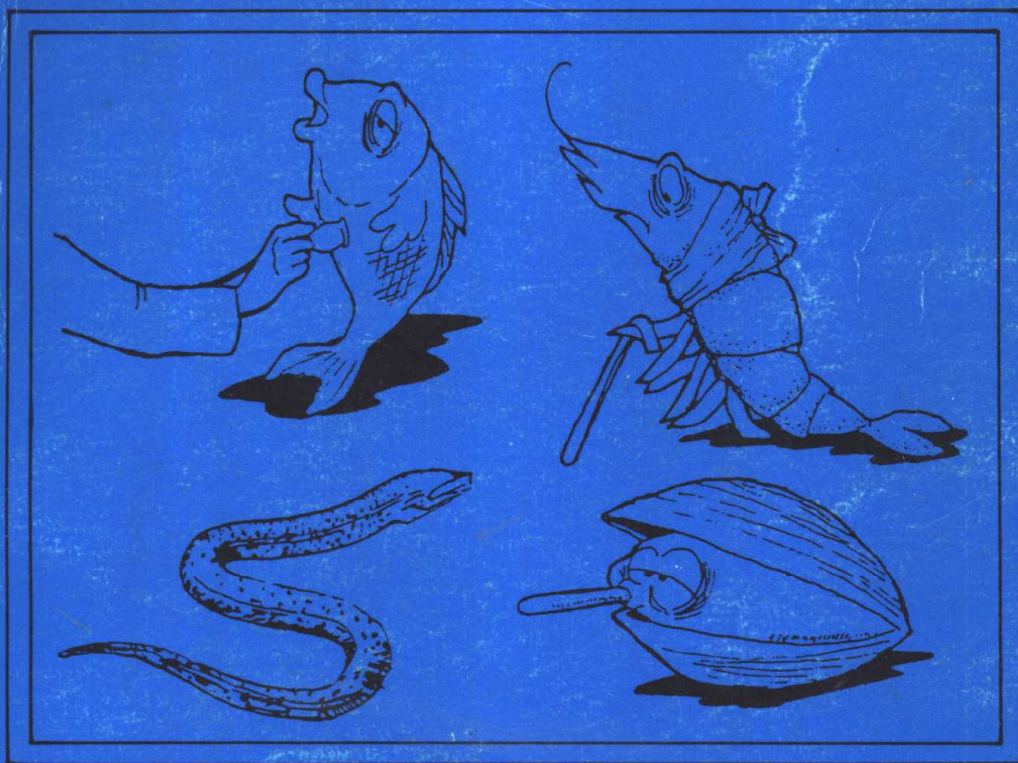


魚病專輯⑥

魚蝦類 維生素及礦物質 需求

莊健隆 鄭健雄



行政院農業委員會
台灣省政府農林廳
台灣養豬科學研究所

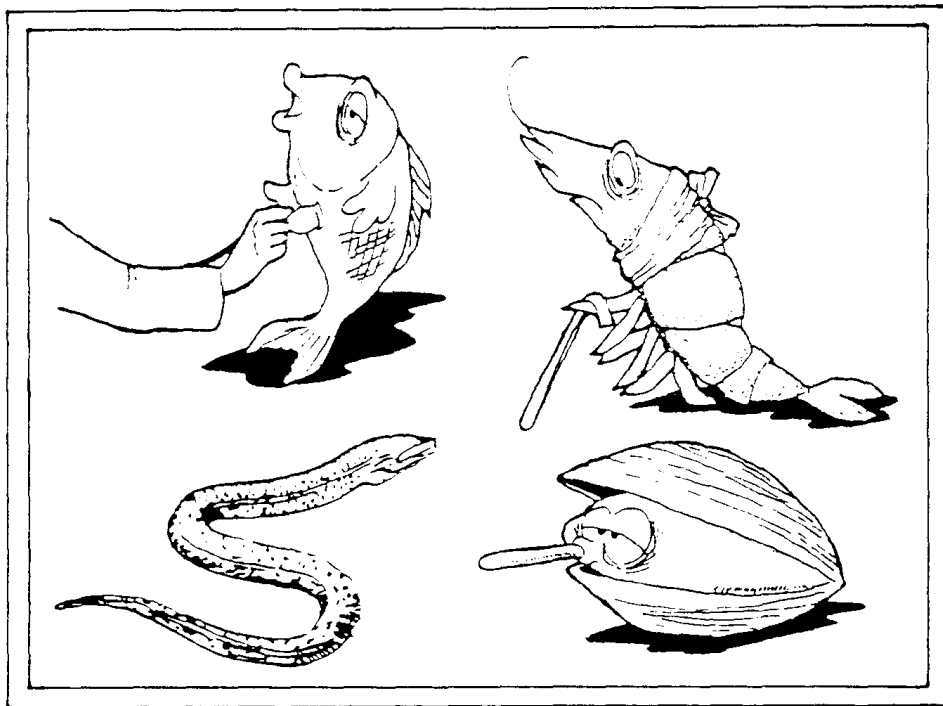
支持
出版

中華民國七十九年

魚病專輯⑥

魚蝦類 維生素及礦物質 需求

莊健隆 鄭健雄



行政院農業委員會 支持
台灣省政府農林廳
台灣養豬科學研究所 出版

中華民國七十九年

本書經費係由「建立水產疫病防疫體系計畫〔78 農建－4.3 牧－43(1)〕項下支付。

ISBN 957-9069-03-4

目 錄

	頁數
序言	1
第一章魚類對維生素之需求.....莊健隆...	2
一、水溶性維生素	6
(一)維生素 B ₁	6
(二)維生素 B ₂	11
(三)菸鹼酸.....	22
(四)維生素 B ₆	25
(五)泛酸.....	37
(六)生物素.....	44
(七)葉酸.....	51
(八)維生素 B ₁₂	56
(九)膽鹼.....	57
(十)肌醇.....	59
(十一)維生素 C.....	63
二、脂溶性維生素	75
(一)維生素 A	75
(二)維生素 D	78
(三)肝油的營養價值.....	81
(四)維生素 E	82
(五)維生素 K	87
(六)結論	89
三、參考文獻.....	95
第二章魚類對礦物質之需求.....鄭健雄·莊健隆...	103
一、魚類對於礦物質之需求.....	104
二、魚類對總礦物質的需求量.....	108
三、魚類的礦物質組成.....	113

四、魚類對鈣 (Ca)、磷 (P) 之需求	114
五、飼料中鈣源、磷源的利用率	120
六、魚類對鎂 (Mg) 之需求	124
七、魚類對鐵 (Fe) 之需求	127
八、魚類對鋅 (Zn) 之需求	129
九、魚類對錳 (Mn) 之需求	134
十、魚類對銅 (Cu) 之需求	134
十一、魚類對鈷 (Co) 之需求	136
十二、魚類對硒 (Se) 之需求	136
十三、魚類對碘 (I) 之需求	138
十四、其它	139
十五、美國國家科學研究會對溫水魚之純化飼料及實用飼料所用礦物質混合物配方之建議	142
十六、參考文獻	144
第三章蝦類之維生素及礦物質需求	莊健隆·鄭健雄 151
一、蝦類維生素需求	151
(一)維生素 B ₁	151
(二)維生素 B ₂	152
(三)維生素 B ₆	152
(四)菸鹼酸	152
(五)生物素	154
(六)膽鹼	154
(七)肌醇	155
(八)維生素 C	156
(九)維生素 E	159
(十)維生素 D	160
(十一)維生素 A	160
(十二)維生素 K	160
(十三)其他水溶性之維生素	160
二、蝦類之礦物質需求	164
(一)鈣和磷	164

(二)其他礦物質.....	167
三、參考文獻.....	170

序 言

近年來，台灣水產養殖業的迅速成長，造成水產飼料業之急速發展。然而國內對自己所飼養的魚種之營養需求研究尚十分有限。凡一項研究或一項開發工作開始之初，我們都必須充分收集相關資料，加以分析、研判，而後擬定工作目標，從事研究開發。

依筆者等與業界多位先進之討論結果，皆認為為彌補國內研究之不足，現階段不妨有系統地引進國外研究成果，供作國內急需時之參考。筆者等過去已試著整理一些有關魚、蝦類營養需求之小冊子。但深深覺得，魚蝦類營養需求之範圍實在太廣，實有必要逐項討論。

水產動物（包括魚、蝦）對微量營養素之需求，近年來在台灣國內常有專文介紹。然而在真正配飼料時，常常由於價格的關係而減量甚至省略這些營養素，或加工過程條件失當，致使飼養當中，發現很多營養性疾病。最近學界及業界才覺得有再深入檢討這方面之營養學之必要。

有關蝦類之維生素及礦物質之需求，研究不多。而有關魚類的維生素的研究，在1945年時，美國的學者已開始研究。今日對於鯉、鮭、鱒類已有很豐富的研究成果。從前的養殖業者，以生餌或用一部份穀類，自己配製成飼料來飼養魚類。近來都改以配合飼料來飼養，加之以放養的密度的一再提高，維生素及礦物質的添加及需求量之確定就更形重要。

我們不敢期待這本小冊子對業界能提供很大之商業實用性。但最低限度，我們希望業者能了解及重視這些微量營養素對養殖魚蝦之功能，而不要過份捨本求末地強調一些新奇的成長促進劑及藥物。

本書之撰寫、校稿過程受必強公司郭俊鉦先生、海洋大學養殖研究所孫國祥先生、養殖系劉麗環小姐之幫忙，以及養豬科學研究所夏良宙博士、施靜君小姐、蕭真真小姐和吳玉櫻小姐在繪製圖表、印刷、再校稿上之協助，特此致謝。

莊 健 隆（國立台灣海洋大學）

鄭 健 雄（台灣氰胺公司）

謹識 78年7月

第一章 魚類對維生素之需求

魚類維生素缺乏症早在1941年就被發現。美國威斯康新州的 Schnerger 發現當長期以（生）鯉魚餵以虹鱒就會使後者產生麻痺癱瘓症狀。其主要原因是因鯉魚體內含有維生素B₁之分解酵素（thiaminase）。最早（約1945～1947年）較有系統研究魚類維生素需求的專家，首推威斯康新的 McLaren 等人。他們以各種結晶維生素，酪蛋白（Casein）、糊精（dextrin）、油脂以及蟹粉或乾肝粉（Crab meal or dried liver, 以作為 antianemic factor）作成試驗飼料，並以魚之成長（growth response）或飼料係數（food conversion）為依據，作出各種維生素之定性與定量需求。然而這些結果（數據）往往偏低，因為他們沒考慮到肝粉及蟹粉中含有很多維生素。後來（1950年左右）Wolf 等人就以酪蛋白、膠蛋白（gelatin）、馬鈴薯澱粉、氫化棉子油、纖維素（ α -cellulose flour）、礦物質、鱈魚肝油和結晶維生素群配成試驗飼料。Halver（1953）再將Wolf之配方加以改進，如表1.0.1。Halver 和 Coates（1957）以此配方作虹鱒之長期飼養，以飼養新鮮牛肝者為對照組，採0.5克小魚各一千尾（每重覆言），每一處理為兩重覆，每兩週秤全重，到12週時將各組各重覆魚隻數稀釋為500尾（以防擁擠）。結果說明人工配合飼料可使魚在20週飼養中，幾乎與生餌得相同結果（圖1.0.1與表1.0.2）

接着僅以人工配方再作長時間飼養（Halver and Coates, 1957），以200尾鱒魚開始，魚乃飼養在6呎直徑圓型筒中，每週飼養6天（星期日不餵），每天餵二次。到25週後，供試魚之數目減為100尾。飼養一年後魚平均體重已達150克，取5尾作體外部及內部器官檢查。試驗並繼續進行至兩年，期終時魚平均體重為1,100克（此時87%雌魚，100%雄魚已成熟），以成熟雌魚19尾，雄魚20尾使其受精，產卵（產卵數亦屬正常，每尾雌魚產2,000個卵）孵化出之幼魚（死亡率33%），再以人工配方飼養18個月體重達（110～150克）。而生產過之種魚也再延續飼養一年（至三年止）。此時又有9尾雌魚再度產卵，總數19,000個，活存率71.5%。在整個飼養過程，因為配方（表1.0.1）中之蛋白質含量很高，在低水溫飼養時，供試魚之氮代謝有些受阻，有患血毒症（toxemia or uremia）者（按 DeLong 之研究，高水溫時鮭、鱒之蛋白需求量會高一些）。一般而言，本試驗中，虹鱒僅賴試驗飼料經歷了二次生殖循環（reproductive cycle），而沒有發現任何維生素缺乏之症狀。以後Halver 及其他人就

配方加以修正：將 Casein 降為 38 %，gelatin 降為 12 %，以從事維生素定量試驗。

Phillips 早在 1957 年，已就鱒魚對維生素需求量作一歸納如表 1.03 (他表達方式以每公斤鱒魚之需求量，而非以一般飼料中含量表示)。表 1.0.3 並列 N R C (1981) 之數值作對照參考。

魚類對維生素之需求以及這些維生素對魚類生化、生理功能一般而言都與陸上動物相仿。一般言這方面之研究常常都需採較長 (約 14 週至 24 週) 的時間以觀察之。以往觀察維生素缺乏症乃以下列幾種指標作參考如成長、活存率、行為、內臟外觀、血液學，以及組織切片。近年來則測定該維生素所參與之酵素活性以判斷之。

養殖魚類的維生素需要量因供作試驗魚的大小，及飼育環境等等的條件，或是飼料的組成、品質而引起之變化，有必要將這些條件加以考慮之後，再設定適當的維生素含量。在維生素要求上，因魚種特異性的徵狀會出現，所以對於一魚種的研究結果，最好不要直接套用於另一魚種，對於缺乏症或者是需要量不明的維生素，有必要進行一些基礎性的研究加以確定之。本文就各種魚對各種維生素需求及不足時所造成之缺乏症，將逐項討論之。

表 1.0.1 虹鱒魚的維生素試驗飼料

主 要 成 分	配合率	礦 物 質 (mg)	配合量	維 他 命	配合量 * (mg)
酪蛋白(缺維生素)	54.0			B ₁ · HCl	6.000
精 製 明 膠	15.0	氯化鋁	18mg	B ₂	20.000
精 製 玉 米 油	7.0	硫酸鋅	357	維生素 B ₆ · HCl	4.000
鱒 魚 肝 油	2.0	氯化銅	11	菸鹼酸	80.000
白 色 糊 精	8.0	硫酸錳	80	泛酸鈣	28.000
α - 纖 維 素 粉	9.0	碘化鉀	17	肌醇	400.000
混 合 礦 物 質	4.0	氯化鈷	105	維生素 H	0.500
L - 蛋 胺 酸	1.0			葉酸	1.600
L - 色 胺 酸	0.5			對苯胺香息酸	40.000
結 晶 維 他 命				氯化膽鹼	800.000
				抗壞血酸 (維生素 C)	200.000
				α - 維生素 E	40.000
				維生素 K	4.000
				B ₁₂	0.009

* U.S.P.XII 混合鹽 No 2 100 g, 各維生素量是對主要成分 100 g 所配合的量

表 1.0.2 試驗結果 (成長、死亡及飼料轉換率¹)

飼料組	初 重	終 重	增 重 百分比	增 重 (g)	死亡數	死亡率 (%)	攝食量 ² 公斤 (Kg)	飼料轉換效率 (乾重計)
	克 (g)	克 (g)		克 (g)				
試驗飼料	0.39	6.90	1670	3.140	23	4.6	19.5	6.4(1.60) ³
	0.39	6.85	1655	3.130	20	4.0	19.5	6.2(1.55) ³
生 牛 肝	0.39	7.02	1700	3.140	20	4.0	15.3	4.9
	0.39	7.25	1755	3.280	26	5.2	15.3	4.7

1. 由每批 500 尾魚計算。

2. 以餌料濕重計算 (餌料含 25 % 固型物)

3. 以乾飼料計算。

(Halver and Coates, 1957)

表 1.0.3 鱒對各種水溶性維生素每日需求量及缺乏症

維生素	魚之需求量 (mg/Kg 魚體重/天)	NRC, 1981 建議需求量 (mg/Kg 魚體重/天)	缺乏時症狀
維生素B ₁	0.150 — 0.186	(0.15 — 0.20)	神經緊張，頭部收縮
維生素B ₂	0.44 — 0.68	(0.5 — 1.0)	眼球不透明
維生素B ₆	0.225 — 0.250	(0.2 — 0.4)	死亡率高 (6 — 12 週)
維生素B ₁₂	無估算需求量	(0.0006)	成長下降
	0.0433 — 0.0796 (brown trout)		
生物素	0.00678 — 0.0268 (brook trout)	(0.05)	成長下降 blue slime
維生素C	無估算需求量	(3 — 5)	—
膽鹼	無估算需求量	(30 — 50)	成長下降 (不易發生)
Factor H	—	x	貧血
葉酸	0.00292	(0.2)	貧血
肌醇	無估算需求量	(18 — 20)	成長下降 (貧血)
菸鹼酸	3.0 — 4.1	(3 — 6)	成長下降、鰓腫病
泛酸	0.97 — 1.25	(1)	高死亡率 (blue slime)

1. NRC 1981 對冷水性魚之建議量，表示法以每Kg魚體重對維生素之需要 (參考對照表)。

(Phillips A.M. Jr., 1957)

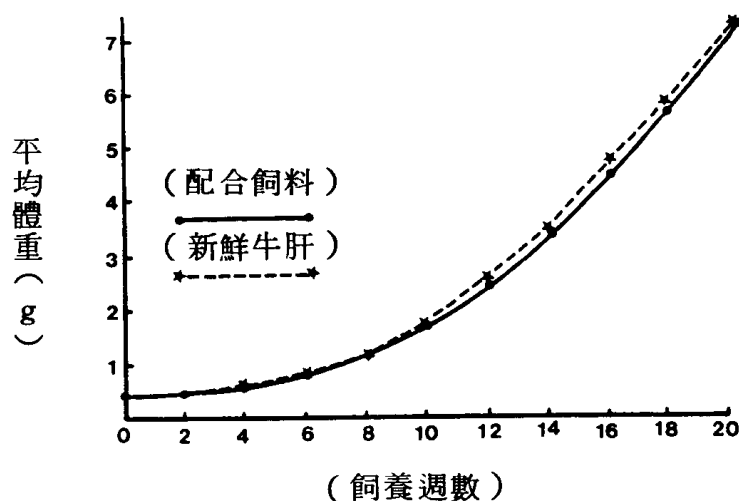
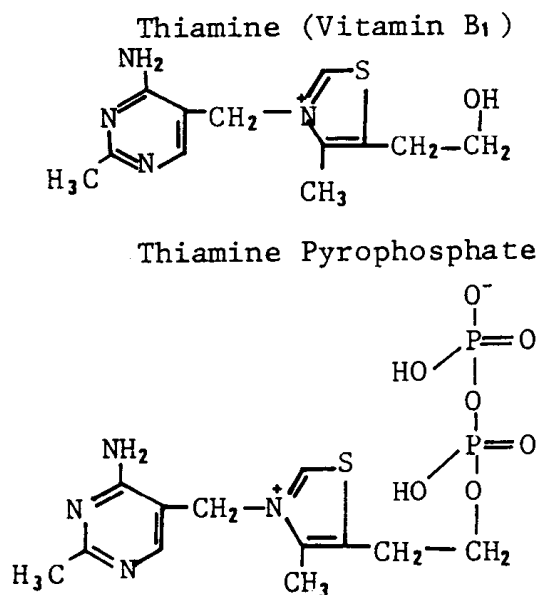


圖 1.0.1 以生鮮牛肝及配合試驗飼料飼養虹鱒之成長結果比較

一、水溶性維生素

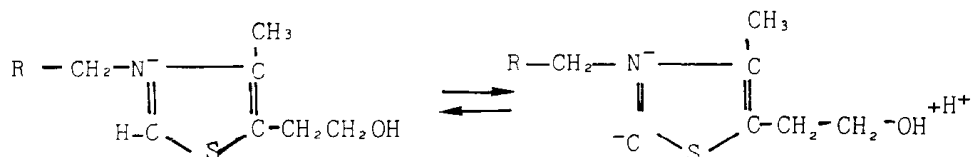
(一)維生素 B₁ (thiamine) : 其化學結構如下:



Thiamine 主要是由 pyrimidine 和 thiazole rings 連接而成，為一種白色結晶，似薔薇結構之單層片狀物，具異味，呈鹼性，易吸水潮解，易溶於水，但不易溶於脂性溶劑或 95 % 之酒精，在酸性溶液中 120 °C 仍可穩定（若 pH > 5.5 則立刻分解）。

其生化功能將略述于下：

Thiamine 必須與 ATP 進行 phosphorylation 變成 TPP (Thiamine Pyrophosphate) 才具生化效應，其功能基是在 thiazole ring 的第 2 個碳原子，當第 2 個碳原子脫去 H^+ 後便形成了“active aldehyde”，其作用即為與 aldehyde 接觸而達成活化並轉移 aldehyde，如下所示：



而其在哺乳類動物細胞內主要參與的生化代謝反應為：

1. 將 α -Keto acids 經 Oxidative decarboxylation 而轉變成 Carboxylic acids

如：(1) 由 Pyruvate $\rightarrow$ acetyl Co A (圖 1.1.1)

(2) 由 α -Ketoglutarate $\rightarrow$ Succinyl CoA. (圖 1.1.1)

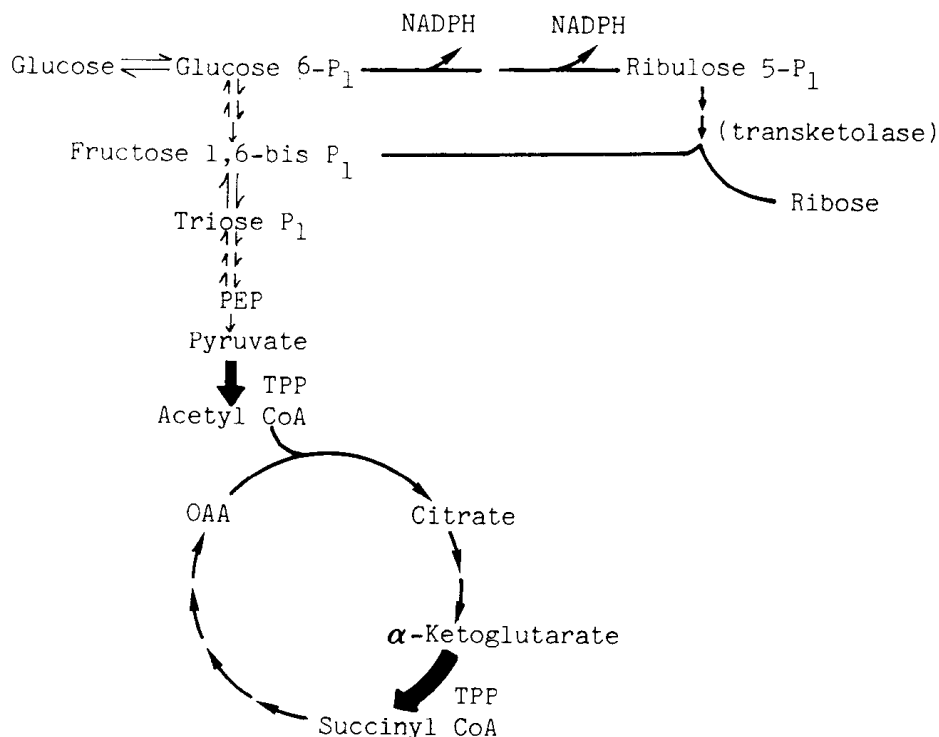
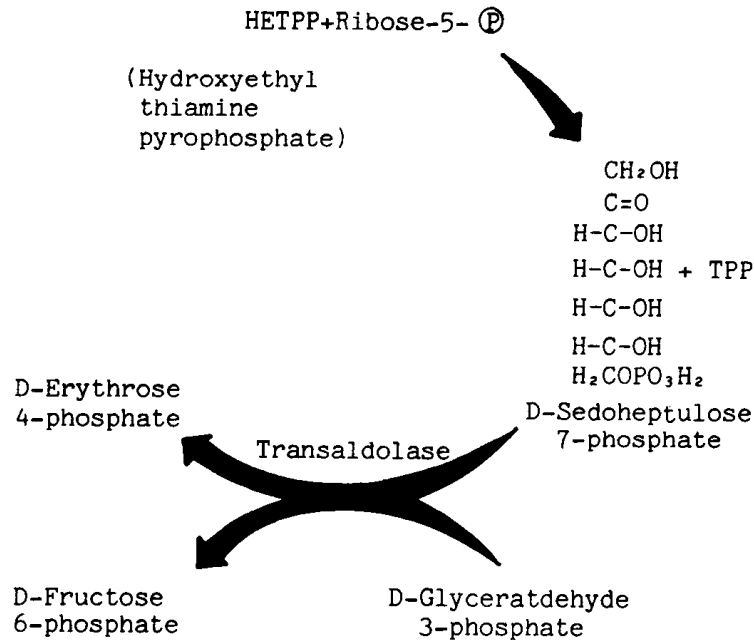


圖 1.1.1 Thiamine pyrophosphate 所參與之重要反應 (粗體部分)

2. 在 pentose phosphate 旁枝途徑上的 Transketolase reaction 即是由 xylulose — 5 — phosphate 轉移 α -Keto group 而成 ribose — 5 — phosphate 再轉而形成 sedoheptulose — 7 — phosphate 和 glyceraldehyde — 3 — phosphate：



對魚類言，此種維生素是必需的物質。各養殖魚種，如投與缺乏維生素 B_1 的飼料時，都會顯現出缺乏症來，但是症狀因魚種而多少有所不同，對於缺乏症的抵抗性也有不同，虹鱔或美洲河魴，則都會造成極端神經質，或是稍有點刺激時，會引起痙攣。而且會突然的激游，或是魚體扭曲而慌亂地直向水槽壁激烈地撞擊。不久這些症狀加劇時則會斃死。Hashimoto et al. (橋本等，1970) 以鰻魚為對象之實驗中。缺乏組在第12週即呈現成長低下，而經以完全飼料飼養後，則第16週後便可恢復成長。而在外觀觀察則有運動失調、魚鰭充血而且瘀血，體色也會暗化。香魚則會喪失距離感覺、遲鈍、眼球白濁、鰭基部充血、頭部瘀血等缺乏症狀出現 (森和池田，1978)。而在Halver (1957) 的實驗中，鮭魚 (Chinook salmon) 在缺乏維生素 B_1 的情況下，第10週即已呈現成長遲緩下降，且大量死亡，而經以完全飼料飼養後，則第12週便已恢復成長。

鯉魚缺乏維生素 B_1 時，其症狀比較不嚴重。Aoe et al. (青江等，1967) 以試驗飼料除去維生素 B_1 ，來飼育鯉魚的稚魚16星期，並沒有發現 B_1 的缺乏症。於是再以磨碎了的蜆肉，使自家消化，讓蜆中的維生素 B_1 受 B_1 分解酶分解，把它用食用明膠來凝固，作成缺乏維生素 B_1 的飼料，來飼育虹鱔和鯉魚。結果虹鱔魚自第4週開始即發生食慾不振現象，體色變黑，以及喪失了平衡感等等。而鯉魚稚魚經過了8星期完全沒有缺乏症出現。

Aoe et al. (青江等，1971) 更以修正過的Halver 氏的試驗飼料，即高碳水化合物飼料，除去維生素 B_1 後飼養鯉魚，從第7週開始即發生食慾不振、成長低下，

以及體褪色等缺乏症的出現。更以三種的抗維生素 B₁ 劑添加入飼料，於更短時間內明確顯現缺乏症。隨所使用的抗維生素 B₁ 劑的種類不同，所出現的缺乏症狀也不同。鯉魚對維生素 B₁ 缺乏的抵抗性，和其魚體本身具有強烈維生素 B₁ 分解酶是否有關，值得再加以探討。

維生素 B₁ 的缺乏症，在投予生魚時，容易發生。這是因為生魚有維生素 B₁ 分解酵素存在，破壞了飼料中的維生素 B₁ 的緣故。Kreutzmann氏（1976）以生鯉魚飼養鰻魚（A. anguilla）90 日，發生了維生素 B₁ 缺乏症。檢查缺乏症魚的血液時，發現紅芽細胞及前紅血球數增加，紅血球核的腫大、細胞的變形、紅血球的異型分裂以及色素的減少等異常症狀出現。而且 Lehmitz（1977）也同樣的以生鯉魚來飼育虹鱒，經150日後出現了外觀上的維生素 B₁ 缺乏症，腎臟中的轉化酮酶活性，到出現缺乏症為止，是呈連續性地減少。然而兩魚種在出現了缺乏症以後，皆予以注射維生素 B₁，則外觀上症狀都會消失，且可防止虹鱒的斃死。

其缺乏症詳見下表（表 1.1.1）

表 1.1.1 各種魚類之維生素 B₁ 缺乏症

魚	種	症	狀
鱒、鮭	(Salmonids)	發育不良、厭食症、對刺激過敏現象、全身痙攣、失去平衡、死亡。	紅血球及腎中轉酮酶 (transketolase) 活性低落。
美洲河魨	(Channel catfish)	體色變暗、死亡、失去平衡感、神經過敏。	
鯉魚	(Common carp)	鰭充血、神經過敏、體色素減退、皮下出血。	
日本鰻	(Japanese eel)	失調症、體幹彎曲、鰭出血、皮下出血、鰭粘連。	
香魚	(Ayu)	距離感喪失、眼球白濁、鰭基部充血、死前狂奔。	
嘉鱻	(Red sea bream)	成長緩慢、皮下出血、鰭粘連。	
比目魚	(Turbot, <u>Scophthalmus</u> <u>maximus</u>)	紅血球轉酮酶 (Erythrocyte transketolase) 活性變化。	

Cowey 等 (1975) 測定花點扁魚 (turbot) 正常 erythrocyte transketolase (TPP 爲 Coenzyme) 之活性必須是當該魚餵以 2.6mg/Kg dry diet 之量。然而只要大于 0.6mg/Kg dry diet 含量就可使該魚達到最快成長了。有人認為雜食性 (Omnivores) 與草食性魚 (Herbivores) 比肉食性魚 (Carnivores) 需較高量之維生素 B₁，因為前二者之飼料中含醣類往往比後者高 (for oxidative decarboxylation of pyruvate 及 transketolase reaction of pentose phosphate shunt)。然而有些專家則不以爲然。當維生素 B₁ 缺乏時，鯛類 (*Alvamis* sp.) 會產生皮膚充血 (Skin congestion) 和皮下層出血 (Subcutaneous hemorrhage)。美洲河魴對維生素 B₁ 之需求量爲 1 mg/Kg diet (表 1.1.2)。鯉魚則在 2 ~ 3 mg/Kg diet。鮭、鱒之需求量則比前述兩種魚爲高。

表 1.1.2 飼料中不同維生素 B₁ 含量對美洲河魴之影響¹

飼料	維生素 B ₁ 添加量	平均增重	增重 / 食量	血容積比 ²	死亡率
	mg / Kg	g			%
1	0	20.1	0.51	37.6	10
2	0.5	26.9	0.65	37.0	5
3	1.0	35.1	0.75	35.9	2
4	2.5	34.0	0.74	35.4	2
5	5.0	33.8	0.74	35.3	0
6	10.0	35.2	0.68	37.1	3

1. 魚初重爲 6.3 克。

2. 12 週後之血容積比。

(Murai and Andrews, 1978)

Morito 和 Hilton (1984) 曾提出虹鱒對維生素 B₁ 之需求量不超過 2 mg / Kg feed，這也是 NAS / NRC (1981 , 1983) 之建議範圍內，且較美洲河魴之稚魚所需求量及鯉魚所需量來得高。但和比目魚 (Turbot) 相似。這與以往 Halver (1972) 之建議量有些出入。在飼料加工混合、擠壓之過程中，易被過高之溫度所破壞，因此在 1 公斤肉食性魚飼料中添加 10 ~ 15 毫克之維生素 B₁ 是必要的。

有關魚類的維生素 B₁ 分解酵素，Aoe (青江, 1968) 的總論有論及，此酵素分布於淡水及海水產的許多魚類，完全不具此酵素的魚類也有。一般言，廣泛地分布在淡水魚中，且酵素力也強。依 Harrington (1954) 的報告得知 31 種海水魚中有 2 種 (鯪魚類和鰕針魚類) 具有此酵素，而在 50 種的淡水魚中有 27 種含此酵素。屬於鯪科或 Blue gill 的 6 種裡，此酵素不存在，而屬於鯪魚科的骨鰾類，除了其中一種以外，其餘的 17 種都存含此酵素，鮭魚類有 5 種不含此酵素。Hilker 等 (1966) 調查夏威夷的 30 種魚類，其中 21 種有維生素 B₁ 分解酵素。Fujito (藤田等, 1954) 就日本所產的魚類調查維生素 B₁ 分解酶的分布。含多量此酵素的魚類有鯪魚和鯪魚。肌肉中此酵素活性比較低，內臟中 (尤其是腎臟、脾臟、肝胰臟、腸、鰓等) 此酵素活性較高。日本鰻 (*A. japonica*) 則被認為存在於頭部、胃腸和鰓內，但是 Harris 則報告說歐洲鰻 (*A. rostrata*) 不含此酵素活性。

Ishihara (石原等, 1972) 認為片口鰻 (常作生餌) 存有維生素 B₁ 分解酶 I，其活性的強度和鯪魚相同，甚或更強，在內臟上尤其是腎臟中可見到多量的存在。再進一步調查日本海水魚 50 種，結果其中 11 種有強烈的維生素 B₁ 分解酶 I 的活性。若以片口鰻魚投與虹鱔和鯛魚 (Ishihara, 1974 a) 以及青甘鰻 (Ishihara et al., 1974 b, 1974 c) 時，造成虹鱔和鯛魚成長惡劣，血中的 pyruvic acid 增加，而肝中的維生素 B₁ 含量則減少。對青甘鰻言，只投與片口鰻魚組，引起大量死亡，然而投與添加維生素 B₁ 製劑 (使用脂肪酸被覆 thiamine) 則其成長和生存率都極為良好。用秋刀魚作給餌試驗，結果顯示出同樣的食慾減退、變黑、喪失平衡感覺等症狀以至死亡。秋刀魚的維生素 B₁ 分解酶 I 的活性為片口鰻的 3 ~ 5 倍 (Ishihara et al., 1978 a)。

Ishihara et al. (1978 b) 飼養平均體重 10 克的青甘鰻，以片口鰻魚來飼養時，投與維生素 B₁ 之硝酸鹽 1 mg 以上時，育成則很順利，沒有異常，在投與 1 mg 以下時，心臟的 oxoglutarate dehydrogenase 的活性很低，由此可知為防止缺乏症時，每Kg魚，每日投與 5 mg 則為安全。否則至少要 1 mg 以上。

總之，當維生素 B₁ 缺乏，一般魚類會表現出易於受驚但麻痺體彎曲或游動異常，且常於鰭根部見出血及皮膚變色的病徵。至於其維生素 B₁ 分解酶之存在于許多作生餌之魚類，值得重視。

(二) 維生素 B₂ (Riboflavin):

其化學結構如下：