

大專用書

養魚和飼料脂質

日本水產學會 編著

吳 清 熊 譯



國立編譯館出版

大 專 用 書

養魚和飼料脂質

日本水產學會 編著
吳 清 熊 譯

國 立 編 譯 館 出 版

中華民國七十三年七月一日台初版

養魚和飼料脂質

版權所有
翻印必究

定價：精裝新台幣壹佰零伍元
平裝柒拾伍元

譯者：吳清熊

出版者：國立編譯館

印行者：國立編譯館

館址：台北市舟山路二四七號

電話：三二一六一七一

譯 者 序

水產養殖的發展，受到人工飼料開發之成功的影響很大。本省的水產養殖事業雖然很發達，但也因此每年進口大量的飼料，其中如白魚粉因生產國受到二百哩經濟海域設限的影響而減產，以致價格有上升的趨勢，因此爲了促進我國的水產養殖事業的繼續發展，對於探討脂質的蛋白質節省效果，以及從種苗的生產至以後各階段的養殖，從必須脂肪酸的要求性來探討各種生物餌料或飼料中脂質的有效利用，是一件非常重要的工作。

日本水產學會所編之“養魚和飼料脂質”一書係集合了許多水產養殖的專家學者所作之研討會的專集，內容包括脂質代謝之說明，淡水魚、海水魚及甲殼類之必須脂肪酸和脂質的營養價，魚苗、稚魚用生物餌料之脂質的營養價以及飼料用油脂的製造和添加之問題點等都有精闢獨到的闡述；日本的水產養殖之種類及環境與本省的情形有許多相似之處，因此譯者本著對水產油脂研究之興趣，利用餘暇，將該書譯成中文，冀能提供有關水產養殖之各界人士的參考，而有助於我國水產養殖的發展。

譯者係根據該書逐句翻譯。中文名詞係根據教育部公布之各科名詞，包括化學命名原則，化學名詞，化學工程名詞，生物名詞。水產生物名稱又根據台灣商務印書館出版之台灣脊椎動物誌及台灣省漁會漁友雜誌社發行之台灣經濟水產動植物圖說，其他如我國所沒有之水產生物而尚無適當中文名稱者則以英文名或學名表示。

2 養魚和飼料脂質

譯者才疏學淺，如有因疏忽而造成錯誤或譯詞不當之處，希望諸位讀者先進不吝指正是幸！

吳 清 熊 謹識

1982年5月

於國立台灣海洋學院水產製造研究所

養魚和飼料脂質

前 言

對魚類的營養有關連的研討會在過去曾經被舉辦過四次，但是前面的三次其重點主要在於實用性方面，1972年在高知召開的第四次“魚類的營養”，其重點放在營養學的基礎性方面，魚類營養的研究被綜合整理，問題點都被說明清楚了。這些研討會對促進魚類營養學的發展以及養魚飼料開發方面也具有重大的意義。尤其在第四次研討會裡所被介紹的Sinnhuber一派的關於虹鱒的必須脂肪酸之研究，提高了日本研究者的關心，後來展開了關於許多魚種之必須脂肪酸的研究。然而魚類的必須脂肪酸之要求性不但與陸上動物相異，並且依魚種而有其特異性之事實也被瞭解，又到今天所得到的知識，對種苗生產所用之餌料生物的選擇，養魚飼料用脂質的有效利用，以及製造上必須考慮的許多問題點等方面也提供了很好的參考資料。

另一方面，最近各國設定了200浬的經濟海域，要確保養魚飼料用蛋白資源已感到困難的今天，由於脂質的利用，以圖節省蛋白質之事情是具有重要的意義。

基於這些觀點，促使日本水產學會在1977年10月4日，依照往年秋季大會的慣例行事，舉辦了以「魚類的脂質要求與對飼料之油脂添加的問題點」為題的研討會。本書是麻煩了當日的主講者歸納了

2 養魚和飼料脂質

演講內容，發問之回答以及綜合討論的要旨所記錄的東西。

本書如果對魚類營養，生化學以及水產增殖學的發展有所助益的話，則是企劃本研討會，整理本記錄的全體工作同仁之最大欣慰。

最後謹向當本研討會舉行之際，惠賜協助之有關人員暨各位主持人致以最深的謝意。

1978年3月

米 康夫（九大農學部）

荻野珍吉（東京水產大學）

豐水正道（九大農學部）

目次

前 言..... (米 康夫・荻野珍吉・豐水正道)

1. 魚類的脂質代謝..... (鹿山 光).....

§ 1. 消化・吸收・運搬・貯藏及動員 ()

§ 2. 氧化分解 ()

§ 3. 生合成及變換 ()

§ 4. 必須脂肪酸 ()

2. 淡水魚的必須脂肪酸和脂質的營養價..... (竹內俊郎).....

§ 1. 必須脂肪酸 ()

§ 2. 肝油的營養價 ()

§ 3. 月桂酸添加量對虹鱒的次亞麻油酸要求量的影響 ()

§ 4. 硬化油的營養價 ()

§ 5. 脂質添加量和維生素 E ()

3. 海水魚的必須脂肪酸和脂質的營養價..... (米 康夫).....

§ 1. 各種油脂的營養價 ()

§ 2. 海水魚的必須脂肪酸 ()

§ 3. 18:3 ω 3 對海水魚效果低之原因 ()

2 養魚和飼料脂質

§ 4. 必須脂肪酸充足度的指標 ()

§ 5. 養殖真鯛與天然真鯛的脂肪酸組成 ()

4. 甲殼類的必須脂肪酸和固醇的必要性……………(手島新一)…………

§ 1. 脂質的營養價和必須脂肪酸 ()

§ 2. 固醇 ()

5. 脂質的蛋白質節省效果……………(竹田正彥)…………

§ 1. 有關淡水魚之脂質的蛋白質節省效果 ()

§ 2. 有關海水魚之脂質的蛋白質節省效果 ()

§ 3. 節省效果之生理化學性基礎 ()

6. 從脂質的觀點來看稚魚用生物餌料的營養價

……………(渡邊 武)…………

§ 1. 對於餌料系列之問題點 ()

§ 2. 塩水壺輪蟲 *Brachionus plicatilis* 的脂肪酸組成 ()

§ 3. 酵母輪蟲之綠藻二次培養與餌料效果 ()

§ 4. 酵母輪蟲之營養缺陷和 ω 3 高度不飽和酸之添加效果 ()

§ 5. ω 3 高度不飽和酸與真鯛魚苗、稚魚的鰓開腔率及脊柱彎曲 ()

§ 6. 其他的生物餌料 ()

7. 養魚飼料裡添加油脂之問題點……………(竹內昌昭)…………

§ 1. 添加油脂之增重效果 ()

§ 2. 油脂的添加和體脂的蓄積 ()

§ 3. 添加油脂之消化吸收率 ()

§ 4. 添加油脂所引起之障害 ()

§ 5. 添加油脂和魚的香味 ()

8. 養魚飼料用油脂的製造上有關之諸問題……(上原良吾)……

§ 1. 油脂原料 ()

§ 3. 安定性 ()

§ 2. 製造和品質管理 ()

§ 4. 結語 ()

質疑・綜合討論……………

1. 魚類的脂質代謝

日本水產學會主辦的有關“水產脂質的代謝”之研討會舉行以來已有十多年了。當時對於魚類談到必須脂肪酸則被認為是極富學問性的東西，但後來在有關“魚類的營養”之研討會裡，由於飼育試驗證實它為營養上重要的東西，一般看來已達到可以被人接受，並漸被考慮於增殖方面之利用。本來使近代營養學能夠飛躍進步的原動力，被認為是由於導入並證明從營養化學試驗結果所歸納的必須性或不可缺性之概念，水產動物的情形也不例外。雖然目前還不能說達到充分的狀況，今天，在於魚貝類有關維生素，必須胺基酸，繼之是必須脂肪酸的研究已呈現有許多報告的情形，並已進步到對應用方面也有所幫助的情況，這是一件非常有益的事情。

脂質對於魚貝類的功能，被認為具有對體溫的損失可作為絕緣物質，對機械性的損傷有當作坐墊的作用，並且是獲取浮力之物質，貯藏能源之物質，膜構成成分——磷脂質——膜透過，脂質附屬酵素之成分，不可缺少之代謝物質——必須脂肪酸，代謝調節——前列腺素（prostaglandin）等之功能。作為物理性的意義或能源的角色之外，也具有作為生理活性物質之重要機能。以下就有關魚類的脂質代謝，回顧其進步之足跡，作一綜合性的說明。

§ 1. 消化・吸收・運搬・貯藏及動員

被魚類所攝取的脂質，在拼合胆汁酸鹽的存在下被乳化，受解脂

2 養魚和飼料脂質

酵素 (lipase)⁶⁾ 的作用，被限度加水分解^{2,7)}。腸內之油脂吸收是由於部分加水分解產物之遊離脂肪酸，單醯甘油 (包括二醯甘油及未分解之三醯甘油) 與胆汁酸鹽作用成為膠團 (micelle)，透過腸管前半部的上皮細胞而進行的。岩井氏等⁸⁻¹⁰⁾ 對塞氏鰱，金魚以及其他數種稚魚之腸管中部具有絨毛樣突起的上皮細胞有關脂質吸收之情形，使用了電子顯微鏡研究其構造及形態。當給予混合了動物性浮游生物，卵與玉米之膏狀物時，從腸管的前部至中部的上皮細胞質中會出現脂質小滴。脂質小滴之數目及大小依魚種而異，即使同一魚種也因攝餌量不同而有所差別。在若鰲 (*Hypomesus olidus*)，金魚的稚魚所見到的為直徑 $1\ \mu$ 以下的小脂質滴主要密集在核的上方之情形以至像塞氏鰱和星點河魨的稚魚那樣，在飽食之後有直徑將近 $8\ \mu$ 的大脂質滴不論核的上下，佔了細胞質的大半之情形也被發現。由於胞飲運動 (pinocytosis) 而吸收脂質之事，至少在稚魚情況下沒有被觀察到，而在腸管後部之蛋白質吸收則被發現。同樣的研究又在虹鱖¹¹⁾，金魚¹²⁾ 也被進行了。

又有關鯉魚的脂質吸收之研究有以標誌化合物，如使用 α -eleostearic acid¹³⁾，溶解於棉籽油之 Stearic acid-1- ^{14}C ¹⁴⁾，間接地使用 CrO_3 ¹⁵⁾ 等進行試驗。在腸裡的吸收情形，隨時間的經過而上昇，在 2 小時約 30%，4 小時為 50%，6 小時達 70%，在 10~12 小時則出現 80~90% 之最高吸收。在水溫 $22\sim 25^\circ\text{C}$ 下鯉魚之脂質吸收情形與老鼠之同樣試驗相比較，雖然得到較差的結果，但考慮到兩者的體溫相差在 10°C 以上，可見本質上魚類之脂質吸收還是相當高的。如此被吸收的脂質終於出現於循環血液中，但是腸粘膜細胞內之三醯甘油以及磷脂質的再合成，乳糜微粒 (chylomicron) 的生成，從原細胞基底部到淋巴系的出現等¹⁶⁾ 之哺乳動物所呈現的諸種現象

不能直接適用於魚類¹⁷⁾。Herodek¹⁸⁾ 將 palmitic acid-1-¹⁴C 注射入鯉魚的心臟，然後在 5，20，60 分鐘後測定血液及肝胰臟的各種脂質成分的放射能。其結果顯示血液的遊離脂肪酸在上述時間內分別保持有全注射放射能的 30%，5% 及 1%。肝胰臟裡之遊離脂肪酸的轉換情況與哺乳動物的同樣實驗比較顯示極低的數值。由這些結果可看出與哺乳動物相比較，魚類之遊離脂肪酸的轉換時間顯示有十倍長左右，因此被認為血液中的遊離脂肪酸可能不馬上轉換入肝胰臟而直接送入消費組織裡去。Robinson 和 Mead¹⁹⁾ 將 palmitic acid-1-¹⁴C 強制投餌於虹鱔，每隔一定時間，探討其血液，肝臟、血合肉及普通肉的脂質成分之轉換情形。從血液的分析結果獲知虹鱔的脂質吸收機構與哺乳動物大不相同，因為三醯甘油不能放出於循環血液系，所以也許不是由淋巴系（在魚類一般未發達）而是經由門脈系以遊離脂肪酸狀態被輸送之可能性被推論着。又在虹鱔的情形，脂質的貯藏主要在肌肉裡，其大部分存在於普通肉，但血合肉的每單位重量之脂質含量較高，一般認為血合肉對肌肉收縮有關的運動機能較少關係，而可能作為代謝性活潑之器官。

筆者等¹⁷⁾ 將實施過背大動脈連接細管（cannulation）²⁰⁾ 之鯉魚分為三週的絕食組與正常投餌組，分別各以 palmitic acid-1-¹⁴C 或 tripalmitin-1-¹⁴C 在腸的第一彎曲部使用管狀器具而強制投予，每隔一定時間抽血，探討對血漿脂質成分及 disc 電泳之脂蛋白區分（lipoprotein fraction）的轉換情形。飢餓條件下它對血漿中之 palmitic acid 的轉換，以總放射能看來，到 1 小時為止呈急遽上升，其後經過十二小時維持漸增的情形。種種的脂質成分裡，對遊離脂肪酸（FFA）之轉換在 1/2 ~ 3 小時的初期有高峯出現是為特徵，以後則保持較低的定常數值。對三醯甘油（TG）及磷脂質（PL）部

4 養魚和飼料脂質

份的轉換，在 3 小時後 FFA 呈減少時，它却相反地增加。以乙醯基化 sudan black B 染色過之脂蛋白 disc 電泳，在最初的 $\frac{1}{2} \sim 3$ 小時的 Band I (albumin^{21,22}—脂質複合體) 之急速的放射能增加被測出，與上述的對 FFA 的轉換情形相一致。還有在 3 小時後稍為減少而仍然保持高的放射能，Band II (α_2 —lipoprotein 附近) Band III (β —和 Pre- β lipoprotein 附近) 都是被測出只有 Band I 的約 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{3}$ 的放射能。在正常狀態下，棕櫚酸向血漿中的轉換，以總放射能來看，會漸漸增加而到 9~12 小時達最大値之情形，此結果與在飢餓條件下的急速增加呈明顯的對比。對 FFA 部份的轉換在 3 小時顯示最大値，但不如在飢餓狀態下那樣有特徵性，而 3 小時以後的 TG 部份之急遽增加為特徵性的情形。對 PL 部份的放射能不如飢餓狀態那樣的高，但 6 小時後漸漸增加。對血漿脂蛋白的轉換，最初在 Band I 被測出，但在 Band III 於 3 小時後呈遽增乃為特徵性之處，與 TG 的曲線相類似。

由這些結果看來，向循環血液系的放出情形有兩種型式，其一為不經過脂化而直接以 FFA 放出，作為 Band I 而被運搬者，另一種為經過脂化成為 TG 或 PL 後再放出，主要以 Band III 的型態被輸送着。再者兩路徑的定量性關係受鯉魚的生理性條件所左右。前者在飢餓條件下活潑地作用，後者在正常狀態下活潑地作用這是一般所了解的。為了確認此假設，對飢餓條件下的鯉魚強制投予 palmitic acid— $1-^{14}\text{C}$ ，測定 1 小時及 12 小時後的各組織脂質成分中之轉換情形，以及 1 小時後的血漿脂蛋白區分的放射能分佈情形。這些結果表示於表 1.1。即腸內容物全脂質之放射能在 12 小時後的數值減為 1 小時後數值的 $\frac{1}{25}$ 以下。在腸壁的情形於 1 小時後之全脂質放射能，約有 75% 出現在 FFA 裡，可是 12 小時後則減到只有佔 5% 而已，反而

在TG及PL方面顯示很高的放射能，這可以說是在腸上皮細胞有部份

表1·1 Palmitic acid - 1- ^{14}C (52 μCi) 投予後之鯉腸管及血漿脂蛋白質中放射能的分佈¹⁷⁾

脂 質 源	投予 後的 時間	放 射 能 (dpm)				
		總 脂 質	TG*	FFA*	PG*	PL*
腸 內 容 物	1	531,400	6,700	520,000	—	2,600
	12	19,100	1,100	13,000	—	700
腸 壁	1	117,000	12,600	85,900	2,200	18,700
	12	287,000	141,200	13,000	7,900	121,700
血 漿	每ml中	1	9,100	400	7,500	400
		12	4,700	2,500	800	1,300
	Band I	1	5,220	291	3,894	250
	Band II	1	189	22	115	34
	Band III	1	145	100	—	25

* TG, 三醯甘油; FFA, 游離脂肪酸; PG, 部份甘油酯
(單醯甘油+二醯甘油); PL, 磷脂質

的酯型脂質被合成的結果。關於血漿方面在1小時之後之全脂質放射能約有80%是存在於FFA的部份，可是12小時後減少為17%左右而已，對TG及PL方面的轉換則上昇。還有在血漿脂蛋白成分之放射能分佈情形來看，全脂質放射能的94%左右存在於Band I，其大部份是在FFA，而在TG及PL也有少量的放射能存在。哺乳動物血漿卵蛋白(albumin)只有對FFA顯示出特異性之情形相比較，鯉魚的情形則以FFA為主，而對TG及PL也能作成複合體，由此可見Band I是對於鯉魚的脂質運搬盡了重要的功能。另一方面，在Band III是以TG為主，再加上PL之脂蛋白，可是，FFA之結合的情形未被發現。至於Band II是呈現出上述二者之中間性的結合型態。最後將tripalmitin - 1- ^{14}C 對正常狀態的鯉魚施以同樣的投予之結果看來，血漿全脂質放射能到12小時為止比例急遽上升，以後

則漸次減少。在1小時後，首先相當於總放射能50%是出現在FFA，但以後則以一定的攝取狀況進行，然而與這種情況成對照性的，TG則在1—6小時呈急遽地增加，其間約含有50%的放射能。磷脂質方面漸漸增加至24小時後大約達到30%。至於血漿脂蛋白，在初期對Band I的轉換雖很高，但在3小時後Band III却成為最高者，6小時後則又逆轉為Band I顯示最高的放射能。這個現象可以解釋為從以運搬TG為主的Band III，轉換為以運搬FFA為主，TG及PL為輔的Band I所造成的結果。

在筆者等使用鯉魚反轉腸的試驗管內的試驗裡，外液所添加的Palmitic acid及Tripalmitin-1-¹⁴C，會透過腸壁，於內液中顯示出比在前者（外液）有更加快速，更加多量移動之情形。此結果與上述的脂質運搬之生體內（in vivo）試驗相關連看來，被認為容易於可能擴散之FFA，最初與卵蛋白樣的鯉魚血漿蛋白脂形成了最原始之脂蛋白之Band I，然後被消費掉或直接被運搬到貯藏組織，另一方面，魚類雖合成能力不強，但至少可在上皮細胞內再合成了TG或者PL，慢慢地形成了Band III及Band I的脂蛋白而被運搬至循環系。因此，魚體脂質依所攝取飼料脂質成分而顯著受到影響之事已成為事實，例如以前關於脂質對養鰻之影響依辻本²³⁾，Lovern²⁴⁾的研究已被明瞭，還有養殖幼烏魚所用的無脂肪飼料裡加入棉籽油或亞麻仁油之添加試驗²⁵⁾，虹鱖之飼料油的影響^{26,27)}等有關事情都被探討了。有報告²⁸⁾說鰻魚血清青綠色色素之去脂脂蛋白（apoprotein）可能對TG及FFA的運搬也有關連。貯藏脂質由於荷爾蒙感性之解脂酶（lipase）等的作用，成為FFA而被送入血液中²⁹⁾，作為肌肉及其他消費組織之能量供給的來源。在卵巢成熟過程裡由於受到內分泌荷爾蒙³⁰⁾的調節作用，溯河期的鮭類的貯藏脂肪的代

謝³¹⁻³³⁾ 已詳被研究。又在絕食時的虹鱒的脂質變化³⁴⁾，在卵形成過程中，脂質會移轉到卵細胞³⁵⁾，卵發生期中之脂肪酸組成的變化³⁶⁾ 櫻鱒在降海時期之殘留型與降海型的差異³⁷⁾，其他荷爾蒙的影響³⁸⁻⁴⁰⁾ 等都被探討過了。再者，根據許多研究者的報告，魚類的脂質組成，受到餌料，生理狀態，環境的影響而呈季節性變化⁴¹⁻⁴⁵⁾ 之事已被明瞭。

§ 2 氧化分解

脂質可當作魚類的能源，盡了重要的角色。TG 的甘油部份在糖的代謝系裡被氧化，可是脂肪酸部份則主要以 β 一氧化路徑被分解為乙醯輔酶 A (acetyl CoA)，再經過三羧酸環 (TCA cycle) 以及與它共軛之電子傳達系統而完全氧化為 CO_2 及 H_2O ，在電子傳達系裡，由於共軛氧化性之磷酸化作用而生成 ATP。

Brown 及 Tappel⁴⁶⁾ 使用了鯉魚肝胰臟的粒線體 (mitochondria)，測定了各種脂肪酸的氧化情形。這個酵素系統與哺乳動物的脂肪酸氧化酵素系統相似，它需要 ATP，細胞色素 C， Mg^{2+} ，並且因添加 TCA 環路的中間產物而被活化。以 acetate，propionate 為基質時沒有被氧化，但是 butyrate，octanoate (以上是以 K 鹽)，palmitate，oleate，linoleate，linolenate，arachidonate，eicosapentaenoate，docosahexaenoate，以及魚油混合脂肪酸 (任何一種都是作為血清 albumin 複合體) 都在 25°C incubation 時容易被氧化，與老鼠肝臟的粒線體比較之，只有 Octanoate 有稍差程度外，不飽和酸的氧化大概顯示出同樣的比例。村田、豐水⁴⁷⁾ 探討了鯉肝胰臟及血合肉粒線體之與 β 一氧化系有關的因子，認為肉酸 (Carnitine) (5mM)，CoA (1mM)，ATP (1.5