lo hace principalmente en dos zonas: una al noreste y otra al sudeste de las islas en época de reproducción durante el segundo semestre del año. En Isla de los Estados, los máximos rendimientos se obtienen durante mayo y junio, cuando la polaca suele concentrarse en densos cardúmenes en áreas próximas al talud sudoriental de dicho accidente geográfico. En Malvinas las mejores capturas se dan en los meses de septiembre y octubre.²¹

Las capturas de polaca en la última década han tenido una tendencia ligeramente decreciente. Las extracciones de las embarcaciones que operan en el área de las Islas Malvinas se han mostrado bastantes estables, oscilando alrededor de las 30 mil toneladas anuales, mientras los rendimientos en el resto de la plataforma argentina generalmente han sido cercanos a las 90 mil ton/año, aunque los volúmenes faenados han registrado descendentes cantidades, en directa relación con su salud biológica: en 1990 se capturaron 193261 toneladas que descendieron regularmente a 100.000 toneladas en 1998, y a 79.612 en 1999.²²

Los buques surimeros que tienen como objetivo primario a la polaca, capturaron en el período 1989-1995 más de un 90% de dicha especie, con la sola excepción del año 1993, cuando la proporción fue sólo del 77%. En dicha flota, la única especie acompañante en las capturas que presenta cierta relevancia es la merluza de cola, representada por proporciones

fluctuantes entre un 1% y un 21% de acuerdo al año considerado. Su importancia ha crecido en los últimos años, representando un promedio de 12,7% entre 1993 y 1995. Si bien no existe una clara tendencia acerca de una diferenciación estacional en la captura de la especie principal respecto de la merluza de cola, en general esta última crece en importancia hacia los bimestres 5 y 6. Ello puede tener relación con el hecho de que al avanzar el cupo máximo de captura de polaca, los buques surimeros tienden a reemplazarla por la segunda especie. No obstante, la captura de polaca en dicho período sigue siendo mayoritaria.²³

En los últimos años se han evidenciado señales de disminuciones en la abundancia de polaca que podrían poner en peligro la sustentabilidad de la pesquería. Entre ellas, pueden mencionarse las siguientes:²²

- a) Contracción del área de distribución de la especie en la plataforma sudpatagónica
- b) Los valores estandarizados de rendimientos por unidad de esfuerzo (CPUE) de las flotas que actúan sobre el recurso muestran una tendencia declinante.
- c) Los índices de abundancia provenientes de campañas de investigación muestran la misma tendencia que la flota comercial.
- d) Marcada disminución en la captura de juveniles por parte de la flota comercial en los últimos años podría corresponderse con una disminución de reclutamiento
- e) Aumento de la importancia relativa de la merluza de cola en las extracciones de los buques surimeros, lo que se relacionaría con la mayor dificultad actual para la localización de concentraciones de la polaca.
- f) Resultados obtenidos al aplicar métodos indirectos de evaluación indican que habría declinado tanto la biomasa total como la biomasa de reproductores, la primera desde un máximo cercano a 1,4 millones de toneladas en 1990 hasta valores de entre 750 y 500 mil toneladas en 1998, mientras que la segunda, se encontraría por debajo del 30% de la existente cuando el recurso no era explotado.

La polaca es considerada actualmente como un recurso sobreexplotado, debido a que las capturas máximas establecidas en función de la potencialidad biológica han sido superadas desde 1992. Otro aspecto significativo que atenta contra la salud del recurso es que es un recurso compartido entre Argentina y los ocupantes de las Malvinas. Esta circunstancia, a la vista de similares antecedentes en el manejo con Uruguay del stock norte de merluza hubbsi, pronostica un oscuro panorama, ya que aún no se ha establecido una estrategia conjunta de manejo con los malvinenses, debido al no reconocimiento de la copropiedad kelpers sobre el recurso.

Merluza de cola:

La *merluza de cola* es una especie pelágica demersal cuya longevidad máxima alcanza los trece años, aunque pocos ejemplares llegan a dicha edad. Posee un crecimiento rápido, llegando a casi el 50% de su tamaño en los tres primeros años de vida. También en su tercer año, tanto macho como hembra, alcanza su primer madurez sexual en un tamaño aproximado de 58,5 centímetros y, al quinto año, cuando llega a medir 65 centímetros aproximadamente, la totalidad de los individuos se encuentran maduros.

El desarrollo de la pesquería de la merluza de cola es más reciente, comparándola con la de la polaca, adquiriendo importancia a mediados de los años 80, como consecuencia de los “acuerdos marco” entre Argentina, Rusia y Bulgaria. En la última década las capturas se mantuvieron en unas 50 mil toneladas anuales, aunque se duplicaron en 1998, como consecuencia de la declinación de la pesquería de merluza común. Esta especie se destina tanto a la producción de surimi como a la elaboración de productos congelados (trancos y filetes).²²

Las capturas de merluza de cola en la última década se han mantenido constantes alrededor de las 40 a 50 mil toneladas anuales, hasta el año 1998, cuando crecieron hasta las

118.000 toneladas. La mayor parte de las mismas es obtenida por barcos argentinos, factorías convencionales y surimeros.²²

Las estimaciones de la abundancia, tanto mediante campañas de investigación como por métodos indirectos, señalan una marcada tendencia creciente, muy evidente a partir de 1995. Esta se encuentra asociada a la presencia de dos clases anuales muy numerosas (1993 y 1995). La biomasa total del año 1997 se estimó en alrededor de 3,5 millones de toneladas y la fracción reproductiva, cercana a 1,5 millones.²²

En la actualidad y aunque las capturas totales en el Atlántico Sudoccidental se duplicaron en el último año, la merluza de cola es un recurso subexplotado, sujeto a un bajo nivel de mortalidad por pesca, que pudiera constituirse en un recurso pesquero alternativo capaz de paliar la disminución de las capturas de otras especies de interés comercial en el área.

11.2 - Flota surimera:

11.2.1 - Características de la flota²³

En la Tabla 9 se detallan las características de las principales embarcaciones surimeras que operaron en el período 1989-1995.

BUQUE	AÑO DE FABRICACION	MATRICULA	ESLORA (m)	TRB	HP	BODEGA (m ³)
Kongo Maru	1968	5993	102	3278	4400	3390
Yamato	1970	6106	109	3889	5900	2420
Centurión del Atlántico	1986	6230	118	3250	8100	4057
Ohtori	1971	6165	111	3081	5900	4663
Gran Estrella	1973	6193	107	3251	5700	2792
Rikuzen	1971	6238	109	3889	5900	2420
Tai An *	1981	3243	102	-	4500	2409

Tabla 9: Características de las embarcaciones surimeras que operaron en el período 1989-1995.²³
 (*Nota: en operación a partir de 1999)

La flota surimera está compuesta por embarcaciones de gran tamaño, todas con eslora mayor a 100 m, y un registro bruto de entre 3.000 y 3.900 toneladas. La potencia del motor fluctúa entre 4400 y 5900 HP, destacándose sólo una embarcación (Centurión del Atlántico) con 8100 HP. Se trata de embarcaciones construidas hace más de 20 años, aunque con la misma excepción mencionada recientemente, que data del año 1986. La capacidad de bodega de estos buques supera en promedio los 3.000 m³. Dos de estas embarcaciones (Rikuzen y Yamato) pueden ser consideradas como gemelas.

El primer buque surimero que se incorporó a la pesquería fue el *Kongo Maru*, que comenzó a operar en el año 1989, actuando hasta el año 1994 inclusive. En el año 1991 se incorporó el *Yamato*, y posteriormente, en 1992 lo hicieron el *Ohtori* y el *Centurión del Atlántico*, y en 1993 el *Gran Estrella* y el *Rikuzen*. Todos ellos siguieron operando hasta el fin del período analizado. En noviembre de 1998 dejó de operar el *Ohtori* debido a su hundimiento, siendo reemplazado por el *Tai An* en 1999.

Las capturas anuales promedio de cada embarcación superaron las 17.000 toneladas. En el caso de los buques factorías, que procesan polaca para obtener troncos, tales promedios son significativamente menores, no sobrepasando en ningún caso las 800 toneladas por barco. De

esta manera los buques surimeros contribuyeron con más del 95% de las capturas argentinas de polaca en el período considerado.

Las *artes de pesca* empleadas en la pesquería de polaca son redes de arrastre del tipo pelágico, semipelágico o de fondo. En general, cada embarcación se encuentra equipada con los tres tipos de red, y el empleo de cada una de ellas responde a las características del cardumen y su proximidad al fondo, así como de la topografía del mismo. El diseño y las dimensiones de las redes varían entre las embarcaciones y en la mayoría de los casos los planos originales han sido considerablemente modificados, por lo que tiene escasa significación su inclusión en el presente trabajo. Una caracterización muy básica de las mismas incluye aberturas verticales y horizontales promedio de alrededor de 50 x 60 m, si bien se han reportado valores de hasta 50 x 110 metros. La longitud de las relingas (superior e inferior) es una de las medidas más fluctuantes, estando comprendidas en su mayoría entre 80 y 254 m. El mallero de copo ha sido registrado entre 80 y 145 mm, y la longitud total de los equipos entre 144 y 700 metros. En comparación con la flota de factorías tradicionales, los surimeros pueden operar con redes de mayor apertura de boca, debido a su mayor tamaño y potencia de máquina. Estas características permiten a dichas embarcaciones poseer mayor poder de pesca que la flota mencionada.

El tiempo de arrastre en cada lance lo determina generalmente la magnitud de la pesca, siendo por lo tanto muy variable. Los valores registrados fluctúan entre 30 minutos y 13 a 14 horas, pudiendo establecerse un valor de 6 horas como promedio.

En cuanto al tratamiento de la captura, después de subido el pescado a bordo, se somete a una primera selección para separar las especies y los tamaños no aptos para la elaboración de surimi. Una vez separada, en el caso de la polaca, ésta se deja reposar entre 3 y 4 horas, hasta que pase el rigor mortis, lo que permite lograr una mejor calidad y aprovechamiento del músculo para la fabricación de la pasta. Posteriormente es clasificada por su tamaño y llevada hasta las máquinas fileteadoras. Los filetes son luego transportados a las máquinas que producen la pasta de pescado, mientras que los desechos y las piezas pequeñas se destinan a la planta de harina.

La pasta obtenida es sometida a un primer enjuague con agua dulce para quitar impurezas. Posteriormente se produce un escurrimiento de la mezcla para eliminar los desechos. El paso siguiente consiste en un primer lavado y posterior escurrido. Después de un segundo lavado, la pasta se envía a un refinador que produce pasta con bajo tenor de impurezas. Como paso siguiente, el material es prensado para quitar el exceso de agua, y es suplementado con una serie de aditivos necesarios para una mejor conservación del producto.

Finalmente, el surimi es congelado en pastillas a temperaturas de entre -25 y -28° C, y empaquetado para su almacenamiento en bodega.

El proceso descrito es sometido a una serie de controles en las distintas etapas de su desarrollo. Este control se realiza para asegurar la calidad del producto, y básicamente permite clasificarlo en surimi de primera y de segunda calidad. Dentro de estas dos categorías existen a su vez una serie de subdivisiones más específicas.

11.2.2 - Puertos de desembarque

El principal puerto de operación de la flota argentina que captura polaca es Ushuaia, ubicado en la Provincia de Tierra del Fuego. Todas las embarcaciones surimeras operan desde allí, fundamentalmente por su proximidad a las principales áreas de pesca. Debido a ello, este puerto nuclea a la flota que captura alrededor del 90% de las capturas totales de polaca de Argentina y más de un 70% de las capturas totales de dicha especie en el Atlántico Sudoccidental.²³

En particular, los valores de captura en 1998 y 1999 de polaca desembarcadas en Ushuaia son de 63708,9 y 49641 toneladas respectivamente, es decir el 89,7 y 90,1% del total capturado.²⁴

Las capturas de merluza de cola de 1998 y 1999 desembarcadas en el mismo puerto son de 37610 y 37182,2 toneladas respectivamente, es decir el 39,15% y el 31,42% del total capturado.²⁴

En cuanto al volumen de producción de surimi en Tierra del Fuego, en el siguiente cuadro se detalla la producción trimestral y anual en toneladas entre 1996 y 2000.

AÑO	1er. Trimestre	2do. Trimestre	3er. Trimestre	4to. Trimestre	Total Anual
1996	1.060	4.377	2.020	2.526	9.983
1997	2.566	5.421	1.532	367	9.885
1998	2.578	3.454	2.320	2.911	11.264
1999	1.843	4.130	1.939	3.806	11.718
2000	2.995	5.950	347	2.154	11.446

Tabla 10: Volumen de producción en toneladas de surimi según períodos anuales y trimestrales de la Provincia de Tierra del Fuego.²⁵

11.2.3 - Esfuerzo y captura de polaca por unidad de esfuerzo²³

En la figura 28 del anexo, se han graficado los valores de esfuerzo total anual, expresados en horas efectivas de pesca, y las capturas nominales. El esfuerzo total aplicado por los buques surimeros ha tenido una tendencia general creciente hasta 1993, disminuyendo posteriormente en los últimos dos años.

Esa misma tendencia, aunque menos acentuada, se observa en las capturas. Este hecho se debe a la combinación de los niveles de operatividad de cada una de las embarcaciones (Figura 29). De tal forma, la disminución de las horas totales de pesca en los dos últimos años, obedece principalmente al egreso de los buques Kongo Maru y Ohtori, los que prácticamente no operaron en dicho período. Si bien individualmente las tendencias en el esfuerzo y la captura varían considerablemente, en general se observan pequeños niveles de esfuerzo para el año de ingreso de cada embarcación, y también hacia el final del período operacional, como en el caso antes mencionado.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) promedio anual, expresada en toneladas por hora de arrastre (Figura 30), refleja las diferencias ya mencionadas entre los buques surimeros y los factorías tradicionales. Al no dirigir su esfuerzo en forma específica hacia la polaca, estos últimos presentan valores de CPUE considerablemente inferiores.

Los mayores valores de captura por unidad de esfuerzo de los surimeros correspondieron al período 1990-1991, cuando operaron sólo uno y dos barcos respectivamente (Figura 29). Posteriormente, se produjo una declinación de las CPUE promedio anuales hasta alcanzar un mínimo en el año 1993 (CPUE = 4,88), para posteriormente recuperarse en 1994 y 1995, llegando a valores cercanos a 8. El promedio para el período 1989-1995 fue de 6,65.

Al analizar la captura por unidad de esfuerzo de cada embarcación surimera en particular (Figura 31), se observa que existen diferencias, atribuibles fundamentalmente a posibles desigualdades en el poder de pesca, ya que las áreas y épocas de operación de los buques pueden considerarse similares.

12 - Aspectos comerciales

Las especies utilizadas y la manera de producción, incluyendo si el surimi es producido a bordo o en tierra, afecta dramáticamente el precio, uso, y comercialización del surimi.²⁶

Los precios de surimi en el mercado normalmente incrementan al aumentar la resistencia de gel del producto. Esto refleja las preferencias del mercado japonés, el cual demanda una resistencia de gel tan elevada como sea posible.²⁷

Japón acuerda precios más elevados para el surimi elaborado a bordo a causa de que éste es procesado a pocas horas de capturado el pescado, mientras que la mayoría de las plantas en tierra depende de pescado acondicionado con hielo proveniente de barcos que están en la zona de pesca varios días.²⁶ La calidad del surimi congelado depende en su mayor parte de la frescura del pescado usado como materia prima. Es por esto, que el surimi producido a bordo es de mayor calidad que el surimi producido en tierra. Se debe recordar que para la producción de surimi se utiliza sólo pescado fresco, no congelado.

El precio de surimi elaborado en tierra es de alrededor del 70 al 75% del precio del elaborado a bordo. El surimi elaborado a bordo se usa mayormente para producir productos moldeados de alta calidad, mientras que el producido en tierra se usa como materia prima fundamentalmente para productos de menor valor.²⁸

La sustitución del surimi en tierra por el surimi a bordo es muy interesante. Normalmente, se mezcla surimi de diferentes calidades y grados, dependiendo de las calidades deseadas para los productos moldeados finales. Debido a la floja demanda por los productos moldeados de bajo precio, el precio del surimi elaborado en tierra se ha estancado desde 1979. La producción de surimi a bordo se ha ido incrementando en los últimos años. De este modo, el aumento de la producción de surimi a bordo ha deprimido la demanda por el surimi en tierra. La situación se revirtió en 1985 cuando la captura total japonesa del abadejo de Alaska declinó. El precio del surimi elaborado en tierra se elevó a causa de que es altamente vulnerable a los cambios de precio de la materia prima.²⁸

No se espera que se reduzcan los costos de producción de surimi a bordo al nivel del surimi en tierra, a pesar de la ventaja de la disponibilidad de la materia prima. El posible cambio de demanda de surimi en tierra por el elaborado a bordo se está limitando, debido a la demanda reducida de los productos moldeados de pescado. Solo el surimi de alta calidad elaborado en tierra puede sustituir al surimi elaborado a bordo. Bajo estas circunstancias, es probable que la industria de productos moldeados de bajo precio pueda tener una disminución en la producción debido a las dificultades en el aseguramiento de la materia prima, considerando la capacidad de las industrias de productos de mayor valor de mantener los actuales niveles de producción.²⁹

Otro aspecto a considerar es la producción de surimi a partir de especies distintas al abadejo de Alaska. El primer desafío es producir un producto cuyas calidades sean similares a los estándares técnicos del mercado. Estos estándares están establecidos por la tecnología japonesa de surimi y está basada mayormente en el surimi hecho a partir de abadejo de Alaska.²⁷

En particular, la baja resistencia de gel, el color gris y la presencia de coágulos o hematomas en el surimi afectan negativamente la evaluación por parte de los compradores de la calidad del surimi.²⁷

La percepción del comprador del valor de mercado de un tipo de surimi en particular es una variable dependiente. Está influenciada por: la descripción técnica del producto, el tamaño y crecimiento del mercado, las preferencias del comprador y los precios del surimi alternativo en el mercado (el precio del surimi está determinado por el surimi de abadejo de Alaska).²⁷

El surimi realizado a partir de otras especies distintas al abadejo de Alaska puede ser vendido a mayores precios. Por ejemplo, el surimi de pez lagarto puede ser vendido aproximadamente entre 1,4 a 1,9 veces el precio del surimi de abadejo de Alaska elaborado a bordo. Los precios de surimi proveniente de operaciones japonesas tipo “joint-ventures” con otros países tienden a ser menores.²⁶

La gran mayoría de los compradores adquieren surimi para procesarlo en productos derivados, con lo cual entra en juego los stocks acumulados que, de elevarse, reducen el interés en la compra.²⁷

Cuando los compradores son procesadores, su reacción y comportamiento cambia en virtud de su necesidad de abastecimiento, y por lo tanto, las condiciones del mercado dependen de sus necesidades.²⁷

12.1- Japón

Japón es el mayor productor, consumidor y exportador de surimi y productos derivados de surimi.

Aún cuando este tipo de productos han sido elaborados desde siglos, ciertos factores han definido el crecimiento en la producción total y demanda entre 1950 y 1970:²⁶

- La introducción y desarrollo del jamón y salchichas de pescado (1940-1955).
- La producción de surimi congelado (1959-1960).
- La producción de surimi a bordo (1965).
- Uso generalizado de surimi realizado a partir de abadejo de Alaska (1960).
- Rápido crecimiento en los ingresos de los consumidores (1965-1974).
- Bajos precios.

Más tarde, otros factores comenzaron a reducir la producción total y la demanda para surimi, además de reprimir la industria japonesa de alimentos de mar:²⁶

- Cambios en la demanda del consumidor hacia aves de corral y carnes rojas.
- Acceso reducido al recurso, e incrementos en las importaciones de pescados y mariscos.
- Incremento en los costos y precios de los productos de mar.
- Precios bajos de pollos y cerdos (desde 1977).
- Lento crecimiento en los ingresos de los consumidores (a partir de la segunda mitad de la década del 70).
- Crisis económicas (recesiones, crisis del petróleo, límite de las 200 millas, etc.).

Producción doméstica e importada:

En los años 1980, el abadejo de Alaska era la única fuente de surimi en el mercado. No obstante, la producción a partir de abadejo cambió cuando las compañías pesqueras japonesas con barcos surimeros perdieron el acceso al stock de abadejo de Alaska como consecuencia de la extensión de la zona económica de Estados Unidos a fines de la década del 70. Los barcos factorías estadounidenses tomaron la delantera en la producción tanto de surimi como de filetes a partir de este recurso, por lo tanto el suministro de surimi se volvió dependiente tanto de los precios de surimi como de filetes. Las consecuencias de este cambio en el acceso al stock de abadejo de Alaska fueron: un fuerte incremento del precio del surimi y una nueva demanda a partir de especies alternativas de pescado.²⁹

La captura japonesa de abadejo de Alaska declinó entre 1974 y 1984, mientras la producción total de surimi congelado cayó un 17%. Posteriormente, esta caída en la producción ha sido compensado en parte con el uso de una gran proporción de la captura en surimi, y compras a buques estadounidenses. Entre 1974 y 1984 se estimó en un 85% la caída de la captura japonesa de esta especie en aguas soviéticas.²⁶

En cuanto a la captura total de abadejo de Alaska, ésta disminuyó un 21% en 1977, año que trajo aparejado la “era de las 200 millas”.²⁶

Con todos estos avatares, las cantidades del abastecimiento anual total de surimi (producción japonesa e importada) fluctuaron entre 357.000 y 500.000 toneladas métricas en el período 1975-1999. La producción japonesa disminuyó a partir de 350.000 ton en 1975-84 al nivel de 130.000-150.000 toneladas en 1994-98. Las importaciones continuaron incrementándose a 280.000 toneladas métricas hasta 1995, luego éstas fluctuaron entre 240.000 y 300.000 toneladas en 1995 y 1998.³⁰

El precio promedio de venta ha variado desde 323 yen/kg a 375 yen/kg entre los años 1994 a 1998. Las importaciones japonesas de surimi de Alaska pollack proveniente de Estados Unidos disminuyeron un 25% desde 124.000 toneladas métricas en 1995 a 93.700 TM en 1998. Las importaciones japonesas, como ya se mencionó anteriormente, están sujetas a los cambios en la condición del recurso, el programa de administración pesquera de las aguas de Alaska, y también a las condiciones del mercado de filetes en Estados Unidos y Europa.³⁰

La producción de surimi de abadejo desde Rusia actualmente continúa siendo baja debido a las grandes reducciones en las cuotas, un mayor control de la pesquería y un menor acceso permitido para las firmas pesqueras japonesas, coreanas y chinas.²⁹ Los precios de importación CIF han estado generalmente alrededor de 220-250 yen/kg, con la excepción de más de 400 yen/kg en 1991-1992.³⁰

Las importaciones de surimi de Pacific Whiting han estado niveladas en 16000-18700 Tm, con la excepción de 25000 TM en 1997. El promedio de precios CIF varía entre 180 y 295 yen/kg en 1995-98.³⁰

Las importaciones de Jack mackerel de Chile estuvieron alrededor de 3300 a 4400 TM. El promedio de precios varía entre 140-180 yen/kg.³⁰

Los precios del surimi correspondientes al 15/03/2000 en el mercado C&F Japón fueron:²⁹

“Pollock” categoría A*: Yen 240/kg

“Pollock” categoría KA: Yen 200/kg

Merluza (Hake) categoría AA: Yen 225/kg

Hobo (proveniente de Perú) categoría AA: Yen 250/kg

Itoyori categoría SA: Yen 230/kg

“Pollock” japonés: Yen 150/kg (surimi japonés de las plantas costeras, de baja calidad)

Durante los últimos diez años ha habido un cambio dramático en la demanda para el surimi de “pollock” de alta categoría (SA), lo que ha resultado en importantes incrementos en la producción de surimi de la categoría FA. Esto es particularmente importante, ya que Japón es el mayor mercado mundial y el principal consumidor de surimi de las categorías SA y FA.²⁹

En los dos últimos años el mercado japonés ha estado siguiendo el esquema de Corea, Europa, Rusia y los Estados Unidos. Japón continuamente ha estado disminuyendo su utilización de surimi de abadejo de Alaska de las categorías SA (nro. 1) y FA (nro. 2). Esto es un resultado de las demandas económicas y de la creciente capacidad de elaborar un producto de alta calidad a través de la amplia utilización de la tecnología alimenticia.²⁹

La tendencia de la situación japonesa ha mostrado un gran contraste con la situación de los productores estadounidenses. Mientras que en los Estados Unidos ha decrecido la producción de surimi de calidad de la categoría SA, éste continúa elaborando surimi de calidad de la categoría FA en grandes volúmenes. Como resultado, los productores

* En el mercado, el surimi es clasificado en varias calidades: SA (o tipo A): nro 1; FA (o tipo B): nro 2; AA/A (o tipo C): nro 3; KA (o tipo D): nro 4; RA (o tipo Z): nro 5; RB: nro 6.

estadounidenses han continuado dependiendo del mercado japonés para que éste absorba la mayoría de su producción, lo que ha resultado en que los niveles del inventario japonés se sitúen mucho más alto de lo “cómodo” (108.570 toneladas en diciembre de 1999 comparado con 99.615 toneladas en diciembre de 1998).²⁹

Aunque Japón continúe siendo el más importante comprador de surimi estadounidense, el volumen que se exporta a este destino está descendiendo. Se espera que el consumo crezca en la UE y China, mientras que podría bajar en Japón.²⁹

De todos modos, actualmente todos los años se repite la preocupación japonesa por la producción de surimi estadounidense, debido a que varía cada año la cantidad de abadejo de Alaska que es procesado y comercializado como filetes. Esta preocupación muestra una creciente pero relativa concientización por parte de Japón sobre el importante papel del mercado de filetes y del hecho de que la producción de los mismos a menudo resulta en unos retornos superiores para los pescadores y para los productores comparado con la producción de surimi.²⁹

Durante el año 1999, el porcentaje de filetes comparado con la producción de surimi en Alaska fue de un 40% de filetes y un 60% de surimi. De todos modos se debe considerar que normalmente a principios de cada año, las plantas en tierra utilizan el 80% del abadejo de Alaska como materia prima para la elaboración de surimi y un 20% para la producción de filetes, y gradualmente esta relación se convierte en 50% de surimi y 50% de filetes. Esto se debe a que en los primeros meses de cada año se da prioridad a la hueva de abadejo, entonces el pescado que queda después de extraerle la huevas se transforma en surimi, el cual requiere poca mano de obra.²⁹

Al incrementarse en un 23% la cuota anual de captura en el Mar de Bering a comienzos del 2001, se espera que la producción de surimi también aumente en proporción a este incremento. Habiendo descendido la producción rusa y japonesa de abadejo de Alaska, este incremento de cuota promete una oferta de abadejo de Alaska estable. Gracias al descenso de la producción rusa y al crecimiento de la demanda de filetes del mercado europeo, se prevé un aumento en el precio del surimi.²⁹

Producción de productos derivados:

La *producción anual* de productos derivados de surimi continúa disminuyendo cada año, un 18,6% a partir de 916.000 TM en 1989 a 754.000 TM en 1998. El número total de productos elaborados de surimi también disminuyó un 19,5%, desde 3216 TM en 1988 a 2588 TM en 1997.³⁰

Esto es generalmente atribuido a: 1) un cambio en la demanda de los consumidores desde los alimentos tradicionales japoneses a alimentos de estilo occidental, 2) los servicios de comida se estancaron con algunos productos de surimi poco aceptables para el consumidor, lo que trajo aparejado una gran fluctuación de precios de venta; 3) algunos elaboradores de surimi se retiraron del negocio debido a las dificultades en seguir las fluctuaciones del precio del surimi y la fuerte demanda de disminuir aún más sus precios de venta a los elaboradores de productos derivados. El promedio de los precios de venta de los productos varía entre 438 a 581 yen/Kg.³⁰

En la categoría de productos tradicionales, la producción anual disminuyó un 16,1% para el chikuwa desde 1988 a 1997, 22,6% para el jamón de pescado y salchichas; 24,8% para el kamaboko cocido al vapor; 7% para el agemono frito; 21,3% para el hampen o surimi hervido; 6,8% para los productos de surimi saborizados.³⁰

Mercado interno de surimi y productos derivados:

Si se analiza el *volumen vendido mensual de surimi congelado* (en toneladas métricas TM) y su *precio promedio* en los mercados centrales de venta de diez de las ciudades más

importantes de Japón, se puede observar que las cantidades vendidas han sufrido una importante disminución; por ejemplo en julio de 1990 se vendieron 6222 TM, mientras que el mismo mes en 1999 le corresponden 1361 TM. (Figura 32) Esto indica un desinterés del consumidor japonés por los productos alimenticios tradicionales.³⁰

La variación de los precios promedio anuales de surimi congelado en los mercados de venta japoneses también ilustran una mayor cotización de este producto entre 1990 y 1991 y la caída abrupta de los precios entre 1992 y 1993; en años posteriores parece mantenerse constante entre 300 y 400 yen/Kg. (Figura 33)³⁰

El consumo de los productos derivados de surimi es *estacional*, por ejemplo, la demanda incrementa en verano para productos como el hampen, chikuwa, satsuma-age y otras variantes son frecuentemente usadas en estofados, llamados popularmente “oden”, en los meses fríos desde octubre a marzo. Un par de piezas de kamaboko, una blanca y otra de superficie roja, se sirven tradicionalmente durante las celebraciones de fin de año (los colores blanco y rojo significan eventos felices). El datemaki es también servido más comúnmente como un menú en los manjares especiales de año nuevo.³⁰

Exportaciones:

En cuanto a las *exportaciones anuales* de surimi a partir de bacalao o especies similares han variado esporádicamente desde 39 a 2627 TM en el período 1989-1998. Los principales países importadores son Corea del Sur y Hong Kong, las importaciones de este último son de alrededor del 90% de las exportaciones japonesas. Las exportaciones japonesas de salchichas de pescado se incrementaron gradualmente desde 789 TM en 1989 a 1176 TM en 1998.³⁰

12.2- Estados Unidos

El mercado de Estados Unidos para los productos análogos derivados de surimi ha crecido de forma exponencial en la década de los 80. El singular suceso de estos productos se atribuye al bajo costo en comparación con los productos naturales (langosta, cangrejo, etc.), abastecimiento seguro, mejora en los productos y aceptación, y el interés creciente por parte del consumidor en los alimentos marinos.²⁶

Existen ciertos factores que afectan el crecimiento del mercado de los productos basados en surimi:²⁶

- Abastecimiento y precios del cangrejo en Estados Unidos: Una de las razones más importantes para el crecimiento del mercado de los productos análogos es la dramática caída en la producción de los especies más valuadas de cangrejo. Por ejemplo, la producción de “king crab” cayó desde 103.247 ton en 1980 a 36.570 ton en 1983; la correspondiente a “snow crab” descendió desde 76.505 ton a 37.824 ton durante el mismo período.
- La mayoría de los productos finales elaborados a partir de surimi para la venta en el mercado interno han intentado emular el “king crab” y “snow crab”, pero se venden a un precio mucho menor. El precio de venta de estos alimentos fue de aproximadamente \$2-3/libra en 1985, versus \$5/lb para la carne de “snow crab”, \$16/lb para la carne de “king crab”, \$9/lb para las patas de “king crab”, y 47-12/lb para la carne de “blue crab”. Se debe tener en cuenta que la decisión de desarrollar, producir y vender un producto análogo depende del precio diferencial entre la imitación y el producto natural, y de las características del mercado existente para el producto real.
- Actitud de los consumidores: Las percepciones del consumidor del valor económico de un alimento están afectadas no sólo por el precio, sino también por factores tales como la facilidad de preparación, pérdidas por recortes, retirado de espinas y cocido.

Por otra parte, la concientización por parte del consumidor americano acerca de la salud y nutrición, ha incrementado el interés y consumo en los alimentos de origen marino y ha disminuido el correspondiente a carnes rojas.

- Acciones regulatorias: Aunque el consumo de alimentos a base de surimi prácticamente se ha doblado cada año entre 1981-84, las acciones regulatorias tanto en lo concerniente al rotulado en las importaciones aparentemente redujeron las importaciones a fines de 1984 y principios de 1985. Durante 1984, la Food and Drug Administration (FDA) retuvo gran parte de alimentos pesqueros importados a causa de problemas con el rotulado de éstos. Este organismo requirió el uso del término “imitación” cuando los alimentos de mar derivados de surimi no sean nutricionalmente equivalentes al alimento natural específico que esté emulando. Desafortunadamente, el término “imitación” presenta una imagen negativa inicial de este tipo de alimentos entre los consumidores que no están familiarizados con estos productos.
- Tendencias en nuevos alimentos: La mayoría de las tendencias actuales en nuevos alimentos parecen tener implicancias positivas para el crecimiento del mercado de surimi y el desmenuzado de pescado.
- Mercado japonés de surimi.
- Perspectivas para otras especies: La factibilidad técnica del procesamiento de surimi a partir de especies distintas a las usadas tradicionalmente, ha sido comprobada en laboratorios para al menos 50 especies en Japón y alrededor de 100 especies en otros países. El abastecimiento mundial y la demanda por surimi, los rendimientos individuales, costos y otros factores en la escala comercial determinarán la factibilidad económica del uso de cada especie.

Evolución del mercado estadounidense: ³¹

Históricamente, los ciclos de vida de un producto (PLC) han influenciado la formulación de las estrategias de marketing, especialmente para nuevos productos. De acuerdo al concepto de ciclo de vida del producto, las ventas de un producto pasan a través de cuatro etapas. Conocidos como introducción, crecimiento, maduración y declinación. Si bien este concepto resulta útil para evaluar y vislumbrar el cambio entre cada etapa, tiene ciertas deficiencias. El concepto de PLC asume un mercado estático y no un mercado dinámico que está cambiando con nuevos competidores, tecnología y otros desarrollos.

En contraste, Kotler propone 5 etapas de la evolución de mercado, llamadas: cristalización del mercado, expansión, fragmentación, reconsolidación y terminación.

En el caso de los productos derivados de surimi, y en especial en los análogos a mariscos, se evidencia el paso por cada una de las etapas mencionadas.

En la etapa de *cristalización del mercado*, que se dio antes de 1982, está caracterizada por bajas ventas de productos derivados de surimi, con relativamente altos precios de venta, y un moderado número de importadores y procesadores (menos de diez), y el segmento de mercado atendido era mayoritariamente comunidades orientales en Estados Unidos. Lentamente los importadores y vendedores fueron posicionando los productos análogos de mariscos como un sustituto para una gran variedad de productos de cangrejo y otros mariscos.

Las ventas comenzaron a acelerarse en 1982, en donde comienza la etapa de *expansión del mercado*, con importaciones continuas de productos finales basados en surimi desde Japón. Los productos e importadores comenzaron a proliferar, y cerca de fines de 1983 había al menos 19 tipos de productos análogos en el mercado norteamericano. Los precios comenzaron a disminuir, a la vez que cubrían las expectativas de comodidad al consumidor. Entre 1983 y 1984, el número de vendedores de alimentos basados en surimi se triplicó a más de 40. Este crecimiento fue paralelo a una masiva promoción de estos productos, desde su

presencia en la mayoría de los encuentros de negocios, servicios de comida, restaurantes y luego la expansión en los supermercados.

En 1986, mientras las ventas de alimentos a base de surimi seguían creciendo, comenzaron a aparecer signos de una *fragmentación del mercado*. Esto se ha evidenciado con la retracción de las ventas en sectores tales como restaurantes y servicios de comida, que evitan el uso de análogos de mariscos. Aunque esta política puede ser parcialmente atribuida a las regulaciones “truth-in-menu” de la National Restaurant Association en 1985, varios restaurantes de categoría prefieren mantener su imagen en el mercado ofreciendo sólo alimentos de mar naturales o reales, con lo cual previenen el hecho de ser criticados por tener productos de imitación en sus menú. Este tipo de restaurantes son catalogados como un segmento fragmentado que no es abastecido por los productores de alimentos basados en surimi.

Otros segmentos de servicios de comida, tales como los “fast-food” han adaptado los productos de surimi como ingrediente en ensaladas. En contraste, ciertas cadenas de restaurantes de tipo familiar han eliminado los productos análogos como ingrediente en sus comidas, y lo han reemplazado por ejemplo con pequeños langostinos. Todo esto surge en parte por la sustitución de estos productos análogos con mariscos provenientes de cultivos, los que poseen un precio relativamente más bajo que los primeros.

No hay datos disponibles actualizados que correspondan a las etapas de reconsolidación y terminación.

12.3- Corea ²⁸

Tradicionalmente, la mayoría del pescado fresco en Corea era preparado para consumo frito o hervido. El consumo de productos derivados de surimi data de 1974, año en que el kamaboko se introdujo para el consumo de la población. En 1975 se introdujeron las salchichas de pescado, seguida por productos análogos tales como crabsticks en 1982. El consumo interno total de todos estos productos se incrementó desde 908 ton en 1976 a 64.751 ton en 1983.

A fines de los ochenta, se habían desarrollado tres grados de calidad para el surimi producido en Corea (ya sea a bordo o en tierra). En cuanto a los precios de mercado, el precio del tercer grado era sólo el 64% del precio del primer grado. Lamentablemente, no existen datos disponibles de la producción de cada calidad. Cuando se comparan los precios de surimi elaborado en tierra y a bordo, los precios del primer tipo representan un 80% del precio de mercado del elaborado a bordo.

12.4 - Europa

El mercado de surimi en Europa es pequeño e indefinido en el tiempo. Japón ha estado exportando pequeñas cantidades de productos análogos a mariscos producidos a partir de surimi, pero su aceptación está restringida a un sector muy selecto de los consumidores. ²⁸

En los países nórdicos, sin embargo, existe una demanda en un producto denominado “fish balls”, y en productos realizados a partir de desmenuzado pero no estrictamente en surimi. ²⁸

En el mercado europeo los procesadores mayormente utilizan el segundo (FA), tercer (AA) y cuarto grado (A) en la mezcla surimi para sus productos. Las calidades SA y FA se usan sólo como una pequeña parte de la mezcla de materia prima. En cuanto a la participación en el producto final, el grado AA es el de mayor importancia, lo cual indica que los compradores europeos, a diferencia de los japoneses, prefieren sacrificar la resistencia de gel por un menor precio de adquisición. ²⁷

Por otra parte, para lograr un alto grado de aceptación del producto, es necesario conocer las cualidades que busca satisfacer el comprador, y por ende el consumidor. Investigaciones en el mercado europeo de fish-cake han mostrado que el sabor dulce ha sido un obstáculo significativo en el uso de surimi para producir fish-cake y productos similares. En especial los consumidores noruegos, en contraste con los consumidores japoneses, no usan el sabor dulce en productos de desmenuzado de pescado. El surimi es un invento japonés, y tradicionalmente ha tenido un contenido de 8-9% de aditivos crioprotectores, en su mayor parte azúcar y sorbitol, los cuales otorgan al producto un sabor dulce.²⁷

En Europa y Estados Unidos el sabor dulce es mucho menos aceptable en este tipo de productos, con lo cual se convierte en una importante traba para incrementar el consumo y el crecimiento del mercado de surimi. La lactosa y la povidexrosa son dos ingredientes que pueden ser usados como estabilizadores para la congelación, ya que han demostrado ser muy eficaces en dicho aspecto. Industrialmente, se prefiere el uso de lactosa debido a que el precio de la povidexrosa es tres veces mayor que el precio de la primera.²⁷

12.5 - Argentina

La información comercial que pudo obtenerse de la industria surimera en Argentina se limita sólo a ciertos datos de exportación entre los años 1993-1999.

En la tabla 11 se detallan los valores exportados en dólares, su porcentaje con respecto al total exportado de productos pesqueros, y el volumen exportado con su correspondiente porcentaje. Se incluye en la misma el precio promedio de exportación.

Año	Valor (US\$)	% del Total	Volumen (ton.)	% del Total	Precio Prom. (US\$/ton)
1993	47.621.000	7	27.160	6	1.753
1994	48.197.000	7	24.248	5	1.988
1995	67.928.000	7	26.348	5	2.578
1996	53.155.000	5	27.921	4	1.904
1997	57.965.000	6	25.072	3	2.312
1998	45.677.000	5	25.635	4	1.782
1999	53.753.000	7	32.047	5	1.677

*Tabla 11: Detalle de exportaciones de surimi en valor y en volumen.*³²

En las figuras 34, 35 y 36 se muestran los principales países de destino de las exportaciones de surimi en 1993, 1998 y 1999, referidas al porcentaje exportado del valor total en dólares señalado en la tabla anterior.

12.6 - Sudáfrica³³

Aproximadamente el 5% del total capturado de pescado entero es usado para la elaboración de desmenuzado de pescado (minced). Esta materia prima se utiliza para preparar distintos tipos de productos para la venta en el mercado interno, tales como “fish cakes”, “fish snacks”, porciones, salchichas de pescado, etc.

Hasta el año 1986 no existía una producción local de productos derivados de surimi en Sudáfrica. Se importan aproximadamente 150 ton por año desde Japón y Taiwan, mayormente en la forma de presentaciones para cócteles, los cuales se utilizan para catering.

En cuanto a las regulaciones gubernamentales, el Departamento de Salud adoptó una política inusual que tiene un dramático efecto sobre las ventas de productos formados. Los productos basados en surimi pueden ser vendidos sin ningún tipo de colorantes. Como resultado de esta política, todos los productos derivados de surimi que se venden en Sudáfrica no poseen color, lo cual involucra que los productos análogos no puedan “imitar” la apariencia externa del producto original. Sin embargo, un cambio en la política del Departamento de Salud en el futuro permitiría el uso de colorantes en los productos en cuestión, logrando una mejora notoria en la apariencia del producto y un crecimiento en las ventas.

El mercado para los productos hechos a partir de desmenuzado de pescado es estático o con un crecimiento muy marginal en el futuro. La razón es que el mayor mercado para estos productos es la población blanca, y no se prevén cambios dramáticos en los niveles de consumo. La población negra prefiere los productos típicos tanto sea frescos como congelados, pero presenta rechazo por los productos que son reconstituidos, a causa del desconocimiento de su contenido real.

13 - Desarrollo económico

13.1 - Evaluación inicial

Supuestos:

- La línea de producción de surimi se instala en una planta pesquera de congelado en funcionamiento.
- La inversión en equipos es de: US\$ 803.716.
- El capital de trabajo se ha estimado como el 10% de las ventas anuales, es decir: US\$ 725.760.
- No se consideran costos de construcción, terrenos y costos de estructura.
- La depreciación sobre la maquinaria es de 10 años.
- La materia prima utilizada es merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), conocida vulgarmente bajo el nombre de hoki.
- Costo estimado de materia prima: US\$ 280/ton.
- Captura anual mínima necesaria de merluza de cola: 15.882 ton/año.
- Producción de surimi anual: 3.780 ton.
- Rendimiento a partir de pescado entero: 23,8 % (incluyendo recuperación de proteínas).
- Se estima que el 30% de surimi producido es de calidad FA (2°), y el 70% de calidad A (3°).
- Precio de venta: 2.200 US\$/ton surimi calidad FA, 1.800 US\$/ton surimi calidad A.
- No se considera la producción de harina de pescado, huevas u otros subproductos.

Riesgos:

- Disminución en las capturas de merluza de cola.
- Zona de pesca alejada de la ubicación geográfica de la planta pesquera.
- Obsolescencia de la maquinaria y el proceso.
- Descenso en los precios de venta de surimi.
- Baja demanda en el mercado.
- Competencia en el mercado con mayor calidad y menor precio.

Oportunidades:

- Integración con productos derivados del surimi.
- Incorporación de subproductos de la misma materia prima: huevas, aceite, harina, concentrados proteicos, etc.

13.2 - Características de la línea de surimi

El presente análisis consiste en la incorporación de una línea de producción de surimi dentro de la planta de una industria pesquera.

El equipamiento de la línea es capaz de elaborar 1 ton/hora de surimi. Se desea determinar con un análisis posterior, el punto de equilibrio en la producción de surimi.

Posiblemente la línea no trabaje el 100% durante el año, pero la razón de esta sobrecapacidad en los equipos se debe a que la inversión en maquinaria es alta, y el costo de una línea de 1 ton/hora no es muy diferente a la de una de menor capacidad. Por otra parte, es preferible contar con un amplio rango de producción en caso de que aumente la disponibilidad del recurso (materia prima) y/o aumenten las ventas.

Se estiman 270 días laborables al año con dos turnos de ocho horas al día, y un turno libre con objeto de permitir un correcto programa de limpieza y mantenimiento.

Se considera que la capacidad de la línea puede utilizarse hasta el 100% en el transcurso de los 270 días al año. Por otra parte, con 2 turnos de 8 horas, se consideran sólo 14 horas productivas por día. Con lo cual, se parte de la premisa de una producción promedio de 14 ton/día, es decir 3.780 ton/año.

Las razones para reducir en parte la capacidad son:

- La capacidad real de la línea y la calidad del producto final (surimi) son fuertemente dependientes de la frescura de la materia prima. Si la materia prima no es de óptima frescura, existirán incrementos en los costos y disminución de la productividad.
- Se consideran los tiempos improductivos dentro del horario de trabajo (tiempo de puesta en marcha, descansos del personal, etc.).
- Para una producción anual de 3.780 toneladas de surimi se precisan alrededor de 15.882,35 toneladas de materia prima. Con lo cual el requerimiento diario sería de 58,82 toneladas de merluza de cola. Si la captura de esta especie es menor al referido promedio, ello no podrá ser compensado con una captura mayor en los días subsiguientes, en razón que la línea no podrá absorber grandes excedentes.

13.3 - Empleo de Merluza de cola como materia prima

La elección de la especie que constituya la materia prima para la elaboración de surimi debe reunir las siguientes características:

- La especie a utilizar tendría que encontrarse relativamente cerca de la planta de procesamiento en la mayor parte del año para reducir costos de transporte, como así para minimizar los problemas de control de calidad.
- Tendría que presentarse durante una prolongada estación de pesca y en altas densidades para reducir costos unitarios de captura.
- Esta especie debería ser capaz de resistir un alto nivel de mortalidad por pesca, reteniendo la capacidad reproductiva.
- Finalmente, las características de su carne deben ser aceptables para producir un producto de calidad, a precios competitivos en el mercado, y con mínimos ajustes en las técnicas de procesamiento.

La especie merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) constituye un recurso pesquero que satisface los requerimientos mencionados.

En la literatura consultada ⁹, entre las especies de pescado de las costas argentinas en las que se ha estudiado su capacidad para formar “ashi”, se distingue la merluza de cola entre el grupo de calidad superior.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la carne de esta especie es más susceptible al deterioro, por lo cual el tiempo de guarda en hielo es considerablemente menor que el correspondiente a la merluza común. Esto ratifica la necesidad de que la producción de surimi se realice cerca de la zona de captura a efectos del suministro de materia prima con el mayor grado de frescura posible.

La ubicación ideal de una planta con procesamiento de surimi sería en costas santacruceñas, por ejemplo San Julián o Punta Quilla.

13.4 - Descripción del proceso de elaboración

El pescado es alimentado en la máquina Baader 182, la que descabeza, eviscera y filetea 120 piezas por minuto.

Luego del fileteado (ver figura 37), los filetes son transportados por una cinta a la máquina separadora de espinas (Baader 601), en donde la carne se remueve de la piel por la acción de una cinta contra un cilindro de metal perforado. La carne es forzada a través de pequeñas orificios en el cilindro mientras la piel y espinas giran a lo largo del cilindro y son descartadas.

El desmenuzado de pescado es conducido por una canaleta de acero inoxidable al primer tanque de lavado, en una relación 1:3 carne/agua. La capacidad mínima del tanque de lavado debe ser de 1340 litros. La mezcla desmenuzado/agua es agitada por 7 a 10 minutos y luego es bombeada a un tamiz rotatorio (rotary screen). En éste se realiza el drenado de la pulpa lavada.

La pulpa drenada cae por gravedad al segundo tanque de lavado, luego del cual se repite el lavado en una relación 1:5, por 8 a 10 minutos.

El desmenuzado lavado se bombea al segundo tamiz rotatorio.

El desmenuzado ya lavado y drenado se bombea a la refinadora, la cual elimina los restos de espinas, escamas, tela negra u otros defectos. Al colocar la *operación de refinado* antes del prensado, se evita la necesidad de refrigerar el tambor. La malla del tamiz de la refinadora es de 1 a 3 mm, pudiendo variar en este rango de acuerdo a la calidad de surimi deseado.

El producto de este refinado se destina a surimi calidad FA.

Lo descartado por la primera refinadora se bombea a una segunda refinadora. El desmenuzado que egresa de esa máquina se destina para surimi calidad A, mientras que los desperdicios se arrojan a una canaleta.

El desmenuzado refinado de cada calidad (se estima una relación 30:70 de calidad FA/A), se descarga directamente a la entrada de la prensa de tornillo o deshidratadora.

En esta operación se reduce el contenido de humedad inicial (90%) a un nivel de aproximadamente 80-84%.

Las proteínas insolubles que se perdieron en los tamices rotativos y el prensado, se recuperan alimentando esta agua en un Decanter Alfa-Laval SNX-418, el cual separa proteínas del agua de desecho. El agua es descartada, y las proteínas se retornan a la línea en el ingreso de desmenuzado a la refinadora.

La pasta débilmente coloreada proveniente de la refinadora pasa a la siguiente fase de mezclado donde se le añaden los aditivos crioprotectores.

La *incorporación de aditivos* y mezclado se realiza con una “silent cutter”. El tiempo de mezclado es de 15 minutos. La capacidad de esta máquina es de 300 Kg por carga.

Finalmente el surimi es extruído en una máquina *envasadora* en bloques de 10 Kg dentro de bandejas de metal y congelado en un armario de placas a -29°C .

Luego se procede al *enmastado* y *almacenamiento* en cámara de congelado.

En la figura 38 se representa el balance de material de la línea procesadora de surimi. Los rendimientos considerados, basados en la bibliografía consultada, deben ser ajustados en la práctica a los rendimientos obtenidos a partir de merluza de cola.

13.5 - Inversiones del proyecto

13.5.1 - Inversión Fija Total

En la tabla 12 se presenta el listado de equipos principales y auxiliares. El costo de compra de cada uno de los equipos se usa para calcular la inversión fija (activo fijo). Los valores indicados corresponden al costo del equipo sin instalar.

EQUIPO	Cantidad	Costo (US\$)	Subtotal (US\$)
Máquina descabezadora y fileteadora (Baader 182) *	1	100.000	100.000
Máquina separadora de espinas (Baader 601)	1	38.710	38.710
Tanque de Lavado (Alfa Laval)	2	7.728	15.456
Tamices de Drenado (FKC)	2	1.500	3.000
Refinadora (Fukoku re-300)	2	30.000	60.000
Prensa de tornillo (FKC re-600)	2	62.400	124.800
Mezcladora de aditivos (Bibun BM 230)	2	64.800	129.600
Máquina envasadora (Bibun)	1	9.600	9.600
Tanque de Acopio de Desmenuzado (de acero inox.)	7	3.600	25.200
Bomba de dosificación de aditivos (Alfa Laval)	2	1.987	3.974
Tanque de acondicionamiento del agua (Alfa Laval)	1	11.592	11.592
Bomba de circulación del agua (Alfa Laval)	1	4.968	4.968
Bomba de alimentación de desmenuzado (Alfa Laval)	2	38.640	77.280
Bomba de alimentación a la refinadora (Alfa Laval)	2	4.968	9.936
Cinta transportadora	1	9.600	9.600
Decanter (Alfa Laval SNX-418)	1	180.000	180.000
COSTO TOTAL EQUIPOS			803.716

Tabla 12: Detalle del costo de equipos (: Baader 182 usada reacondicionada a nuevo)*

La bibliografía usada en la mayor parte de los cálculos de estimación de inversión, costos y rentabilidad es “Elementos de Ingeniería Económica aplicada a la Industria Pesquera”.³⁴

Para estimar la inversión fija, se puede utilizar el método de los factores múltiples³⁴. Este es un método mediante el cual puede extrapolarse el costo de un sistema completo a partir del costo de los equipos principales del proceso, y determinar una estimación de la inversión fija total con un error de 10-15% del valor real, con la selección cuidadosa de los factores dentro del rango dado.

El punto de partida en este método es la estimación de la inversión de los equipos principales de proceso (llamada I_E). La inversión fija puede estimarse por aplicación de factores experimentales a la inversión básica I_E .³⁴

Entonces:

$$I_F = I_E \times (1 + \sum f_i) \times (1 + \sum f_{ii})$$

donde:

I_F : Inversión fija del sistema completo.

I_E : Costo del equipo principal instalado

f_i : Factores de multiplicación para la estimación de costos directos.

f_{ii} : Factores de multiplicación para la estimación de costos indirectos.

De acuerdo a las características del proyecto, se consideran dentro de los costos directos únicamente cañerías e instrumentación, obviando edificios ya que la línea de surimi se instalaría dentro del edificio construido donde funciona la planta pesquera. Con el mismo criterio se omiten los costos de ingeniería y construcción dentro de los costos indirectos.

Los valores de dichos factores se tomaron de la literatura citada.

Los resultados se pueden observar en la tabla 13.

ITEM	FACTOR DE MULTIPLICACIÓN	COSTO DEL ITEM (US\$)
Costo de adquisición del equipo	1,00	803.716,00
Costo de instalación del equipo	0,20	160.743,20
	I_E	964.459,20
Factores experimentales como fracción de I_E	f_i	
Cañerías de proceso	0,05	48.222,96
Instrumentación	0,03	28.933,78
$\sum f_i$	0,08	77.156,74
Costo físico total, $I_E \times (1 + \sum f_i)$		1.041.615,94
Factores experimentales como fracción del costo físico total	f_{ii}	
Contingencias	0,10	104.161,59
Costo indirecto total, $\sum f_{ii}$	0,10	104.161,59
Inversión fija total, $I_F = I_E \times (1 + \sum f_i) \times (1 + \sum f_{ii})$		US\$ 1.145.777,53

Tabla 13: Cálculo de la inversión fija total de una línea de surimi. ³⁴

El método de los factores puede lograr requerimientos rápidos de inversión de capital fijo con la precisión suficiente para los propósitos de la presente evaluación económica.

13.5.2 - Capital de trabajo:

En la estimación del capital o activo de trabajo, se considera a éste como el 10% de las ventas anuales. ³⁴El cálculo de la estimación de las ventas anuales se detalla posteriormente en la tabla 17.

$$I_w = 10\% \text{ Ventas Anuales} = 0,10 \cdot \text{US\$ } 7.257.600 = \text{US\$ } 725.760$$

13.5.3 - Inversión Total:

La inversión total es la suma de la inversión fija y el capital de trabajo. ³⁴

$$I_T = I_F + I_W = \text{US\$ } 1.145.777,53 + 725.760,00 = \text{US\$ } \mathbf{1.871.537,53}$$

13.6 - Costos de Producción:

Los costos reales de producción son difíciles de encontrar en la bibliografía y en la realidad debido a que son una clara indicación de la factibilidad de producción de un producto poco convencional y de mercado acotado.

La estimación de los costos de producción permite evaluar la viabilidad económica de un proyecto, y además muestra cuáles serían los costos de mayor influencia sobre la rentabilidad, a fin de determinar específicamente en forma detallada esos rubros en futuros cálculos. ³⁴

Los costos estándar son costos representativos por unidad de producción que se establecen con anticipación a la producción.

El conocimiento de la estructura de costos de la línea funcionando a plena capacidad (100%) permite realizar fácilmente una estimación del costo que se tendría al operar la planta a niveles inferiores. ³⁴

Es por esto, que a los efectos de calcular el costo estándar, se parte de la premisa de una producción de 3.780 toneladas por año, es decir 14 toneladas diarias, manteniendo los supuestos detallados anteriormente.

Una vez obtenido el costo total estándar de producción, se puede estimar el punto de equilibrio de la producción de surimi.

El cálculo de los costos de producción se realiza a continuación rubro por rubro:

13.6.1 - Costos variables (directos):

Materia prima:

Pescado:

Especie: Merluza de Cola

Cantidad de materia prima: 1050,42 Kg. de pescado entero por cada 250 Kg de surimi producido, es decir, 4,202 toneladas de materia prima por cada tonelada de producto final.

Precio estimado de la materia prima: US\$ 280/tn.

$$\text{Costo de la materia prima} = \frac{\text{Cantidad de materia prima (toneladas/día)} \times \text{Precio}}{\text{Producción de surimi (t/día)}}$$

$$= (4,2016 \text{ ton/h} \times 14 \text{ h/día} \times \text{US\$ } 280/\text{tn}) / 14 \text{ ton/día} =$$

$$= \mathbf{\text{US\$ } 1.176,47 / \text{ton.}}$$

Aditivos:

Costo de aditivos: US\$ 21 por tonelada de materia prima ³⁵ (pescado entero), lo que convertido al costo por tonelada de surimi, teniendo en cuenta que por cada tonelada de surimi se necesitan 4,202 toneladas de pescado entero:

$$\text{Costo de aditivos} = \mathbf{\text{US\$ } 88,24/\text{tn}}$$

Material de Empaque:

Cantidad de *cajas de cartón corrugado* (capacidad 20 KG): 55 cajas/ton

Precio unitario de las cajas: US\$ 0.46

Costo Cajas cartón corrugado = Cantidad de cajas x Precio = 55 cajas/ton x US\$ 0,46 =
= US\$ 25,30

Sunchos y rotulados = US\$ 4/ton

Bolsas de polietileno de 60 micras = 6,51 US\$/ton

Costo total de material de empaque = **US\$ 35,81/ton**

Mano de Obra Directa:

Se requieren:

2 operarios en Baader 182.

2 operarios en Baader 601/lavado y drenado/refinado/prensado/mezcla de aditivos.

1 operario en envase.

Total MOD: 5 operarios por turno de trabajo (se consideran dos turnos).

Costo de los operarios =

$$\frac{\text{Nro de operarios} \times \text{Salario (US\$/h)} \times \text{h/turno} \times \text{turnos/día} \times (1 + \text{Cargas Sociales})}{\text{Producción de bloques congelados de surimi (t/día)}}$$

$$= (5 \times \text{US\$ } 1,344/\text{h} \times 8 \text{ h/turno} \times 2 \text{ turnos/día} \times 1,3060) / 14 \text{ ton/día} =$$

$$= \quad \mathbf{\text{US\$ } 10,03/\text{tn}}$$

El valor de salario de US\$ 1,34/h incluye el adicional por zona (Básico del sueldo 1,12 + 20% de adicional). Dentro de las cargas sociales se incluye aguinaldo, vacaciones y cargas sociales propiamente dichas.

El costo de la mano de obra indirecta y de supervisión no se consideran en este análisis preliminar, ya que se parte del supuesto de que esta mano de obra es la misma que trabaja simultáneamente en la planta en funcionamiento, es decir que se toma como parte de la estructura de la planta.

Servicios:

Energía:

EQUIPO	Cantidad	Consumo unitario (kWh)	Subtotal Consumo (kWh)
Baader 182	1	6,00	6,00
Baader 601	1	5,50	5,50
Agitadores para el tanque de lavado	4	2,20	8,80
Drenadores rotativos	2	5,50	11,00
Refinadora	2	22,00	44,00
Prensa de tornillo	2	5,50	11,00
Mezcladora de aditivos	2	15,00	30,00
Envasadora	1	7,50	7,50
Bomba de alimentación de desm.	2	5,60	11,20
Bomba para la adición de aditivos	2	1,50	3,00
Cinta transportadora	1	1,10	1,10
Decanter	1	55,00	55,00
TOTAL			194,10

Tabla 14: Detalle del consumo de energía.

$$\begin{aligned} \text{Costo de Energía} &= \frac{\text{Consumo energía (kWh)} \times \text{Cant. hs/tn} \times \text{Precio unitario prom.}}{\text{Producción diaria (tn)}} \\ &= \frac{(194,10 \text{ kWh} \times 14 \text{ h/día} \times 0,049 \text{ US\$/kWh})}{14 \text{ tn/día}} \\ &= \mathbf{US\$ 9.51 / ton} \end{aligned}$$

Agua:

EQUIPO	Cantidad	Consumo unitario (m ³ /tn)	Subtotal Consumo (m ³ /tn)
Baader 182	1	2,40	2,40
Baader 601	1	0,00	0,00
Tanques de Lavado (capacidad: 200 a 500 lts.)	2	6,70	13,40
Limpieza			1,00
TOTAL			16,80

Tabla 15: Detalle del consumo de agua.

El valor obtenido de consumo de agua prácticamente coincide con los valores que se encuentran en la bibliografía (12 veces en peso de desmenuzado, es decir 12 x 1,34 ton = 16,10 ton de agua/ton de producto final), con lo que a los efectos del cálculo preliminar del costo de producción, se utilizará el valor de consumo de **16,8 m³/tn**.

Precio del agua: US\$ 1/ m³

Consumo de agua: 16,80 m³/ton

$$\begin{aligned} \text{Costo Agua} &= \text{Consumo de agua} \times \text{Precio unitario} = 16,80 \text{ m}^3/\text{tn} \times \text{US\$ } 1/\text{m}^3 = \\ &= \text{US\$ } 16,80 / \text{ton} \end{aligned}$$

Mantenimiento:

Este rubro puede estimarse anualmente como un 3% de la Inversión fija cuando no se posee mayor información, aunque este método da el costo de mantenimiento como un costo fijo y esto no es totalmente cierto.

$$\begin{aligned} \text{Costo de Mantenimiento} &= 0,03 \times I_F / Q_{\text{anual}} = 0,03 \times \text{US\$ } 1.279.139,56 / 3.780 \text{ ton} = \\ &= \text{US\$ } 10,15 / \text{ton}. \end{aligned}$$

13.6.2 - Costos Fijos (indirectos):

Costos de Inversión:

Depreciación:

Generalmente, la depreciación se calcula aplicando el método de la línea recta. Se supone que la vida útil es del equipo principal es de 10 años. La asignación del costo de depreciación es uniforme para todos los años.

Siendo

$$\text{Inversión fija (I}_F\text{)} = \text{US\$ } 1.145.777,53$$

Por las dificultades que se presentan en la estimación de valores futuros como el valor residual o de reventa, usualmente se le asigna valor nulo. En consecuencia:

$$\text{Valor de reventa o residual (L)} = 0$$

El costo anual de depreciación, se calcula como:

$$\begin{aligned} \text{Valor depreciado anual} &= e \times (I_F - L) = 1/n \times (I_F - L) = 1/10 \times \text{US\$ } 1.145.777,53 = \\ &= \text{US\$ } 114.577,75 \end{aligned}$$

De forma tal que los costos de unitarios de depreciación resultan ser:

$$\begin{aligned} \text{CUD} &= \text{Costos anual de depreciación} / \text{Producción anual} = \text{US\$ } 114.577,75 / 3.780 \text{ tn} = \\ &= \text{US\$ } 30,31 / \text{tn} \end{aligned}$$

Seguros e Impuestos:

Se estima este rubro como el 2% de la inversión fija.

$$\begin{aligned} \text{Seguros} &= 0,02 \times \text{Inversión fija anual} = 0,02 \times \text{Inversión fija} / \text{Producción anual} = \\ &= 0,02 \times \text{US\$ } 1.145.777,53 / 3.780 \text{ tn} = \text{US\$ } 6,06 / \text{tn} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo Total de Inversión} &= \text{Depreciación} + \text{Seguros e Impuestos} = \\ &= \text{US\$ } 30,31 + \text{US\$ } 6,06 = \text{US\$ } 36,37/\text{ton} \end{aligned}$$

Financiación:

A los efectos de simplificar los cálculos, se estima un préstamo consistente en el 50% del valor de la inversión total, es decir, US\$ 935.768,76.

El préstamo es pagadero en diez años, con una tasa de financiación del 12%.

A los efectos de los cálculos, se toma como costo de financiación anual el interés del primer año: US\$112.292,25.

$$\text{El costo de financiación es de } \text{US\$ } 29,71 / \text{ton}.$$

Gastos generales:

Estos gastos que incluyen investigación y desarrollo, relaciones públicas, contaduría y auditoría, asesoramiento legal; en la industria pesquera constituyen una pequeña parte del costo total de producción. Estos gastos son estimados como el 1% del costo total de producción.

$$\begin{aligned} \text{Gastos generales} &= 0,01 \times \text{Costo total de producción} = 0,01 \times \text{US\$ } 1.440,97= \\ &= \text{US\$ } 14,40 \text{ /ton} \end{aligned}$$

Costos de Ventas y Distribución:

Estos costos son estimados como el 1% de los costos directos para plantas de congelado.

$$\begin{aligned} \text{Costos de Ventas y Distribución} &= 0,01 \times \text{Costo Directo} = 0,01 \times \text{US\$ } 1347,02= \\ &= \text{US\$ } 13,47 \text{ /ton} \end{aligned}$$

13.6.3 - Resumen de costos:

En la tabla 16 se indica la composición del costo total de producción.

<i>COSTOS DIRECTOS O VARIABLES</i>	VALOR (US\$/ton)
Materia Prima	1176,47
Aditivos	88,24
Mano de Obra Directa	10,03
Energía	9,51
Agua	16,80
Mantenimiento	10,15
Material de Empaque	35,81
Subtotal Costos Directos	1347,02
<i>COSTOS INDIRECTOS O FIJOS</i>	
Costos unitarios de deprecia.	30,31
Seguros e Impuestos	6,06
Financiación	29,71
Gastos generales	14,40
Costos Ventas y Distribución	13,47
Subtotal Costos Indirectos	93,95
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	1440,97
CTPx sin depreciación	1410,66

Tabla 16: Resumen del Costo de Producción.

13.6.4 - Costo unitario relativo:

Un punto fundamental en el análisis de costos es la relación funcional que existe entre los costos y la producción por período de tiempo. Una función de costos presenta distintos resultados cuando la planta trabaja con diferentes porcentajes de utilización.³⁴

El conocimiento de la estructura de costos de la línea funcionando a plena capacidad permite realizar fácilmente una estimación del costo que se tendría al operar la planta a niveles inferiores.

En la tabla 17 se ha calculado la relación del costo de producción unitario de la línea operando a una cierta capacidad (costo unitario relativo, CUR) con respecto al costo de la misma línea a plena capacidad. En la figura 39 se representa gráficamente dicha relación.

Capacidad (%)	Costo Unitario (US\$/ton)	Costo Unitario Relativo (US\$/ton)
16,4	1.920,00	1,33
20,0	1.816,77	1,26
40,0	1.581,90	1,10
60,0	1.503,60	1,04
80,0	1.464,46	1,02
100,0	1.440,97	1,00

Tabla 17: Costos de producción en función del porcentaje de capacidad operada.

13.7 - Análisis Económico

13.7.1 - Ventas:

En cuanto a las ventas, se estima que el 30% de surimi producido es de calidad FA (2°), y el 70% de calidad A (3°). En la Tabla 18 se detallan los ingresos por ventas esperados:

PRODUCTOS	CANTIDAD (TON)	PRECIO PROM.(US\$/TON)	VENTAS ANUALES (US\$)
Surimi FA (2°)	1.134	2200	2.494.800
Surimi A (3°)	2.646	1800	4.762.800
Total			7.257.600

Tabla 18: Detalle de Ventas estimadas.

13.7.2 - Cuadro de Fuentes y Usos de Fondos:

El esquema financiero de un proyecto puede presentarse de modo sencillo haciendo una integración de los datos en los denominados “cuadros de fuentes y usos de fondos”.

En la tabla 19 se muestra cuál es el origen o fuente de los fondos y cuál es su destino final.

EJERCICIO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Fuente										
Capital propio	935.769									
Crédito bancos (*)	935.769									
Ventas netas del ejercicio	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600
Subtotal (a)	9.129.137	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600	7.257.600
Usos										
Activo Fijo	1.145.777									
Activo de Trabajo	725.760									
Costos de financiación (**)	112.292	101.063	89.834	78.605	67.375	56.146	44.917	33.688	22.458	11.229
Costos de producción (s/dep)	5.219.996	5.219.996	5.219.996	5.219.996	5.219.996	5.219.996	5.219.996	5.219.996	5.219.996	5.219.996
Subtotal (b)	7.203.826	5.321.059	5.309.830	5.298.601	5.287.371	5.276.142	5.264.913	5.253.684	5.242.454	5.231.225
Saldo (a)-(b)	1.925.312	1.936.541	1.947.770	1.958.999	1.970.229	1.981.458	1.992.687	2.003.916	2.015.146	2.026.375
Beneficio neto (***)	1.155.187	1.161.925	1.168.662	1.175.400	1.182.137	1.188.875	1.195.612	1.202.350	1.209.087	1.215.825
Más depreciación	114.578	114.578	114.578	114.578	114.578	114.578	114.578	114.578	114.578	114.578
Flujo de caja	1.269.765	1.276.502	1.283.240	1.289.977	1.296.715	1.303.452	1.310.190	1.316.928	1.323.665	1.330.403

Tabla 19: Cuadro de Fuentes y Usos de Fondos.

(*): Existe un crédito bancario del 50% del valor de la Inversión Total (Inversión fija más Capital de Trabajo)

(**): Tasa bancaria del 12% anual.

(***): Descontando impuestos a las ganancias (40%).

13.7.3 - Análisis de rentabilidad:

El análisis de rentabilidad del proyecto se realizó desde el punto de vista del empresario, es decir, considerando gastos financieros.

Tasa de Retorno sobre la Inversión Original:

La tasa de retorno sobre la inversión es expresada normalmente como un porcentaje. El beneficio neto anual dividido por la inversión total inicial representa la fracción que, multiplicada por 100, es conocida como retorno porcentual sobre la inversión.

El procedimiento usual es encontrar el retorno sobre la inversión total original siendo el numerador el valor del beneficio neto promedio:

$$BN_p = (1/n) \times \sum BN_j$$

En este caso donde los flujos anuales de caja no son constantes, se debe calcular el beneficio anual promedio como el flujo anual de caja menos el costo anual de depreciación.

De esta manera la tasa de retorno sobre la inversión original, I_{ROI} , será:

$$I_{ROI} = BN_p / I_T$$

$$= [(1/10) \times 11.855.059,31] / 1.871.537,53 = 0,6334$$

Con lo cual la tasa de retorno promedio sobre la inversión original será:

$$I_{ROI} = \mathbf{63,34\% \text{ por año.}}$$

Valor Presente:

Este método compara los valores presentes (VP) de todos los flujos de caja con la inversión original. Supone igualdad de oportunidades para la re-inversión de los flujos de caja a una tasa de interés pre-asignada.³⁴

El valor presente del proyecto es igual a la diferencia entre el valor presente de los flujos anuales de fondos y la inversión inicial. Otra forma de definir el valor presente, es la cantidad adicional que será requerida al comienzo del proyecto, usando una tasa de interés pre-asignada, para producir ingresos iguales a, y al mismo tiempo que la inversión total.³⁴

Si el valor presente es positivo, significa que el proyecto es rentable, es decir que son mayores los beneficios que brinda el proyecto que los sacrificios que implica. En cambio, si es negativo, el proyecto no es conveniente ya que es peor que la mejor alternativa representada por la tasa de interés de referencia. Por último, en el caso de que el valor presente fuera cero, el proyecto sería indiferente realizarlo o no.³⁶

$$VP = [(\sum FC_j) / (1 + \text{tasa de interés})^j] - I_T$$

Se debe notar que en el flujo de caja del último año se deben incluir el valor residual (en este caso es $L = \text{cero}$), y el capital de trabajo.³⁴

Considerando una tasa de interés del 12% anual, se obtienen los resultados de la siguiente tabla.

n (años)	Flujo de caja / (1 + 0,12)ⁿ (US\$)
1	1.134.718,55
2	1.017.619,83
3	913.384,78
4	819.803,95
5	735.790,87
6	660.369,58
7	592.663,41
8	531.884,94
9	477.326,89
10	662.029,32
Total	7.544.592,11
Inversión Total	1.871.537,53
VP	5.673.054,58

Tabla 20: Cálculo del Valor Presente.

Por lo tanto, US\$ 5.673.054,58 es la cantidad que sumada a la inversión (US\$ 1.871.537,53) dará la suma que debería invertirse al 12% para obtener ingresos anuales iguales a, y al mismo tiempo que los estimados para la inversión recomendada.

Debido a que los resultados no indican la magnitud del proyecto, se define una variante del valor presente como la relación entre el valor presente de los flujos anuales de fondos y la inversión total.

$$VP' = [(\sum FC_j) / (1 + \text{tasa de interés})^j] / I_T = US\$ 7.544.592,11 / US\$ 1.871.537,53 = \mathbf{4,03}$$

Esta relación puede utilizarse como un indicador de la rentabilidad del proyecto, analizando el alejamiento del resultado con respecto al valor unitario. La unidad corresponderá al caso en que la tasa pre-asignada coincida con el valor de la tasa interna de retorno (TIR).

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La tasa interna de retorno, es aquella tasa de interés que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos. Vale decir, es aquella tasa de descuento o interés que aplicada a un flujo de beneficios netos hace que el beneficio al año cero sea exactamente igual a cero. ³⁷

Normalmente se utiliza un procedimiento de prueba y error, ya sea manualmente o mediante computadora, para establecer la tasa de interés que debería aplicarse anualmente al flujo de caja de tal manera que la inversión original sea reducida a cero (o al valor de venta del terreno en caso de haberlo considerado en el proyecto, más el capital de trabajo) durante la vida útil del proyecto. ³⁴

Por lo tanto, la tasa de retorno que se obtiene es equivalente a la máxima tasa de interés que podría pagarse para obtener el dinero necesario para financiar la inversión y tenerla totalmente paga al final de la vida útil del proyecto. ³⁴

En este caso, el procedimiento utilizado consiste en aplicar un factor de descuento a los flujos de cajas anuales y sumar de tal forma de obtener el valor presente probando con distintos valores de r hasta obtener el valor de la inversión requerida.

El factor de descuento para pagos al final del año j, es:

$$d_m = 1 / (1 + r)^j$$

donde: r = tasa de interés elegida

j = año para el que se realiza el cálculo.

En la tabla 21 se muestra el método de prueba y error utilizado.

		Prueba r = 0,20		Prueba r = 0,40		Prueba r = 0,60		Prueba r = 0,679	
Año	Flujo Caja	Factor d _m	Valor Presente (VP)	Factor d _m	Valor Presente (VP)	Factor d _m	Valor Presente (VP)	Factor d _m	Valor Presente (VP)
0	1.871.537,53								
1	1.269.764,78	0,833	1.058.137,31	0,714	906.974,84	0,625	793.602,99	0,596	756.262,52
2	1.276.502,31	0,694	886.459,94	0,510	651.276,69	0,391	498.633,72	0,355	452.814,38
3	1.283.239,85	0,579	742.615,65	0,364	467.653,01	0,244	313.290,98	0,211	271.116,37
4	1.289.977,38	0,482	622.095,57	0,260	335.791,70	0,153	196.834,93	0,126	162.322,72
5	1.296.714,92	0,402	521.120,64	0,186	241.103,95	0,095	123.664,37	0,075	97.183,16
6	1.303.452,45	0,335	436.523,59	0,133	173.111,92	0,060	77.691,82	0,045	58.182,32
7	1.310.189,99	0,279	365.649,98	0,095	124.290,53	0,037	48.808,38	0,027	34.832,08
8	1.316.927,52	0,233	306.275,25	0,068	89.235,49	0,023	30.662,11	0,016	20.852,41
9	1.323.665,06	0,194	256.535,16	0,048	64.065,73	0,015	19.261,86	0,009	12.483,08
10	1.330.402,59	0,162	214.867,45	0,035	45.994,16	0,009	12.099,94	0,006	7.472,68
Total			5.410.280,54		3.099.498,01		2.114.551,09		1.873.521,73
Relación = VP/Inversión			2,89		1,66		1,13		1,00

Tabla 21: Cálculo de la tasa interna de retorno para la línea de surimi.

En la tabla 21 se han omitido algunas columnas del factor d_m por simplicidad.

El criterio de decisión con respecto a este indicador TIR señala que es conveniente realizar la inversión cuando la tasa de interés es menor que la tasa interna de retorno, o sea, cuando el uso del capital en inversiones alternativas rinde menos que el capital invertido en este proyecto.³⁷

La tasa de retorno obtenida de **67,9%** significa que el proyecto es conveniente. Por otra parte, dicho valor representa la tasa de interés a la que el dinero original de US\$ 1.871.537,53 podría ser invertida para proporcionar ingresos tales y al mismo tiempo que los calculados para la inversión propuesta.³⁴

13.7.4 - Análisis de liquidez

Tiempo de repago:

Se define como el mínimo período de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión original en forma de los flujos de caja del proyecto.³⁴ Es decir, se calcula el número de años que se requieren para que los flujos de entrada de efectivo sean exactamente iguales a los flujos de salida de efectivo.³⁸

Este criterio de análisis, también llamado método del período de reembolso o de liquidación simple, indica principalmente la liquidez del proyecto más que su rentabilidad. Se utiliza como una medida del riesgo del proyecto, ya que la liquidez tiene que ver con qué tan rápido se puede recuperar una inversión. Un período reducido de reembolso de valor se considera conveniente.³⁸

$$\text{Tiempo de repago (n}_R\text{), en años} = \text{Inversión de capital fijo} / \text{Flujo de caja promedio} =$$

en donde:

$$\text{Flujo de Caja Promedio} = \text{FC}_P = (1/n) \times \sum \text{FC}_j$$

Entonces:

$$\text{Tiempo de repago (n}_R) = 1.145.777,53 / 1.300.083,68 = \mathbf{0,88 \text{ años.}}$$

Como el período de recupero es menor que la vida útil de los equipos, y menor el período de financiamiento, este indicador señala solidez en la inversión.³⁹

Aunque el valor obtenido sólo coincide con el valor real cuando los flujos de caja son iguales, de todos modos indica que la inversión se reducirá a cero antes de que finalice el primer período.³⁴

Este criterio para la decisión de inversiones es simple y fácil de entender, pero utilizado por sí solo puede llevar a decisiones erróneas. Sin embargo, arroja información que es útil para complementar el análisis económico de la inversión.³⁷

13.7.5 - Punto de Equilibrio:

El análisis del punto de equilibrio es un método para organizar y presentar algunas de las relaciones estáticas de una empresa en el corto plazo.

El modelo más conocido de punto de equilibrio relaciona los costos fijos y variables con los ingresos por ventas con el fin de planificar los beneficios.

Bajo la premisa que el precio y la demanda son mutuamente independientes, y que el precio es mayor que el costo variable por tonelada, en el cálculo del punto de equilibrio resulta un solo punto de equilibrio.³⁸

En el punto de equilibrio, los beneficios se igualan a cero y la producción para el punto en cuestión se puede calcular como el cociente del Costo Fijo Total (CFT) anual y la diferencia entre el precio (P) por tonelada y el costo variable (V) por tonelada.³⁴

Es decir:

$$\text{Punto Equilibrio} = \text{CFT} / (\text{P} - \text{V})$$

El valor obtenido indica el volumen al cual las ventas y los costos de producción se igualan exactamente. En este punto, una unidad adicional producida y vendida produciría una ganancia. Hasta que el punto de equilibrio es alcanzado, se opera a pérdida.³⁴

En la mayoría de los casos, la eficiencia de las operaciones de producción depende de la utilización de la planta.

La competencia del mercado con frecuencia crea presión para bajar el punto de equilibrio de una operación, conforme más bajo sea el punto de equilibrio, será menos probable que ocurra una pérdida durante las fluctuaciones del mercado. También, si el precio de venta permanece constante, se logrará una utilidad más grande a cualquier nivel de operación sobre el punto de equilibrio reducido.³⁸

Los supuestos son:

- Precio de materia prima: 280 US\$/ton.
- Precio de Venta Surimi: 1920 US\$/ton.
- Costo unitario de producción: 1440,97 US\$/ton
- Costo variable unitario: 1347,02 US\$/ton
- Costo Fijo Total (CFT): 355.134,87 US\$/ton
- Capacidad de producción diaria: 14 ton/día.
- Días de trabajo anual: 270 días/año.
- Capacidad de producción anual: 3.780 ton/año.
- No se toman en cuenta costos de estructura (Gerencia, Supervisión, Depreciación del edificio, etc.).

$$\begin{aligned} \text{Pto de Equilibrio} &= \text{CFT} / (1920 - 1347,02) = 355.134,87 / (1920 - 1347,02) = \\ &= 619,80 \text{ ton/año} = \mathbf{2,30 \text{ ton/día}} \end{aligned}$$

En la tabla 22 se presenta el resultado en función del grado de aprovechamiento de la capacidad de la línea de producción. Como puede observarse, el punto de equilibrio ocurre cuando se utiliza sólo el 16,4% de la capacidad mencionada. Es decir, que la operación rentable se encuentra a la derecha del punto de equilibrio (619,8 ton/año o 2,30 ton/día). Si la producción está por debajo, la operación da pérdidas y por encima, se obtienen utilidades.

En la figura 40 se muestran las curvas de costos totales, ingresos por venta y el punto de equilibrio.

% de Uso de la línea	Q		VT	CVT	CFT	CT	BNAI
	(ton/año)	(ton/día)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)
0,00%	0,00	0,00	0	0	355.135	355.135	-355.135
16,40%	619,80	2,30	1.190.019	834.885	355.135	1.190.020	0
20,00%	756,00	2,80	1.451.520	1.018.346	355.135	1.373.481	78.039
40,00%	1.512,00	5,60	2.903.040	2.036.692	355.135	2.391.827	511.213
60,00%	2.268,00	8,40	4.354.560	3.055.039	355.135	3.410.174	944.386
80,00%	3.024,00	11,20	5.806.080	4.073.385	355.135	4.428.520	1.377.560
100,00%	3.780,00	14,00	7.257.600	5.091.731	355.135	5.446.866	1.810.734

Tabla 22: Ingresos, costos y beneficios anuales antes de impuestos para distintos niveles de producción (Q: nivel de producción; VT: ventas totales anuales; CVT: costo variable total; CFT: costo fijo total; BNAI: beneficio neto antes de impuestos).

En cuanto a la rentabilidad, referida al Beneficio Neto Antes de Impuestos (BNAI), en la figura 41 se grafica los distintos valores obtenidos a partir de distintas capacidades utilizadas.

Luego, se puede analizar la sensibilidad del valor del punto de equilibrio en relación a variaciones en el precio de la materia prima, en el precio del producto, y en la posibilidad de la asignación de parte de los costos de estructura de la planta en la cual opera la línea de surimi.

Variación en el costo de la materia prima:

Este análisis se realiza manteniendo constantes los supuestos iniciales, con la introducción del cambio en el valor del costo de la materia prima, es decir el costo por tonelada de merluza de cola. En la siguiente tabla se consignan los valores del punto de equilibrio hallados para determinados valores de materia prima:

Costo de Materia Prima (US\$/ton)	Punto de Equilibrio	
	ton/año	ton/día
250	508,76	1,88
300	726,32	2,69
325	925,06	3,43
350	1273,51	4,72
375	2043,10	7,57
400	5163,36	19,12

Tabla 23: Análisis de la sensibilidad del punto de equilibrio relacionado a cambios en el costo de la materia prima.

Analizando los valores expuestos en la tabla 23 y en la figura 42, se puede observar que un cambio de casi el 43% (de 280 a 400 US\$/ton) en el valor de la materia prima ocasiona un aumento del 733% en el punto de equilibrio (de 2,30 a 19,12 ton/día), superando la capacidad máxima de producción de la línea (11,20 ton/día).

Variación en el precio de venta del Surimi:

El examen de la sensibilidad del punto de equilibrio al precio de venta del surimi revela la situación mostrada en la tabla 24.

Los valores en esta tabla parten de los supuestos iniciales, es decir, que los costos estimados permanecerán constantes, con la única variación del precio de venta.

Precio prom. de Venta (US\$/ton)	Cambio en el valor del precio	Punto de Equilibrio		Cambio en el punto de equilibrio
		ton/año	ton/día	
1.363,20	-29%	21.947,42	81,29	3441,04 %
1.401,60	-27%	6.506,55	24,10	949,78 %
1.440,00	-25%	3819,43	14,15	516,23 %
1.536,00	-20%	1879,21	6,96	203,19 %
1.728,00	-10%	932,16	3,45	50,40 %
1.920,00	0%	619,80	2,30	0,00 %
2.112,00	10%	464,24	1,72	-25,10 %
2.304,00	20%	371,10	1,37	-40,13 %

Tabla 24: Análisis de la sensibilidad del punto de equilibrio relacionado a cambios en el precio de venta de surimi.

Se puede observar que con una reducción de 29% en el precio de venta (1920 a 1363,2 US\$/ton), el punto de equilibrio aumenta 35,34 veces (de 2,30 a 81,29 ton/día, un valor que sobrepasa holgadamente la capacidad máxima de operación). En la figura 43 se muestra gráficamente la relación de estas variables.

Asignación de costos de estructura:

Se realiza este análisis debido a que en el análisis preliminar no se consideraron ciertos costos, por ejemplo, sueldos de mano de obra indirecta, supervisores, personal jerárquico, control de calidad, personal de cámara, depreciación del edificio e instalaciones, etc.

Se parte del supuesto de un costo de estructura fija de la empresa de US\$ 300.000 /año.

Los valores en la tabla 25 parten de las premisas iniciales, es decir, que los costos estimados y el precio estimado de venta permanecerán constantes, asignando distintos porcentajes del costo de estructura de la empresa, lo cual modifica el costo fijo total anual, y consecuentemente, el punto de equilibrio de producción de la línea de surimi.

La relación entre el cambio en el punto de equilibrio y el porcentaje asignado de estructura es prácticamente lineal, como puede observarse en la figura 44.

Se denota que el punto de equilibrio es poco sensible a la asignación de los costos en cuestión, con lo cual la línea de producción de surimi podría absorber hasta el 50 % de dichos gastos con un cambio del 42,24% en el punto de equilibrio (de 2,30 a 3,27 ton/día), valor que se encuentra holgadamente dentro de la capacidad de operación de la línea.

% Asignación	Costo de Estructura (US\$/año)	Costo Fijo Total (US\$/año)	Punto de Equilibrio		Cambio en el punto de equilibrio
			ton/año	ton/día	
0	0	355.134,87	619,80	2,30	0 %
10	30.000	385.134,87	672,16	2,49	8,45 %
15	45.000	400.134,87	698,34	2,59	12,67 %
20	60.000	415.134,87	724,52	2,68	16,89 %
25	75.000	430.134,87	750,70	2,78	21,12 %
30	90.000	445.134,87	776,88	2,88	25,34 %
40	120.000	475.134,87	829,23	3,07	33,79 %
50	150.000	505.134,87	881,59	3,27	42,24 %

Tabla 25 : Análisis de la sensibilidad del punto de equilibrio relacionado a porcentajes de asignación de los costos de estructura de la empresa.

14 - Conclusiones:

A lo largo del presente trabajo, se ha detallado no sólo el proceso completo de elaboración de surimi, sino también los factores importantes a considerar para lograr un producto de óptima calidad.

De lo expuesto se puede concluir que con el proceso de elaboración de surimi se pueden abrir nuevas expectativas comerciales a especies subexplotadas, descarte de otras pesquerías, desechos de industrialización y aquellas que son poco comercializadas, siempre y cuando estas especies presenten ciertas características específicas.

Si bien los recursos merluza y polaca están plenamente explotados, no así otras especies sobre las cuales se deberían ahondar esfuerzos para lograr a través de esta tecnología y/o similares, un aprovechamiento racional de los recursos pesqueros.

En atención a los factores intrínsecos de las diferentes especies, los requerimientos básicos para obtener surimi en base a un recurso cualquiera, serían:

- a) Disponibilidad en abundancia del recurso y bajo costo de la materia prima.
- b) Frescura del pescado (la calidad y el precio del producto final están en proporción directa con ésta).
- c) Estrecho control de calidad en las fases de producción, transporte y almacenamiento, ya que el mercado del surimi se caracteriza por la alta calidad de los productos.
- d) Buena aptitud gelificante y estabilidad durante el almacenamiento.

Por otro lado, se debe asegurar el suministro continuo de agua dulce, que resulta ser el insumo más importante que se requiere en la elaboración de surimi.

Es menester tener en cuenta que la demanda está concentrada en el mercado japonés y potencialmente en el mercado norteamericano y europeo, aunque sería interesante ingresar al mercado interno con productos terminados de aceptación y fácil acceso al consumidor.

Esta industria se caracteriza por una relación muy estrecha entre el productor y el comprador de surimi. En la mayoría de los casos, el mismo vendedor del “know-how” de la tecnología japonesa del surimi es el que luego compra el producto una vez elaborado.

De este modo el surimi y sus productos derivados se comercializan a través de una estructura compleja de mercado, donde existe una amplia gama de productos similares, cuya comercialización es completamente diferente de la de los productos pesqueros tradicionales. Es un mercado dinámico, y deben utilizarse estrategias especiales para acceder a él.

En cuanto a los resultados del desarrollo económico, se puede concluir que existen ciertos factores claves que afectan la rentabilidad de la producción de surimi, los cuales son:

- Precio, rendimiento y disponibilidad de materia prima.
- Precio de venta del producto final (surimi).
- Utilización de la línea de producción (en relación a la capacidad instalada).

Debido a la alta incidencia del costo de la materia prima en el costo final de producción, es importante considerar todas las recomendaciones en el tratamiento del pescado fresco para mantener la calidad inicial, siendo imprescindible la cercanía de la planta al recurso pesquero, mareas cortas, sumado esto a un riguroso control del orden en el procesamiento de la materia prima para lograr un elevado rendimiento final.

El análisis de la rentabilidad del proyecto es positivo, ya que todos los indicadores utilizados coinciden en la solidez de la inversión. Sin embargo, se debe considerar que se parte de datos supuestos, los cuales deben ser determinados con exactitud en un proyecto definitivo.

En cuanto a la sensibilidad del punto de equilibrio en relación a una variación del precio de la materia prima y del precio de venta del surimi, se puede observar que es altamente sensible a la variación de estos parámetros.

Un aumento ligeramente menor del 50 % en el precio de materia prima ocasiona un incremento considerable en el valor del punto de equilibrio, superando la capacidad plena de producción de la línea de surimi.

Por otra parte, una disminución del 25 % en el precio causaría un aumento en el punto de equilibrio de aproximadamente 6 veces. Como una disminución del 25 % no es muy grande, se debería realizar un estudio minucioso de la estructura de precios en el mercado del surimi.

Si tal estudio revela inestabilidad de precios, la instalación de una línea de producción de surimi podría ser una inversión riesgosa.

15 - AGRADECIMIENTOS

A mi esposo Carlos y mi hijo Ian, por su apoyo incondicional brindado a lo largo de mi carrera.

A los docentes: Ing. Yolanda Loza e Ing. José M. Molina por el tiempo dedicado a las correcciones y consultas necesarias para la realización de este Proyecto Integrador.

A los Ing. Liliana Vázquez e Ing. Guillermo Fortunato por su asesoramiento técnico en computación.

A los docentes: Ing. Alberto Toraño y Dr. E. Sanchez por el apoyo brindado, y al Lic. Gerardo Sandalí por su tiempo dedicado a explicarme ciertos aspectos bioquímicos de las proteínas.

A los docentes Lic. E. Mota e Ing. R. Poncielli por sus valiosos comentarios y consejos en los aspectos económicos del presente proyecto.

A la Ing. Aurora Zagarramurdi, investigadora del Centro de Investigaciones de Tecnología Pesquera (CITEP) por el asesoramiento brindado en aspectos económicos del proyecto.

Al Ing. Emilio Manca, investigador del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) por el asesoramiento brindado en aspectos tecnológicos del proyecto.

A la Dirección y Secretaría Académica de la Universidad Tecnológica Nacional, Unidad Académica Chubut (UACH), Sede Puerto Madryn, por brindarme todo su apoyo y los medios para poder concluir a tiempo el presente proyecto final.

A mis compañeros de la Unidad Académica por su constante apoyo

A la Asociación de Estudio, Investigación y Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el Chubut (ACYT) por haber adquirido a mi pedido el libro de la Dra T. Suzuki, como así varios libros de estudio necesarios a lo largo de mi carrera.

Asimismo quiero agradecer a las bibliotecas y bibliotecarias de la UTN Sede Puerto Madryn, del INIDEP, del CITEP, y del CENPAT, por facilitarme gran parte de la bibliografía utilizada y en especial por su dedicada atención.

Al Lic. Miguel Mastroscello y Sra Sandra Dalmazzo de la Dirección de Estadística INDEC, Provincia de Tierra del Fuego, por el suministro de información.

A la empresa Alpesca S.A., Dr. Carlos Molina, Sr. Daniel Valdovinos y Sr. Néstor Luna, por su asesoramiento técnico.

A las empresas Alfa Laval y Ferrostaal, por la atención dispensada.

16 - **BIBLIOGRAFIA**

- ¹ Bordeiras, A.; Tejada, M. (1987) “*El surimi*” Revista Agroquímica “Tecnología Alimentaria”. 27 (1): 1-14.
- ² Bordeiras, A.; Tejada, M. (1987) “*Productos derivados del surimi*” Revista Agroquímica “Tecnología Alimentaria”. 27 (2): 161-172.
- ³ Okada, M. (1992) “*History of Surimi Technology in Japan*” In: “Surimi Technology”. (T.C. Lanier, C. M. Lee, Eds.). Marcel Dekker, Inc. USA. Pp 3-21.
- ⁴ Gwinn, S. (1992) “*Development of Surimi Technology in the United States*” In: “Surimi Technology”.(T.C. Lanier, C. M. Lee, Eds.). Marcel Dekker, Inc. USA. Pp 23-39.
- ⁵ Huss, H.H. (1998) “*El Pescado Fresco: su calidad y cambios de calidad*” FAO Documento Técnico de Pesca No 348. Roma . p. 202.
- ⁶ Suzuki, Taneko (1987) “*Tecnología de las proteínas de pescado y krill*” Editorial Acribia. Zaragoza, España. p. 230.
- ⁷ Sikorsky, Zdzislaw. (1994) “*Tecnología de los Productos del Mar: Recursos, Composición Nutritiva y Conservación*”. Editorial Acribia. Zaragoza, España. p. 330.
- ⁸ Fennema, Owen R. (1993) “*Química de los alimentos*”. Editorial Acribia. España.
- ⁹ Toyoda, K.; Kimmura, I.; Fujita, T.; Noguchi, S., Lee, C. (1992) “*The Surimi Manufacturing Process*” In: “Surimi Technology”. (T.C. Lanier, C. M. Lee, Eds.). Marcel Dekker, Inc. USA. Pp 79-112.
- ¹⁰ Zorzoni, A.(1996) “*Elaboración de Surimi*”. Centro de Capitanes de Ultramar y Oficiales de la Marina Mercante. Boletín N°112. Suplemento técnico N°11 (2): 25-29
- ¹¹ Morales, E.; Avdalov, N.; Malan, C. (1989) “*Aptitud de las especies Merluza, Rouget, Corvina, Pescadilla y Castañeta para la obtención de Surimi*”. Frente Marítimo 5: 145-149.
- ¹² Lee, Chong. (1984) “*Surimi Process Technology*”. Food Technology: 721-732
- ¹³ Lanier, T. (1992) “*Measurement of Surimi Composition and Functional Properties*” In: “Surimi Technology”. (T.C. Lanier, C. M. Lee, Eds.). Marcel Dekker, Inc. USA. Pp 123-163.
- ¹⁴ Ramirez de Leon, J.; Martin Polo, M. “*Conservación de Proteínas Miofibrilares de Pescado Empleando Congelación: una revisión bibliográfica*”.
<http://ecologia.uat.mx/biotam/v8n1/arts.html>
- ¹⁵ Miyauchi, D.; Kudo, G.; Patashnik, M. (1973) “*Surimi: A Semiprocessed Wet Fish Protein*” MFR Paper 1020. Marine Fisheries Review 35 (12): 298-300.

¹⁶ Lee, J. (1992) “*Microbiological Considerations in Surimi Manufacturing*” In: “Surimi Technology”. (T.C. Lanier, C. M. Lee, Eds.). Marcel Dekker, Inc. USA. Pp 113-121.

¹⁷ www.elgolfo.cl

¹⁸ Dudek, J. “*The Nutrient Quality of Surimi and Selected Surimi Products*” En: “Proceeding of the International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi”. (R. Martin and Collette Eds.) National Fisheries Institute USA. Pp 283-286.

¹⁹ Kammuri, Y.; Fujita, T. (1986) “*Surimi-Based Products and Fabrication Processes*” (representantes de Nippon Suisan Kaisha, Ltd.) En: “Proceeding of the International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi”. (R. Martin and Collette Eds.) National Fisheries Institute USA. Pp 254-260.

²⁰ Okada, M.; Miyauchi, D.; Kudo, G. (1973) “*Kamaboko: The Giant Among Japanese Processed Fishery Products*”. MFR Paper 1019. Marine Fisheries Review, 35 (12): 301-306.

²¹ Revista “*Puerto: la otra cara de la pesca*” (2000) N° 12

²² Wöhler, O. (1999) “*Estado de explotación de los principales recursos pesqueros demersales australes de Argentina: Polaca (*Micromesistius australis*) y Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*)*”. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) “Avances en Métodos y Tecnología aplicados a la Investigación Pesquera”. Seminario final del Proyecto INIDEP-JICA sobre Evaluación y monitoreo de recursos pesqueros 1994-1999. Pp 177-180.

²³ Wöhler, O.; Marí, N. (1999) “*Aspectos de la Pesca de la Polaca (*Micromesistius australis*) por parte de la flota argentina en el período 1989-1995*”. INIDEP Informe Técnico 25: 1-26.

²⁴ www.cfired.gov.ar Fuente: Dirección General de Pesca y Acuicultura.

²⁵ Dirección General de Industria y Comercio de la Provincia de Tierra del Fuego.

²⁶ Vondruska, J. (1986) “*Market Trends and Outlook for Surimi-Based Foods*”. En: “Proceeding of the International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi”. (R. Martin and Collette Eds.) National Fisheries Institute USA. Pp 329-362

²⁷ Trondsen, T. “*Blue Whiting Surimi: New Perspectives on the Market Value*”. Norwegian College of Fisheries Sciences. University of Tromsø. www.draugen.nfh.uit.no/torbjorn/Utviklingsarbeid/Surimi/markedstest%20surimi.htm

²⁸ Sribhibhadh, A. (1986) “*Worldwide Market Prospects for Surimi Products*”. En: “Proceeding of the International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi”. (R. Martin and Collette Eds.) National Fisheries Institute USA. Pp 419-426

²⁹ www.fis-net.com

³⁰ Asakawa, T. (1999) “*Surimi & Surimi Products Market*”. International Market Insight (IMI) www.tradeport.org/ts/countries/japan/mrr/mark0050.html

³¹ Rhodes, R. (1986) “*Review of Surimi-Based Seafood Developmental Marketing in the United States*”. En: “Proceeding of the International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi”. ”. (R. Martin and Collette Eds.) National Fisheries Institute USA. Pp 370-382.

³² Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). República Argentina.

³³ Bennett, T. (1986) “*Overview of Comercial Application of Meat/bone Separation Technology in South Africa*”. En: “Proceeding of the International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi”. ”. (R. Martin and Collette Eds.) National Fisheries Institute USA. Pp 88-91.

³⁴ Zagarramurdi, A.; Parin, M.A.; Lupin, H.M. (1995) “*Economic Engineering Applied to the Fishery Industry*”. FAO Fisheries Technical Paper No. 351. Roma, FAO. 292 p.

³⁵ Bartholomai, A. (1987) “*Food Factories: Processes, Equipment, Costs*” Editorial: VCH.

³⁶ Apuntes de la cátedra “*Evaluación de Proyectos*”, dictada por el Ing. R. Poncielli. Carrera: Licenciatura en Organización Industrial. Universidad Tecnológica Nacional, Unidad Académica Chubut, Puerto Madryn.

³⁷ Fontaine, E. (1999) “*Evaluación Social de Proyectos*” Décima segunda edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Editorial Alfaomega.

³⁸ DeGarmo, P.; Sullivan, W.; Bontadelli, J.; Wicks, E. (1998) “*Ingeniería Económica*” Décima edición. Editorial Prentice Hall. México.

³⁹ Apuntes de la cátedra “*Economía*”, dictada por el Lic. E. Mota. Carrera: Ingeniería Pesquera. Universidad Tecnológica Nacional, Unidad Académica Chubut, Puerto Madryn.

17 - APENDICE

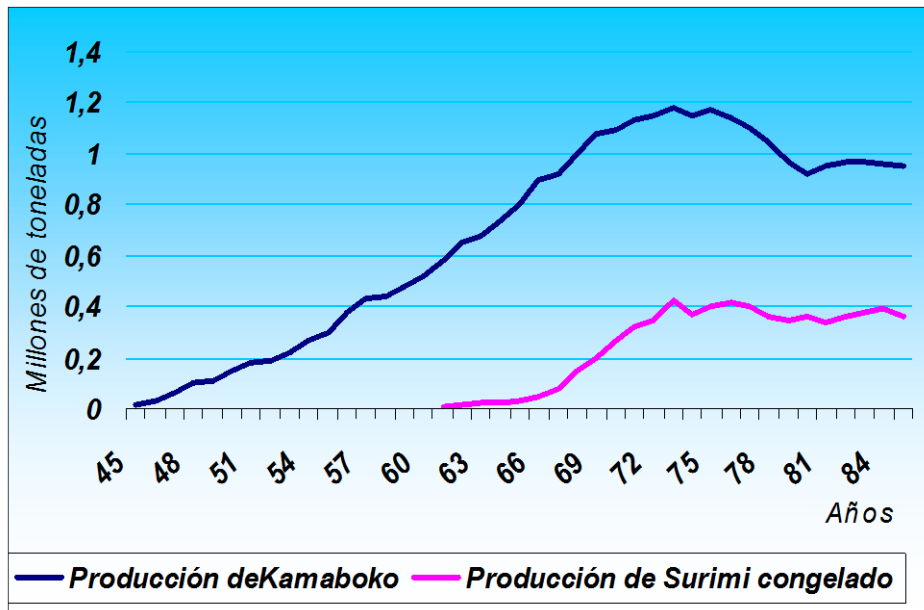


Figura 1: Producción de surimi y kamaboko en Japón. ³



Figura 2: Mapa de Japón.

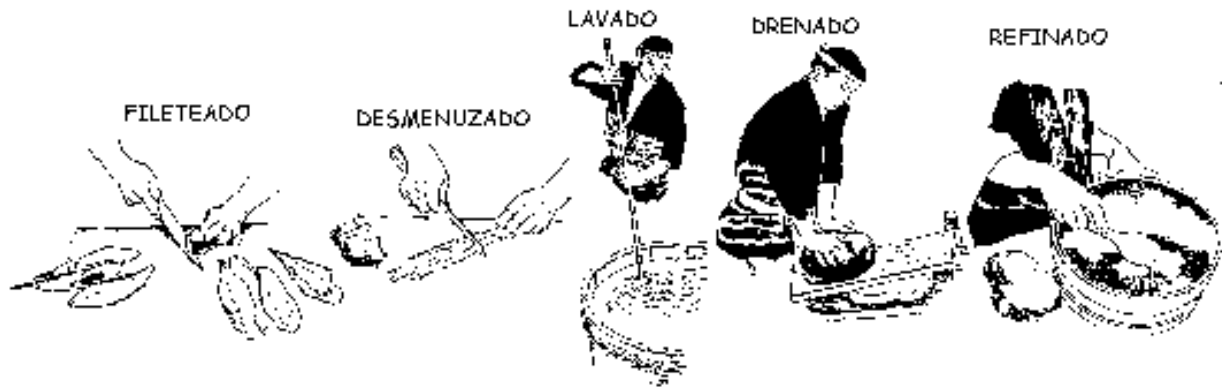


Figura 3: Proceso tradicional de elaboración de surimi. ³

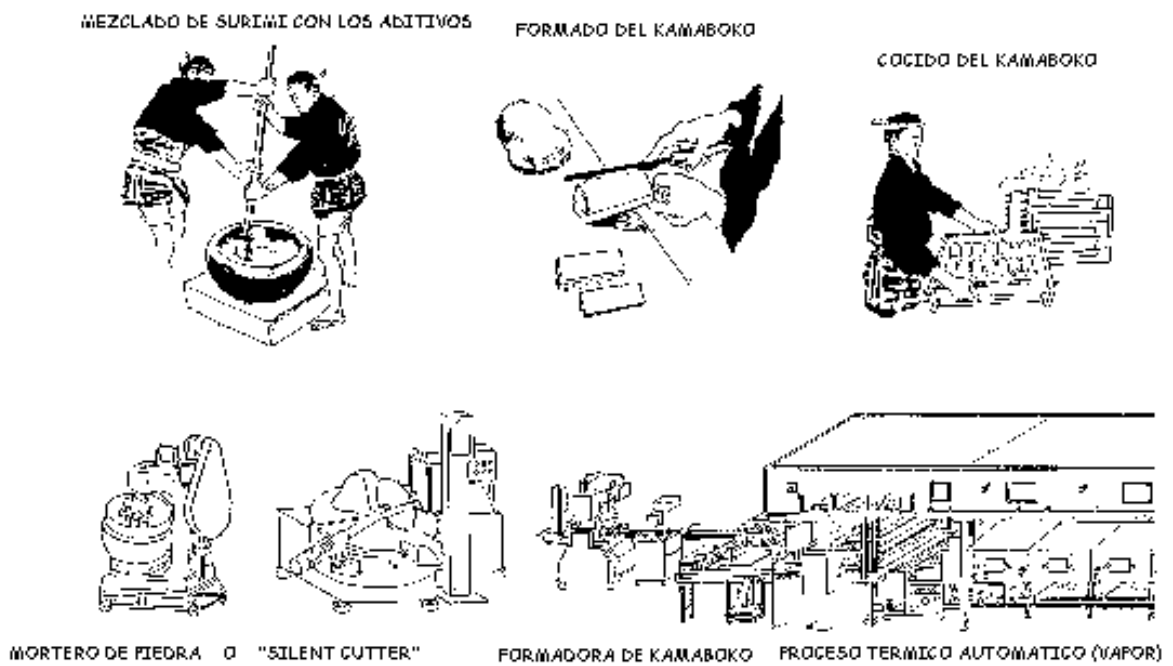


Figura 4: Proceso de elaboración de kamaboko tradicional y moderno. ³

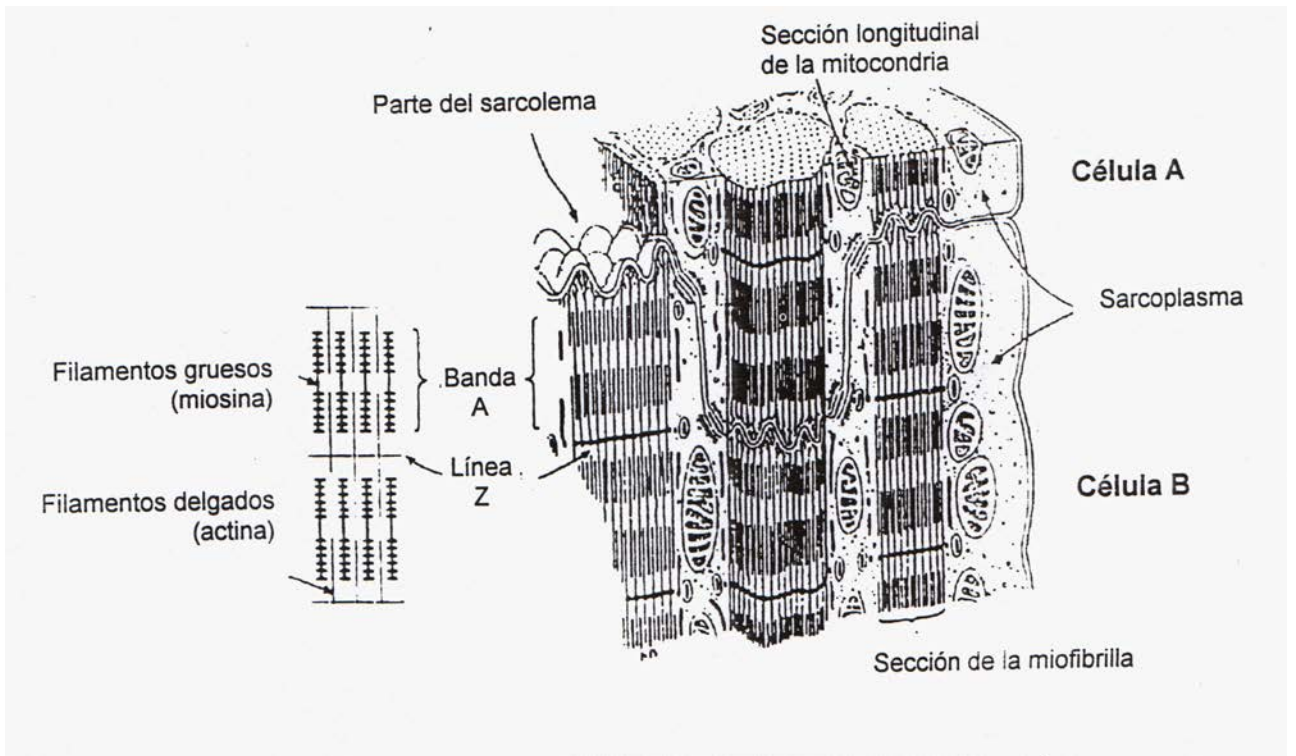


Figura 5: Sección de la célula muscular que muestra las diversas estructuras, inclusive las miofibrillas.⁵

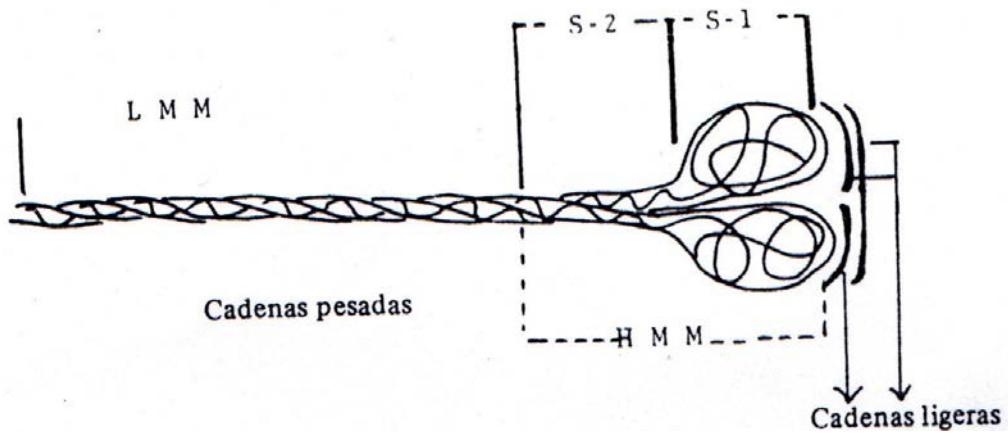


Figura 6: Modelo de la molécula de miosina.⁶

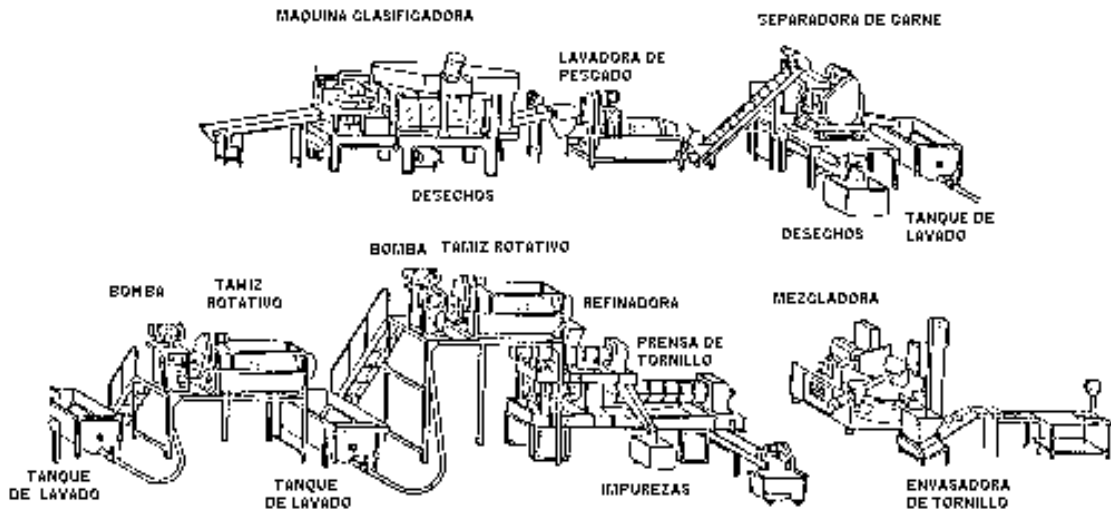


Figura 7: Distribución de equipamiento de una planta de surimi en tierra.⁹

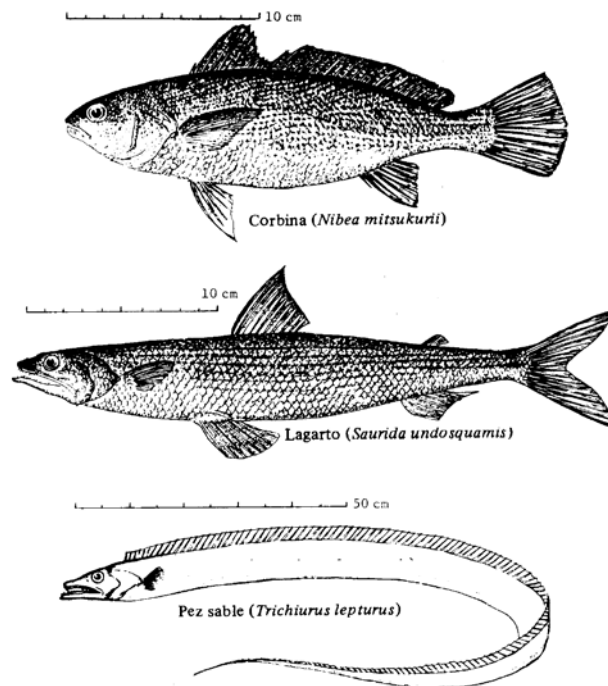


Figura 8: Pescado utilizado como materia prima para la elaboración de surimi en Japón.⁶

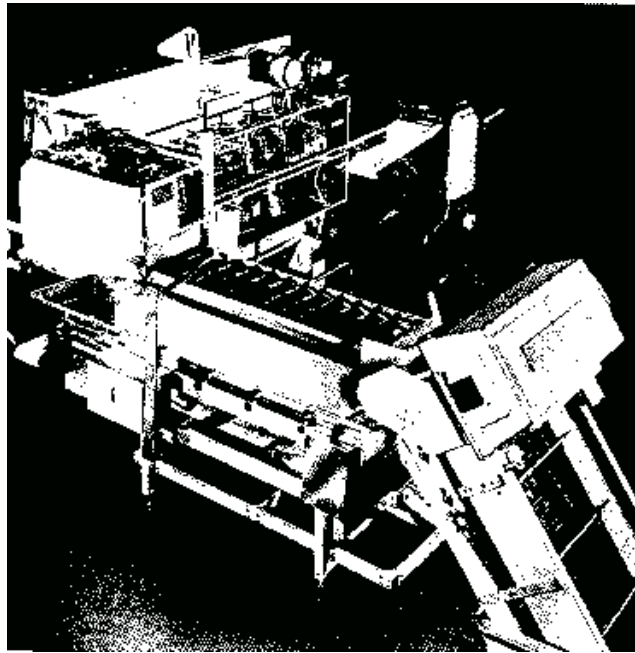


Figura 9: Máquina fileteadora (Baader 182).⁶

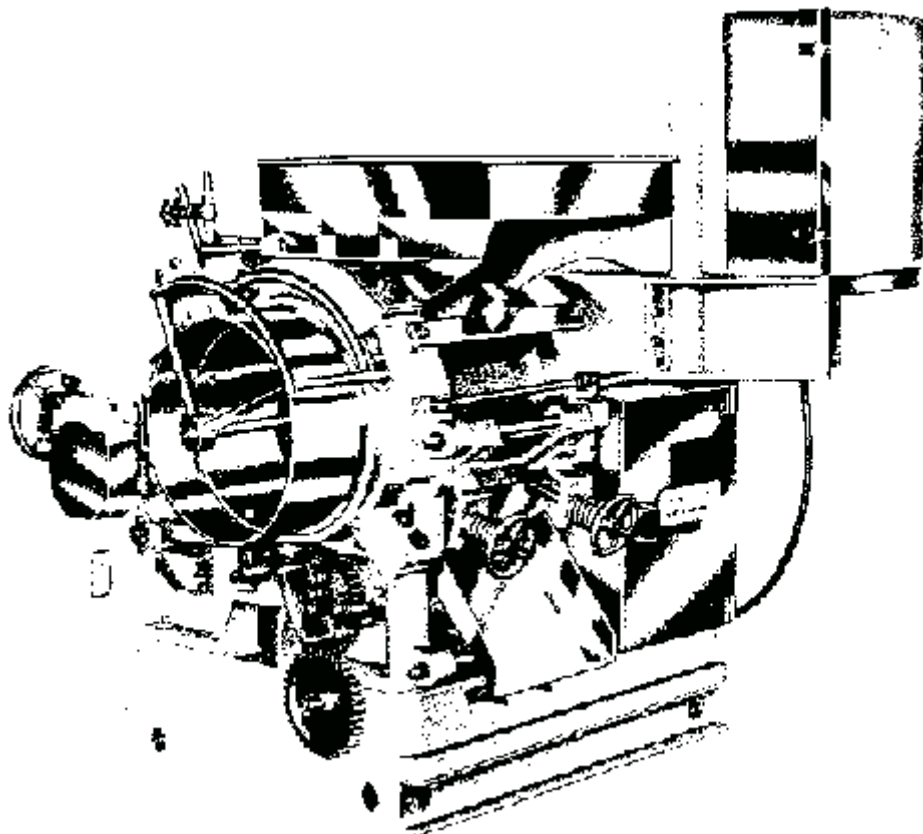


Figura 10: Máquina separadora de carne.⁶

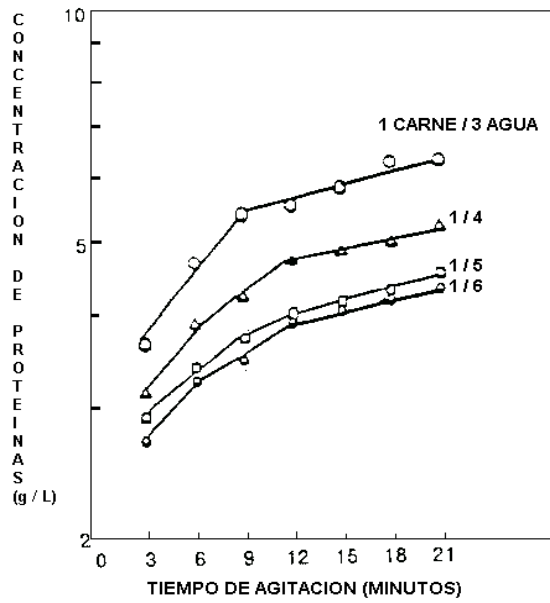


Figura 11: Efecto del tiempo de agitación sobre la extracción de proteínas a diferentes proporciones carne/agua.⁹

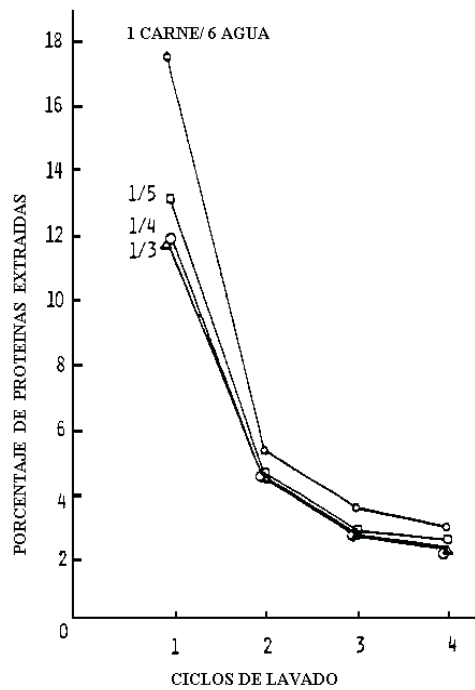


Figura 12: Efecto de los ciclos de lavado sobre la remoción de proteínas solubles durante el lavado a diferentes proporciones carne/agua.⁹

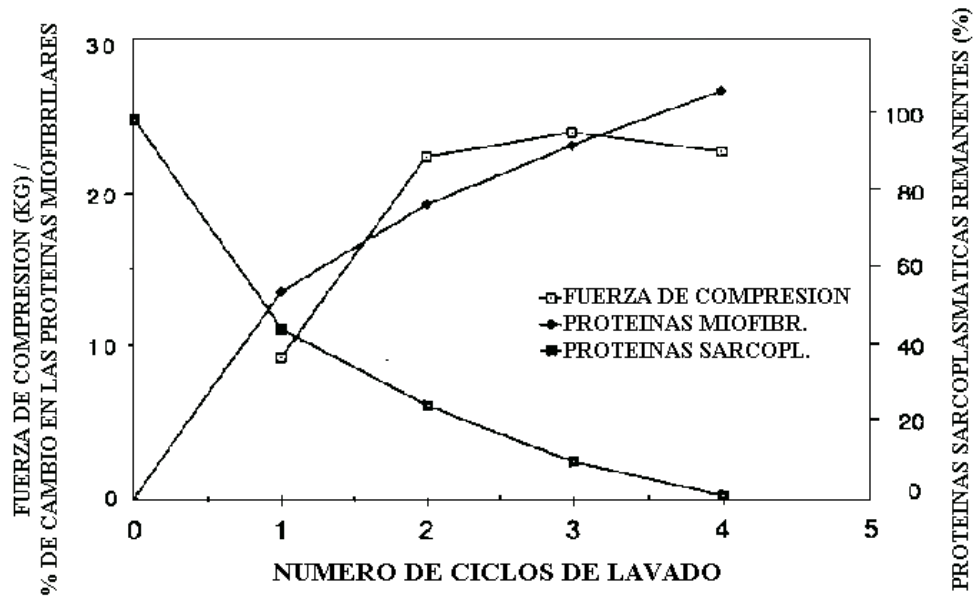


Figura 13: Efecto de los ciclos de lavado sobre los cambios en las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas, y la capacidad de formación de gel (proporción 1: 3 de carne/agua).⁹

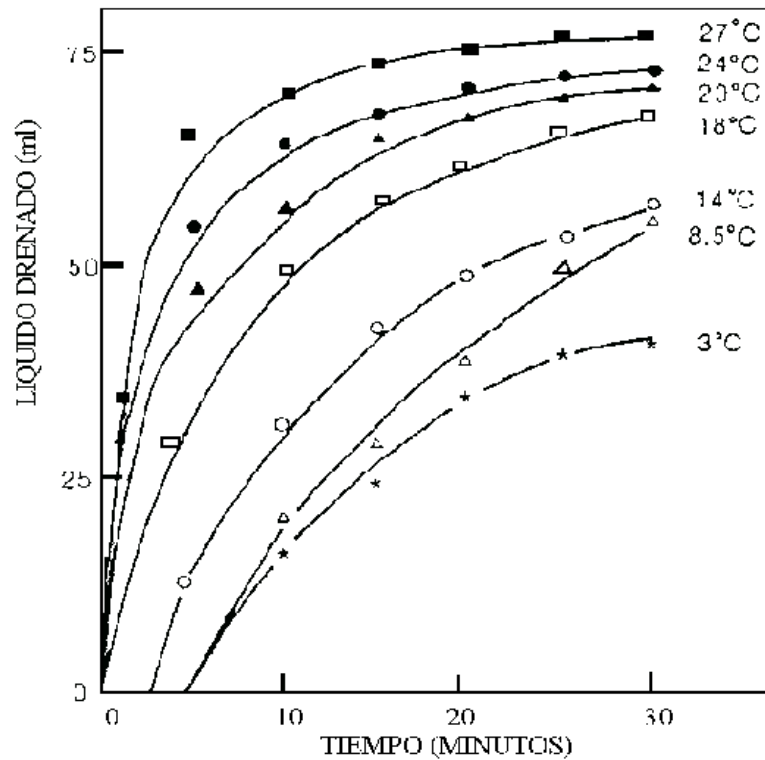


Figura 14: Efecto de la temperatura de lavado sobre la eficiencia de drenado del desmenuzado de pescado.⁹

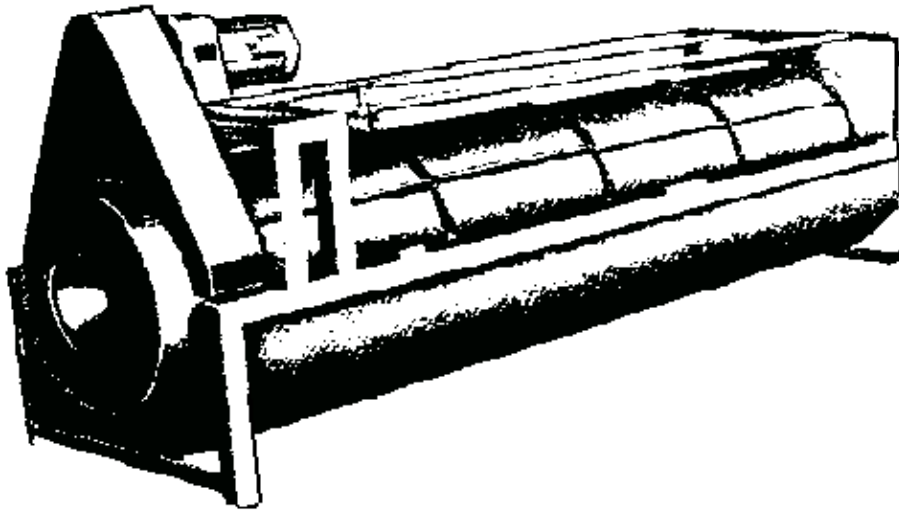


Figura 15: Drenadores mecánicos de acero inoxidable.⁹

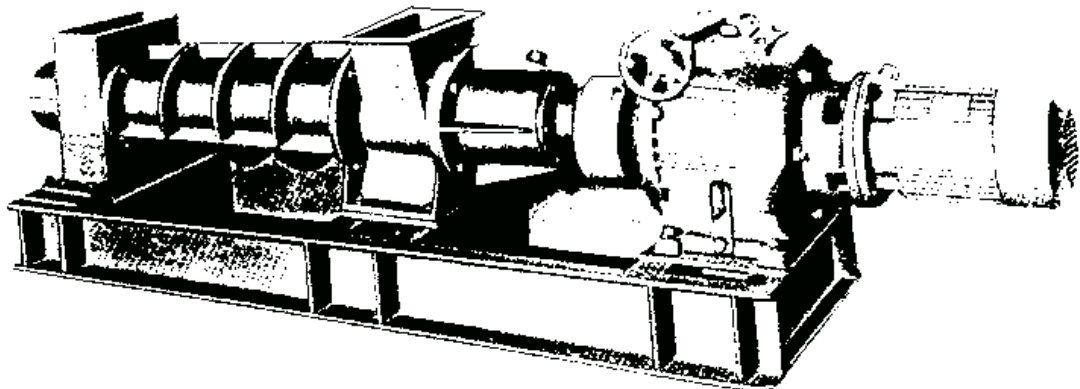
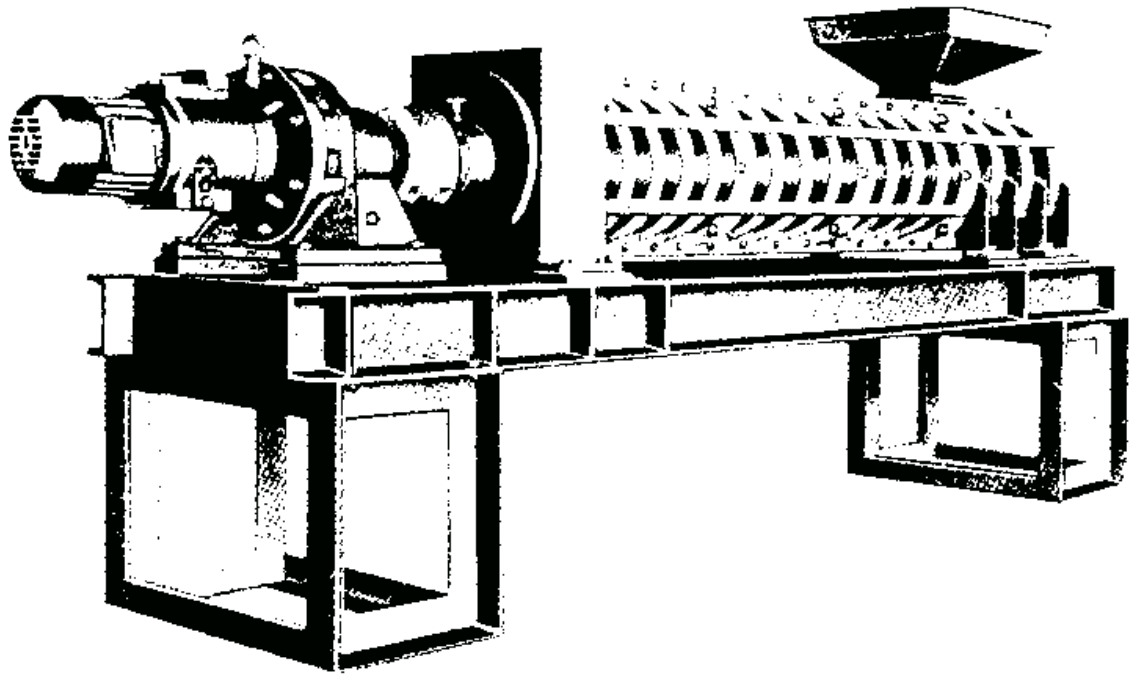
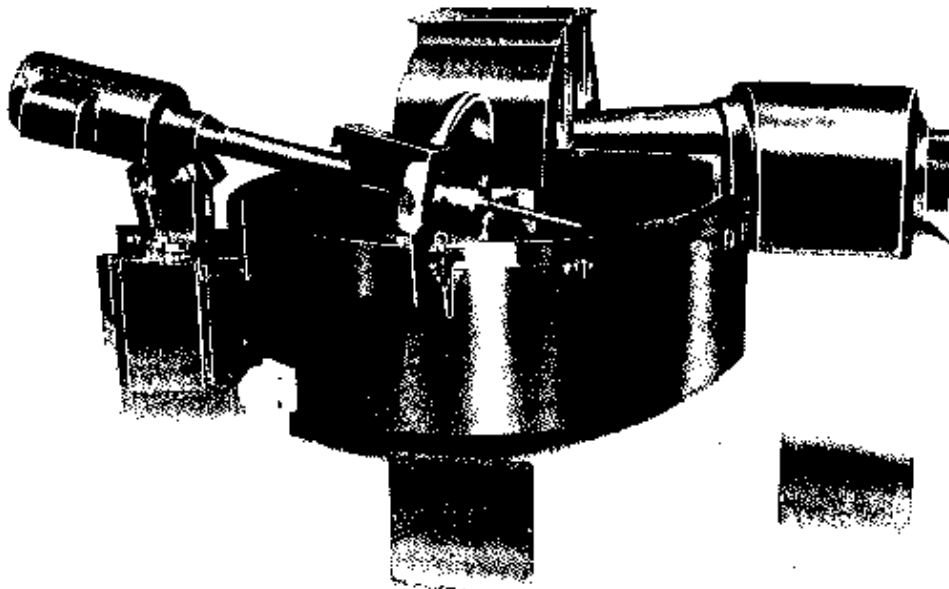


Figura 16: Refinadora de pescado desmenuzado.⁹



*Figura 17: Prensa de tornillo.*⁹



*Figura 18: Máquina tipo “silent cutter”.*⁹

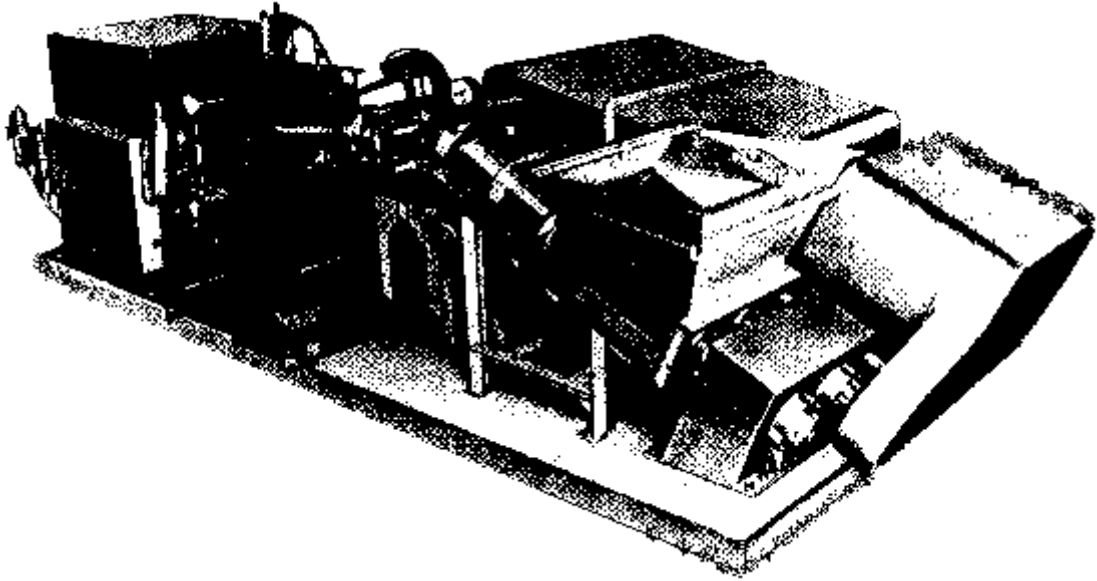


Figura 19: Máquina de moldeado y envasado de bloques de surimi.⁹

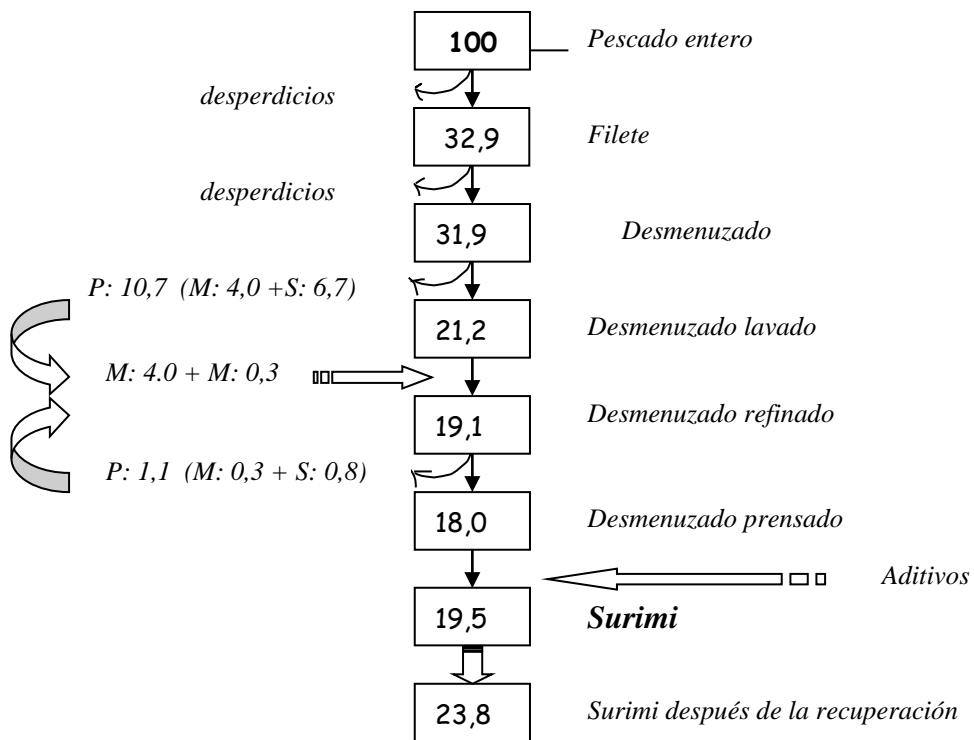


Figura 20: Balance de material del proceso de elaboración de surimi.⁹
 (P (%)= total de proteínas; M (%)= proteínas miofibrilares;
 S(%) = proteínas sarcoplasmáticas)

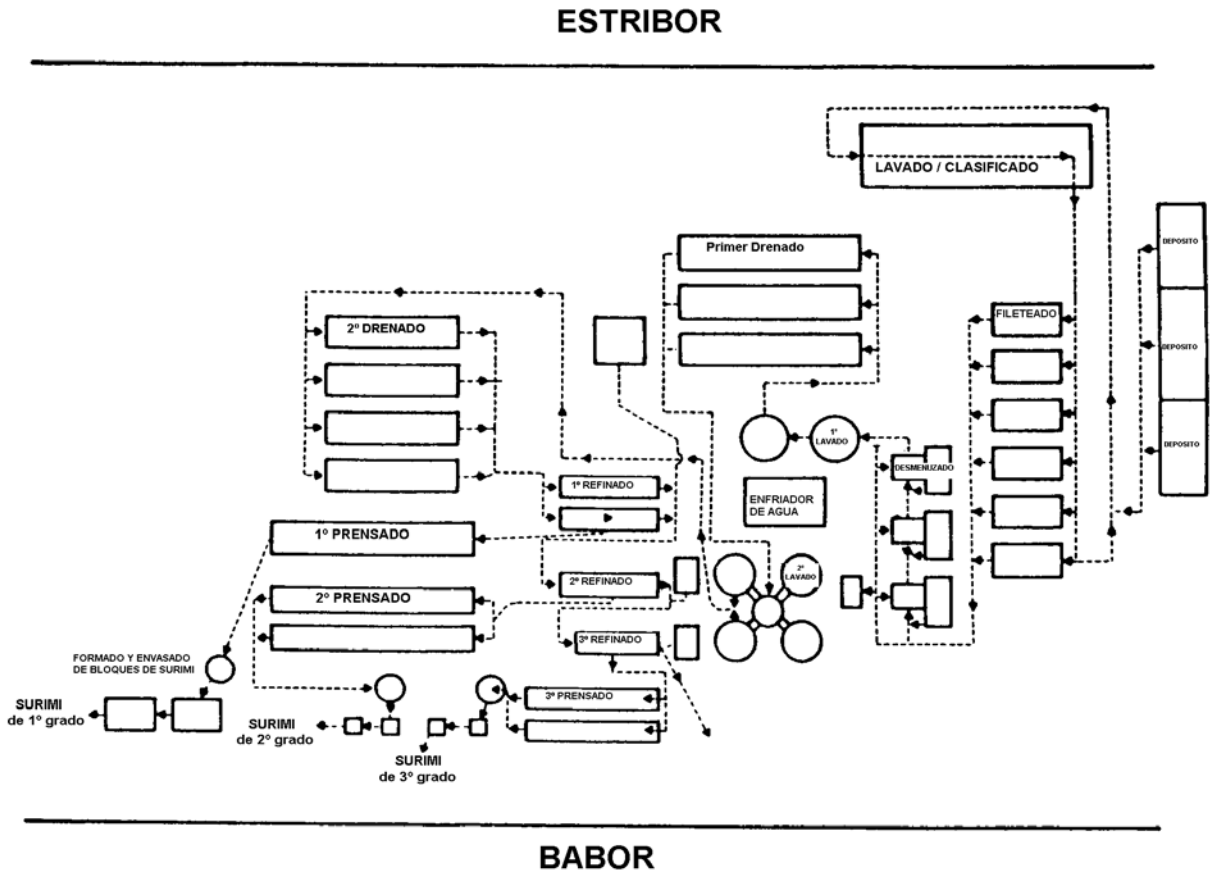


Figura 21: Línea de procesamiento a bordo.⁹

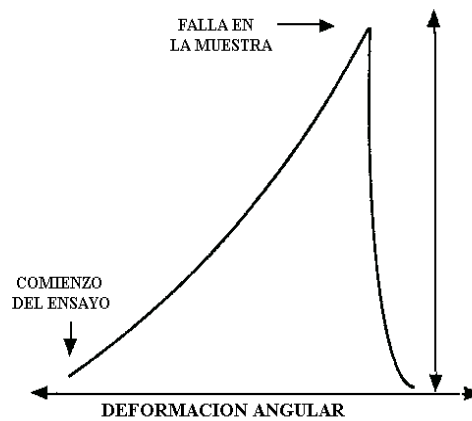
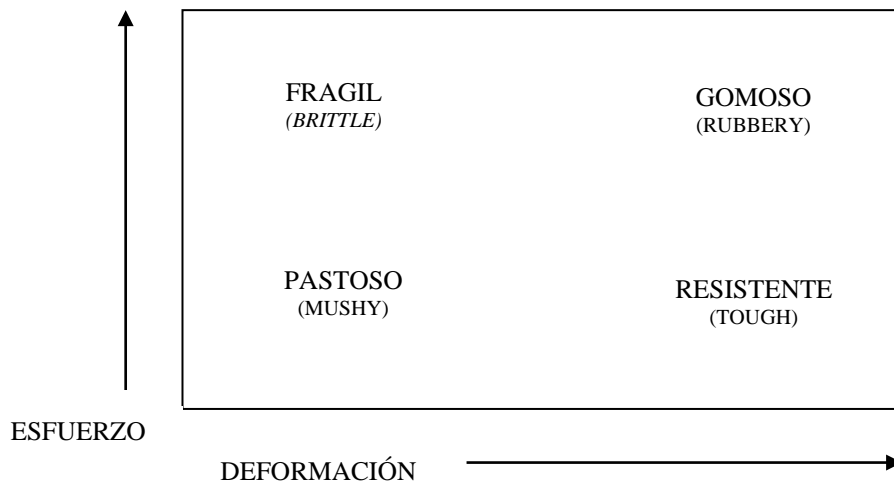
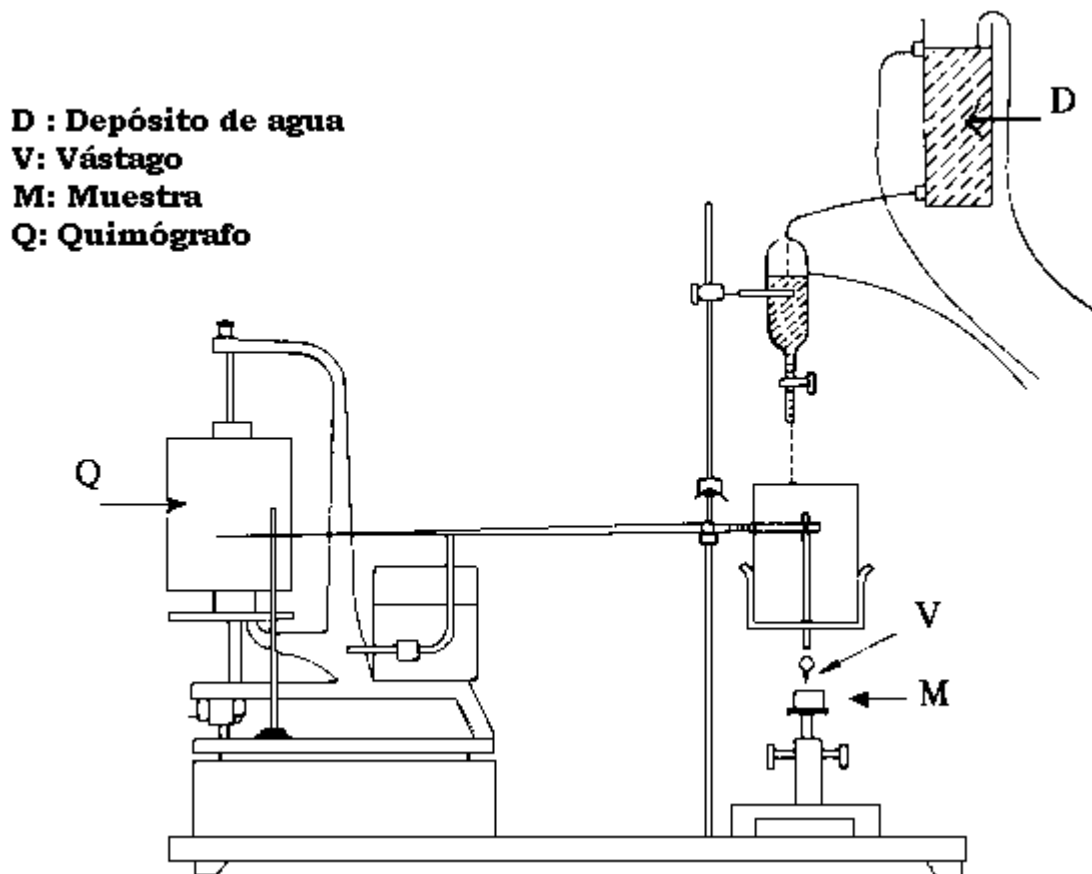


Figura 22: Diagrama registrado por el viscosímetro rotacional (fuerza versus deformación).¹³



*Figura 23: Mapa de esfuerzo – deformación, indicando las descripciones sensoriales para los cuadrantes del mismo.*¹³



*Figura 24: Gelómetro Okada para medir la fuerza del gel.*⁶

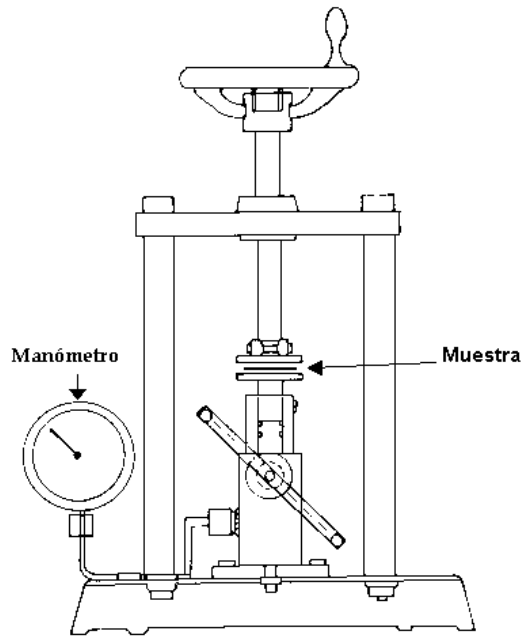


Figura 25: Aparato para medir el agua extraída por presión. ⁶

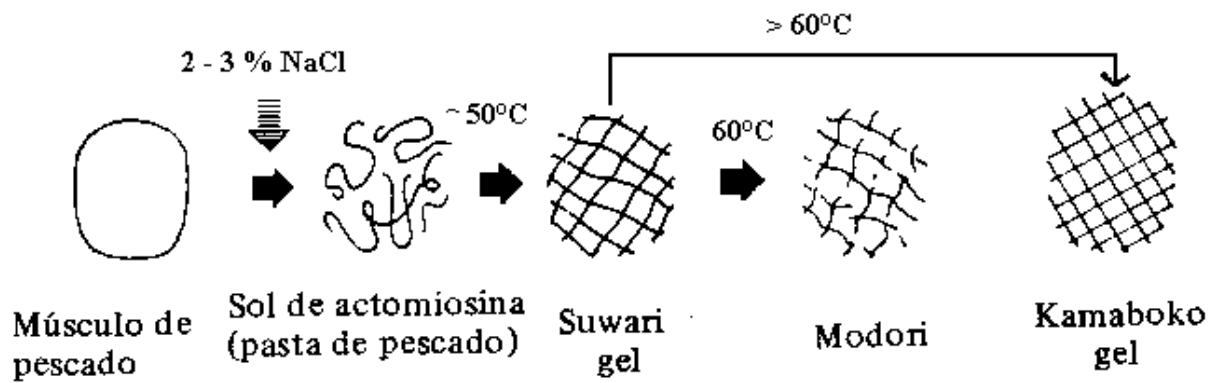


Figura 26: Proceso de formación del gel en el kamaboko y productos derivados del surimi. ⁶

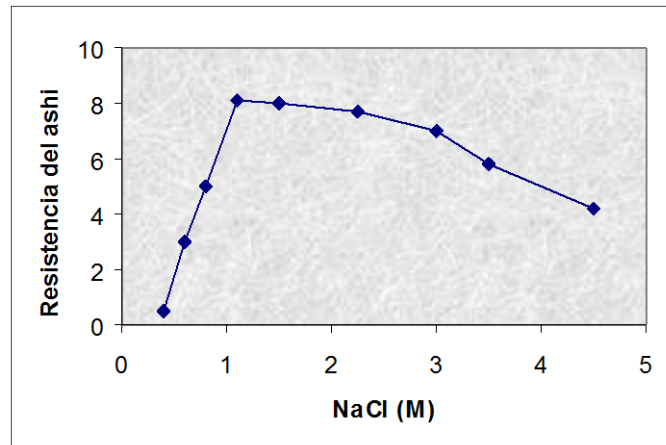


Figura 27: Relación entre la concentración de sal y la resistencia del ashi.⁶

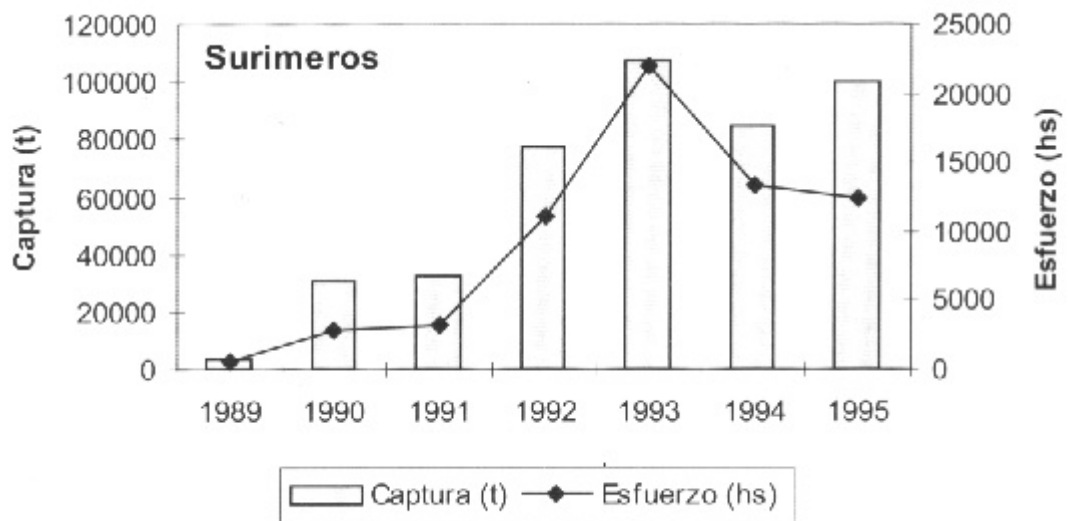


Figura 28: Esfuerzo total aplicado por los buques surimeros sobre el recurso polaca.²³

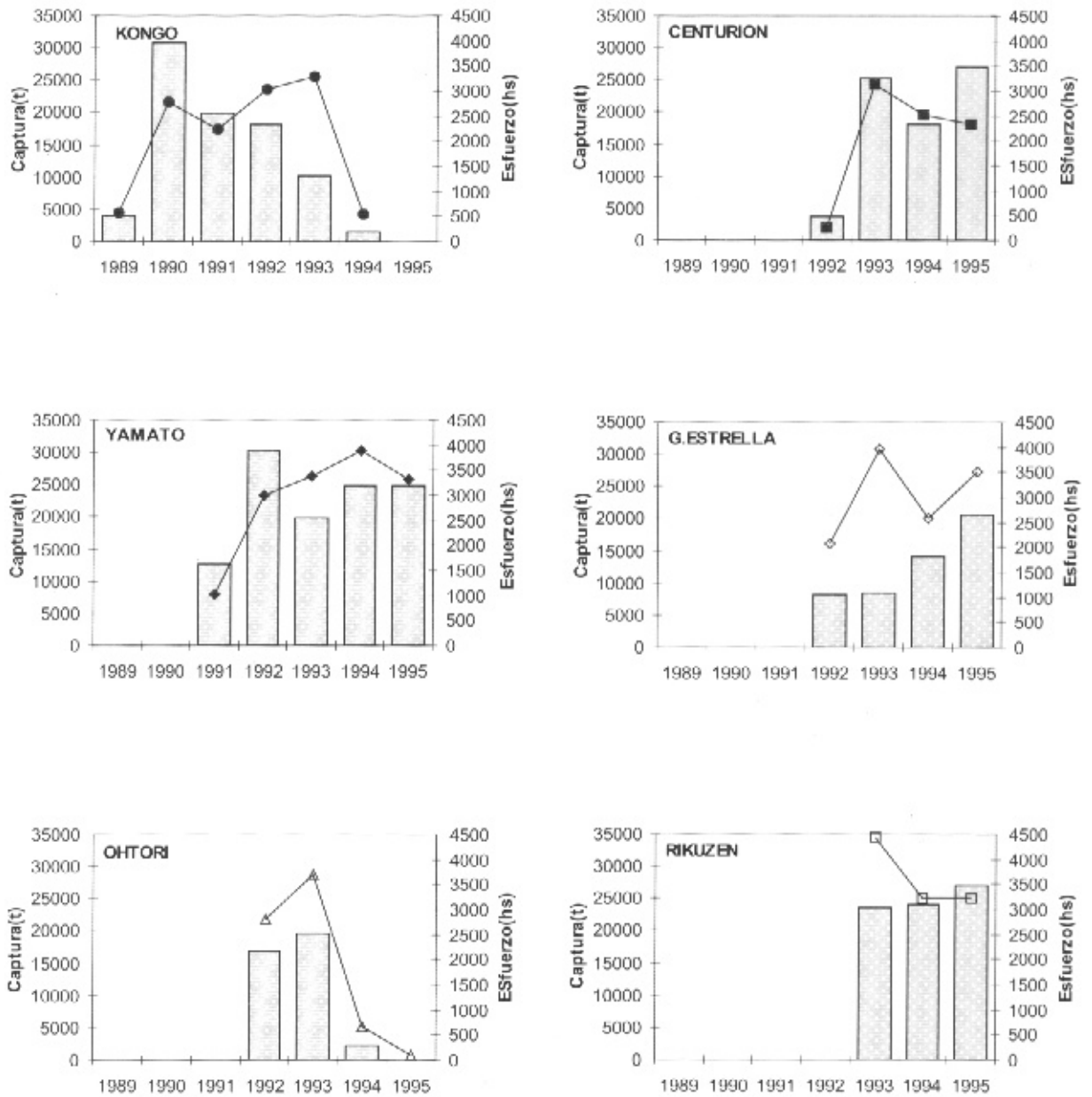


Figura 29: Capturas anuales de polaca (en toneladas) y esfuerzos anuales (horas efectivas de pesca) para cada uno de los buques surimeros que operaron en el período 1989-1995. ¹³

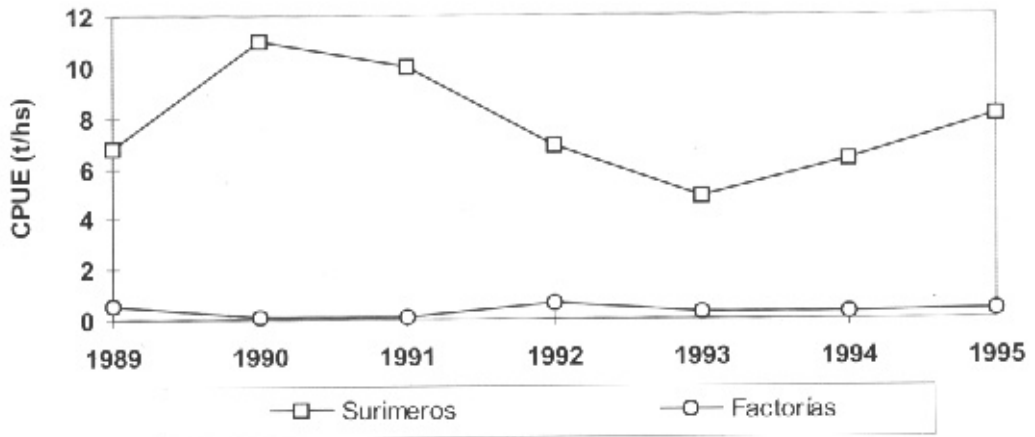


Figura 30: Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) promedio anual de buques surimeros y buques factorías sobre el recurso polaca.²³

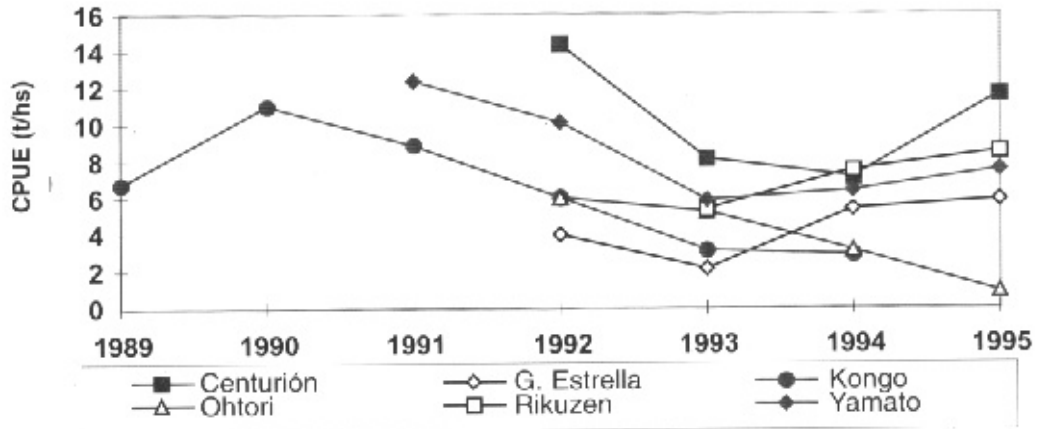


Figura 31: Captura de polaca por unidad de esfuerzo (CPUE) de cada embarcación surimera en el período 1989-1995.²³

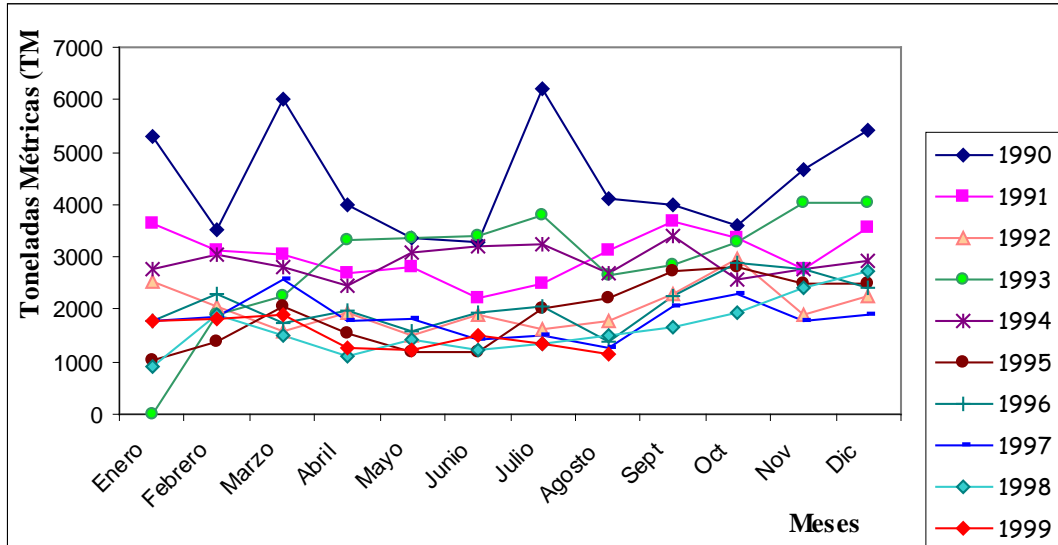


Figura 32 : Total de toneladas de surimi vendidas mensualmente en Japón.³⁰

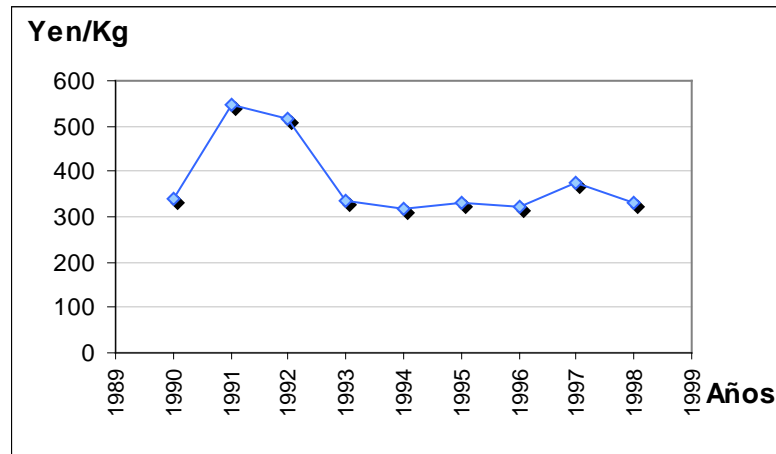


Figura 33: Precios promedio de surimi en mercados de venta en Japón.³⁰

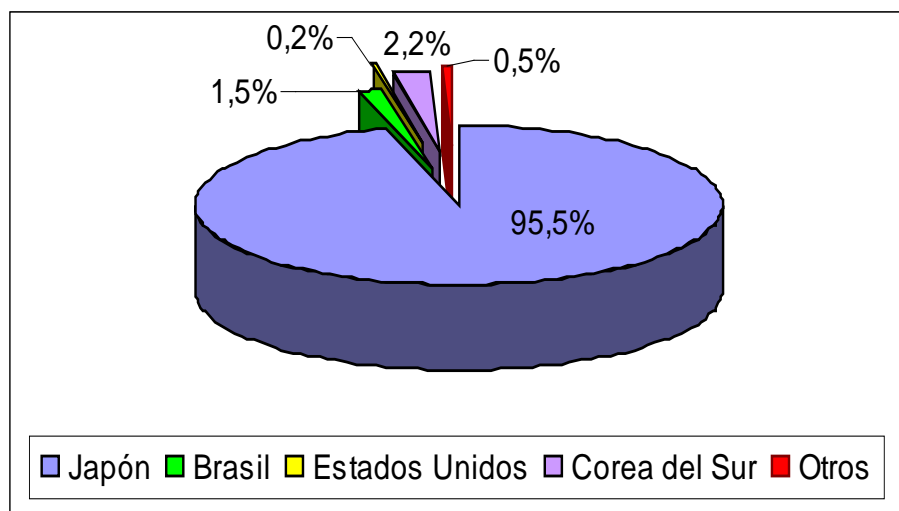


Figura 34: Principales países de destino en relación al valor en dólares de las exportaciones argentinas de surimi en 1993.²⁴⁻³²

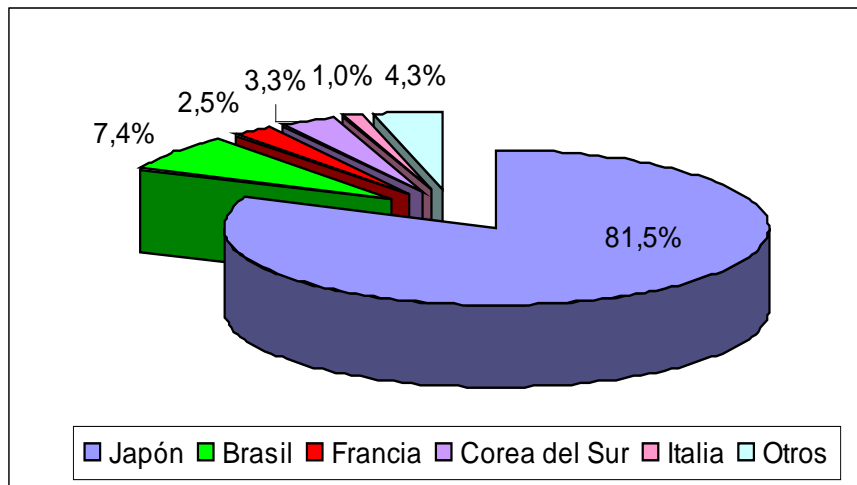


Figura 35: Principales países de destino en relación al valor en dólares de las exportaciones argentinas de surimi en 1998. ²⁴⁻³²

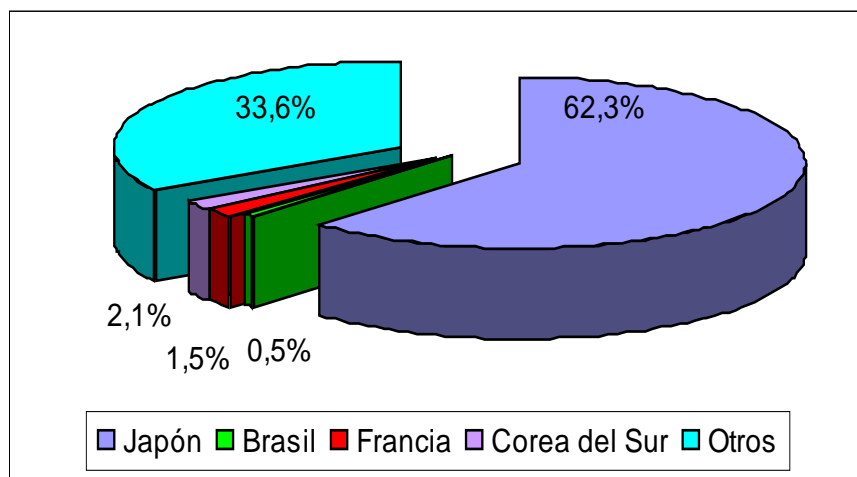


Figura 36: Principales países de destino en relación al valor en dólares de las exportaciones argentinas de surimi en 1999. ²⁴⁻³²

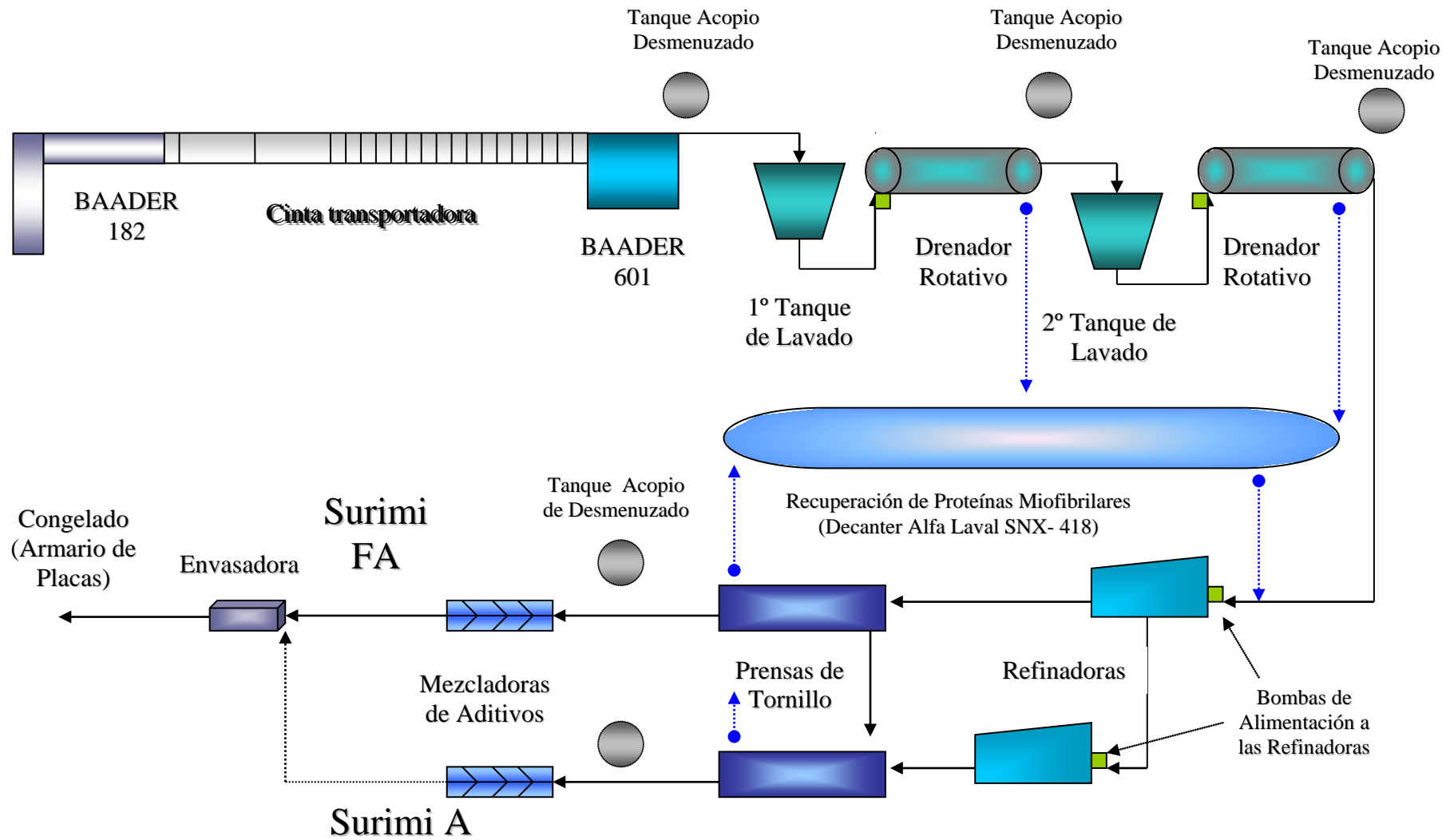


Figura 37: Diagrama simplificado del proceso de elaboración de surimi.

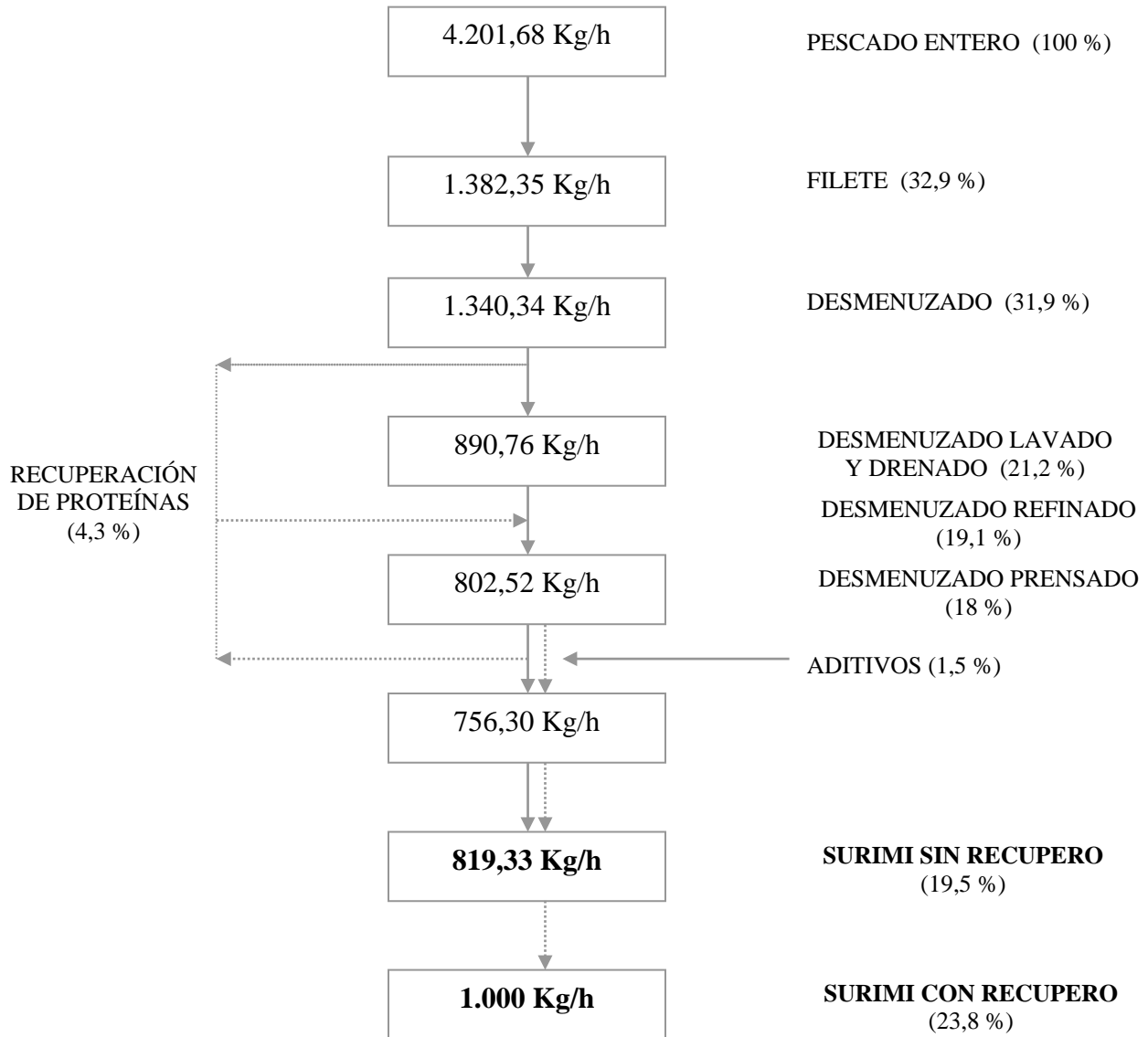


Figura 38: Balance de material de la línea de proceso de elaboración de surimi. Capacidad: 1000 Kg/hora de producto terminado.

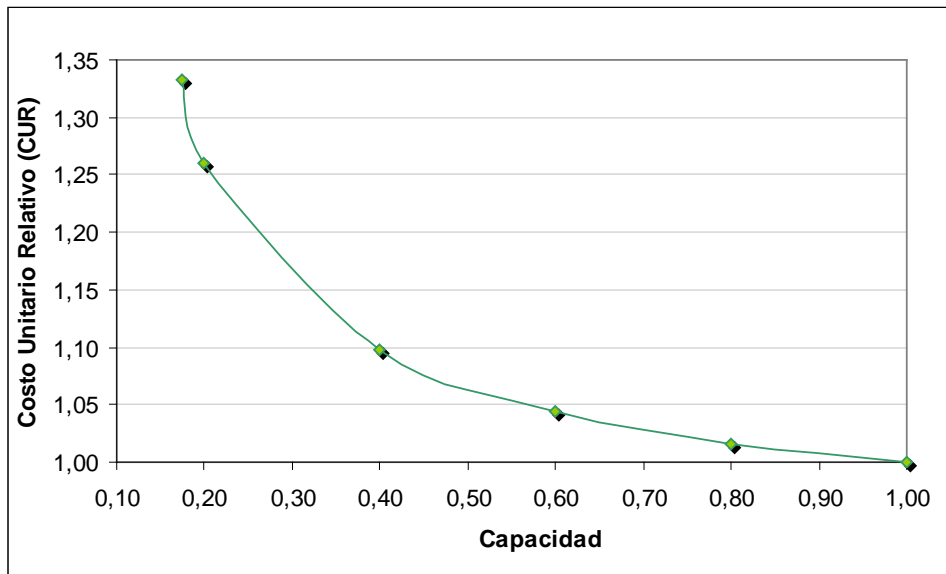


Figura 39: Variación del costo unitario relativo (CUR) para diferentes niveles de producción de la línea de surimi.

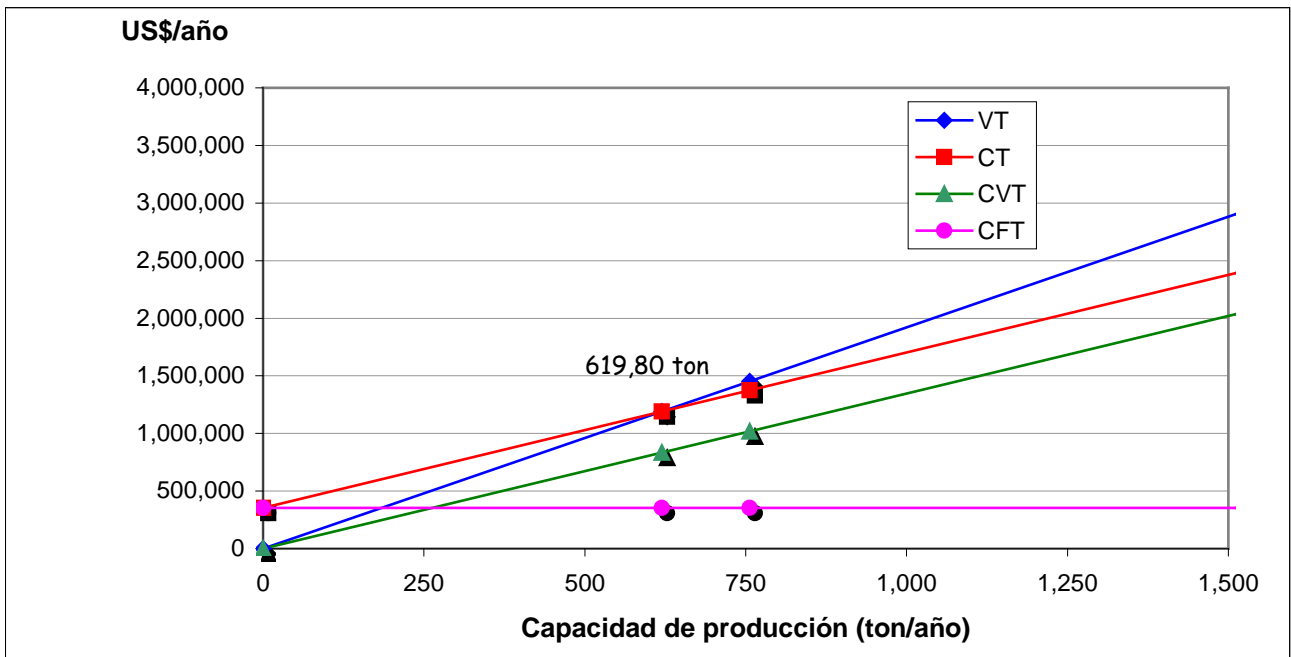


Figura 40: Representación gráfica del punto de equilibrio para la línea de producción de surimi.

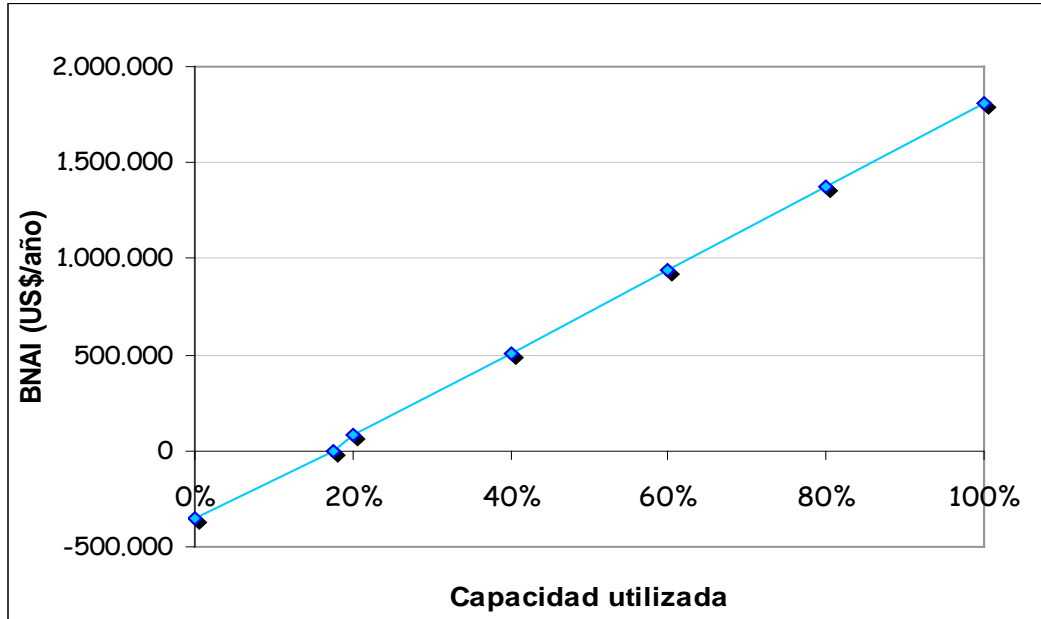


Figura 41: Rentabilidad versus utilización de la línea de surimi.

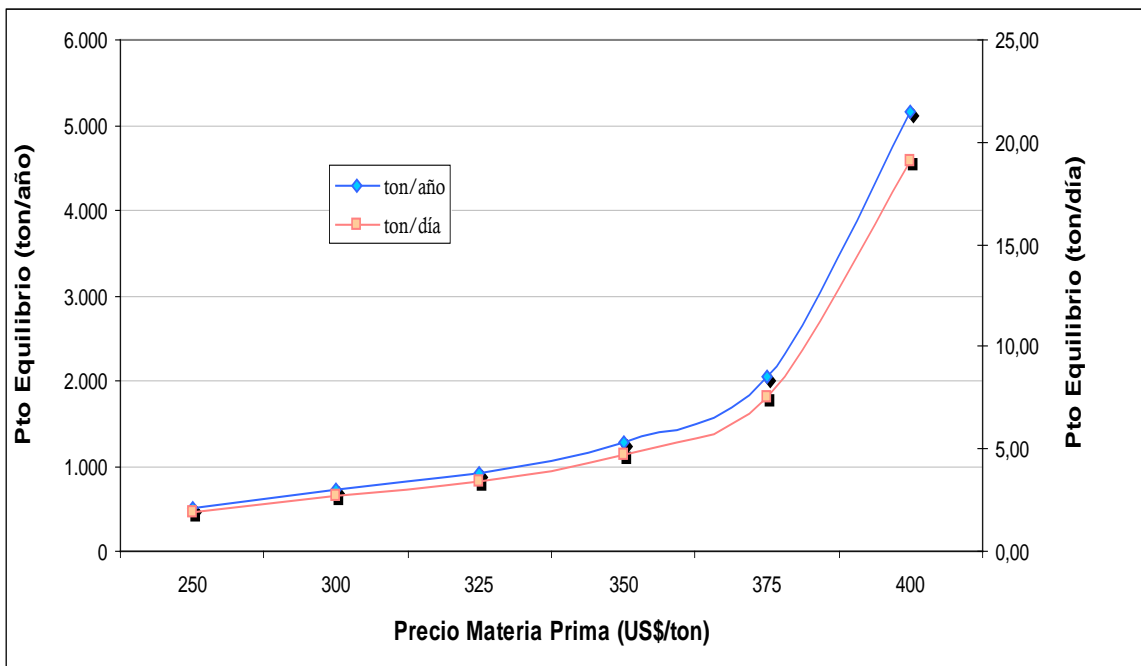


Figura 42: Análisis de sensibilidad del punto de equilibrio en relación a variaciones en el costo de la materia prima.

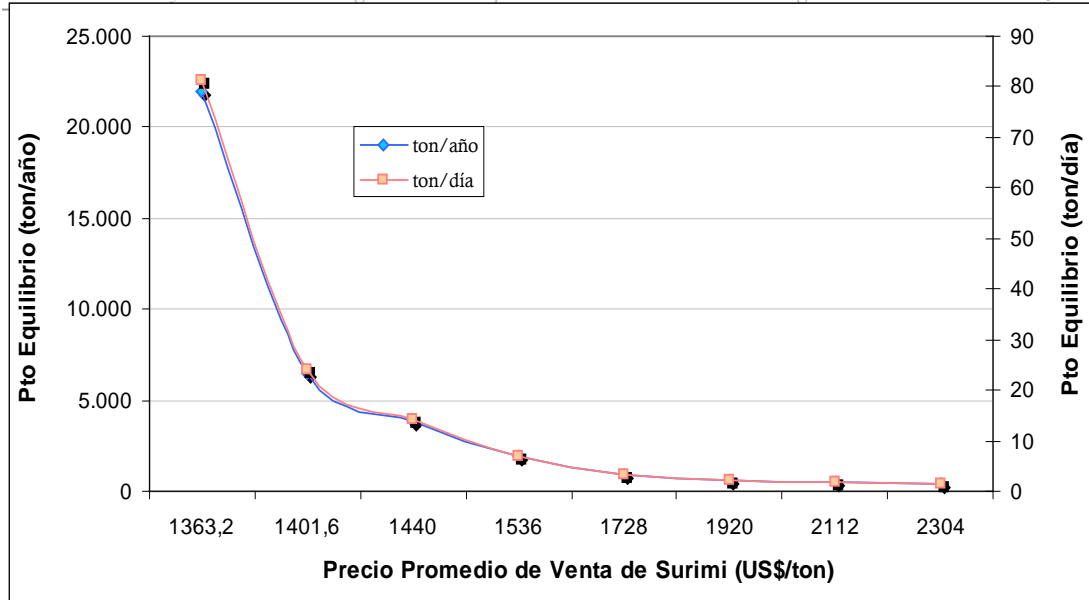


Figura 43: Análisis de sensibilidad del punto de equilibrio en relación a variaciones en el precio de venta del producto.

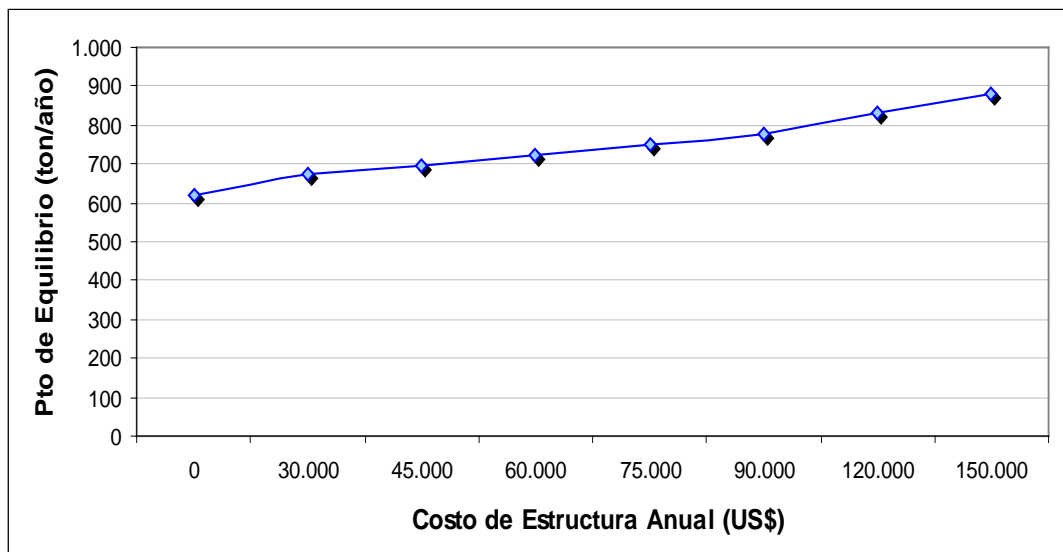


Figura 44: Análisis de sensibilidad del punto de equilibrio con relación a distintos valores de estructura asignada.