Informe Técnico

Combustión espontánea de las harinas de pescado azul: Factores de influencia y peligrosidad en el transporte

Por M.^a J. San José (1), J. J. Achútegui (2), F. J. Sánchez (2), y S. Mendiola* (2)

(1) Dpto. de Ingeniería Química, Universidad del País Vasco, Apartado 644, 48080 Bilbao.

(2) Dpto. de Ciencias y Técnicas de la Navegación y Construcción Naval, Universidad de Cantabria,
Gamazo n.º 1, 39004, Santander.

RESUMEN

Combustión espontánea de las harinas de pescado azul: Factores de influencia y peligrosidad en el transporte.

Se detallan las características de la fabricación y tratamiento de la harina de pescado azul, junto con un amplio desarrollo de las disposiciones internacionales para su transporte por vía marítima, así como la necesidad de estabilizar la harina de pescado para evitar la combustión espontánea. La experiencia en este transporte, además de las investigaciones realizadas durante varios años, ha puesto de manifiesto que el contenido de grasa en el pescado azul, la humedad y la temperatura, tienen una gran influencia y convierten a estos cargamentos en mercancías peligrosas. El conocimiento de una buena estiba o distribución de la carga dentro de las bodegas reduce considerablemente la peligrosidad en su transporte por mar. Esta práctica en el transporte y su estabilización con antioxidantes, junto con las conclusiones aportadas en la investigación, determinan un viaje más seguro en el transporte de estas mercancías.

PALABRAS-CLAVE: Combustión espontánea — Harina — Mercancía peligrosa — Pescado azul — Transporte — Tratamiento antioxidante.

SUMMARY

Spontaneous combustion of fish meal: Factors affecting its safe maritime transport.

Fish meal production characteristics and treatment are described, together with a detailed explanation of the international regulations for its maritime transport, as well as of the requirements for its stabilization to avoid its spontaneous combustion. Experience with this kind of transport, as well as intensive research carried out over several years, has shown that the high fat content in several kinds of fish and the environmental humidity and temperature have a great influence and transform this kind of cargo into dangerous goods. Knowledge of proper stowage and cargo distribution in the holds greatly decreases the dangers during maritime transport. Good transport practice and stabilization of the meal with antioxidants together with the conclusions reached after research, make maritime transport of these cargoes safer.

KEY-WORDS: Antioxidant treatment — Dangerous commodity — Fish — Meal — Spontaneous combustion — Transport.

1. INTRODUCCION

Anualmente se desembarcan unos 100 millones de toneladas métricas (MTM) de pescado y mariscos. Alrededor del 28% del total se procesa para su conversión en harina y aceite de pescado (Bimbo, A.P. 1992). Las presiones económicas, debidas a los bajos precios en los mercados y el alto coste de los combustibles, han forzado

a la industria a buscar otros productos que dispongan de similares ventajas en cuanto a proteínas de pescado y aceites. A pesar de ello, el proceso de elaboración de las harinas de pescado continúa en desarrollo.

Las harinas de pescado se emplean como componentes en los piensos compuestos para la nutrición animal, incluyendo aves y peces. Estas harinas resultan de un alto valor nutritivo por su gran contenido en proteínas (superior al cincuenta por ciento). Varios estudios sobre el efecto de las proteínas de pescado en animales de experimentación han dado como resultado, un aumento de peso en aquéllos animales a los que se les suministró mayor concentración de proteínas de pescado.

La elaboración de estos productos se lleva a cabo en las fábricas de harinas y aceites de pescado. Actualmente hay unas veinte fábricas en la península e islas españolas, ubicadas en las proximidades de los puertos pesqueros. Existen problemas fundamentales para la obtención de la materia prima por las restricciones oficiales y escasas capturas de pescado azul, chicharro, verdel, sardina, anchoa o bocarte, etc. Hoy en día solamente se emplean las vísceras, aletas y cabezas de los túnidos para la elaboración de las harinas y aceites de pescado.

2. EXPERIMENTACION

2.1. Características y composición de la harina de pescado.

La harina de pescado es de color gris o pardo verdoso, con aspecto granulado que puede ser grueso, fino o desigual, y desprende mal olor. Presenta en su composición un alto contenido en proteínas comestibles, grasas, calcio, fósforo y algunos aminoácidos esenciales como la lisina, que proporciona un alto valor a los piensos.

En la Tabla I se detalla un análisis común de las harinas de pescado (Informe de Industrias Pesqueras S.A.), a la que se añade un resultado microbiológico típico y necesario en estos productos. Es bien conocido que las grasas pueden sufrir un proceso de oxidación, enranciándose. El enranciamiento de las grasas (Careche, M. y Jiménez, F. 1988) se puede evitar mediante el empleo de ciertos antioxidantes que impidan la oxidación de las mismas.

El deterioro de las grasas no es sólo un proceso de autooxidación en el que se forman productos de descomposición malolientes, cetonas, aldehídos y ácidos grasos inferiores, sino que también tienen lugar procesos enzimáticos, saponificación y descomposición debidos a bacterias y hongos, especialmente en grasas que contienen agua. El curso de la putrefacción de las grasas resulta acelerado por agentes exteriores como la temperatura elevada, la luz, el aire, así como la presencia de los llamados prooxidantes, metales como el hierro y el cobre, que pueden proceder de los aparatos y sistemas para la obtención de las grasas, recipientes de transporte, almacenamiento o estiba, etc. En la práctica se toman y analizan las medidas necesarias para aumentar la conservación y durabilidad de las grasas, como la neutralización de la influencia de la luz y el aire, evitando los aumentos de temperatura y humedad, los contactos con hierros durante el proceso de su obtención y posteriormente en el envasado, almacenamiento y transporte. Existen en la actualidad estudios de evaluación del grado de oxidación de aceites y grasas comestibles y, además, la determinación de temperaturas de ignición espontánea (Kowalski, B. 1990) y oxidación térmica (Kowalski, B. 1991).

Tabla I
Análisis en harinas de pescado azul

Contenidos en los análisis	Cantidades
Acidez de la grasa	13,12%
Calcio	6,80%
Cloruro (ClNa)	4,41%
Fósforo	3,74%
Grasa Bruta	11,45%
Lisina	4,12%
Micrográfico	Normal
Proteína Bruta	54,68%
Salmonellas	Negativo

2.2. Fabricación y tratamiento de la harina de pescado.

En Perú, la harina de pescado proviene en su mayor parte de la pesca con redes de la anchoveta, anchoa o bocarte (pescado azul), (Chang Reyes, L. 1970), realizándose su descarga en muelles o chatas fondeadas y se transporta en camiones en el primer caso, o bombeada por succión mezclándola con agua en la bodega del pesquero. Todo el efluente se recibe en grandes pozos en la factoría, o en sus proximidades, Figura 1. Los pozos disponen de rejillas o filtros, para permitir la salida permanente al mar del agua y sangre del pescado. Estos grandes recipientes, deben lavarse con frecuencia para limpiar sus paredes y el fondo, no permitiendo la putrefacción, la contaminación del mar y el constante mal olor. El pescado se recoge de los pozos y se cuece al vapor en recipientes herméticos. Una vez cocido, el pescado pasa por filtros prensa saliendo por un lado el agua y el aceite, y al centrifugar el nuevo efluente se realiza la separación. El resto de la materia será la torta, que se seca en hornos rotatorios mediante aire caliente, Figura 2. La última operación no da lugar a sedimentos líquidos. Los gases de secado deben controlarse cuando salgan al exterior, dado que pueden producir una cierta contaminación del aire. Para evitar esto, los gases se pulverizan y enfrían con agua. Por último, la torta será molida, ensacada y posteriormente puede que sea paletizada. Como los sacos son de plástico o papel, no conviene cerrarlos cuando la harina esté caliente, sino que se deberá esperar al cerrado hasta su enfriamiento natural, o ventilarla y airearla durante varios días mientras permanece a granel. Después del ensacado y paletizado si procede, se realiza el pesado de cada bulto. Todo este procedimiento de la obtención del aceite y harina, también se emplea en las fábricas españolas de harina de pescado. Finalmente, para su transporte por mar, se realizarán los controles de temperatura y de contenido en grasa y humedad. Estos controles y certificaciones se entregan al buque antes de zarpar del puerto de carga.

Figura 1
Chata y sistema de bombeo a factoría

Figura 2
Tratamiento, ensacado y control para embarque

2.3. Disposiciones Internacionales en el transporte marítimo.

En la actualidad, el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG), en las secciones correspondientes a las clases 4.2 y 9 (OMI, 1991), Tabla II, facilita las disposiciones establecidas para prevenir la combustión espontánea en los cargamentos de harina de pescado, y señala que lo más adecuado es estabilizarla y realizar una estiba correcta. Se considera que una sustancia o mercancía es peligrosa cuando puede matar o perjudicar a las personas, dañar a otras mercancías próximas, o a los medios de transporte, favorecer o provocar incendios, explosiones, intoxicaciones, gases nocivos, envenenamientos y además, la contaminación del aire, la tierra, los ríos y los mares.

Tabla II
División de las mercancías peligrosas

N.º de la Clase	Denominación de las mercancías peligrosas
1	Explosivos
2	Gases
3	Líquidos inflamables
4	Sólidos inflamables
4.2	Sólidos, combustión espontánea
5	Sustancias comburentes
6	Sustancias venenosas
7	Sustancias radioactivas
8	Sustancias corrosivas
9	Sustancias peligrosas varias

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Introducción a un caso práctico.

El buque "ORIANA" de bandera panameña, disponía de un peso muerto de 11000 Tm, y realizaba sus viajes por el océano Pacífico con sucesivos cargamentos completos desde Perú hasta Canadá. En su derrota norte iba cargado con harina de pescado en sacos y en el viaje de retorno hacia el sur con carga general para Ecuador y Perú. El capitán del buque era el Profesor Mendiola, coautor de este trabajo.

El barco disponía de cinco bodegas de carga divididas horizontalmente por un entrepuente, Figura 3. La estiba de sacos de harina se realizaba dejando pasillos estrechos para su ventilación. Se dejaba un pasillo central longitudinal en cada una de las bodegas y entrepuentes de 30 a 40 cm hasta la cubierta, colocando o estibando los sacos de arpillera en dobles hileras paralelas a la central, lo que permitía una separación de 12 a 15 cm entre éstas, además de varias separaciones transversales también de 12 a 15 cm. Todas las bodegas y entrepuentes se acondicionaban con madera para que el cargamento de harina no tocara la parte metálica del buque. La ventilación en las bodegas y entrepuentes se conseguía a través de manguerotes de

tronco fijo y parte alta orientables desde cubierta. También se utilizaban manguerotes portátiles de lona con un ventilador eléctrico ubicado en el interior de éstos, en caso de aumento excesivo de la temperatura de la carga. Los transportes de harina de pescado se venían realizando desde los primeros meses del año 1965. El contenido en grasas era variable, y oscilaba entre el 10% y el 14%; el contenido de humedad variaba según los casos entre el 6% y el 10%, siempre según certificación de las diferentes partidas de embarque, al finalizar el cargamento. Durante el embarque, la temperatura de la harina dentro de los sacos dependiendo de la época del año, oscilaba entre los 28° C y 38° C. La temperatura de esta carga variaba en cada viaje, desde la salida hasta finalizar el último puerto de descarga, y también oscilaba en las diferentes estaciones del año; estas variaciones estaban comprendidas entre los 28° C y 48° C. La bodega de mayor temperatura era la N.º 3, por dificultades de su ventilación y por estar ubicadas las calderas del barco próximas al mamparo de popa de la citada bodega. En estos viajes los cargamentos no se trataban con antioxidantes.

Transcurrían los últimos meses del año 1965, (primavera en Perú), cuando se completó un cargamento de harina de pescado en sacos para varios puertos en su ruta norte, recibiendo a bordo la documentación y certificación del estado de la carga, que se encontraba en condiciones similares a la de los embarques anteriores. La carga total embarcada fue de unas 9600 Tm, repartidas en las cinco bodegas y entrepuentes. En el momento de zarpar del puerto de Callao (Perú) y durante el embarque, que duró 8 días, la temperatura exterior era de 26° a 27° C. Desde la salida y durante todo el viaje se tomaban las temperaturas de la carga en el interior de las bodegas y entrepuentes tres veces al día. La primera toma de tem-

Figura 3
Bodega y entrepuente, estiba de la carga

peraturas de 8 a 9 horas, la segunda de 14 a 15 h y la última, antes de anochecer, de 18 a 20 horas. Durante el viaje hasta el primer puerto de llegada, las temperaturas eran normales y muy parecidas a los viajes anteriores, oscilando entre los 30° y 35°C.

3.2. Descarga en el primer puerto.

El primer puerto de descarga fue Manzanillo (México). En este puerto la temperatura exterior variaba entre 35° y 40° C; se abrieron las bodegas y se tomaron las temperaturas de la carga, resultando la de la bodega número 3 de 48° a 50° C y en el resto de la carga entre 37° y 40° C. Rápidamente se introdujeron los manguerotes portátiles y se procedió a la descarga en la bodega 3; de esta bodega se descargaron las 4/5 partes y de otras bodegas cantidades muy inferiores. La estancia en puerto duró dos días. Finalizada la primera descarga, el barco zarpó para el segundo puerto, con las siguientes temperaturas: bodega N.º 3, 45° C y en el resto de las bodegas entre 36° y 40° C.

3.3. Viaje al segundo puerto y primera oxidación.

En las singladuras hasta el segundo puerto de Los Angeles (California), las temperaturas bajaron en la bodega N.º 3 y aumentaron en la bodega N.º 4, pero no superaron en esta última los 45° C. Atracados en el puerto californiano, la temperatura exterior era entre 18° y 20° C. Dio comienzo la descarga y a las pocas horas comenzó la combustión espontánea en la bodega N.º 4. Los estibadores salieron de la bodega y el jefe de bomberos tuvo información de lo que estaba ocurriendo, sugiriéndole que preparase un camión de espuma seca. El jefe de bomberos se personó a bordo e indicó que lo mejor sería cerrar la bodega N.º 4 y también la ventilación y todas las entradas a la misma, dado que el camión de espuma estaba en camino. Pocos minutos después llegó el camión y se cubrió la carga en el interior de la bodega con 60 cm de espuma seca, permaneciendo cerrada 16 horas. A las 8 de la mañana siguiente, estando presente el jefe de bomberos, se volvió a abrir la citada bodega para observar el estado de la carga y, pareciendo que podría continuar la descarga, los obreros portuarios continuaron con su cometido. A las tres horas, volvió a surgir el fantasma de la nueva oxidación. Inmediatamente se cerró la bodega y se repitió la operación anterior. La bodega permaneció cerrada durante 30 horas y después se descargó totalmente sin incidencias, con la salvedad de que se encontraron unos 450 sacos de harina completamente calcinados.

3.4. Último puerto de descarga y nueva oxidación.

El buque zarpó rumbo a Vancouver (Canadá), para rendir el viaje hacia el norte con las bodegas, 1, 2 y 5 parcialmente cargadas. La latitud de este último puerto era de 50° norte, y en el mes de noviembre de 1965, la temperatura oscilaba entre los 0° y los 8 °C. La descarga de la harina de pescado en sacos comenzó en las tres bodegas citadas. En ese momento llegó la oportuna visita

del jefe de bomberos de Vancouver, para comentar que le había telefonado su colega de Los Angeles, informándole de la fecha de llegada del buque "Oriana" a ese puerto y de que dos barcos que habían salido del puerto del Callao en la época del "Oriana" rumbo a Europa, habían tenido combustión espontánea en la harina de pescado en el océano Atlántico. Le rogaba además, que verificase el análisis de la harina, porque los análisis realizados en Los Angeles mostraban que el contenido de grasa era muy elevado; por último, le aconsejó que tuviera dispuesto en el puerto de Vancouver un camión de espuma seca en previsión de la probable oxidación de la carga y que, si así sucediera, cerrase la bodega durante 30 horas. -El análisis en grasas fue del 19% al 23%-. No habían transcurrido tres horas desde la salida del jefe de bomberos cuando comenzó a percibirse el humo negro en la bodega N.º 2 y después en la N.º 5. Se ordenó a la tripulación cerrar las dos bodegas e inmediatamente, se avisó por teléfono al jefe de bomberos que se personó a los pocos minutos, seguido del camión con la espuma. Las dos bodegas permanecieron cerradas durante 30 horas; finalizando posteriormente la descarga, con el resultado de unos 550 sacos de harina calcinados entre las dos bodegas afectadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Las circunstancias del transporte de harina de pescado que se citan en el caso anterior, han sido superadas en su mayor parte por nuevos procedimientos actualizados a las nuevas técnicas, pero faltaba su estudio práctico. En el año 1965 y posteriores se produjeron muchos casos de oxidación de estas cargas. En esas épocas los capitanes y oficiales no disponían de conocimientos muy amplios sobre el transporte y seguridad de estas mercancías y, en algunos casos, las certificaciones no coincidían con la realidad del estado de las sustancias embarcadas. Entre esas dudas se pueden citar:

- 1) Los capitanes no disponían de los medios para realizar las comprobaciones oportunas de las certificaciones de laboratorio, porque además los certificados se entregaban en el momento de la salida del buque.
- 2) Se desconocía los días que la harina había estado aireándose.
- 3) Las tripulaciones no eran muy conscientes de que viajando de un puerto cálido a otro frío se podría producir la oxidación con facilidad, si la mercancía no era tratada con antioxidantes o si su contenido de grasa y humedad era elevado.
- 4) En dicha época los barcos no disponían de ventilación apropiada para realizar varios cambios por hora en las bodegas.
- 5) Posiblemente también se desconocía que, siendo mayor el punto de rocío en el exterior o cubierta que en el interior de la bodega, no se debería ventilar introduciendo aire del exterior. Los resultados se pueden representar gráficamente y, se comprobaron experimentalmente en el transporte marítimo durante el año 1965.

4.1. La influencia del contenido en grasas y humedad.

El índice de peligrosidad, considerando el contenido en grasas se puede observar en la Figura 4, donde se ha representado el peligro de cero a cien en función del contenido en grasas. La gráfica permite realizar una comparación de las harinas con tratamiento antioxidante, Curva II, con la misma sin tratamiento, Curva I. Como puede observarse, el aumento del contenido en grasas en estas sustancias -considerando un contenido bajo en humedad <11%- siendo muy acusada o de alta peligrosidad cuando el contenido en grasas sea >15%, en el caso de las harinas sin tratamiento específico y superior al 18% para las harinas tratadas con antioxidante, por lo que se concluye, que el tratamiento antioxidante favorece la seguridad en el transporte con mayor contenido en grasas, desde un 15% a un 18%.

El efecto de la humedad en el grado de peligrosidad se puede comprobar en la Figura 5, en la que se ha representado el grado de peligro frente al grado de humedad para una harina de contenido en grasas <11%.

Figura 4
Índice de peligrosidad por grasas

Figura 5
Índice de peligrosidad por humedad

La influencia conjunta del grado de humedad y el contenido en grasas en la peligrosidad en el transporte de las harinas se detalla en la Figura 6. De la citada figura se desprende que es posible transportar sin riesgo (peligrosidad baja) harinas con contenidos en grasas inferiores al 12% y grado de humedad del 6% al 12%. Cuando esta mercancía sea tratada con antioxidante, las grasas pueden superar el 18% y la humedad alcanzar el 11%. Peligrosidad media, contenido en grasas del 12% al 15% y humedad del 6% al 12%; cuando sean tratadas con antioxidantes, las grasas <16% y humedad del 6% al 12%. Peligrosidad alta, contenido en grasas >15% y humedad ilimitada; tratadas con antioxidantes, grasas >18%.

Figura 6
Influencia conjunta en grasas y humedad en la peligrosidad

4. 2. Consideraciones sobre el punto de rocío.

No siempre es conveniente ventilar la carga. La finalidad de la ventilación es que sobre la carga se condense el mínimo posible de vapor de agua. Para saber cuando se debe ventilar es imprescindible tener presente la *temperatura del punto de rocío* (TPR). Este índice de humedad es la temperatura a la que se hace saturante la presión parcial del vapor de agua presente en una atmósfera determinada. Para los cambios isobáricos de temperatura, la TPR es conservativa. La entrada de aire en una bodega puede asumirse como un cambio isobárico de temperatura; el aire exterior evoluciona hasta aproximar su temperatura a la del interior de la bodega. Es evidente que la ventilación tenderá a igualar la temperatura de la bodega con la del aire exterior, aunque no siempre ocurre así. Los medios de ventilación son limitados y la bodega puede conservar durante mucho tiempo la temperatura del puerto de carga; también puede que aparezcan focos de calor en su interior o que sufra la influencia del agua de mar.

Suponiendo que durante un amplio período de tiempo a partir del comienzo de la ventilación, la temperatura de la bodega se mantendrá invariable, pueden hacerse ciertas recomendaciones para el correcto proceder del marino (Sánchez, G. 1982):

- 1ª) Nunca se deberá ventilar si la temperatura de la bodega es similar o inferior a la TPR del aire exterior. Si se hace así, se producirá la condensación y, además, al estarse aportando aire cargado de humedad, la condensación será alimentada constantemente. Verificada esta condición, pueden investigarse las dos siguientes.
- 2ª) Es aconsejable ventilar si la TPR del aire exterior es inferior a la TPR de la bodega.
- 3ª) No es aconsejable ventilar en caso contrario.

5. CONCLUSIONES

En la actualidad la normativa de la OMI referida a la estiba de estos cargamentos es idéntica a la existente en la época del accidente descrito (1965), lo que junto a la peligrosidad intrínseca de las harinas, nos induce a suponer la posible aparición en un futuro de nuevas situaciones problemáticas. Sin embargo, para que el comportamiento del marino no contribuya al riesgo, deben ponerse a su disposición los medios (por ejemplo, psicrómetros, termógrafos e hidrógrafos de condensación) que le informen del estado higrométrico del aire exterior y del de las bodegas.

Si, a pesar del uso correcto de la ventilación, la temperatura de la bodega aumenta y supera un umbral de unos 55 °C, debe esperarse la aparición de la combustión espontánea. Si llegara a producirse, se cerrarán todos los sistemas de entrada de aire, introduciendo espuma seca, CO₂ o halón 1301 y no se abrirá la bodega antes de que hayan transcurrido 30 horas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al profesor de Meteorología D. Juan Tenreiro, -Univ. de Cantabria-, su valiosa información científica y técnica en este trabajo. Agradecemos también a Industrias Pesqueras, S.A. de Santoña, su amabilidad en la muestra de análisis y funcionamiento de su industria.

BIBLIOGRAFIA

- Abdalla, M.A., and Haassan, M.I. (1989).- "Physicochemical and bacteriological change occurring during storage of sardine fish".- Grasas y Aceites **40**, 389-398.
- Chang Reyes, L. (1970).- "Contaminantes potenciales que pueden afectar a los organismos del ambiente marino a lo largo de la costa del Perú".- "Marine Pollution And Sea Life". p. 106.- Fishing News Ltd, FAO. Londres.
- Beltrán, A. and Morales, A. (1990).- "Influencia de las variaciones estacionales sobre la composición de la fracción lipídica de sardina (*Sardina pilchardus* w.)".- Grasas y Aceites **41**, 73-81.
- Bimbo, A.P. and Crowther, J.B. (1992).- "Fish meal and oil: Current uses".- J. Am. Oil Chemists' Soc. **69**, 221-227.
- Careche, M. and Jiménez, F. (1988).- "Oxidación de lípidos en pescado: Procedimientos de determinación".- Grasas y Aceites **39**, 387-396.
- El-Sanafery, N.Y., Sorour, A.E. and Ibrahim, H.M. (1988).- "Biological values of sausage and fish paste style (fish burger)".- Grasas y Aceites **39**, 8-12.
- García, M.ª T., Castrillón, A.M.ª and Navarro, M.ª P. (1991).- "Modificaciones en la grasa del atún blanco (*Thunus alalunga*)".- Grasas y Aceites **42**, 179-186.
- Haaland, H. and Njaa, L.R. (1990).- "Oxidación de metionina en harina de pescado producido experimentalmente y comercialmente".- Food Chem. **36**, 253-260.
- Hara, S. (1992).- "Comportamiento antioxidativo de fosfolípidos para ácidos grasos polinsaturados de aceite de pescado".- Yukagaku **41**, 130-135.
- Kaitaranta, J.K. (1992).- "Control de la oxidación lipídica en aceite de pescado con varios componentes".- J. Am. Oil Chemists' Soc. **69**, 810-813.
- Koning, A.J. (1986).- "Contenidos en ácidos grasos libres de aceite de pescado, parte I. Un análisis del aceite y la harina de anchoa".- Fette Seifen Amstich. **88**, 404-406.
- Koning, A.J. (1990).- "Contenidos en ácidos grasos libres de aceite de pescado, parte II. El efecto de la calidad de la anchoa sobre el contenido en ácidos grasos libres del aceite de anchoa y harina resultante".- Fett Wiss. Technol. **92**, 193-197.
- Kowalski, B. (1990).- "Determination of spontaneous ignition temperatures of edible oils by pressure differential scanning calorimetry".- Thermochimica acta **173**, 117-127.
- Kowalski, B. (1991).- "Thermal-oxidative decomposition of edible oils and fats: DSC studies".- Thermochimica acta **184**, 49-57.
- Laila, A., Abd Allah, M.A., Dabash, A.S., El-Ziny, B.A. and El-Kalyoubi, M.H. (1985).- "Fatty acid composition of the fish tissues and wastes of some Egyptian Nile fish".- Grasas y Aceites **36**, 331-334.
- Lorenzo Soldevilla, F. (1990).- "Variación estacional de los contenidos de humedad y grasas del músculo de *Sardina pilchardus* de las aguas de Tenerife".- Alimentaria 1990, 59-65.
- OMI. (1991).- Código IMDG. Vol. III, N.º ONU 1374, Clase 4.2, Ed.Es. Londres.
- OMI. (1991).- Código IMDG. Vol. IV, N.º ONU 2216, Clase 9, Ed.Es. Londres.
- Sánchez, G. and Zabaleta, C. (1982).- "Curso de Meteorología y Oceanografía".- Ed. Inspección de Enseñanzas de la D.G.M.M. Madrid.
- Thomas, R.E. (1983).- "Thomas' Stowage".- Ed. Brown, Son & Ferguson Ltd, Glasgow.

Recibido: Junio 1994

Aceptado: Marzo 1995