

Salvador Maura i Rayo

RESUM

Es recullen tot un seguit de primeres matèries, com a font proteica alternativa, per a la fabricació de pinsos per a aquïcultura, amb l'objectiu de substituir totalment o parcialment les farines de peix.

Les fonts proteïques alternatives poden provenir de proteïna animal o vegetal, d'organismes unicel·lulars, i de nitrogen no proteic.

Dos motius són els que ens porten a intentar aquesta substitució: d'una banda, un abaratiment del cost dels pinsos, i, de l'altra, limitar la dependència que tenim respecte al forniment de les farines de peix.

RESUMEN

Se citan una serie de fuentes proteicas alternativas, para la fabricación de piensos para la acuicultura, con el objetivo de sustituir total o parcialmente las harinas de pescado.

Las fuentes proteicas alternativas pueden ser de proteina animal o vegetal, de organismos unicelulares, o de nitrógeno no proteico.

Dos motivos son los que justifican este intento de sustitución: por un lado, el menor coste de los piensos, y por el otro, limitar la dependencia que tenemos del suministro de las harinas de pescado.

SUMMARY

Alternatives protein sources for the intensive rearing of fish, are listed.

This alternative sources come from animal proteins, plant proteins, single cell proteins and non-protein nitrogen.

Two reasons are for the research of alternative protein sources for the fishmeal replacement, first the less cost of the feed and second restrict the reliance on fishmeal supply.

1. INTRODUCCIÓ

Cada cop més l'aqüicultura intensiva s'està industrialitzant, incorporant noves tecnologies en cada una de les seves activitats. Des d'un punt de vista econòmic, el cost del pinso, que oscil·la entre el 40 i el 60% del total de la producció (Collins i Delmondo, 1976; FAO, 1983), és encara avui en dia el gran obstacle per a l'expansió de l'aqüicultura. Des d'un punt de vista nutricional, fa temps que s'ha establert que en les dietes dels peixos, indiferentment de les espècies, la proteïna és quantitativament el nutrient més important, 30-60% de matèria seca (Tacon i Cowey, 1985). La farina de peix continua essent la major font de proteïna (20-60 % en el pinso), ja que la seva composició d'aminoàcids és similar a la proteïna del peix, i la bona palatabilitat que presenta per als peixos, assegura una òptima utilització nutritiva i un bon creixement.

Dins aquest context s'estan fent grans esforços arreu del món en dos sentits: l'un, per tal de reduir els nivells de proteïna en el pinso, i l'altre per tal de cercar fonts proteiques alternatives amb un bon valor nutricional, com a substitució de les farines de peix (Luquet i Kaushik, 1978).

El present article vol ser un recull de noves primeres matèries que poden substituir les farines de peix sota condicions de cultiu intensiu.

2. AVALUACIÓ DE LES FONTS PROTEIQUES

2.1. Aminoàcids essencials

La utilització d'una nova font proteica, és condicionada, des d'un punt de vista nutritiu, pel coneixement dels requeriments proteics de l'espècie sobre la qual assajarem, així com dels requeriments quantitius per a cada un dels aminoàcids essencials (taula 1). Sobre aquesta base, es pot estudiar de cobrir les dites necessitats a partir de diferents proteïnes o amb una combinació proteica adient.

	Anguila	Carpa	Peix Gat	Salmó	Truita
Fenilalanina	5,8	6,5	5,0	5,1	—
Metionina	3,2	3,1	2,3	4,0	2,2-3,0
Lisina	5,3	5,7	5,1	5,0	3,7-6,1
Leucina	5,3	3,3	3,5	5,9	—
Isoleucina	4,0	2,6	2,6	2,2	—
Histidina	2,1	2,1	1,5	1,8	—
Arginina	4,5	4,3	4,3	6,0	3,3-4,9
Treonina	4,0	3,9	2,0	2,2	—
Tirosina	1,1	0,3-0,8	0,5	0,5	0,5-0,6
Valina	4,0	3,0	3,0	3,2	—

Taula 1. Requeriments quantitius d'aminoàcids essencials expressats en % de proteïna (de la Higuera, 1978).

Entre els criteris de selecció de possibles fonts proteiques alternatives cal tenir esment que el contingut proteic del producte a utilitzar, sigui el seu origen el que sigui (animal, vegetal o unicel·lular), sigui suficientment elevat per a permetre substitucions substancials de farina de peix; ja que la formulació de dietes ha de tenir en compte, no tan sols el nivell de proteïnes, sinó també el de lípids, hidrats de carboni digestibles, vitamines i minerals, en quantitats escaients.

2.2. Digestibilitat

Un altre criteri de gran transcendència és la qualitat nutritiva de la proteïna, que és definida per la seva composició en aminoàcids essencials i per la seva digestibilitat (taula 2). Una font proteica pot tenir un alt contingut en proteïna i presentar un bon patró d'aminoàcids essencials, però si la seva digestibilitat és baixa, la quantitat assimilada de cada un dels aminoàcids pot no cobrir, en conjunt, les necessitats per al creixement. Per tant, la determinació de la digestibilitat d'una proteïna és una de les primeres dades necessàries per a avaluar les seves possibilitats com a component d'una dieta, i investigar, si s'escau, la possibilitat d'efectuar tractaments previs que puguin millorar-ne la utilització digestiva.

Factors antinutritius	Font habitual	Possible solució
<i>Interacció amb la nutrició proteica</i>		
Inhibidors de la proteasa	(Tripsina) Soia	Calor, autoclau
Hemoaglutinants	(Lecitina) Soia	Calor, autoclau
Saponins	Pèsol, Alfals	
Polifenols	(Tanins) Sorgo, Compostos clorogènics	Suplements de Metionina o Clorina
<i>Interacció amb la disponibilitat mineral</i>		
Àcid fític	Soia	Suplements
Àcid oxalic	Proteïnes vegetals	Tractament tèrmic
Glucosinolats	Colza	Varietats noves
Gossipol	Cotó	Varietats noves
<i>Interacció amb la disponibilitat vitamínica</i>		
Antivitamines liposolubles		
Vit A (liposigenasa)	Soia	Tractament tèrmic o autoclau
Vit D	Soia	Autoclau
Vit E (oxidasa)	Mongetes	Addició de Vit E
Antivitamines B		
Tiaminasa	Carn crua	Calor, addició de B ₁
Àcid antinicotínic	(Niacinogen) Moresc	Tractament tèrmic
Antipiridoxina	Farina de llinosa	Extracció amb aigua
Antivítamina B ₁₂	Soia crua	Tractament tèrmic
<i>Cianògens</i>	Sorgo	Tractament tèrmic

Taula 3. Classificació d'algunes substàncies antinutricionals que es troben comunament en els aliments (Kaushik, 1990).

3. FONTS DE PROTEÏNA ANIMAL

Abans de considerar una substitució total o parcial de la farina de peix en els pinsos per a peixos, cal considerar les diferents qualitats que poden presentar les farines de peix. La qualitat d'una farina de peix està subjecte a molts factors, depèn de les espècies que s'emprin en la fabricació de la farina, dels processos tecnològics utilitzats, de l'estació i zona de captura dels peixos, etc.. En la taula 4 podem veure algunes consideracions generals sobre la qualitat de les farines de peix. En el manteniment de la qualitat i la vida d'una farina de peix tenen molta importància els àcids grassos poliinsaturats; d'altra banda, una careència d'aquests àcids grassos provoca greus problemes de creixement. (Yone, 1978).

Proteïna bruta	prop del	68%
Greix brut	entre	8-11%
Cendres	per sota del	15%
Digestibilitat en pepsina	prop del	92%
NACL	per sota del	3%
Nitrogen amoniacal	per sota del	0,2%
Hidrocarburs clorats	per sota de	0,1 ppm
Temps d'emmagatzematge	menys de	3 mesos
Dimensions de les partícules	menys de	250 µm.
Agent estabilitzant (Etoxiquina)	màxim de	200 ppm.

Taula 4. Criteris de qualitat per a seleccionar farines de peix per a ésser emprades en pinsos per a peixos (NRC, 1981).

La qualitat de les farines de subproductes d'indústries de derivats de la pesca varia molt en funció de l'origen. Així i tot, algunes d'aquestes farines són comparables, des del punt de vista nutritiu, a farines de peix blanc. Segons Satoh *et al.* (1984), aquestes farines de subproductes poden arribar a substituir fins un 20 % de la farina de peix blanc sense alterar la utilització de la proteïna ni el creixement en truites i carpes.

La gran quantitat de producció natural de krill en les aigües antàrtiques i de l'Atlàntic Nord, ha permès d'observar aquests petits crustacis com una font important de proteïna, capaç de superar les farines de peix en els pinsos de les espècies cultivades. El seu alt contingut proteic (més del 50 %) i la bona composició en aminoàcids essencials, són fets que presten suport a aquesta idea. Les substitucions totals i parcials de krill en pinsos per a truita, carpa (Steffens i Albrecht, 1981, 1982) i salmó (Akimaya *et al.* 1984), han demostrat millores substancials en el creixement i en la utilització de l'aliment.

El krill, sembla, doncs, revelar-se com una de les fonts alternatives de proteïna més eficaç. No obstant això, l'ús de les farines de krill podria plantejar els mateixos problemes que la farina de peix (oscil·lacions en la producció, preus i qualitat), en un termini més o menys curt, car, com la farina de peix, depèn exclusivament de les captures en medi natural.

Els subproductes dels escorxadors avícoles comprenen barreges de sang, freixures, potes, caps, plomes, etc. Per tant, tenen un preu molt competitiu amb les altres fonts de proteïna, i llur producció és més constant ja que no depèn de captures fetes en medi natural. D'altra banda, els elevats continguts proteics (superiors al 60%) possibiliten d'incorporar-los en percentatges importants en les formulacions de pinsos. Ara bé, cal dir que la digestibilitat d'aquestes proteïnes és menor que la de la farina de peix, i que la majoria presenten deficiències en aminoàcids essencials, principalment metionina, lisina i triptòfan.

Les substitucions parcials de farina de peix per subproductes avícoles i farina de plomes hidrolitzades en truita (Tiews *et al.*, 1979), anguila (Bilio *et al.*, 1979) i salmó (Higgs *et al.*, 1979), han demostrat ser una bona solució. Però la substitució total de la farina de peix per farina de subproductes avícoles ha de complementar-se amb aminoàcids (Alexis *et al.*, 1985).

La farina de sang, com a subproducte d'escorxadors industrials, s'empra habitualment en petites proporcions, en forma de farina, en els pinsos per a peixos. Les proporcions altes de farina de sang provoquen toxicitat a causa de la quantitat de ferro (Fe) que conté. Els pinsos en solen tenir tan sols un 5 %.

De forma ocasional, alguns anèl·lids foren, en principi, utilitzats també com a font proteica en dietes per a peixos (Tacon *et al.*, 1983).

El músculo ha estat provat com a font proteica en truites (Grave *et al.*, 1979), amb molt bons resultats.

4. PROTEÏNA D'ORIGEN VEGETAL

La majoria d'aquestes proteïnes vegetals solen presentar una deficiència relativa quant als aminoàcids: metionina, lisina i, en menor proporció, en altres aminoàcids essencials com triptòfan, leucina, treonina, etc. (Rumsey, 1973). No sembla, doncs, que aquestes fonts proteiques puguin arribar a substituir d'una forma total o majoritària la farina de peix, almenys en pinsos per a peixos carnívors.

Els factors antinutritius tenen una gran importància en aquestes fonts proteiques; molts d'aquests factors són termolàbils i per tant poden ésser eliminats amb un tractament adequat, per tal de millorar el valor nutritiu de les farines.

La farina de soia ha estat, de molt, la font de proteïnes vegetals més estudiada i emprada en les dietes per a peixos, principalment pel seu alt percentatge proteic i perquè té una bona composició en aminoàcids essencials. D'altra banda, la seva digestibilitat, comparable a la de la farina de peix, asseguraria disponibilitats d'aminoàcids suficients per a promoure taxes de creixements acceptables. Així i tot, tal com hem dit, això depèn d'un tractament tecnològic adequat que elimini els factors antinutritius presents en la soia. Tot això l'ha feta destacar entre altres fonts vegetals riques en proteïna, com el substitut vegetal de les farines de peix més esperançador. Per aquest motiu, els seus preus en els últims anys han seguit d'una forma paral·lela, bé que sempre per sota, les evolucions dels de la farina de peix.

Altres fonts proteiques d'origen vegetal han estat emprades, com la colza, el llobí, la fava, la farina de llavors de cotó, el gluten de blat de moro, etc. To-

tes aquestes fonts necessiten una suplementació d'aminoàcids si superen el 20 % de la dieta; per tant, com a màxim, aquests ingredients poden arribar a substituir la farina de peix tan sols parcialment.

En molts casos, la solució al problema del cost de la farina de peix s'ha intentat amb el cultiu d'espècies amb requeriments proteics menors (omnívores o herbívores), capaces d'utilitzar aliments de baixa qualitat i emprar com a tals subproductes agrícoles d'un cost molt baix i poc emprats en altres camps de l'alimentació animal. Aquest és el cas de la polpa de cafè, incorporada a les dietes per a tilàpies per Bayne *et al.* (1976). Els pinsos, que tenien fins a un 30 % de polpa de cafè, foren acceptats i els creixements no van diferir dels de la dieta control.

Finalment, en el mercat podem trobar una sèrie de concentrats proteics de diferents fonts vegetals (concentrat de soia, concentrat de colza, concentrat proteic de patata, gluten de blat de moro, etc.), que presenten l'avantatge de llur elevat contingut proteic, i l'inconvenient de disposar d'un aminograma amb deficiències en aminoàcids essencials, problema que cal considerar a l'hora d'incloure aquests concentrats en quantitats importants en les fórmules dels pinsos. Però, aquests productes s'han d'importar, ja que no es fabriquen en el nostre país, encarrant el cost del pinso.

Malgrat tot, les possibilitats bones d'aquests productes depenen sobretot de la complexitat dels processos necessaris per a obtenir-los i, per tant, de llur cost. Actualment, llurs preus no són gaire competitius respecte a altres fonts proteiques més convencionals.

5. PROTEÏNES D'ORGANISMES UNICEL·LULARS

Els estudis fets amb diversos tipus de llevats, diferents algues unicel·lulars i alguns bacteris, van dirigits a comprovar-ne el valor nutritiu i la possibilitat d'incloure'ls en els pinsos, com una font proteica capaç de disminuir sensiblement els nivells de consum de farina de peix. L'elecció d'aquests microorganismes és deguda al fet que presenten, davant altres fonts proteiques més usals, tota una sèrie d'avantatges:

1. Poden créixer sobre substrats de baix cost o sobre productes de deixalles agro-industrials.
2. En molts casos, els organismes s'obtenen com a subproductes d'alguns processos industrials.
3. L'ur contingut proteic pot ésser molt elevat (40-70 % en matèria seca).

4. És un cultiu molt productiu i rendible, a causa de l'alta velocitat de reproducció, del cultiu en forma contínua i de la independència del clima.

5. Finalment, les noves tècniques de manipulació genètica podrien millorar-ne les característiques nutritives.

5.1. Llevats

Són les fonts proteiques unicel·lulars més estudiades. Les més emprades són els llevats crescuts sobre hidrocarburs (p. e., *Candida lipolytica*), llevats de cervesa (*Sacharomyces cerevisiae*) i altres cultivats sobre metanol i etanol de síntesi (p. e. *Hansenula anomala*). La proteïna, que representa del 40 al 60% del pes en matèria seca, és deficitària en aminoàcids sofrats, bé que rica en lisina (Nose, 1975). Aquest últim fet és suficient per a considerar els llevats com a font de lisina, ja que és un aminoàcid limitant en moltes fonts proteiques.

Presenta l'inconvenient de tenir un alt contingut de nitrogen no aminoàcidic, provinent, sobretot, d'àcids nucleics (ARN) i nucleòtics (Rose, 1979). Aquest nitrogen no és útil per al peix des d'un punt de vista nutritiu (Tacon i Jackson, 1985); per tant, no hauria d'ésser considerat en el càlcul del contingut proteic dels llevats (Nx6,25). A més, els àcids nucleics, incorporats a nivells alts en les dietes, provoquen alteracions metabòliques (Tacon i Cooke, 1980) importants. Malgrat tot, els coeficients de digestibilitat aparent de la proteïna (taula 5) són bons.

Llevat	Espècie	CDAP	Autor
Llevats de petroli	Truita	90%	Atack i Matty, 1979
	Carpa	90%	Ogino i Chen, 1973
	Palaia	90%	Cowey <i>et al.</i> , 1974
Llevat de cervesa	Truita	80%	Atack i Matty, 1979
	Truita	85%	Smith <i>et al.</i> , 1980
	Truita	80,5%	Shanks, 1964
Barreja de llevats	Truita	64%	Murray i Marchant; 1986

Taula 5. Coeficients de digestibilitat aparent de la proteïna (CDAP), per diferents espècies i segons diferents autors.

Totes les experiències amb llevats, apunten a llur utilització com a substituïts parcials de la farina de peix, sempre que el preu i/o disponibilitat en el mercat ho permetin. A més a més, els llevats són, generalment una font interessant de vitamines del grup B i solen emprar-se amb aquest fi en la formulació de dietes.

5.2. Algues

Els peixos herbívors o omnívors, d'aigües temperades, utilitzen algues en llurs dietes naturals. Així s'ha comprovat per a tilàpia, carpa, peix búfal (*Ictiobus cyprinellus*), etc. Les algues més emprades són les produïdes en cultius en massa: *Chlorella*, *Spirulina*, *Scenedemus*, etc. per bé que no abunden els estudis amb algues unicel·lulars. Tenen un contingut proteic del 40 al 65 % en matèria seca, prou bo per a utilitzar-les en proporcions altes en els pinsos, tot i que part del seu nitrogen prové dels àcids nucleics, amb els problemes que comporta.

La composició d'aquestes proteïnes en aminoàcids indica, generalment, que els aminoàcids sofrats, metionina i cistina fonamentalment, poden ésser limitants en la nutrició dels peixos. Els coeficients de digestibilitat aparent de la proteïna, 69-85% (NCR, 1977) són menors que els que presenta la farina de peix.

Segons Tacon i Jackson (1985), la proteïna d'algues unicel·lulars pot ésser una font proteica que, utilitzada en diferents proporcions en les dietes per a peixos, al voltant d'un 20 %, substitueixi la proteïna de peix. De tota manera, el problema real de la utilització de la proteïna d'algues en aqüicultura radica més en la rendibilitat de la seva producció que en la qualitat. Altres aspectes com processos de recollida, dessecat, predigestió, etc. afegeixen costos, de manera que les algues deixen d'ésser competitives davant altres fonts de proteïna més convencionals.

5.3. Bacteris

Mescles en suspensió de diferents microorganismes provinents d'aigües residuals, tant domèstiques com d'algunes indústries (p. e. papereres), han estat utilitzades com a suplement proteic en les dietes per a peixos (Tacon i Ferns, 1976; Anwar *et al.*, 1982), amb uns resultats molt esperançadors, per bé que presenten problemes no resolts, com ara la contaminació amb paràsits, substàncies tòxiques o cancerígenes, etc. (Tacon, 1979).

Els bacteris, en cultius més purificats, han estat també provats (Tiews *et al.*, 1979). Com en la majoria d'estudis, es tracta de bacteris metanofílics d'alt contingut proteic (70 % en matèria seca). Presenten deficiència en metionina, però llur coeficient de digestibilitat és molt alt, lleugerament superior al de la farina de peix.

Sembla doncs, que aquesta és una font de proteïna amb perspectives bones i que, com en els casos anteriors, el preu i el volum de la producció són els principals obstacles a salvar per al seu ús, com a substitut parcial de la farina de peix en els pinsos comercials.

6. FONTS NITROGENADES NO PROTEIQUES

El fet que els remugants siguin capaços d'utilitzar compostos nitrogenats no proteics en llurs dietes, en percentatges importants, va portar a pensar en la possibilitat d'emprar alguna d'aquestes fonts nitrogenades en l'alimentació dels peixos, sobretot d'espècies herbívores i/o omnívores, ja que poden tenir una microflora intestinal suficientment rica per a transformar, d'una manera important, aquest nitrogen en proteïnes, les quals serien emprades pel peix.

Fins ara, tan sols la llisa (*Mugil Cephalus*) ha estat capaç d'utilitzar nitrogen no proteic per a créixer (Leary, 1971). Però en les experiències realitzades amb carpes i truites, s'ha fracassat, ja que les addicions d'urea incorporades a la dieta s'han mostrat ineficaces (Kaushik *et al.*, 1983).

Sembla, doncs, que les possibilitats d'ús d'aquestes fonts de nitrogen en l'alimentació dels peixos es troba bastant restringida.

7. PROTEÏNA I ENERGIA

En els peixos, els requeriments de proteïna són molt més elevats que en els mamífers (Tacon i Cowey, 1985), però la retenció neta de nitrogen en els peixos no és superior a la dels animals terrestres. Per tant, és obvi que una bona part dels aminoàcids provinents de la dieta no han estat emprats per a la síntesi proteica, sinó derivats cap a la producció d'energia (Cowey *et al.*, 1977).

En la major part dels peixos i en totes les espècies carnívores, hi ha un ús preferencial de la proteïna sobre els hidrats de carboni, com a font d'energia. D'altra banda, la utilització digestiva dels carbohidrats és molt escassa en les espècies carnívores, que són en el nostre país les més rendibles. Davant aquests fets, l'estratègia a seguir és la d'incorporar a la dieta altres fonts d'energia (greix o carbohidrats) que permetin un «estalvi de la proteïna», aprofitant la proteïna per a la síntesi d'estructures corporals, i així augmentaria el creixement i millorarien els índexs d'utilització proteica.

El coeficient de digestibilitat dels hidrats de carboni està inversament relacionat amb el pes molecular dels glúcids (Smith, 1971), i amb la quantitat incorporada en la dieta, com a mínim pel que fa als hidrats de carboni complexos (dextrines, midó, etc.). Diferents tractaments tecnològics (cocció, expansió, gelatinització, etc.) milloren la utilització digestiva dels hidrats de carboni com ara el midó.

Si utilitzem alts nivells de glúcids en les dietes, baixarà la digestibilitat d'aquests glúcids, que ja es baixa per ella mateixa, i a més pot disminuir la dels altres macronutrients. També provoca disfuncions hepàtiques i retard del creixe-

ment. Malgrat tot, està demostrat que, en proporcions adequades, els hidrats de carboni poden provocar un «estalvi proteic» millorant la utilització proteica i afavorint el creixement. El problema és de determinar la quantitat adequada de carbohidrats que podem afegir al pinso de cada espècie. Les recomanacions en aquest sentit són, per a les truites, de 14 % d'hidrats de carboni, com a màxim, en la dieta (Hilton i Atkinson, 1982).

Els avantatges dels lípids en les dietes dels peixos són innegables, ja que són més econòmics que la proteïna, produeixen molta més energia metabolitzable i són ben utilitzats, tan a nivell digestiu com metabòlic. La digestibilitat dels greixos varia segons el punt de fusió. Els greixos que contenen una gran quantitat d'àcids grassos saturats presenten una digestibilitat baixa; però com més àcids grassos insaturats tingui, més alta serà la digestibilitat del greix (Watanabe, 1982). Proporcions elevades de greixos en el pinso poden presentar, com a contrapartida del millor aprofitament de la proteïna, acumulacions de greix en diferents fraccions corporals de l'animal (Flos, 1989). Aquest fet pot facilitar l'enranciment dels greixos durant la conservació o l'emmagatzemament dels peixos, cosa no gens recomanable.

Les dietes molt greixoses per als peixos, amb nivells lipídics que poden oscil·lar entre el 15 i el 20 % han presentat sempre un doble problema: l'enranciment dels àcids grassos poliinsaturats (que pot evitar-se afegint-hi antioxidants), i la dificultat tècnica de compactar els grànuls de pinso amb un excés de greix (que es pot pal·liar amb la polvorització de greix a la sortida dels grànuls de pinso encara calents). Així, però, la mínima concentració lipídica que maximitza l'ús de la proteïna dietària amb fins de creixement, pot arribar a ésser excessiva per a incorporar-la en un pinso.

8. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

El desenvolupament de les investigacions sobre l'ús de les noves fonts proteiques (animals, vegetals, unicel·lulars i nitrogen no proteic), no ha de conduir exclusivament a un abaratiment dels pinsos, per bé que fóra desitjable. N'hi hauria prou de limitar la dependència que pateix la piscicultura respecte al forniment de farines de peix, assegurant, alhora pinsos de bona qualitat, de composició rendible i lliures de fluctuacions excessives en llurs preus.

Cal pensar també en la qualitat del producte final, és a dir, en el peix engreixat a la piscifactoria. El principal deteriorament de la qualitat d'aquests peixos, és l'augment de greix i la disminució de la qualitat del greix. Analitzant la composició muscular de peixos engreixats en piscifactories i peixos capturats al mar, s'han trobat diferències significatives en la composició del greix, tant a nivell quantitatiu com a nivell qualitatiu (Maura, 1989).

Una bona part dels treballs realitzats en el camp de la substitució energètica de la proteïna, utilitzen com a font d'energia tant glúcids com lípids i se centren en la relació existent entre l'energia del pinso i la seva proteïna. De quasi tots aquests estudis, podem deduir que:

— Existeix una relació inversa entre coeficient d'eficàcia en creixement i relació proteïna/energia en la dieta.

— Un augment del nivell energètic, mantenint constant la proteïna, millora l'eficàcia nutritiva de la dieta, fins a uns determinats límits on es produeixen dipòsits greixosos importants.

— En termes generals, els peixos mengen fins a satisfer llurs requeriments energètics.