

養殖魚類對飼料離胺酸的需求

楊順德

水產試驗所淡水繁養殖研究中心

胺基酸是組成蛋白質結構的主要成分。就像其它動物一樣，魚類並沒有所謂真正的蛋白質需求，而是要有必需胺基酸和非必需胺基酸組成均衡之蛋白質；而且，必須胺基酸的需求量應予以研究，才能確保養殖魚類攝取到最適量蛋白質。在大多數動植物蛋白質中常見的胺基酸有 18 種，其中有 10 種是魚體內不能合成的，即精胺酸、組胺酸、異白胺酸、白胺酸、離胺酸、甲硫胺酸、苯丙胺酸、纈丁胺酸、色胺酸及纈胺酸，這些胺基酸對魚體是不可或缺且須由餌料或飼料中獲得。在這些必需胺基酸中以離胺酸最為重要，因為：(1)離胺酸是魚體中佔有相當比例的必需胺基酸；(2)除參與體內蛋白質合成外，離胺酸也是肉鹼合成的前驅物，而肉鹼可協助活化的長鏈脂肪酸進入粒線體進行氧化作用；(3)離胺酸是水產飼料中許多蛋白源的必需胺基酸，尤其是植物性飼料原料，例如豌豆、羽扇豆、小麥、大麥、玉米及各種衍生物等。

魚類對離胺酸的需求量如表所示。研究魚類對離胺酸需求的文獻遠比其它必需胺基酸還多，這是因為在配製飼料時，離胺酸經常是飼料原料中的第一限制胺基酸。通常魚類對飼料離胺酸需求量大致佔飼料蛋白質 3.30—6.23% 不等，且多數在 4.0 和 5.0% 之間，而黑鯛的需求量據估算在 8.64%，約為

表中所列魚類對離胺酸需求量平均值的兩倍。有趣的是，各種鯉科魚類的離胺酸需求量分別為印度鯪 6.23%、鯉魚 5.70%、草魚 5.89%、印度鰱 5.75% 及建鯉 5.90%，似乎暗示著鯉科魚類比其它魚種需要更多的飼料離胺酸。此外，試驗設計和條件，如魚體大小、養殖手法、運用的統計模式和基礎飼料組成等，在不同的研究間有明顯的不同，而對需求值的估算也有差別。

如表所顯示的，離胺酸需求的估算方法是以飼料中不同劑量離胺酸與魚體生理反應(主要是成長效能)的關係，利用幾種常用的統計模式計算出魚體成長所需的離胺酸要求量。早期有關離胺酸需求量的研究，是設計飼料含幾種不同比例的離胺酸，分組投餵試驗魚經一段時期後，透過變異數分析(ANOVA)比較試驗魚對離胺酸含量的反應(dose-response)，粗估離胺酸的需求量，但這種方式只能判斷數種飼料離胺酸含量對魚體成長的優劣與否，無法明確指出達最大成長時的離胺酸需求。因此，必需利用迴歸分析的方法，將試驗數據擬合既有的統計模式，估計模式參數，並計算反應量達最高值時，即為營養物質的需求量，如圖所示即為幾種迴歸統計方式的比較。

在這些以飼料離胺酸含量與成長關係來計算魚類對離胺酸需求量的統計方式中，直

線折線模式 (linear broken-line model) 為較普遍的統計方法 (如表)，主要原因是只有單一點可被客觀定義為所謂的「需求量」，而能簡化解釋反應曲線。然而，有些例子其關係式明顯為曲線，但卻以直線折線模式統計，這將會錯估需求量；此時可運用多項式迴歸 (polynomial regression) 或飽和動力學模式 (saturation kinetics model) 等非線性模式估算需求量。由於多項式迴歸無法表達像直線折線模式一樣有高原水平區，或是在最大反應需求量與有毒劑量之間的安全劑量概念，故在魚類營養研究上使用飽和動力學模式比使用多項式迴歸來得多。飽和動力學模式是米氏反應模式的組合，用於描述酵素催化反應的速度，而運用在營養學的劑量反應試驗，理論上認為這樣的酵素催化反應（包括與此營養素有關的反應）總會有其極限，進而影響到動物的生長與生理表現；然而，飽和動力學模式不一定能合理的評估需求量，因為這並無生物學和統計學上的實際理論基礎，而只是武斷地以最大反應量的 95% 或 90% 定義為需求量。近幾年來，二次曲線折線模式 (quadratic broken-line) 也曾被建議作為估計動物營養需求的另種替代方案，此模式是在直線折線模式中，反應量上昇的區段以二次曲線取代直線，因而兼俱二次曲線模式和高原水平區折線模式的優點。然而，由於營養需求的估算是套用即有統計分析模式，經常會有選定的模式並不吻合試驗數據的情況，這就牽涉到試驗劑量數多寡與如何選擇模式的問題；但不可諱言的，並不存在一種能完全吻合飼料營養素劑量和反應量關係的模式。

離胺酸分子特殊，另有具活性的 ϵ -胺基，容易在飼料原料加工過程中起化學變化， ϵ -胺基會與許多化合物產生反應，包括：還原糖、脂肪與其氧化產物、多酚、維生素、食品添加劑及其它胺基酸。梅納反應被認為是食品蛋白中離胺酸變性的主因，但也會有其它類型的反應發生，例如衍生出異肼肽類、形成離胺丙胺酸 (lysinoalanine)、與氧化多酚類物質反應、醯基化及外消旋化等。不巧的是，傳統的胺基酸分析方法只能檢測出飼料原料中的總離胺酸量，以致明顯地高估了離胺酸的可利用性；所以在研究魚類對飼料離胺酸的需求量時，有必要掌握蛋白質源中的化學性有效離胺酸 (chemically available lysine)，亦即應檢測可被利用的離胺酸比例。

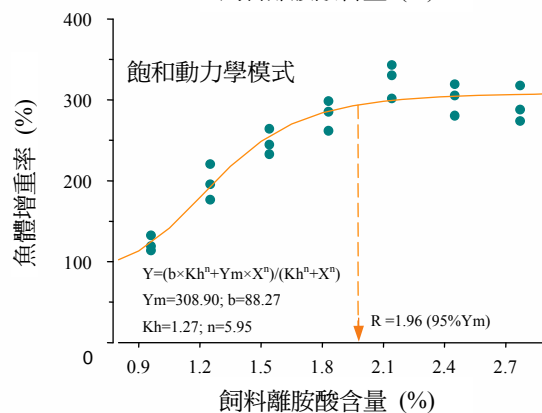
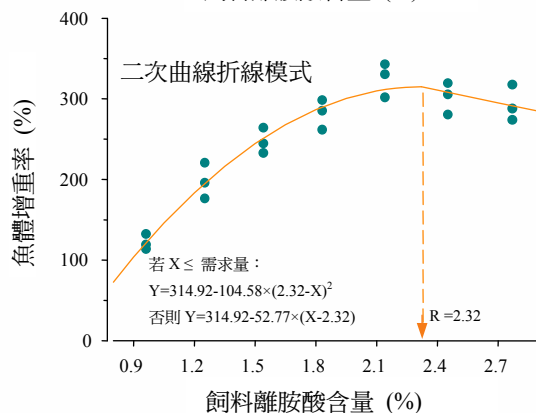
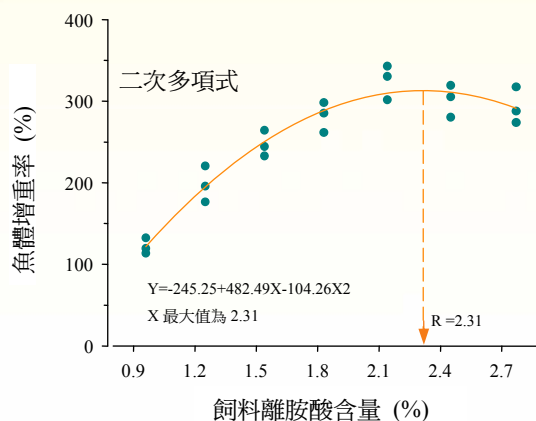
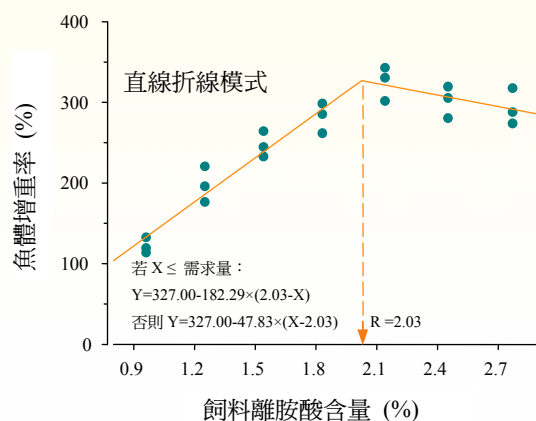
離胺酸精胺酸的拮抗作用 (antagonism) 在禽畜等陸上動物早已被確認，例如飼料離胺酸含量會影響禽類對精胺酸的利用；反之，飼料中過量的精胺酸也會減緩豬隻的生長性能。魚類方面，法國學者發現在虹鱒尿素生成的層次上，確有精胺酸-離胺酸拮抗作用的存在，他們認為提高離胺酸的攝取量，會影響血漿中精胺酸和尿素的濃度並增加排氮量；在大西洋鮭，由注射放射性 $U-C^{14}$ 精胺酸顯示，投餵高離胺酸含量之飼料會降低魚體肌肉對精胺酸的利用性。然而，由某些魚類的成長試驗結果，並未發現有明確的精胺酸-離胺酸拮抗作用，例如美洲河魴、歐利亞吳郭魚、虹鱒、雜交條紋鱸、歐洲鱸、黃鱸或牙鯉等。

魚類攝取離胺酸不足並無明顯的表觀特徵。虹鱒缺乏離胺酸時，活存率降低且尾鰭

糜爛，但尾鰭糜爛並非魚類缺乏離胺酸所特有的症狀，某些營養素缺乏也會造成魚鰭糜爛的現象。攝食低下、成長遲緩及飼料效率變差，是魚類缺乏離胺酸時容易發生的現象，尤其是肉食性魚種，例如幼鰻對缺乏離胺酸相當敏感，只需三天其攝食量就變很差。魚類攝取離胺酸不足會導致對飼料蛋白質的利用變差，而引起體蛋白蓄積率的下降，如鯉魚、虹鱒、牙鯰、嘉鱖魚及銀鱸等。這應該是離胺酸含量不足造成飼料中胺基酸組成的不平衡，而使魚隻體蛋白合成受限，結果飼料胺基酸未能被魚體有效利用於肌肉蛋白質的積累，反而轉換成脂質或肝醣而蓄

積起來，以致魚隻肥滿度不佳、背肌比例減少且肝體比增大；有些報告更指出，魚體脂質的比例與飼料離胺酸含量呈負相關，亦即攝取低離胺酸飼料的魚隻，其體脂質比例明顯高出正常魚。另外，在某些魚種的研究中也發現，飼料離胺酸含量低下時會影響魚的造血與免疫功能。

為符合當今水產飼料的配方概念—以替代性蛋白源取代魚粉，而需要使用豌豆、羽扇豆及玉米等魚粉替代性原料時，如何調配價格合理且營養均衡的養殖魚飼料，原料中的有效離胺酸含量與魚類的離胺酸需求量是相當重要的考量因素。



以四種迴歸模式估算銀鱸對飼料離胺酸的需求量 (數據引自 Yang et al., 2010)

各種魚類對飼料離胺酸的需求量

養殖魚類	需求量		飼料蛋白質 質量(%)	魚體重(g)	統計方法*	參考文獻
	%飼料	%蛋白質				
鯉魚	2.20	5.70	48.0	1.5	AP	Nose (1979)
印度鯪	2.49	6.23	40.0	2.3	LBL	Ravi and Devaraj (1991)
印度鯪	2.30	5.75	40.0	0.6	QRM	Ahmed adn Khan (2004)
草魚	2.24	5.89	38.0	3.2	QRM	Wang et al. (2005)
建鯉	1.89	5.90	32.0	7.9	LBL	Zhou et al. (2008)
細鱗肥脂鯉	1.40	4.40	32.0	4.3	QRM	Bicudo et al. (2009)
非洲鯪魚	2.29	5.73	40.0	15.4	LBL	Fagbenro et al. (1998)
美洲河鯪	1.52	5.07	30.0	18.8	LBL	Robinson et al. (1980)
尼羅吳郭魚	1.43	5.12	28.0	0.4	LBL	Santiago and Lovell (1988)
歐利亞吳郭魚	1.29	4.30	30.0	2.4	LBL	Liou (1989)
條紋鱸	2.01	4.79	42.0	2.3	LBL	Small and Soares (2000)
條紋鱸×白鱸	1.40	4.00	35.0	5.6	LBL	Griffin et al. (1992)
白鱸×條紋鱸	1.41	4.03	35.0	7.0	LBL	Keembiyehetty and Gatlin (1992)
美洲大口鱸	2.10	4.90	43.6	1.3	LBL	Dairiki et al. (2007)
虹鱔	2.87	6.10	47.0	1.1	ANOVA	Ketola (1983)
銀鱸	2.32	5.96	38.0	4.7	QBL	Yang et al. (2010)
大西洋鮭	1.99	3.98	50.0	4.7	LBL	Anderson et al. (1993)
嘉鱚魚	1.76	3.60	48.9	1.7	LBL	Forster and Ogata (1998)
金頭鯛	2.15	5.04	42.7	3.5	SKM	Marcouli et al. (2006)
黑鯛	3.32	8.64	38.0	9.1	QRM	Zhou et al. (2010)
歐洲鱸	2.17	4.82	50.0	0.9	LBL	Tibaldi and Lanari (1991)
金目鱸	2.06	4.50	45.5	13.1	LBL	Murillo-Gurrea et al. (2001)
七星鱸	2.49	5.80	43.0	5.5	LBL	Mai et al. (2006b)
牙鯉	1.56	3.30	47.3	9.4	LBL	Forster and Ogata (1998)
大比目魚	2.50	5.00	50.0	18.1	SKM	Peres and Oliva-Teles (2008)
虱目魚	1.70	4.00	42.5	5.9	LBL	Borlongan and Coloso (1993)
紅鼓魚	1.55	4.43	35.0	6.7	LBL	Craig and Gatlin (1992)
點帶石斑	2.83	5.56	48.0	15.8	LBL	Luo et al. (2006)
海鱸	2.33	5.30	44.0	1.3	LBL	Zhou et al. (2007)
大黃魚	2.48	5.77	43.0	1.2	LBL	Zhang et al. (2008)
青鮓鯨	1.66	3.85	43.1	68.2	LBL	Ruchimat et al. (1997)

* 縮寫：LBL=直線折線模式；QRM=二次多項式；AL=折線圖；SKM=飽和動力學模式；QBL=二次曲線折線模式；ANOVA=變異數分析