

**NUEVA TECNOLOGÍA EN LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE PESCADO
PARA PIENSOS: IMPLICACIONES SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA
CALIDAD**

P. Sandbol
Fiskerihavns­gade 35, P.O. Box 1049
DK – 6701 Esbjerg, Dinamarca

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se revisarán todas las características que debe cumplir una harina de pescado para que tenga la consideración de producto de calidad. Los criterios de calidad van desde los más clásicos (frescura de la materia prima, método de conservación) hasta los criterios analíticos más sofisticados (TVN, valor de titulación, contenido en aminos biogénos,...). Uno a uno, todos los puntos son analizados y sus límites analíticos establecidos en base a pruebas llevadas a cabo por investigadores de distintos países.

En el procesado industrial del pescado se han visto diferencias importantes al someter la materia prima a una temperatura inferior y a unas condiciones de vacío. Con esta nueva técnica se ha obtenido un tipo de harina claramente superior: la harina de pescado LT.

Especialmente importante resulta el hecho de que las determinaciones analíticas realizadas por los fabricantes encuentran todavía dificultades para ser reproducidas en otros laboratorios. En este sentido, se apunta la necesidad de testar las mismas muestras con los mismos criterios y bajo las mismas condiciones.

Se insiste en que los métodos para determinar la calidad de una harina de pescado deben ser utilizados selectivamente en cada caso y para cada especie de destino.

En la segunda parte del trabajo se comentan algunas pruebas prácticas en las que se hacen determinaciones analíticas de las harinas (contenido nutricional, digestibilidad,..) y se

estudia su correlación con los resultados obtenidos en distintas especies (aves, ratas, cerdos, salmón, visón,...). Finalmente, se hace un repaso a resultados productivos obtenidos en explotaciones de animales (lechones, anguilas, rodaballos,...) donde la superioridad de la harina de pescado LT queda claramente establecida.

2. EVALUACION DE LA CALIDAD DE HARINAS DE PESCADO

Tradicionalmente la industria de las harinas de pescado se ha basado en criterios de "calidad" tales como proteína bruta, grasa bruta, humedad, cenizas o sal. Uno de los primeros criterios aceptados como indicación de calidad extra fue el del mayor contenido en proteína de algunas harinas de pescado. Este es todavía un criterio muy válido en los casos en que se requieren dietas con altas concentraciones en nutrientes.

Es evidente que estos criterios por sí solos no son suficientes para asegurar un rendimiento uniforme en los animales. Por consiguiente, se empezó a pensar en otros criterios de calidad. En los últimos 15 años, se han llevado a cabo en Dinamarca programas intensivos de investigación y desarrollo y como consecuencia, la calidad de las harinas de pescado destinadas a los piensos ha mejorado considerablemente. Uno de los objetivos de estos programas fue establecer unos criterios de calidad que estén relacionados con los rendimientos obtenidos en animales, para poder asegurar así la máxima eficacia de los piensos.

Otro de los objetivos era poder suministrar harina de pescado de una calidad tal que pudiera reemplazar o sustituir los productos lácteos u otras materias primas usados tradicionalmente en los piensos para lechones.

3. MATERIAS PRIMAS

En todo el mundo la elaboración de harina de pescado se lleva a cabo a partir de muy diferentes tipos de materias primas, lo que influye sobre la composición del producto final.

Algunas harinas de pescado están basadas en subproductos y vísceras procedentes de la industria de consumo humano (harinas de pescado blanco) y presentan típicamente un bajo contenido en proteína y grasa y un alto contenido en cenizas. Otras están basadas en subproductos de otras industrias de pescado y en consecuencia son muy variables en su composición.

Por último, algunas harinas de pescado están basadas en la pesca a escala industrial. En estos casos, se utiliza el pescado entero para la producción de las harinas. Estas harinas tienen un mayor contenido en grasa pero, aún así, existe una gran variación en el contenido de proteína y cenizas, según las distintas procedencias. En el cuadro 1 se exponen algunos datos analíticos típicos.

Cuadro 1. Análisis proximal (%) y contenido energético de diferentes tipos de harina de pescado (FAO, 1986)

	Harina de pescado blanco	Harina de pescado tipo arenque	Harina de pescado tipo sudamericano
Humedad	10,0	8,0	10,0
Proteína bruta	65,0	72,0	65,0
Grasa bruta	5,0	9,0	9,0
Cenizas brutas	20,0	10,0	16,0
EM, MJ/kg aves	12,1	14,0	13,2
ED, MJ/kg credos	15,6	18,5	16,8
EM, MJ/kg rumiantes	13,6	16,4	13,1

Considerando la diferencia del contenido en proteína, las distintas materias primas dan también un diferente contenido en aminoácidos.

Otra diferencia entre las distintas materias primas radica en el tipo de aminos biógenos presentes en la harina de pescado. En el caso de nuestras harinas, la primera amina biógena que empieza a elevar su concentración es la cadaverina, mientras que en las harinas de pescado sudamericanas, es la histamina.

4. CAPTURA Y CONSERVACION

Una de las conclusiones de los programas daneses de investigación y desarrollo, es que la frescura de la materia prima es muy importante para los rendimientos de los animales.

Sobre este particular hay que decir que el método de captura tiene una influencia escasa o nula.

Sin embargo, la conservación de las materias primas desde el momento de la captura hasta su procesado es extremadamente importante. Si las materias primas no son conservadas adecuadamente, se van a dar diferentes tipos de degradación.

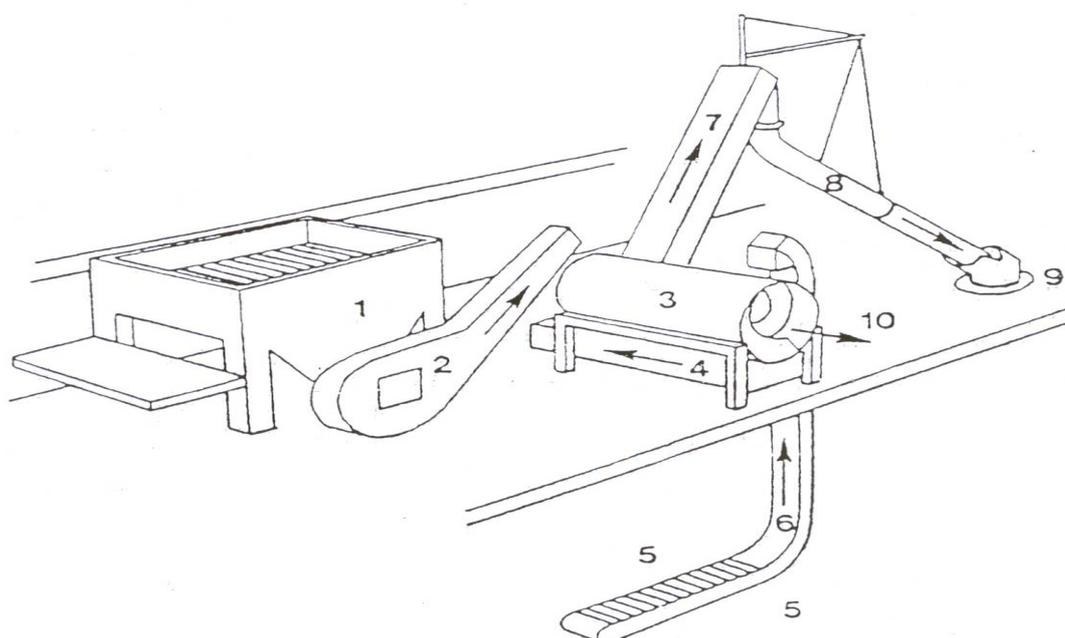
Un deterioro rápido es debido a la acción de bacterias bien desde la superficie o bien desde el tracto digestivo. La descomposición autolítica debida a la acción enzimática en los tejidos y en el tubo digestivo también es importante. La degradación bacteriana y autolítica provoca la descomposición de las fracciones lipídica y proteica.

Existen diferentes métodos de conservación. Por ejemplo, en algunos países se practica la conservación química con nitritos. Estos deben usarse en cantidades estrictamente controladas ya que, de otro modo, pueden reaccionar con otros componentes de las materias primas y formar nitrosaminas carcinógenas.

Alternativamente se puede usar la refrigeración como sistema de conservación. Un método es el sistema RSW (Recirculated Salt Water) en el que la recirculación de agua salada es utilizada para enfriar el pescado. Sin embargo, un almacenamiento prolongado bajo esas condiciones provoca que la harina de pescado presente un alto contenido en sal.

Otro método está basado en la mezcla de hielo de agua dulce y pescado en la proporción adecuada. Usado correctamente, este método es muy eficaz ya que mantiene el pescado fresco a 0 °C durante un largo período. Se debe mezclar un 30% de hielo con el pescado. En la figura 1 se muestra una descripción del equipo utilizado.

Figura 1. Equipo de manejo de las capturas para la separación del pescado industrial apto para alimentación

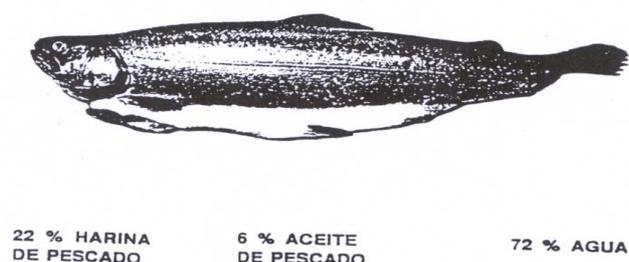


- 1- Receptáculo cubierto con rejilla de acero para evitar el paso de objetos muy grandes.
- 2- Transportador continuo de pescado a la grada.
- 3- Grada rotativa separadora del pescado industrial pequeño del apto para alimentación.
- 4- Cuba receptora de pescado pequeño y de hielo procedente de la bodega a través de la cinta transportadora.
- 5- Almacén de hielo.
- 6- Cinta transportadora de hielo hasta la cuba de mezclado.
- 7- Transportador de la mezcla de hielo y pescado a la cubierta con descarga en el embudo.
- 8- Embudo y tubos de plástico conductores de la mezcla a la trampilla de la cubierta.
- 9- Una de las varias trampillas para hielo instaladas sobre las secciones para el pescado industrial.
- 10- Descarga del pescado apto para alimentación desde la grada rotatoria.

5. ELABORACION

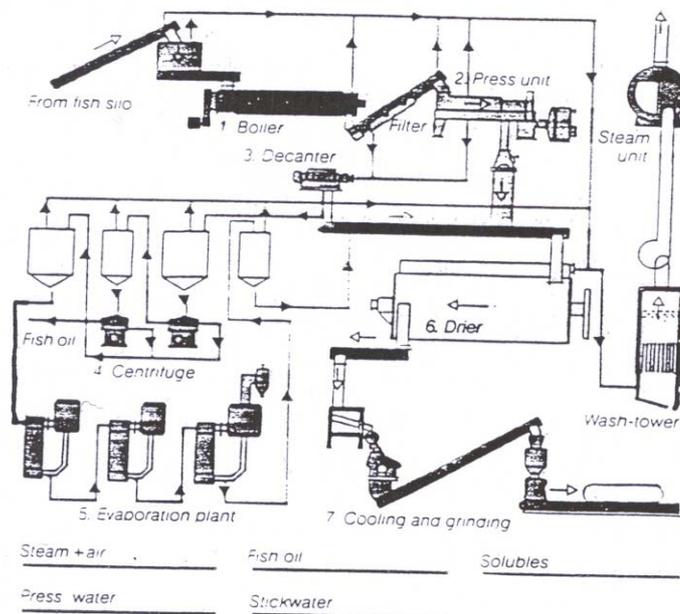
Durante la elaboración de la harina y el aceite de pescado según criterios industriales de pesca, el rendimiento normal es de un 22% de harina, un 6% de aceite y un 72% de agua (figura 2).

Figura 2. Rendimiento del procesado industrial del pescado



El proceso de elaboración clásico utilizado en nuestra factoría, se muestra en la figura 3.

Figura 3. Fases del proceso de elaboración



- 1- Por medio de vapor indirecto el pescado es calentado hasta 90 °C en una caldera.
- 2- La materia prima cocida es prensada, quedando una base sólida y una base líquida denominadas, respectivamente "torta de prensado" y "agua de prensado".
- 3- El "agua de prensado" se trata en decantador donde se separan otros sólidos, que son añadidos a la torta de prensado.
- 4- El líquido procedente del decantador va a una centrifuga de alta velocidad donde se separa el aceite de pescado.
- 5- El líquido remanente, llamado "agua de cola", se evapora. El producto resultante, llamado "solubles", se añade a la "torta de prensado" en el secador, donde se obtiene la "harina entera".
 - a- Para las harinas de pescado convencionales se utilizan evaporadoras de larga permanencia (1-2 horas).
 - b- Para las harinas de pescado LT utilizamos evaporadores de película descendente donde el "agua de cola" es concentrada a "solubles", en 15-20 minutos.
- 6- La "torta de prensado" y los "solubles" se secan por medio de vapor indirecto en el secador obteniéndose una harina de pescado con un contenido en humedad del 5-10%.
 - a- En un secador convencional se alcanza una temperatura de 90-100 °C.
 - b- Para la elaboración de harina LT, la temperatura alcanzada es sólo de 70 °C. Dado que el posible daño provocado por el calor resulta de la combinación de tiempo y temperatura, el secado se realiza al vacío para conseguir el mismo tiempo de secado que en los secadores convencionales.
- 7- Se añaden antioxidantes y la harina de pescado es refrigerada y triturada. Finalmente el producto está preparado para el control de calidad interno y para su envasado y expedición.

En todo el mundo se utilizan diferentes métodos y diferentes equipos. Algunos productos son vendidos como harina de pescado LT. Únicamente las pruebas "in vivo" podrán verificar si con un procesado LT dado, se puede conseguir un mejor producto.

6. CRITERIOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA HARINA DE PESCADO

La capacidad de poder evaluar la calidad del producto resulta tan importante para el fabricante y el vendedor, así como para el comprador y el consumidor final de las harinas. El fabricante no tiene ningún interés suministrar un producto que no se ajuste a las especificaciones. Los negocios a largo plazo deben resultar rentables para todas las partes interesadas y, por lo tanto, todas las partes están obligadas a buscar reglas comerciales y métodos de control en los que estén mutuamente de acuerdo. Puede afirmarse que, en general, esto ya se ha conseguido ya que existen diferentes tipos de contratos estándar destinados a cubrir estos aspectos.

De vez en cuando, sin embargo, las discrepancias entre los resultados analíticos son motivo de disputas.

PROTEINAS:

Sorprendentemente, el conflicto más frecuente se centra en el contenido en proteínas. Esto resulta anormal dado que existen métodos de análisis y medidas de control propio claramente establecidos, que deberían evitar muchas de las reclamaciones. Es muy típico el caso de que un laboratorio sea incapaz de determinar el mismo contenido en proteína garantizado por otro laboratorio.

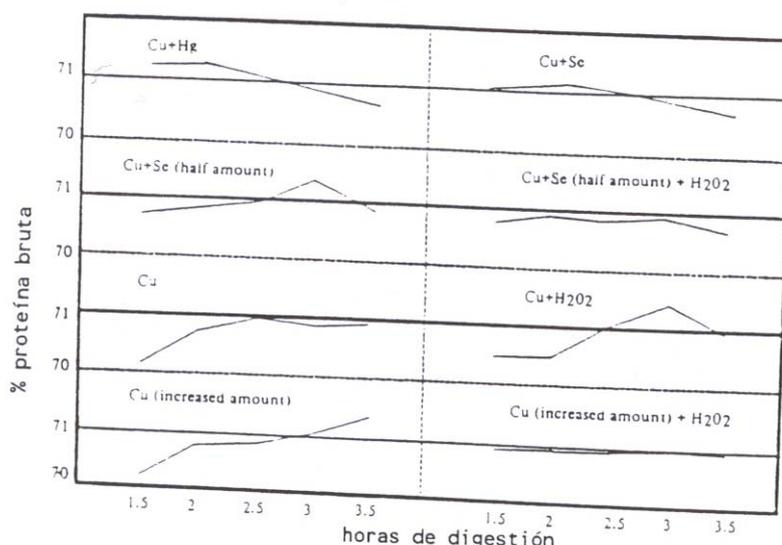
Lo primero que hay que comprobar es si los dos laboratorios han analizado realmente la misma muestra representativa. También hay que tener en cuenta que la harina de pescado es una materia prima natural y que los análisis de muestras distintas pueden expresar la variabilidad natural del producto. Por lo tanto, un aspecto importante es la uniformidad del procedimiento de muestreo y homogeneización.

Dado que la harina de pescado contiene pequeños fragmentos óseos, alguno de ellos podría interferir con el resultado obtenido al analizar una muestra pequeña y esto puede ser detectado, normalmente, usando dobles determinaciones. La diferencia entre los resultados de dos determinaciones llevadas a cabo simultáneamente o en un corto intervalo por el mismo analista, no debe exceder el 0,40%.

Durante el análisis, el calentamiento y la digestión son de gran importancia. Hansen (1979) demostró la influencia que tenían sobre los resultados, los diferentes tipos de estufas y períodos de calentamiento utilizados. El error estándar de los valores medios de la determinación de proteína bruta oscilaba entre 0,08 y 0,59 dependiendo del tipo de estufa y del período de calentamiento. La influencia de la duración de la digestión y los diferentes

catalizadores, se muestran en la figura 4. Dada la importancia que tienen tanto el calor como la digestión, resulta lógico establecer un control diario de ambos. Este control debe ser llevado a cabo realizando análisis con acetanilida y ácido nicotínico, que se complementan mutuamente. La prueba de la acetanilida comprueba que la temperatura de digestión no sea demasiado alta, para evitar la fuga del nitrógeno volátil. Por su parte, el test del ácido nicotínico comprueba que no sea demasiado baja, para evitar que la digestión resulte incompleta. Finalmente, se suele llevar a cabo un análisis control positivo con una muestra conocida.

Figura 4. Determinaciones de Kjeldahl usando diferentes períodos de digestión y diferentes catalizadores, sobre harina de arenque con un 9,7% de grasa (Hansen, 1979)



Un control posterior puede hacerse fácilmente ya que muchos laboratorios determinan, frecuentemente, proteína bruta, grasa bruta, humedad y cenizas en la misma muestra. Dado que la harina de pescado no contiene fibra alguna, la suma de esas cuatro determinaciones debería estar entre el 100 y el 103%. Naturalmente, se puede argumentar que no es posible obtener más del 100% de algo. En principio, esto es cierto, pero en este caso, la respuesta está en el factor de conversión proteica. En la práctica, se determina el contenido en nitrógeno y luego se multiplica por el factor 6,25 para calcular el contenido en proteína. Este factor está basado en el supuesto de que la proteína contiene un 16% de nitrógeno. En realidad las proteínas se componen de aminoácidos y resulta muy dudoso que una proteína natural pueda ajustarse a este modelo promedio. La tirosina, por ejemplo, contiene un 8,6% de nitrógeno y la arginina un 35,9% (Boisen et al, 1987). Los respectivos factores de conversión son 11,63 y 2,79%. Sin embargo, se acepta generalmente que 6,25 es el factor que debe usarse y esto explicaría por qué la suma mencionada anteriormente debe estar entre 100 y 103.

HUMEDAD:

El contenido en humedad de una harina de pescado debe estar entre el 4 y el 10%. El límite inferior debe respetarse para poder asegurar que el exceso de secado no provoca ningún daño en las proteínas. En el caso de harinas de pescado de calidad especial, el nivel mínimo de humedad ha sido establecido en un 6% como medida extra de seguridad. El límite superior es

para garantizar que la actividad del agua libre está por debajo del nivel de crecimiento de mohos y bacterias.

FIBRA:

Como ya se ha mencionado, la harina de pescado no contiene fibra. El análisis de 27 muestras de nuestros propios productos mostró un contenido medio de un $0,3\% \pm 0,16$. El valor mínimo fue del 0% y el máximo del 0,8%. Se han reportado valores de hasta un 3,7% en harinas de pescado exóticas.

Un contenido de hasta el 1,0% no debe ser motivo de preocupación. La falta de fiabilidad en el método de análisis puede dar como resultado cifras ligeramente positivas, pudiéndose detectar pequeñas cantidades de fibra de origen natural. Esta fibra proviene de las presas ingeridas que se encuentran en el contenido del estómago de los peces (por ejemplo, krill) y de los crustáceos presentes entre el pescado capturado. Hasta cierto punto, los restos de crustáceos pueden incluirse en el procesado de la harina, obteniéndose así cierto contenido en fibra. En este caso, la fibra encontrada proviene de componentes quitinosos. Niveles superiores de fibra pueden deberse a altas concentraciones de restos de crustáceos o bien a productos directamente adulterados.

GRASA:

En las harinas de pescado, la grasa es una buena fuente de energía. En muchos tipos de harina se garantiza frecuentemente un máximo del 10-12%. Contenidos más elevados pueden causar problemas de fluidez. De todos modos, estas concentraciones no deben ser motivo de preocupación, siempre que el producto haya sido tratado correctamente con un antioxidante. No es posible controlar la cantidad de antioxidante añadido en el momento de la llegada del producto al comprador, ya que una cierta cantidad del mismo habrá sido utilizada para proteger la grasa. La medida de los valores de peróxidos y anisidina puede resultar interesante, pero los problemas con la fiabilidad de los métodos analíticos (extracción) hace que los resultados no resulten de confianza.

CENIZAS:

El contenido en cenizas de las harinas de pescado tiene una gran variabilidad. Se han reportado niveles entre un 9 y un 45% en todo el mundo pero pueden incluso detectarse niveles más bajos si la fracción ósea ha sido extraída. En general, las cenizas de las harinas de pescado se componen de macro y microelementos aunque se dan algunas variaciones entre diferentes tipos de harina, dependiendo del tipo de materia prima. En el caso de los macroelementos, las diferencias típicas se dan en cloruros, calcio y fósforo.

Los cloruros de las harinas de pescado se expresan normalmente como sal. En general, la concentración máxima garantizada es del 3%. Se han descrito niveles por debajo del 1% y de hasta el 7%. Las diferencias se deben principalmente a la distinta salinidad del agua en las áreas de pesca y a los métodos de conservación. No son deseables unos niveles altos. En el

caso de las dietas destinadas a acuicultura, en las que la harina de pescado es un ingrediente mayoritario, un alto contenido en sal puede causar problemas de regulación osmótica.

Las altas concentraciones de calcio y fósforo también pueden ser indeseables en dietas para peces. Generalmente, los peces son capaces de satisfacer las necesidades de calcio por medio de la absorción a través de las branquias que funcionan a modo de embudo para el calcio del pienso. Con un 50% de harina de pescado en el pienso y una concentración de alrededor de un 2% de fósforo en la harina es suficiente para cubrir las necesidades.

TVN (NITROGENO VOLATIL TOTAL):

El TVN es considerado todavía en algunos países como un criterio de calidad para las harinas de pescado. Probablemente, la razón es que puede ser usado para medir la calidad de la materia prima. El TVN aumenta en la medida en que aumenta la degradación. Se pensó, por tanto, que la presencia del TVN en las harinas era un reflejo de esto aunque esta suposición sólo es aceptable si se trata de harinas de pescado elaboradas exactamente bajo las mismas condiciones de fabricación. Kristensen (1989) estudió la concentración de TVN durante la producción de harina de pescado en una planta piloto (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Concentración de TVN en la materia prima, los productos intermedios y las harinas de pescado (modificado de Kristensen, 1989) (Valor de TVN expresado en mg N/100 g de materia seca libre de grasa)

Producto nº	1	2	3
Materia prima (*)	129	213	524
Torta de prensado	61	83	166
Agua de cola	530	652	1258
Solubles	349	415	721
Harina de torta de prensado	44	-	101
Harina entera	74	-	152
Harina de solubles	-	208	
Pérdida en el secado (%)	28	50	39
Pérdida por evaporación (%)	34	36	43
Pérdida en el procesado (%)	43	-	71

(*) Equivalente a 22, 37 y 97 mg N/100 g de materia prima para los productos 1, 2 y 3 respectivamente.

A partir de los datos del cuadro, parece evidente que el TVN desaparece del producto, tanto durante la concentración del agua de cola a solubles, como durante el secado. También puede verse que el contenido de TVN en los productos intermedios es mayor que en los solubles. Además, parece que la pérdida de TVN es mayor en el producto basado en la materia prima con mayor contenido en TVN. En el caso expuesto, se puede calcular que la harina entera estaba compuesta por un 15% de solubles y un 85% de torta de prensado.

Por lo general, una harina entera contiene de un 15 a un 30% de solubles. Si hacemos un cálculo teórico con un 30% de solubles en el producto nº 1, obtendremos una harina entera

con un TVN de 106 mg N/100 g de materia seca libre de grasa. Este contenido está al mismo nivel que el de la harina de torta de prensado del producto nº 3, incluso aunque el TVN de las materias primas era 4,5 veces más elevado en el caso del producto nº 3.

AMINAS BIOGENAS:

Un criterio de calidad de reciente aparición es el contenido en aminas biógenas. Al igual que en el caso del TVN, las aminas biógenas están principalmente en función de la fracción hidrosoluble, pero no son volátiles y, por lo tanto, no van a desaparecer durante la evaporación o el secado a temperaturas normales.

La utilidad más importante del control de las aminas biógenas es la de poder asegurar con garantía la frescura de las materias primas.

Sorensen (1988) encontró una relación lineal entre la concentración en aminas biógenas por unidad de proteína hidrosoluble y el valor de TVN en la materia prima. Por lo tanto, y con un elevado grado de certeza, podemos comprobar si el producto alcanza un máximo de TVN de, por ejemplo, 50 en la materia prima.

La harina de pescado entera contiene generalmente entre un 20 y un 35% de proteínas hidrosolubles, según el tipo de materia prima. Para asegurar que el TVN de la materia prima ha sido inferior a 50 el contenido en aminas biógenas por gramo de proteína hidrosoluble no debe ser superior a 124 micromoles (cuadro 3).

Cuadro 3. Influencia de niveles variables de proteína hidrosoluble sobre el nivel permisible de aminas biógenas en la harina de pescado cuando el TVN en la materia prima no excede de 50

Proteína hidrosoluble	10	15	20	25	30	35
Aminas biógenas (total) (*)	1240	1860	2480	3100	3720	4340

(*) Suma de Tiramina, Putrescina, Cadaverina, Histamina, Agmatina, Espermidina, Feniletilamina, y Triptamina. Expresado en milimoles/kg de harina de pescado.

Del cuadro se deduce que una harina entera con un 25% de proteína hidrosoluble debe contener, como máximo, alrededor de 3100 milimoles de aminas biógenas por kg de harina de pescado.

En cuanto al TVN hay que decir que las aminas biógenas están en función de la fracción hidrosoluble y, por lo tanto, el contenido en la harina puede ser reducido excluyendo algunos de los solubles. Con un grado razonable de seguridad es posible determinar si esta operación ha sido llevada a cabo.

Por ejemplo, si el producto contiene 3100 milimoles/kg, esto parece estar de acuerdo con una garantía de un TVN igual o inferior a 50. Sin embargo, si el contenido en proteína hidrosoluble es solamente de un 10%, esto indica que el TVN ha sido superior (alrededor de 117). Diferencias más pequeñas pueden resultar difíciles de verificar.

Existe un cierto error de estimación a partir del modelo mencionado. Además, esta estimación ha sido desarrollada en función del tipo de pescado y del tipo de procesado que nosotros utilizamos en nuestra empresa. Todos los resultados de los análisis usados para este modelo han sido desarrollados dentro del mismo laboratorio y es importante tener en cuenta que el procedimiento analítico puede variar entre laboratorios. Antes de la llegada del HPLC se han usado diferentes métodos para la extracción de las aminas biógenas del producto. Algunos laboratorios utilizan la extracción con agua. Con muchos productos químicos, las aminas biógenas pueden dar lugar a complejos insolubles en agua. Con este método se obtiene un resultado típicamente inferior. Un método más fiable es la extracción a pH ácido, obteniéndose normalmente concentraciones más elevadas.

Otra razón para centrar la atención en las aminas biógenas es que éstas han sido asociadas con el envenenamiento "scromboide" (reacción alérgica debida a la histamina) en humanos y se podría temer la aparición de efectos negativos similares en el caso de los animales. La combinación de histamina y cadaverina ha demostrado ser letal en conejillos de Indias a altas dosis. Jokumsen (1987) ha estudiado la influencia de diferentes concentraciones de aminas biógenas sobre el crecimiento y los índices de conversión de la trucha arco iris. Los resultados se resumen en el cuadro 4.

Cuadro 4. Influencia de las aminas biógenas presentes espontáneamente y/o añadidas al pienso de truchas arco iris sobre la tasa de crecimiento, el índice de conversión y el índice de eficacia proteica (modificado de Jokumsen, 1987)

	1 Mat. primas frescas	2 Mat. primas no frescas	3 1+aminas añadidas	4 2+aminas añadidas
Histamina, mg/kg	60	950	1100	1960
Putrescina, mg/kg	80	810	850	2140
Cadaverina, mg/kg	260	1490	1520	3050
Tiramina, mg/kg	60	640	695	1850
Período 1:				
Tasa de crecimiento (Crecimiento/día, %)	1,63	1,61	1,56	1,56
Índice de convesión (kg pienso/kg aumento)	0,94	0,94	0,96	0,95
Índice eficacia proteica (g aumento/g proteína)	2,73	2,72	2,66	2,65
Período 2:				
Tasa de crecimiento (Crecimiento/día, %)	1,86	1,80	1,89	1,97
Índice de convesión (kg pienso/kg aumento)	1,00	1,02	0,99	1,00
Índice eficacia proteica (g aumento/g proteína)	2,61	2,56	2,58	2,55

(No se detectaron diferencias significativas entre los diferentes grupos)

Heelan y Njaa (1989) informaron de una prueba en la que utilizaron combinaciones de aminos biógenas en ratas jóvenes. Los niveles añadidos corresponden a los niveles encontrados utilizando alrededor de un 21% y un 17% de harinas elaboradas, respectivamente, a partir de materia prima fresca y materia prima pasada (no fresca).

Los resultados se resumen en el cuadro 5. Se concluyó que no se dieron efectos negativos sobre el crecimiento a ninguna concentración de aminos biógenas. Del ensayo comparativo con niveles altos de aminos biógenas se concluyó posteriormente que no hubo efectos negativos derivados del elevado nivel de aminos biógenas.

Cuadro 5. Influencia de aminos biógenas añadidas al pienso de ratas sobre la ganancia de peso, el índice de eficacia proteica, la digestibilidad proteica real y la utilización proteica neta (modificado de Heeland y Njaa, 1989)

Cadaverina, mg/kg	0	420	0	1710	0	1710
Putrescina, mg/kg	0	220	0	910	0	910
Histamina, mg/kg	0	125	0	540	0	540
Tiramina, mg/kg	0	220	0	910	0	910
Ganancia de peso, g	144,6	145,0	133,0	134,0	132,5	136,6
Índice eficacia proteica (g ganancia/g proteína)	-	-	2,42	2,39	2,37	2,43
Digestibilidad real, %	-	-	92,5	92,6	94,1	93,9
Utiliz. proteica neta	-	-	7	79,0	78,5	80,5

Hasta el momento, no hemos visto ningún resultado convincente en relación a la influencia negativa de aminos biógenas sobre los rendimientos de los animales, a niveles normales de inclusión de la harina de pescado.

VALOR DE TITULACION:

El valor de titulación fue introducido como indicador de la frescura de la materia prima utilizada para la elaboración de la harina de pescado.

Con el progresivo deterioro de las materias primas, la proteína se degrada a moléculas más pequeñas tipo péptidos, aminoácidos libres, aminos biógenas y TVN. Cuando esto sucede, se forman más NH₄ libres. Al titular estos grupos con NaOH va a ser posible observar el nivel de degradación.

En la práctica, el método funciona razonablemente bien con algunas especies de pescado usado como materia prima. Sorensen (1988) encontró una alta correlación entre el contenido de proteína hidrosoluble y el valor de titulación. Sabemos, además, que el contenido en proteínas hidrosolubles depende del tipo de materia prima.

La implicación práctica de esto es que materias primas de la misma frescura procedentes de dos diferentes especies de pescado pueden dar valores de titulación diferentes en el producto final.

DIGESTIBILIDAD:

Uno de los factores más importantes para el usuario de las harinas de pescado es la digestibilidad del producto y, desde luego, la mejor manera de determinarla es en la especie de destino. Sin embargo, esto conlleva algunos problemas prácticos. En primer lugar, estas determinaciones consumen mucho tiempo. En segundo lugar, son caras. En tercer lugar, con la introducción de más especies en acuicultura, el número de especies objetivo ha aumentado considerablemente. Finalmente, la metodología usada en muchas de las especie objetivo resulta de dudosa fiabilidad.

Para tratar de obviar este problema se han desarrollado diferentes métodos, tanto "in vitro" como "in vivo".

Los métodos "in vitro" que se utilizan habitualmente son el de digestibilidad con HCl-pepsina y el pH-stat o de digestibilidad enzimática.

No poseo experiencia práctica con el método HCl-pepsina, aunque he tratado de comprobar si existe alguna correlación entre este método y el de digestibilidad enzimática. Los resultados no fueron esperanzadores. A pesar de todo, la mayoría de las muestras con una digestibilidad enzimática por encima del 88% mostraron también un valor de digestibilidad con HCl-pepsina superior al 94% y viceversa.

Pedersen y Eggum (1983) estudiaron la correlación entre la digestibilidad enzimática (método pH-stat) y la digestibilidad "in vivo" en ratas. En conjunto, la correlación para todas las fuentes de proteína, de la digestibilidad "in vitro" en ratas y el método enzimático pH-stat "in vitro", fue de 0,96. Dado que también existe una buena correlación entre los resultados "in vivo" con ratas y cerdos, la digestibilidad según el método pH-stat fue introducida como un criterio de calidad para algunos de nuestros productos especiales. La determinación de la digestibilidad proteica en visones fue introducida por los noruegos como alternativa a la digestibilidad con HCl-pepsina que se usaba como garantía de su harina de pescado LT.

Mundheim y Opstvedt (1990) reportaron las siguientes correlaciones entre la digestibilidad proteica determinada en visón, salmón y trucha: visón/trucha, $r = 0,778$; visón/salmón, $r = 0,794$ y trucha/salmón, $r = 0,813$. Aunque estas correlaciones parecen aceptables, no se aportó información sobre el error estándar de las lecturas.

Las figuras 5, 6 y 7 muestran la distribución de los valores individuales de las correlaciones. En la figura 5 puede apreciarse que para una digestibilidad de alrededor del 86% en la trucha arco iris, el valor correspondiente en el salmón fluctúa entre un 75 y un 82%. A su vez, a una digestibilidad del salmón de un 74-75% le corresponde una digestibilidad de la trucha entre un 79% y un 86%.

Figura 5. Correlación entre la digestibilidad proteica aparente (DAP) en trucha y salmón (Munheim/Opstvedt, 1990)

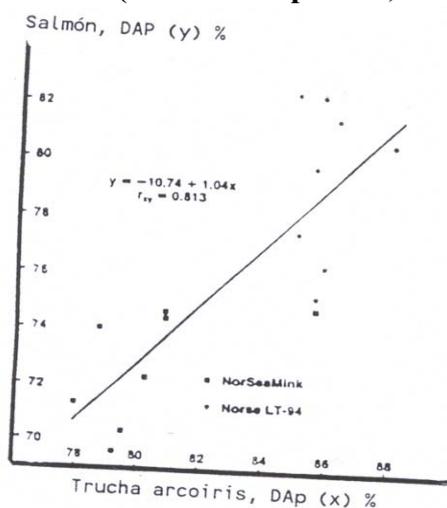


Figura 6. Correlación entre la digestibilidad proteica aparente (DAP) en visón y salmón (Mundheim y Opstvedt, 1990)

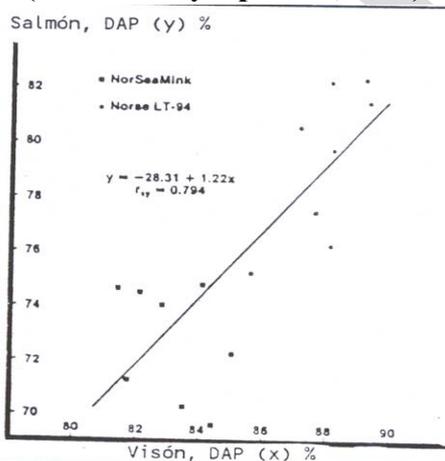
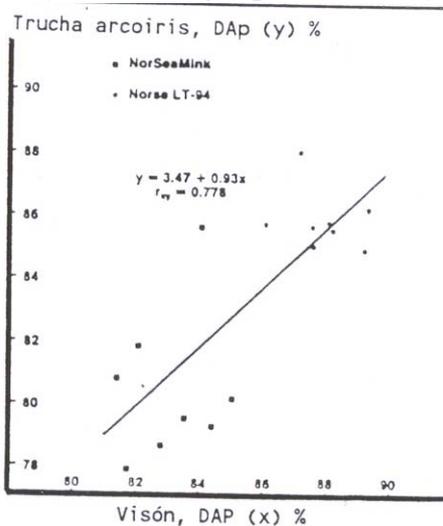


Figura 7. Correlación entre la digestibilidad proteica aparente (DAP) en visón y salmón (Mundheim y Opstvedt, 1990)



En la figura 6 se puede apreciar que a una digestibilidad de un 74-75% para el salmón, le corresponde un valor entre un 81 y 86% en el visón y que a una digestibilidad del 88% en el visón, el valor correspondiente en el salmón fluctúa entre el 76-82%.

En la figura 7, a una digestibilidad proteica de alrededor de un 86% en la trucha le corresponden valores entre un 84 y un 89% en el visón.

El método usado por los noruegos para el visón fue publicado por Skrede (1979). Glem-Hansen (1982) utilizando un método similar encontró que los valores observados se ajustaban muy bien con los valores correspondientes obtenidos por Skrede (1979).

Sin embargo, la experiencia práctica demuestra que la digestibilidad determinada por el instituto danés de investigación es generalmente algo inferior al determinado por los noruegos. Aún no está claro el por qué de esta diferencia aunque puede ser una cuestión de método y procedimientos.

Elnif (1992) señaló que la recogida inadecuada del nitrógeno excretado en heces y en orina y la pérdida de nitrógeno en forma volátil podrían ser factores importantes. El autor reportó que el amoníaco liberado en 24 horas representaba el 1,7-2,9 % del nitrógeno encontrado en la orina. También los diferentes procedimientos rutinarios de recogida y lavado dieron lugar a resultados sensiblemente diferentes.

Recientemente, Krogdahl et al (1992) realizaron una comparación, usando diferentes piensos, de digestibilidad aparente entre salmón y visón. La digestibilidad determinada en el salmón osciló entre el 84,5 y el 87,6% y en el visón, entre el 82,5 y el 84,9%. La correlación entre la digestibilidad en salmón y visón no fue significativamente distinta de 0 ($r=-0,02$). Según los autores, las diferencias entre digestibilidades podrían haber sido demasiado pequeñas.

Nosotros hemos comparado la digestibilidad de varias muestras de harina de pescado LT, determinada en visones y ratas (Sandbol, 1993). En la mayoría de las muestras se dió una buena correlación entre resultados aunque algunos de ellos salieron de los márgenes habituales. Al no poderse encontrar una explicación que justificara su exclusión del conjunto de datos, el resultado general no fue muy esperanzador.

Mi conclusión en este momento es que ninguno de los métodos existentes puede ser utilizado para apreciar pequeñas diferencias en la digestibilidad. Si se usa un método dado para predecir la digestibilidad en una especie objetivo, debe aceptarse un cierto grado de error en la predicción. Si echamos un vistazo otra vez a la figura 7, por ejemplo, parece que los métodos podrían ser usados como una guía general para diferenciar productos con una digestibilidad relativamente alta y relativamente baja. Sin embargo, las investigaciones están todavía en marcha y existen razones para creer que podrán desarrollarse métodos adecuados.

Un ejemplo de un enfoque distinto son los resultados publicados por Hvelplund et al (1992). Los autores analizaron si el contenido de proteína indigestible en un pienso en

combinación con la degradabilidad del rumen podría ser usado para determinar la digestibilidad intestinal real de la proteína by-pass en el rumen. De acuerdo con esta hipótesis, es posible calcular la digestibilidad intestinal real de la proteína ruminal no degradada, a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{DIGESTIBILIDAD REAL EN INTESTINO DELGADO} = (\text{PND} - \text{PIP}) / \text{PND}$$

donde, PND = Fracción de proteína no degradada de la dieta

PIP = Fracción de proteína indigestible del pienso

La digestibilidad real de los piensos estudiados se muestra en el cuadro 6.

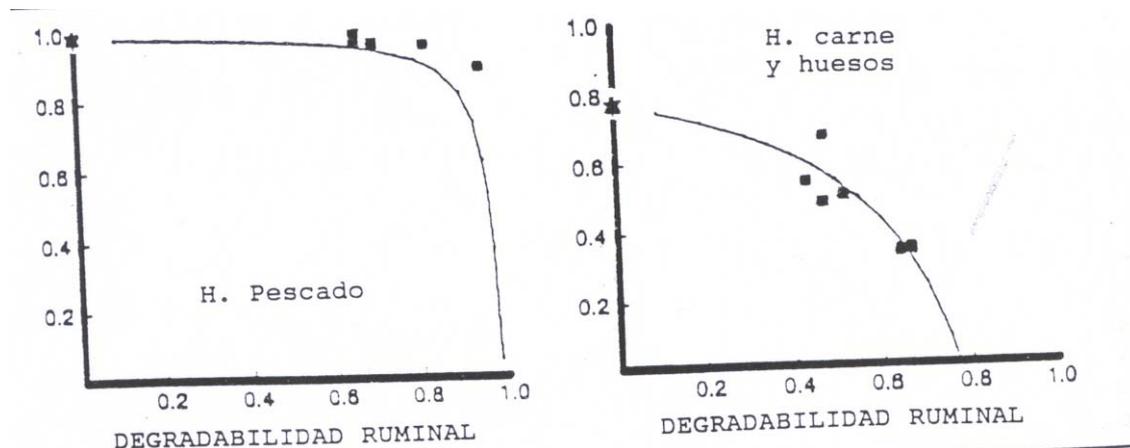
Cuadro 6. Digestibilidad real de la proteína intacta del pienso, estimada con la técnica del saco móvil (Hvelplund et al, 1992)

	Nº sacos	Digestibilidad real	
		Media	SFM
Harina de soja	5	0,963	0,001
Harina de soja tratada con formaldehído (0,8%)	6	0,367	0,031
Torta de coco	6	0,929	0,004
Harina de colza	4	0,899	0,005
Harina de pescado	6	0,981	0,014
Harina de carne y huesos	6	0,771	0,005
Torta de girasol	5	0,951	0,005
Torta de algodón	4	0,942	0,004
Heno	6	0,785	0,008
Ensilado de hierba	6	0,916	0,003
Ensilado de maíz	6	0,874	0,002
Ensilado de cebada entera	5	0,876	0,020

La consecuencia del diferente contenido en Fracción de Proteína Indigestible del Pienso (PIP) y la diferente degradabilidad del rumen para la digestibilidad real se muestra en la figura 8, para la harina de pescado y para la harina de carne y huesos.

Puede apreciarse que la digestibilidad de la proteína no degradada en la harina de pescado se mantiene en un nivel muy alto, incluso a tasas importantes de degradabilidad de la harina de pescado. La curva de la harina de carne y huesos es notablemente diferente. Hvelplund et al (1992) concluyeron que existía una buena concordancia entre la hipótesis y los resultados obtenidos en los piensos estudiados.

Figura 8. Relación entre digestibilidad intestinal y degradabilidad ruminal (Hvelplund et al, 1992)

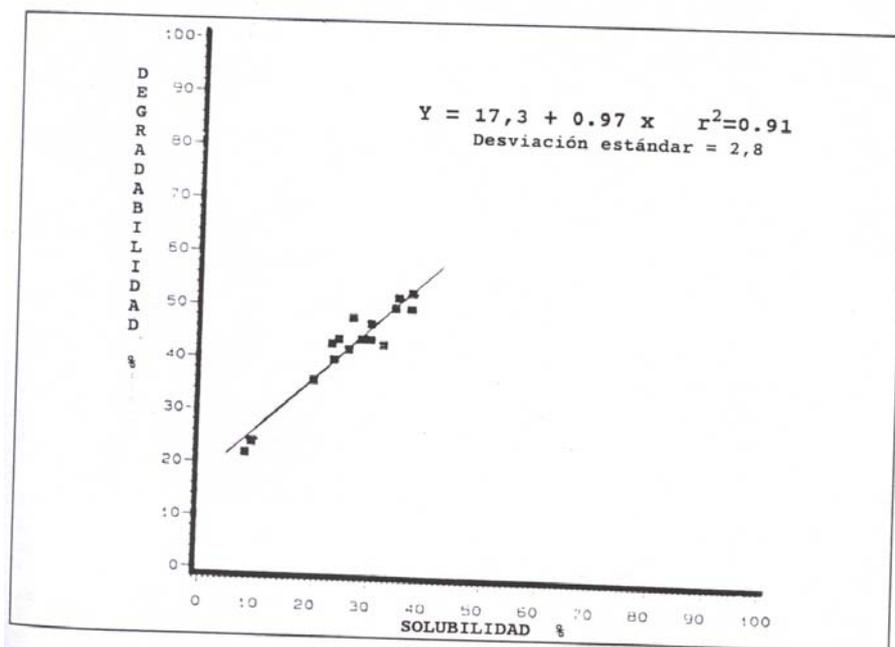


(*) Digestibilidad real de la proteína del pienso intacto usada para estimar la digestibilidad (curva) (■) Digestibilidad real observada en muestras de proteína no degradada de la dieta

SOLUBILIDAD TAMPON:

El último criterio de calidad que voy a mencionar para una harina de pescado es la solubilidad tampón. Una garantía máxima para la solubilidad tampón se usa como indicador de la máxima degradación ruminal en algunas harinas de calidad especial destinadas a rumiantes. Madsen y Hvelplund (1985) reportaron una buena correlación entre la solubilidad tampón "in vitro" y la degradabilidad en bolsas de nylon "in vivo" para la harina de pescado (figura 9). La degradabilidad en bolsas de nylon es un indicador de la degradabilidad ruminal.

Figura 9. Relación entre solubilidad tampón y degradabilidad en ruminal en saco de nylon de la harina de pescado (Madsen y Hvelplund, 1985)



Como puede verse, una solubilidad tampón inferior implica una degradabilidad en bolsa de nylon inferior y, por tanto, una menor degradabilidad ruminal. Una menor degradabilidad ruminal dará una mayor cantidad de proteína by-pass del rumen, para su digestión y absorción intestinal.

Se dispone de varios métodos analíticos para evaluar la calidad de la harina de pescado. La combinación de criterios que hay que utilizar dependerá en gran manera de las condiciones en las que el producto va a ser usado. No resulta posible cubrir todas las combinaciones posibles, pero a continuación se dan algunos ejemplos de rendimientos obtenidos en animales, relacionados con la cantidad y la calidad de la harina de pescado utilizada en sus dietas.

7. RESULTADOS DE PRUEBAS SOBRE DISTINTAS ESPECIES

7.1. Aves

Huque y Jensen (1985) llevaron a cabo un experimento para determinar los efectos de la frescura de la materia prima y la forma de procesarla sobre la biodisponibilidad del selenio (Se) y del fósforo (P) en las harinas de pescado.

La disponibilidad de P se determinó por medio de un procedimiento compensado y la del Se por medio de la glutation-peroxidasa sanguínea. La biodisponibilidad del P fue del 88% y no se vió influída por las condiciones del pescado ni por el tipo de procesado. Los resultados de biodisponibilidad de Se se muestran en el cuadro 7.

En el cuadro puede apreciarse que el tipo de harina y la frescura de la materia prima tuvieron una enorme influencia sobre la biodisponibilidad del Selenio.

Cuadro 7. Biodisponibilidad de selenio (Se) en tres harinas de pescado (Modificado de Huque y Jensen, 1985)

Tipo de harina	TVN de la Mat. prima (mg/100 g)	Disponibilidad (respecto al selenito de sodio)
Torta de prensado	≤ 60	59
Harina entera	≤ 60	77
Harina entera	≤ 120	51

7.2. Cerdos

Doce años atrás, investigadores daneses (Kjeldsen et al, 1981) informaron sobre la respuesta positiva de lechones a dosis progresivamente mayores de harina de pescado en el pienso, hasta un máximo del 12%. Los piensos contenían desde un 0% hasta un 20% de harina de pescado y fueron distribuidos a 6 grupos de 20 lechones cada uno.

En otra prueba, Kjeldsen et al (1983) probaron la influencia de la calidad de la harina sobre los rendimientos de los lechones. Se comparó una harina de pescado normal con otra de tipo Special A. La digestibilidad de los nutrientes se determinó en una prueba comparativa con 30 cerdos. Los resultados se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Digestibilidad de nutrientes de piensos conteniendo dos tipos de harinas de pescado (Kjeldsen et al., 1983)

Nutriente	Harina Special A	Harina normal
Materia seca	80,0	79,8
Proteína bruta	79,7	76,9
Energía	80,2	79,0
Digestibilidad real h. pescado	94,2	88,7

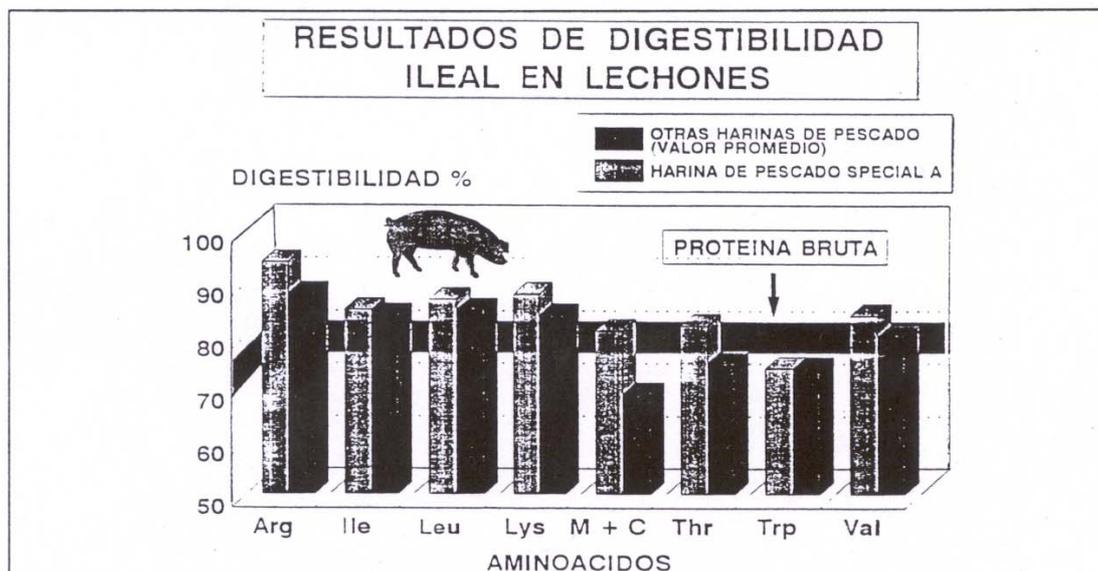
En el cuadro puede apreciarse que los piensos que contenían Special A tuvieron unos valores de digestibilidad de proteína bruta un 3% superior a los que contenían harina de calidad convencional. El cálculo subsiguiente demostró que la digestibilidad real de la Special A fue casi un 6% superior a la de las harinas convencionales. Los lechones se destetaron a las 4 semanas y la prueba duró desde ese momento hasta las 10 semanas de edad. Los resultados se muestran en el cuadro 9. Los lechones que recibieron piensos con harina de pescado tuvieron rendimientos superiores a los del grupo control. Además, los que consumieron Special A rindieron mejor que los que consumieron la harina de calidad normal.

Cuadro 9. Resultados de crecimiento en lechones alimentados con dos tipos de harina de pescado (Kjeldsen et al., 1983)

	Control	Special A	Normal
Nº de lechones	20	20	20
Peso 4 semanas (kg)	7,3	7,2	7,3
Peso 10 semanas (kg)	22,0	25,7	24,1
Ganancia de peso (g/d)	350	442	400
Índice de conversión	2,69	2,40	2,48

Otra prueba fue realizada en Holanda para determinar la digestibilidad ileal aparente de la harina Special A (Beelen et al, 1990). En la figura 10 se comparan los resultados de la Special A con los resultados medios de dos harinas de pescado de calidad comercial. Del análisis de los resultados se deduce que la digestibilidad ileal aparente de la harina Special A superó entre un 2% y un 5% a los valores de las otras dos harinas (en el gráfico se indica el valor promedio de ambas).

Figura 10. Digestibilidad ileal aparente de harinas de pescado Special A y otras dos harinas convencionales (Beelen et al, 1990)



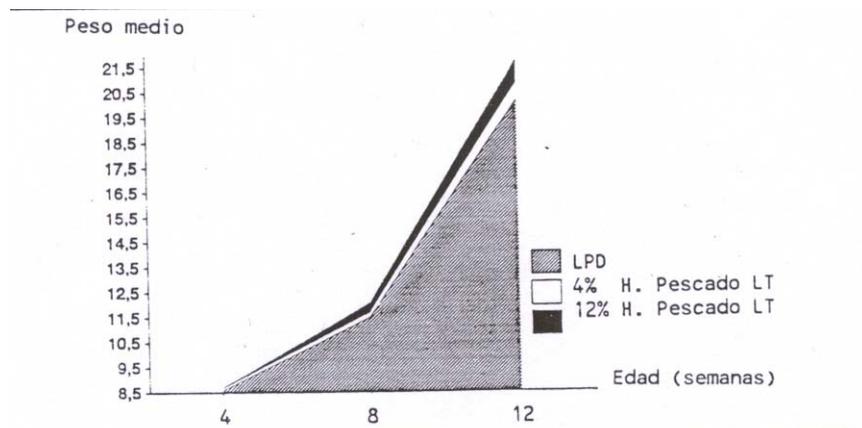
En una reciente prueba danesa (Danielsen et al, 1991) se compararon harinas de pescado LT y Special A. En los piensos se añadieron cantidades crecientes de harina de pescado LT para determinar el nivel óptimo de inclusión. Estos piensos conteniendo harina de pescado fueron comparados con uno control que contenía leche en polvo descremada (LPD). Los piensos estaban pensados para que tuvieran el mismo contenido nutricional y el progresivo aumento de harina de pescado se compensó con cambios en la concentración de harina de soja, cebada, trigo, minerales y lisina y metionina sintéticas. Se llevó a cabo una prueba comparativa con ratas, para determinar la digestibilidad de los nutrientes de los dos tipos de harina. En el cuadro 10 se exponen los resultados.

Cuadro 10. Resultados de digestibilidad en ratas (Danielsen et al., 1991)

	Harinas de pescado	
	Special A	LT
Digestibilidad real (%)	85,2	89,6
Valor biológico de la proteína (%)	89,7	91,0
Utilización proteica neta (%)	76,4	81,7
Energía digestible (%)	88,5	88,9

Con la harina LT se obtuvo una digestibilidad proteica real y una utilización proteica neta significativamente mejores ($p < 0.05$). La prueba duró desde el destete a las 4 semanas hasta las 8 semanas de edad. A continuación se muestran los resultados obtenidos en relación a la ganancia de peso (figura 11).

Figura 11. Ganancia de peso en lechones alimentados con piensos conteniendo concentraciones crecientes de harina de pescado LT (Danielsen et al., 1991)



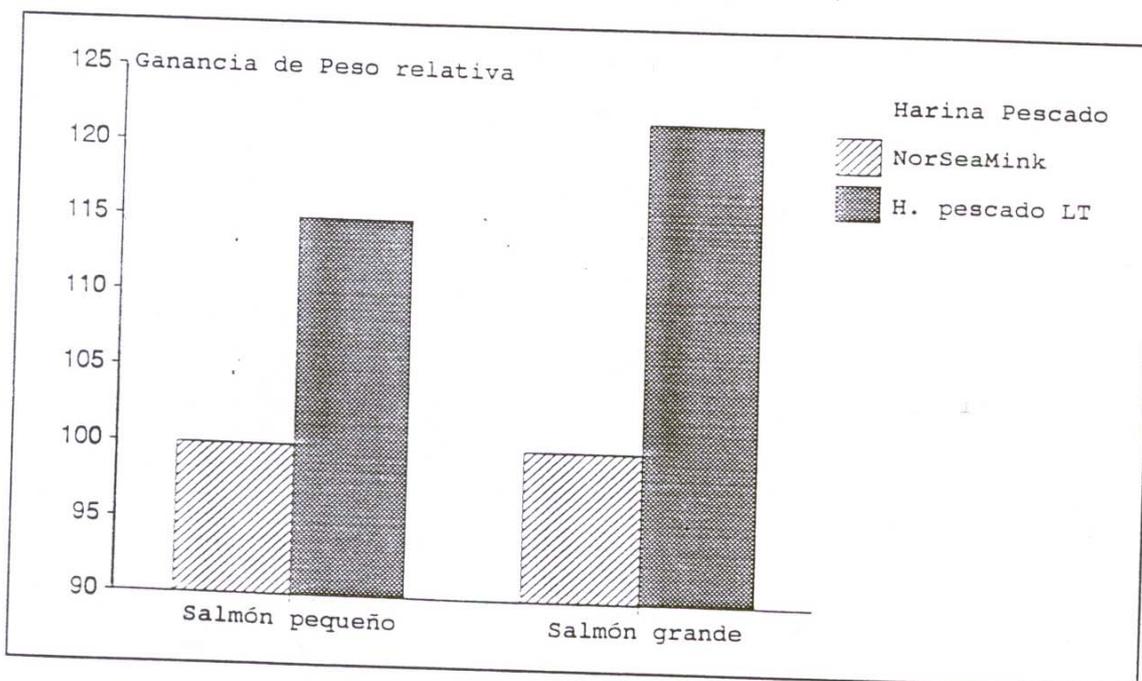
7.3. Peces

SALMON DEL ATLANTICO:

Investigadores noruegos han informado acerca de resultados positivos obtenidos con harina LT en comparación con NorSeaMink (Pedersen et al, 1991).

Se utilizaron dos grupos de salmones con un peso inicial, respectivamente, de 90-170 g y 2 kg. Los resultados se muestran en la figura 12.

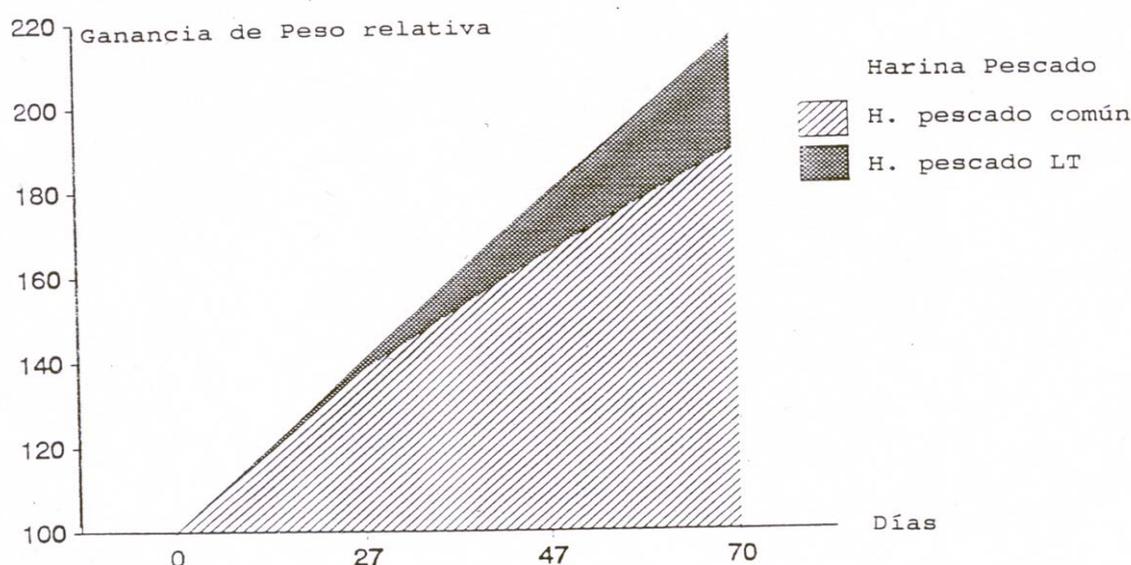
Figura 12. Ganancia de peso (valor relativo) de salmones del atlántico (S.salar) alimentados con dietas de harina de pescado LT Y NorSeaMink (Pedersen et al, 1991)



ANGUILA (A.anguilla):

Jokumsen (1991) comparó la harina de pescado LT con otra de calidad estándar. El contenido para LT y harina estándar respectivamente de proteína bruta fue de un 50,3% y un 51,1%; de grasa bruta, de un 20,1% y 19,1% y de energía metabolizable, de 4207 kcal/kg y 4129 kcal/kg. Tras un periodo de aclimatación de 10 días, las anguilas se distribuyeron en grupos de 10 kg (3 depósitos por grupo). Las anguilas pesaban alrededor de 30 g cada una al inicio de la prueba, que se prolongó durante 70 días. Los resultados de crecimiento se ilustran en la figura 13. El índice de conversión (kg pienso/kg de ganancia de peso) fue de 1,63 en el grupo de LT y de 1,84 en el grupo de la harina estándar.

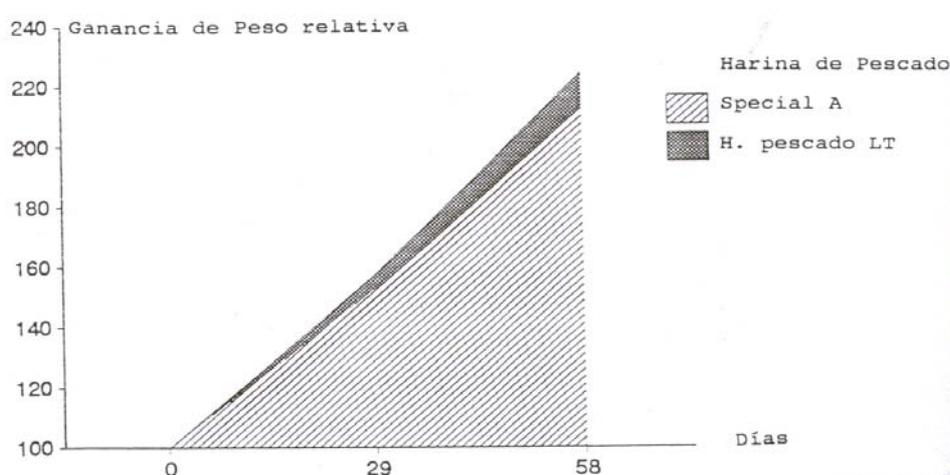
Figura 13. Ganancia de peso (Valor relativo) de anguilas alimentadas con dietas de harina de pescado LT o estándar (Modificado de Jokumsen, 1991)



En una prueba reciente, se compararon las harinas de pescado LT y Special A (Sorensen, 1993). El contenido en proteína bruta fue de 49,9 y 51,2%, el de grasa bruta, de 23,4 y 23,7% y la energía metabolizable, de 4352 y 4429 kcal/kg en los piensos basados en LT y Special A, respectivamente. Tras una aclimatación de 14 días, las anguilas se distribuyeron en grupos de 10 kg (3 depósitos por grupo). Las anguilas pesaban alrededor de 30 g cada una al inicio de la prueba. La prueba duró 58 días. Los resultados de crecimiento, se ilustran en la figura 14.

El índice de conversión (kg pienso/kg de ganancia de peso) fue de 1,26 en el grupo de la harina LT y de 1,36 en el grupo de la Special A.

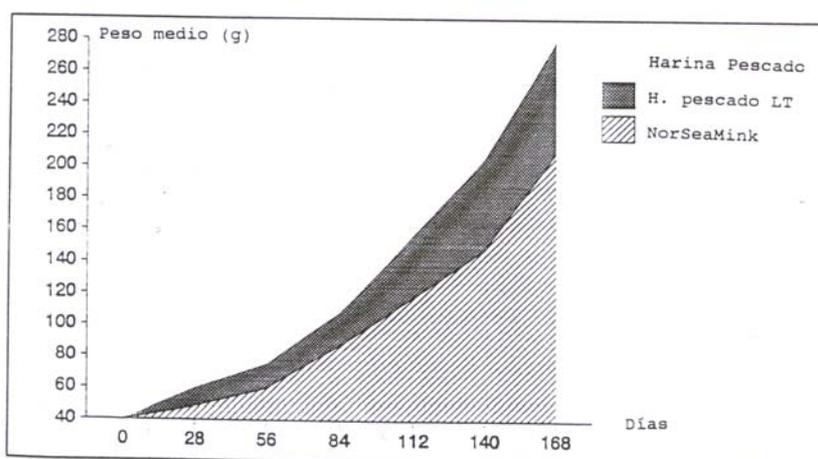
Figura 14. Ganancia de peso (Valor relativo) de anguilas alimentadas con dietas de harina de pescado T o Special A (Modificado de Sorensen, 1993)



RODABALLO (S.maximus):

En una prueba noruega (Danielssen et al, 1989), se compararon las harinas LT y NorSeaMink. El contenido en proteína bruta fue de 45,6 y 46,4% y el de grasa bruta de 20,9 y 21,8% para los piensos basados en harina LT y NorSeaMink, respectivamente. La prueba duró 665 días iniciándose en el momento de la eclosión de los animales. Al final del experimento, los peces del grupo LT pesaban un 19% más que los del grupo NorSeaMink. También en rodaballos, otros investigadores noruegos (Oines y Moksness, 1991) han comparado las harinas LT y NorSeaMink. En la prueba, que duró 24 semanas, se compararon dos grupos de 200 animales cada uno, con un peso inicial de 40 g, a los que se administró un pienso con un 55 % de proteína bruta y un 15% de grasa bruta. Los resultados relativos al peso pueden apreciarse en la figura 15. En el grupo LT, la tasa de crecimiento fue de 1,14 y el índice de conversión de 0,78 mientras que los resultados fueron de 0,98 y 1,10 respectivamente, para el grupo NorSeaMink.

Figura 15. Ganancia de peso de rodaballos alimentados con harina de pescado LT O NorSeaMink (Oines y Moksness, 1989)



7.4. Rumiantes

Una de las explicaciones para los resultados positivos de las harinas de pescado al ser administrada en piensos para rumiantes es el elevado aporte de proteína ruminal by-pass o de aminoácidos. Moller (1985) estudió la influencia del aporte de aminoácidos en el intestino sobre el rendimiento de la leche con grasa corregida. Los resultados se muestran en la figura 16. El alto contenido de proteína by-pass en el rumen es más pronunciado en algunas harinas de pescado de calidad especial. Los resultados de degradabilidad en bolsas de nylon de 42 muestras de harina Special B de 999, se exponen en la figura 17.

Figura 16. Relación entre la producción de leche y la absorción intestinal de aminoácidos (AAT) (Moller, 1985)

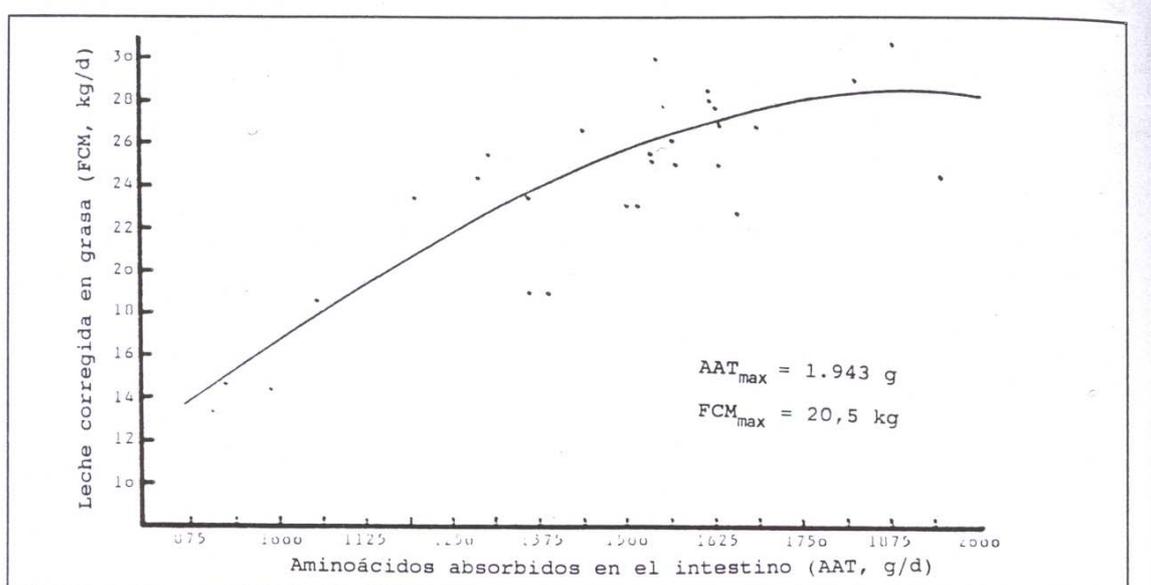
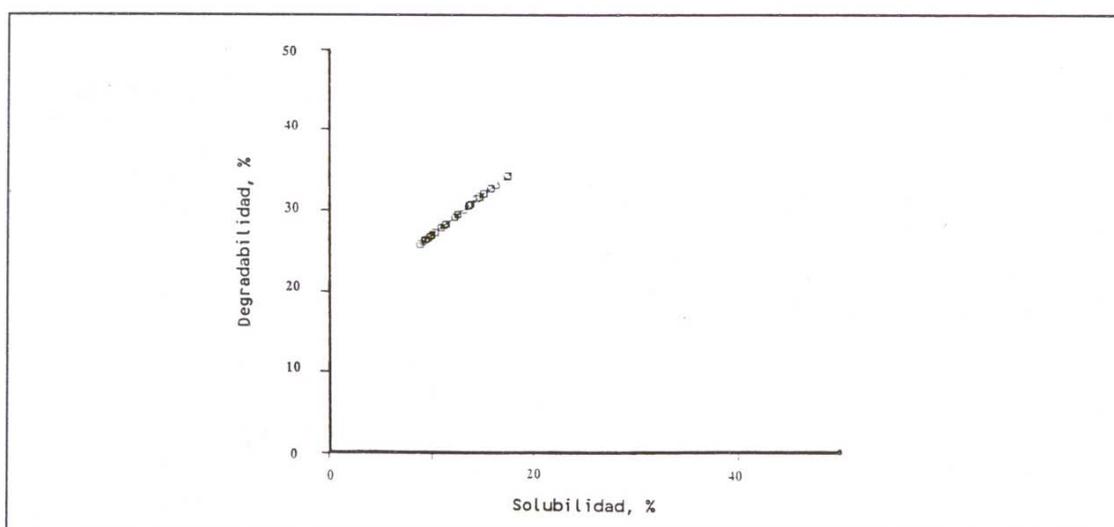


Figura 17. Relación entre degradabilidad en bolsas de nylon y solubilidad tampón de 42 lotes de harina de pescado Special B (999)



Comparando la figura 17 con la figura 9 se puede apreciar que el contenido en proteína degradable en el rumen es muy inferior y la variación menor en esta harina de pescado de calidad especial.

Otro aspecto importante es que la proteína by-pass es altamente digestible. Hvelplund (1985) informó sobre la digestibilidad del nitrógeno en proteína no degradada en diferentes materias primas para piensos. En el cuadro 11 se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 11. Digestibilidad del nitrógeno (N), nitrógeno de aminoácidos (NAA), nitrógeno de aminoácidos esenciales (NAAE) y nitrógeno de aminoácidos no esenciales (NAANE) de proteínas perfundidas en el intestino delgado de ovejas (modificado de Hvelplund, 1985)

Proteína perfundida	N		NAA		NAAE		NAANE	
	Media	SEM	Media	SEM	Media	SEM	Media	SEM
Harina de soja (calentado 0,5% HCHO)	0,76	0,02	0,80	0,01	0,81	0,01	0,80	0,01
Harina de soja	0,65	0,04	0,67	0,02	0,68	0,02	0,66	0,02
Harina de soja no degradada	0,81	0,03	0,87	0,02	0,89	0,02	0,86	0,02
Torta de algodón no degradada	0,70	0,09	0,75	0,07	0,65	0,09	0,80	0,06
Harina de colza no degradada	0,63	0,09	0,77	0,06	0,75	0,06	0,78	0,07
Torta de girasol no degradada	0,67	0,06	0,74	0,05	0,71	0,06	0,76	0,05
Harina pescado no degradada	0,86	0,03	0,87	0,02	0,88	0,02	0,86	0,03
Torta de coco no degradada	0,85	0,03	0,87	0,03	0,90	0,03	0,87	0,02

Es importante además que la proteína by-pass tenga una alta concentración y un buen equilibrio de aminoácidos esenciales. Esto último puede ser expresado por medio del Índice de Aminoácidos Esenciales (IAAE). Una comparación del IAAE (basado en caseína y carne), antes y después de la incubación, ha demostrado que la proteína de pescado no degradada mostró valores superiores que algunos otros productos (Susmel et al, 1989).

En el cuadro 12 se muestran los resultados comparativos del IAAE para harina de soja y harina de pescado. También se incluyen datos calculados en base a otros trabajos (Madsen y Hvelplund, 1983 y Mäntysaari et al, 1989). Como se ve en el cuadro 12, el IAAE de proteína no degradada de la harina de pescado es, por término medio, un 4-5 % superior al de la harina de soja.

Cuadro 12. Índice de aminoácidos esenciales (IAAE) de proteínas no degradadas en harina de pescado (HP) y harina de soja (HS)

	Susel et al., 1989		Mantysaari et al., 1989		Madsen y Hvelplund, 1983	
	HS	HP	HS	HP	HS	HP
EAAI, caseína	0,94	1,02	0,99	1,01	0,87	0,91
EAAI, carne vacuno	0,83	0,90	0,98	0,99	0,86	0,90

La harina de pescado ha demostrado, además, su influencia sobre la digestibilidad de otros nutrientes en piensos de rumiantes. Stritzler et al (1992) comprobaron la influencia de diferentes fuentes de nitrógeno sobre la degradación de paja de cebada en dietas ricas en fibra.

Una dieta forrajera compuesta por 4,5 kg de paja de cebada y 1,5 kg de heno de hierba por día, fue suplementada con urea (86 g) más sulfato sódico (17 g) o con caseína (286 g), harina de pescado (412 g), o harina de soja (584 g).

Con la harina de pescado se obtuvo la mayor degradabilidad de materia seca, materia orgánica, celulosa, hemicelulosa y azúcares individuales. Los resultados indicaron que la harina de pescado ejerce su función sobre microorganismos íntimamente asociados con la degradación de la fibra.

Con la misma dieta básica, Stritzler et al (1993) estudiaron la influencia de harina de pescado, a tres concentraciones diferentes (110, 267 o 580 g de harina/día). Los resultados confirmaron los primeros hallazgos, dándose el resultado más alto con un suplemento de 580 g de harina de pescado por día.

En varias pruebas se ha demostrado la influencia positiva de la suplementación con harina de pescado sobre la tasa de fecundidad (Bruckental et al, 1989, Armstrong et al, 1990 y Diskin et al, 1993). Un resumen de los resultados se muestra en el cuadro 13.

Cuadro 13. Influencia de la suplementación con harina de pescado sobre la tasa de fecundidad (%) en vacas (Modificado de Bruckental et al, 1989 (1); Armstrong et al, 1990 (2) y Diskin et al, 1993(3))

	(1)	(2)	(3)
Control	65	44	58
Harina de pescado	72	64	76

8. CONCLUSIONES

El tipo de materia prima, el método de conservación y el sistema de procesado influyen sobre la calidad final de la harina de pescado.

Pueden usarse varios criterios de calidad para determinar la calidad de una harina de pescado.

Las pruebas llevadas a cabo en varias especies animales, peces incluidos, han demostrado que las harinas de pescado de calidad especial son superiores a las de calidad normal y que la harina de pescado LT es superior a otros tipos de harina de calidad.

El arte del nutrólogo y del comprador no consiste en seleccionar el mayor número posible de criterios de calidad, sino en elegir aquellos que resulten importantes para asegurar la correcta calidad de la harina de pescado para las especies de destino.

9. BIBLIOGRAFIA

- Beelen, G.M. et al., (1990) ILOB Report nº I 90-3687, 18 p.
- Boisen, S. et al., (1987) Acta Agric. Scand. 37, 299.
- Danielsen, V. et al., (1991) Newsletter 790, Nat. Inst. An. Sci., Dinamarca.
- Danielssen, D.S. et al., (1989) Eur. Aqua. Sco., EAS Spec. Publ. 10, 83.
- Elnit, J. (1992) Norw. J. Anim. Sci. Suppl. (9), 254.
- FAO (1986) FAO Fish. Tech. Pap., (142) Rev. 1, 63 p.
- Glem-Hansen, N. (1982) Acta Agric. Scand. 32, 161.
- Haalan, H. et al., (1989) Fisk. Dir. Skr., Ser. Ernaering, II, 7, 213.
- Hansen, H.E. (1979) IAFMM Tech. Bull. 8, 4.
- Hvelplund, T. (1985) Acta Agric. Scand. Suppl. (25), 132.
- Hvelplund, T. et al. (1992) Acta Agric. Scand., Sect. A, Anim. Sci. 42, 34.
- Jokumsen, A. (1987) Fiskeriminist. Forsogslab., Temadag 26/3-87, Fiskemel og Fiskeolie, 21 p.
- Jokumsen, A., (1991), Assoc. Fish Meal Fish Oil Manuf., Dinamarca, 11 p.
- Kjeldsen, N.J. et al. (1983) 449, Meddelelse, Statens Husdyrbrugsforsog.
- Kristensen, T. (1989) Fiskeriminist. Forsogslab., Nords.-Hirtshals.
- Krogdahl, A. et al., Norsk Fiskeoppdrett, Nº 11A, 18.
- Madsen, J. y Hvelplund, T., (1983), Assoc. Fish Meal Fish Oil Manuf., Dinamarca pp 146.
- Madsen, J. y Hvelplund, T. (1985) Acta Agric. Scand. Suppl. (25), 103.
- Mundheim, H. y Opstvedt, J. (1990) Proc. Third Int. Symp. Feed Nutr. Fish, Toba 28 Ag.-1 Sept., Japón, 1989, 195.
- Mäntytssaari, P.E. et al., (1989) J. Dairy Sci. 72, 2958.
- Moller, P.D. (1985) Acta Agric. Scand. Suppl. (25), 49.
- Oines, S. y Moksness, E. (1991), Proc.IV Int. Symp. Feed Nutr. Fish., Biarritz, June 24-27, Francia, (en imprenta).
- Pedersen, B. y Eggum, B.O. (1983) Z. Tierphysiol. Tierernärg. Futtermittel. 49, 265-277.
- Pedersen, T.M. et al. (1991) Proc. IV Int. Symp. Feed Nutr. Fish, Biarritz, June 24-27, France (En imprenta).
- Sandbol, P. (1993) Internt. Projektnotat, Esbjerg Fiskeindustri, pp.8.
- Skrede, A. (1979) Acta Agric. Scand., 29, 241.
- Stritzler, N.P. et al. (1992) Anim. Feed Sci. Tech. 38, 263.
- Stritzler, N.P. et al. (1993) Personal communication of the authors (no publicado).
- Susmel, P. et al. (1989) Anim. Prod. 49, 375.
- Sorensen, H.O. (1988) Preliminary Report, P.O. Box 1049, DK-6701, Esbjerg, Dinamarca, 17 p.
- Sorensen, M.R. (1993) Assoc. Fish Meal Fish Oil Manufact., Dinamarca, 26 p.