

玉米乾酒粕在水產日糧的應用

前言

水產是世界食品生產成長最快的產業。長久以來，魚粉一直是傳統商業水產飼料主要的蛋白質來源；但是隨著全球魚粉產量的遞減和價格的飆升，水產營養技師也開始考慮價格較便宜的植物性蛋白質來源。在水產飼料中，植物性蛋白質原料通常被認為飼養效果不及魚粉；但是如果在飼糧中將兩種或多種具有互補性的植物性蛋白質原料(例如:玉米乾酒粕和黃豆粉)一起使用，就有可能可以取代魚粉。因此，許多水產營養技師不斷的評估用替代性質物蛋白質原料來降低日糧成本或取代高價魚粉的可能性。近年來全世界的水產飼料業對使用玉米乾酒粕的興趣不斷的提高，因為玉米乾酒粕有不錯的蛋白質含量，磷的含量遠低於魚粉，當然價格也相對便宜，而且玉米乾酒粕不像其它的蛋白質原料含有抗營養性因子，例如:黃豆粉所含的胰蛋白酶抑制因子或棉籽粕所含的棉籽酚。

和全世界的禽畜生產業一樣，水產業的環境保護法規要求也不斷的提升。水產業放流水最大的兩個顧慮是氮和磷的含量，玉米乾酒粕和豆粉雖然有豐富的蛋白質，但是磷的含量遠低於魚粉；所以用玉米乾酒粕和豆粉取代魚粉可以降低水產飼料的磷含量，也減少排放水的含磷濃度。

美洲河魴 *Channel Catfish (Lctalurus punctatus)*

在魴魚飼料使用玉米乾酒粕最大的誘因是不含抗營養因子，例如:黃豆粉所含的胰蛋白酶抑制因子(trypsin inhibitors - Wilson and Poe, 1985; Shiau et al., 1987)或棉籽粕所含的棉籽酚(gossypol - Jauncey and Ross, 1982; Robinson, 1991)。Tidwell et al. (1990) 進行一項為期 11 週的魴魚飼養試驗，魴魚苗分別餵飼用 0, 10, 20, 和 40% 玉米乾酒粕取代玉米和黃豆粉的飼糧，結果發現各日糧處理組在個別魚重、存活率、飼料效率或蛋白質料率比都沒有顯著差異(表 1)。但是餵飼含 20% 玉米乾酒粕飼糧的魚體長度較其它組稍短。

表 1. 美洲河魴幼魚餵飼含不等量玉米乾酒粕飼糧對魚體長度、存活率、體重、飼料效率、和蛋白質效率比的影響。

	0% DDGS	10% DDGS	20% DDGS	40% DDGS
魚體長度, 毫米	115.2	114.1	107.4	117.8
存活率, %	67.5	70.0	80.0	90.0
體重, 公克	17.3	15.2	13.2	16.5
飼料效率(飼料量/增重)	2.85	3.23	3.20	2.60
蛋白質效率比(PER)	0.99	0.87	0.88	1.05

Webster et al. (1993)所進行的試驗用箱網養殖的鯰魚幼魚分別餵飼用 0, 10, 20, 或 30% 玉米乾酒粕部分取代玉米和黃豆粉的飼糧。試驗結果發現各處理組在個別魚體重、存活率、飼料效率、屠體組成分、屠體廢棄(頭、皮、內臟)比例、和魚肉切片的感官性狀方面都沒有差異。這個研究的結果證實鯰魚飼料使用高達 30%的玉米乾酒粕不會對生長性狀、屠體組成分、和魚肉切片的風味造成負面影響。所以玉米乾酒粕可以是鯰魚飼料的原料選項之一 (Tidwell et al., 1990; Webster et al., 1991)。

最近 Robinson and Li (2008) 進行了兩個試驗評估用棉籽粕、玉米乾酒粕和合成離胺酸取代鯰魚飼糧中黃豆粉的影響。餵飼用玉米乾酒粕取代部分黃豆粉的鯰魚增重高於(試驗一)或接近餵飼完全黃豆粉的對照組飼糧；而兩個試驗中餵飼用玉米乾酒粕取代部分黃豆粉的鯰魚飼料效率也優於對照組。由此可見，只要添加合成離胺酸，鯰魚飼糧使用高達 30% 玉米乾酒粕仍然可以保持滿意的生長性狀。

在鯰魚飼料使用玉米乾酒粕的額外附帶效益是提昇鯰魚對河鯰腸道敗血症病原(*Edwardsiella ictaluri*)的抵抗力 (Lim et al., 2009)。用含 0, 10, 20, 30, 和 40% 玉米乾酒粕加合成離胺酸部分取代黃豆粉和玉米的飼糧餵飼河鯰幼魚(體重 13 公克)12 週，各組的生長性狀和飼料效率都相近；但是飼糧添加玉米乾酒粕會增加體脂肪含量，降低屠體的水分含量。對河鯰腸道敗血症病原(*Edwardsiella ictaluri*)的抵抗力主要是因為餵飼玉米乾酒粕提高血紅素、血球容積比、和血清免疫球蛋白的結果；而且在對河鯰腸道敗血症病原攻毒後 21 天，餵飼含 30%玉米乾酒粕的鯰魚具有較高的抗體力價。這是第一個證實餵飼玉米乾酒粕有助於改善魚體免疫能力和疾病抵抗力的科學證據。

虹鱒 Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

餵飼肉食性的虹鱒通常需要在飼料中使用大量的魚粉(30-50%)，當魚粉的價格飆漲，營養技師就會開始評估使用替代性的蛋白質原料(如:玉米乾酒粕)來取代部分的魚粉。

Cheng and Hardy (2004a) 未發表的研究資顯示玉米乾酒粕的營養分在虹鱒的表面消化率很高，蛋白質的表面消化率達 90.4%，必需胺基酸的表面消化率高於 90%(息寧胺酸 87.9%除外)，非必需胺基酸的表面消化率大於 86%(胱胺酸 75.9%除外)。這組研究人員指出在虹鱒飼料使用玉米乾酒粕的最大限制是主要的限制胺基酸(離胺酸和甲硫胺酸)較魚粉相對偏低，所以補充合成離胺酸和甲硫胺酸是讓虹鱒生長性狀達到滿意表現所必需的。

Cheng and Hardy (2004a) 進行一項為期六週的飼養試驗，該試驗用體重 50 公克的虹鱒餵飼含 0, 7.5, 15, 和 22.5%玉米乾酒粕，添加或不添加合成離胺酸和甲硫胺酸的飼糧以評估玉米乾酒粕的營養價值，各處理組的飼糧都含相等的能量和蛋白質。進行試驗的各組存活率都是 100%，餵飼含 15%玉米乾酒粕或用玉米乾酒粕取代一半(50%)魚粉的飼糧在增重和飼料效率方面都和魚粉飼糧的對照組沒有差異；也就是說虹鱒飼糧可以添加 15%玉米

乾酒粕或取代飼糧中一半的魚粉，而且不需要添加合成胺基酸就可以達到同樣生長性能。如果配合添加合成離胺酸和甲硫胺酸，玉米乾酒粕的使用量可以提高到 22.5%或取代飼糧中 4/3 的魚粉。Cheng et al. (2003) 的研究顯示以黃豆粉、玉米乾酒粕、加 1.65 公克/公斤的甲硫胺酸羥基類似物(methionine hydroxyl analogue)取代 50%的魚粉餵飼起始體重 50 公克的虹鱒，不論增重、飼料效率、和蛋白質與磷的滯留率都比不添加甲硫胺酸羥基類似物顯著改善。

Cheng and Hardy (2004b) 也測試了添加植酸酵素(phytase)對玉米乾酒粕營養分在虹鱒的表面消化率以及添加植酸酵素和不同量微量元素對含玉米乾酒粕飼糧在虹鱒體內的表面營養份滯留率。含 30%玉米乾酒粕搭配不同添加量植酸酵素(0, 300, 600, 900, 和 1200 FTU/公斤日糧)虹鱒飼糧的乾物質、粗脂肪、粗蛋白質、總能、胺基酸、和礦物質的表面消化率分別為 49 - 59%，79 - 89%，80 - 92%，51 - 67%，74 - 97%，和 7 - 99%。當飼糧的玉米乾酒粕含量是 15%，配合添加離胺酸、甲硫胺酸、植酸酵素、以及不同的微量元素時，除了沒有添加微量元素處理組的表現較差之外，其餘各組的增重、飼料效率、存活率、體組成分、和表面營養份滯留率都沒有差異；由此可見，植酸酵素可以有效的釋出日糧的礦物質，在虹鱒飼糧添加植酸酵素可以減少為微量元素的添加量。

Stone et al. (2005) 的試驗測試擠壓加工對含玉米筋蛋白和玉米乾酒粕虹鱒飼糧營養價值的影響，同時測試不同玉米乾酒粕與玉米筋蛋白組合比例可能取代魚粉的幅度。研究結果顯是玉米副產品的添加量可以達 18%，取代飼糧中 25%的魚粉，對虹鱒的生長性狀都沒有負面影響；飼糧擠壓處理的效果並沒有優於打粒處理。

淡水大蝦(羅氏沼蝦)Freshwater Prawns (*Macrobrachium rosenbergii*)

Tidwell et al. (1993a) 餵飼幼蝦(0.66 公克重)三種等蛋白質(粗蛋白質 29%)飼糧，三種飼糧分別含 0, 20, 或 40% 的玉米乾酒粕。各飼糧處理組的平均產量(833 公斤/公頃)、存活率(75%)、個別體重(57 公克)、和飼料效率(3.1)都沒有顯著差異。這個結果顯示淡水大蝦飼養密度在 19,760/公頃時，飼糧的玉米乾酒粕使用量達 40%仍可保持良好的生長性狀。

Tidwell et al. (1993b) 接續的試驗評估用豆粉和玉米乾酒粕取代魚粉來飼養淡水大蝦的幼蝦(0.51 公克)，三組飼糧分別含 15, 7.5, 或 0%的魚粉，用 40%的玉米乾酒粕和不等量的黃豆粉將飼糧蛋白質都調整至 32%；各飼糧處理組的平均產量、存活率、個別體重、和飼料效率都沒有顯著差異。該組研究人員發現用玉米乾酒粕和黃豆粉取代魚粉會增加飼糧中麩胺酸、脯胺酸、丙胺酸、白胺酸、和苯丙胺酸的含量，減少天門冬胺酸、甘胺酸，和離胺酸的濃度；飼糧脂肪酸的濃度也隨著黃豆粉和玉米乾酒粕取代魚粉，16:0、18:2n-6、和 20:1n-9 的濃度增加，而 14:0, 16:1n-7, 18:1n9, 18:3n-3, 20:5n-3, 22:5n-3 和 22:6n-3 的濃度減

少。這些結果證實在溫帶池塘養殖淡水大蝦，飼糧中的魚粉可以部份或全部被黃豆粉和玉米乾酒粕取代。Coyle et al. (1996) 的研究認為玉米乾酒粕可以直接餵飼淡水大蝦(體重 2 公克以上)的幼蝦，玉米乾酒粕除了作為飼料之外，同時也池塘的肥料，具有雙重效果。

白對蝦 Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

唯一的白對蝦試驗是在阿拉巴馬州低鹽份的內陸水域所進行的，該試驗用家禽粉、碗豆粉、或玉米乾酒粕來取代白對蝦飼糧中的魚粉(10%)。各飼糧處理組的生長速度、存活率、和飼料效率都沒有顯著差異，所以家禽粉、碗豆粉、或玉米乾酒粕都可以成功的取代魚粉作為在低鹽分水域飼養白對蝦飼糧的蛋白質來源。

吳郭魚 Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

吳郭魚 Tilapia (*Oreochromis niloticus*)全世界溫水區域受歡迎的溫水魚。Wu et al. (1994)用玉米筋蛋白(18%) 或玉米乾酒粕(29%)調配吳郭魚飼糧(蛋白質為 32%或 36%)餵飼起始體重 30 公克的吳郭魚，結果增重比飼糧蛋白質 36%含有魚粉的飼料更好。接下來的試驗 Wu et al., (1996) 用更小的吳郭魚苗(0.4 公克)進行為期 8 週的飼養試驗，飼糧的玉米乾酒粕最高含量達 49%，玉米麩皮的最高含量達 42%，玉米筋蛋白質的最高含量達 22%，飼糧的粗蛋白質為 32%、36%、或 40%；在所有飼糧處理組中，增重效果最好的飼糧處理組是粗蛋白質含量 36%的商業飼糧(5320%增加)和含 35%玉米乾酒粕而粗蛋白質 40%的飼糧(5100% 增加)。最好的飼料效率是對照組 (1.05)和兩組分別含 35%玉米乾酒粕(1.13)和 30%玉米麩皮(1.12)的 40%粗蛋白質飼糧；蛋白質效率比(增重/飼糧蛋白質)最好的是對照組(3.79) 和兩組分別含 49%玉米乾酒粕(3.71)和 42%玉米麩皮(3.55)的 36%粗蛋白質飼糧。研究人員根據上述結果所下的結論是粗蛋白質 32%、36%、和 40% 以及含 16 到 49%高蛋白質酒精產業副產品都可以讓吳郭魚苗的增重、飼料效率、和蛋白質效率比都保持在滿意的程度。

在水產飼料考慮使用玉米乾酒粕需要了解的一個問題是如果用大量的酒精產業副產品(玉米乾酒粕、玉米麩皮、玉米筋蛋白)搭配合成胺基酸配製蛋白值較低的飼糧是否能維持滿意的生長性狀。Wu et al., (1997) 以 54-92%的酒精產業副產品搭配合成離胺酸和色胺酸配製粗蛋白質含量 28-32%的飼糧，餵飼起始體重 0.5 公克的吳郭魚幼苗，試驗為期八週。含 82%玉米乾酒粕和合成離胺酸與色胺酸的粗蛋白質 28%飼糧及含 67%玉米麩皮和 26%黃豆粉的飼糧在飼料效率(1.76 和 1.43)及蛋白質效率比(1.82 和 2.21)和粗蛋白質含量 32%的對照組飼糧(飼料效率 1.25、蛋白質效率比 2.05)在統計上沒有顯著差異。由此可見玉米乾酒粕和其它酒精產業副產品只要搭配合成胺基酸就有可能配製完全取代魚粉的全植物性吳郭魚飼糧配方。

Tidwell et al. (2000) 進行一項試驗評估尼羅吳郭魚和淡水大蝦混養時餵飼打粒和打粒的玉米乾酒粕對生長性狀、存活率、和體組成的影響。餵飼打粒玉米乾酒粕的吳郭魚生長速度比餵飼不打粒的快；但是餵飼商業飼料的對照組在個體重量、長度和飼料效率方面都優於餵飼打粒或打粒的玉米乾酒粕。雖然餵飼商業飼料的生長性狀較好，但是成本也較高(0.66 美元/公斤增重)，而餵飼不打粒和打粒玉米乾酒粕每公斤增重的成本分別只需要 0.26 和 0.37 美元。每公頃淡水大蝦的產量有 1449 公斤，加上吳郭魚可以使飼養池的生產率達 81%。這些研究的結果證實玉米乾酒粕可以提供吳郭魚經濟有效的生長，而且在溫帶地區將吳郭魚和淡水大蝦混養可以改善飼養池的整體效率。

尼羅吳郭魚幼魚(體重 9.4 公克) 分別餵飼以 0, 10, 20, 40% 玉米乾酒粕和以 40% 玉米乾酒粕搭配合成離胺酸部分取代黃豆粉和玉米粉的飼糧，經過 10 週之後以 *Streptococcus iniae* 攻毒(Lim et al., 2007)。餵飼含 40% 玉米乾酒粕飼糧的魚增重、蛋白質效率比、體蛋白質、和飼料效率都是所有組別中最差的，但是 40% 玉米乾酒粕飼糧添加合成離胺酸可以改善增重和蛋白質效率比；餵飼含玉米乾酒粕飼糧對攻毒後出現死亡現象的天數、14 天的累積死亡率和血液及免疫指標沒有顯著的影響。這組研究人員的結論是玉米乾酒粕在吳郭魚飼糧的用量可以達 20% 來部份取代黃豆粉與玉米粉，對於生長性狀、體組成、血液及免疫反應、對 *Streptococcus iniae* 感染的抵抗力都沒有影響。

鱸魚 Sunshine bass (*Morone chrysops x M-saxatilis*)

Thompson et al. (2008) 最近進行一項試驗評估兩種魚粉、兩種家禽副產品、黃豆粉、和玉米乾酒粕在鱸魚飼糧的乾物質、蛋白質、脂肪、和有機物的消化率。餵飼含玉米乾酒粕飼糧的鱸魚蛋白質(65%)和有機物(17%)表面消化率最低，餵飼鱈魚粉的飼糧蛋白質和有機物表面消化率分別為 (86 和 89%)，是所有飼養組最好的。這個試驗所用的玉米乾酒粕品質沒有詳細說明，但從消化率上看起來品質是很差，和其它在不同水產動物飼糧使用玉米乾酒粕的結果完全不同。

結論

根據最近的研究，玉米乾酒粕在各水產飼糧的最高使用量詳列於表 2。雖然這些科學文獻都沒有特別說明所使用玉米乾酒粕的來源和品質，在實際使用時應該選擇金黃色的優質玉米乾酒粕以確保最佳的營養消化率；在玉米乾酒粕使用量很高時，品質尤其重要。

表 2. 不同水產飼糧使用玉米乾酒粕的最高推薦量。

水產種類	% 玉米乾酒粕	說明
鱈魚	Up to 30%	
鱒魚	Up to 15%	未添加合成離胺酸和甲硫胺酸
鱒魚	Up to 22.5%	添加合成離胺酸和甲硫胺酸
鮭魚	Up to 10%	
淡水大蝦	Up to 40%	可以取代飼糧中部份和所有的魚粉
白蝦	Up to 10%	可以取代飼糧中等量的魚粉
吳郭魚	Up to 20%	未添加合成離胺酸和色胺酸的高蛋白質(40%)飼糧
吳郭魚	Up to 82%	添加合成離胺酸和色胺酸的低蛋白質(28%)飼糧

參考文獻

- Cheng, Z.J., R.W. Hardy, and M. Blair. 2003. Effects of supplementing methionine hydroxyl analogue in soybean meal and distiller's dried grain-based diets on the performance and nutrient retention of rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)]. *Aquaculture Research* 34:1303-1310.
- Cheng, Z.J. and R.H. Hardy. 2004a. Effects of microbial phytase supplementation in corn distiller's dried grains with solubles on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Appl. Aquacult.* 15:83-100.
- Cheng, Z.J. and R.W. Hardy. 2004b. Nutritional value of diets containing distiller's dried grain with solubles for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Appl. Aquacult.* 15:101-113.
- Coyle, S., T. Najeeullah, and J. Tidwell. 1996. A preliminary evaluation of naturally occurring organisms, distiller by-products, and prepared diets as food for juvenile freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *J. Appl. Aquacult.* 6:57-66.
- Jauncey, K., and B. Ross. 1982. A guide to tilapia feeds and feeding. University of Stirling, Institute for Aquaculture, Stirling, UK.
- Lim, C., J.C. Garcia, M. Yildirim-Aksoy, P.H. Klesius, C.A. Shoemaker and J.J. Evans. 2007. Growth response and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing distiller's dried grains with soluble. *J. World Aquac. Soc.* 38(2):231-237.
- Lim, C., M. Yildirim-Aksoy, and P.H. Klesius. 2009. Growth Response and Resistance to *Edwardsiella ictaluri* of Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, Fed Diets Containing Distiller's Dried Grains with Solubles. *J. World Aquac. Soc.* 40(2):182-193.
- Robinson, E.H. 1991. Improvement of cottonseed meal protein with supplemental lysine in feeds for channel catfish. *J. Appl. Aquacult.* 1 (2):1-14.
- Robinson, E.H. and M.H. Li. 2008. Replacement of soybean meal in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diets with cottonseed meal and distiller's dried grains with solubles. *J. World Aquac. Soc.* 39(4):521-527.
- Shiau, S.Y., J.L. Chuang, and G.L. Sun. 1987. Inclusion of soybean meal in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) diets at two protein levels. *Aquaculture* 65:251-261.
- Stone, D.A.J., R.W. Hardy, F.T. Barrows, and Z.J. Cheng. 2005. Effects of extrusion on nutritional value of diets containing corn gluten meal and corn distiller's dried grain for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Appl. Aquacult.* 17:1-20.
- Thompson, K.R., S.D. Rawles, L.S. Metts, R. Smith, A. Wimsatt, A.L. Gannam, R.G. Twibell, R.B. Johnson, Y.J. Brady, and C.D. Webster. 2008. Digestibility of dry matter, protein, lipid, and organic matter of two fish meals, two poultry by-product meals, soybean meal, and distiller's dried grains with solubles in practical diets for sunshine bass, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. *J. World Aquac. Soc.* 39(3):352-363
- Tidwell, J.H., C.D. Webster, and D.H. Yancey. 1990. Evaluation of distillers grains with solubles in prepared channel catfish diets. *Transactions of the Kentucky Academy of Science* 51:135-138.
- Tidwell, J.H., C.D. Webster, J.A. Clark, and L.R. D'Abramo. 1993a. Evaluation of distillers dried grains with solubles as an ingredient in diets for pond culture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *J. World Aquacult. Soc.* 24:66-70.
- Tidwell, J.H., C.D. Webster, D.H. Yancey, and L.R. D'Abramo. 1993b. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and distiller's by-products in diets for pond culture of the freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Aquaculture* 118:119-130.

- Tidwell, J.H., S.D. Coyle, A. VanArnum, C. Weibel, and S. Harkins. 2000. Growth, survival, and body composition of cage cultured Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed pelleted and unpelleted distillers grains with solubles in polyculture with freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. J. World Aquacult. Soc. 31:627-631.
- Webster, C.D., J.H. Tidwell, and D.H. Yancey. 1991. Evaluation of distillers grains with solubles as a protein source in diets for channel catfish. Aquaculture 96:179-190.
- Webster, C.D., J.H. Tidwell, L.S. Goodgame, and P.B. Johnsen. 1993. Growth, body composition, and organoleptic evaluation of channel catfish fed diets containing different percentages of distiller's grains with solubles. The Progressive Fish-Culturist 55:95-100.
- Wilson, R.P., and W.E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. Aquaculture 46:19-25.
- Wu, Y.V., R.R. Rosati, D.J. Sessa, and P.B. Brown. 1994. Utilization of protein-rich ethanol co-products from corn in tilapia feed. Journal of American Oil Chemists Society 71:1041-1043.
- Wu, Y.V., R.R. Rosati, and P.B. Brown. 1996. Effect of diets containing various levels of protein and ethanol coproducts from corn on growth of tilapia fry. J. Agric. Food Chem. 44:1491-1493.
- Wu, Y.V., R.R. Rosati, and P.B. Brown. 1997. Use of corn-derived ethanol coproducts and synthetic lysine and tryptophan for growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. J. Agric. Food Chem. 45:2174-2177.