

## 第六章 DDGS 在水产日粮中的应用

水产养殖是世界上进行食物生产发展最快的产业之一。多年来,在商业化鱼用饲料中,鱼粉常被作为日粮中最主要的蛋白质来源。但是,全球范围内的鱼粉生产量下降,鱼粉价格提高,因此鱼类营养学家开始考虑使用更廉价的植物蛋白饲料。在鱼用饲料中,人们传统上都认为植物蛋白饲料质量比不上鱼粉。但是,如果将两种或者更多的优质植物蛋白饲料,比如含可溶物干玉米酒糟 (DDGS) 和豆粕,使用到鱼料中,它们极有可能代替日粮中的全部鱼粉。因此,鱼类营养学家一直都在评估这些能代替鱼粉的植物蛋白饲料,来降低或者代替昂贵的鱼粉,从而降低饲料成本。与鱼粉相比,DDGS 含有适量的高蛋白质,较低的磷含量,同时价格低廉,所以全球都逐渐关注 DDGS 在水产饲料中的使用。而且,DDGS 不含有抗营养因子,而在其他的植物蛋白饲料中,如豆粕和棉籽粕中,分别含有胰蛋白酶抑制因子和棉酚。

和世界范围内的家畜和家禽生产一样,水产养殖也受到日益增加的环境法规的约束。从渔场中排出的水中最关注的是两个营养素,即氮和磷。与鱼粉相比,豆粕和 DDGS 中的蛋白质高些,但是磷的含量非常低。结果就是,使用 DDGS 和豆粕代替了鱼料中的鱼粉后,日粮中的总磷水平降低,从渔场中排出的废水中磷水平也降低。

这篇文章总结了在鱼料中使用 DDGS 的最近研究结果,并且根据这些研究结果,对 DDGS 在鱼料中的最大使用量进行了重新推荐。

### 鲶鱼

DDGS 在鲶鱼饲料中使用的最引人注意的特点之一是它不含有任何抗营养因子,其他的植物蛋白饲料,如豆粕和棉粕,分别含有胰蛋白酶抑制因子 (Wilson 和 Poe, 1985; Shiau 等, 1987) 和棉酚 (Jauncey 和 Ross, 1982; Robinson, 1991)。Tidwell 等 (1990) 做了一个试验,使用 0%、10%、20% 和 40% DDGS 的鱼料,代替了一部分的玉米和豆粕,来饲喂鲶鱼小鱼,为期 11 周。11 周饲喂过后,鱼类的个体体重、成活率、饵料系数或者蛋白质转化效率在处理间没有明显差异 (表 1)。但是,含有 20% DDGS 组的饲喂期与其他处理组相比要稍短些。

Webster 等 (1993) 也做了一个研究,使用 0%、10%、20% 或 30% DDGS 的鱼料,代替了一部分的玉米和豆粕,来饲喂网箱鲶鱼幼鱼。个体鱼体重、成活率、饵料系数、胴体组成、胴体废物 (头、皮肤、内脏) 和鱼片的感观评价在处理间都没有差异。这项研究结果说明高达 30% 的 DDGS 添加到鱼料中不会对鱼的生长性能、胴体组成和鱼片感觉质量有负面影响。因此,可以考虑在鲶鱼饲料中使用 DDGS (Tidwell 等, 1990; Webster 等, 1991)。

**表1 鲮鱼小鱼饲料中使用不同水平的DDGS  
对长度、成活率、最终体重、饵料系数和蛋白质效率系数的影响**

	0% DDGS	10% DDGS	20% DDGS	40% DDGS
长度, 毫米	115.2	114.1	107.4	117.8
成活率, %	67.5	70.0	80.0	90.0
最终体重, 克	17.3	15.2	13.2	16.5
饵料系数	2.85	3.23	3.20	2.60
蛋白质效率系数	0.99	0.87	0.88	1.05

## 虹鳟

象虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)这样的肉食性鱼类需要大量的鱼粉(300到500克/公斤日粮)。因此,当鱼粉的价格很高时,鱼类营养学家开始评估如DDGS这样的可选蛋白质原料能否部分替代鱼粉。

Cheng 和 Hardy (2004a)报道,他们未发表的试验数据说明,对虹鳟而言,DDGS中营养成分具有高的表观消化率。粗蛋白质、必需氨基酸、非必需氨基酸的表观消化率分别为90.4%,90%以上(苏氨酸除外,为87.9%)和86%以上(胱氨酸除外,75.9%)。但是,他们也指出限制DDGS在虹鳟日粮中使用的因素之一是最关键的限制性氨基酸(赖氨酸和蛋氨酸)含量较低,而鱼粉中的含量很高。所以,为了达到令人满意的生长性能,在日粮中需要额外添加合成赖氨酸和蛋氨酸。

Cheng 和 Hardy (2004a)做了一个为期6周的饲养试验,虹鳟鱼的起始体重是50克。试验日粮中分别使用了0%、7.5%、15%和22.5% DDGS,同时添加或者未添加合成赖氨酸和蛋氨酸,来估计DDGS的营养价值。试验鱼的成活率是100%。与鱼粉处理组相比,在等能等氮的基础上使用15%DDGS或者取代50%鱼粉的处理组虹鳟鱼体重和饵料系数都相似。这个结果说明在鱼料中即使使用了高达15%DDGS代替50%鱼粉,也没有必要添加合成赖氨酸和蛋氨酸来达到令人满意的生长性能。另外,虹鳟日粮中还可以使用22.5%的DDGS和合成赖氨酸及蛋氨酸来代替75%的鱼粉。而且,Cheng等(2003)的研究说明,在起始体重50克的虹鳟日粮中同时使用豆粕、DDGS和1.65克/公斤的蛋氨酸羟基类似物(MHA)来代替50%的鱼粉后,体重、饵料系数、粗蛋白质沉积和磷沉积都比无MHA日粮有显著提高。

Cheng 和 Hardy (2004b)还测定了使用植酸酶对DDGS中营养成分表观消化率的影响,以及日粮中含有DDGS、植酸酶和不同水平微量元素时对虹鳟生长性能和表观营养成分沉积的影响。30%DDGS日粮中添加不同水平的植酸酶(0、300、600、900和1200 FTU/公斤日粮),干物质表观消化率为49~59%,粗脂肪表观消化率为79~89%,粗蛋白质表观消化率为80~92%,总能表观消化率为51~67%,氨基酸表观消化率为74~97%,矿物质表观消化率为7~99%。当日粮中的DDGS含量为15%,并添加了赖氨酸、蛋氨酸、植酸酶和不同水平的微量元素预混料时,体重、饵料系数、成活率、体组成和表观营养成分沉积都没有差异,无微量元素预混料的日粮与上述处理有差异。这些结果说明植酸酶能有效地释放大部分微量元素,而且虹鳟日粮中添加植酸酶后可以降低微量元素的添加量。

Stone等(2005)评价了膨化处理对虹鳟日粮中玉米蛋白粉和DDGS营养成分价值的影响。

代替鱼粉的程度与日粮中 DDGS 与玉米蛋白粉的比例有关。他们的研究结果说明，实际日粮中使用高达 18% 的这些副产品来代替 25% 的鱼粉对生长性能没有任何负面影响。他们还发现将含有 DDGS 和玉米蛋白粉的日粮进行膨化处理并不能比冷制粒的效果好。

## 淡水虾

有几项研究做了在饲料中使用 DDGS 来饲喂淡水虾的试验。在第一个试验中，Tidwell 等 (1993a) 用含有 0%、20% 或 40% DDGS 的等氮日粮 (29% 粗蛋白质) 来饲喂淡水稚虾 (0.66 克)。这三种日粮对平均产量 (833 公斤 / 公顷)、成活率 (75%)、虾个体体重 (57 克) 和饵料系数 (3.1) 都没有差异。这些结果说明，对饲养密度为 19,760 / 公顷的虾池，可以使用高达 40% DDGS 的虾料，虾的生长性能依然良好。

第二个试验中，Tidwell 等 (1993b) 评价了在池塘饲养淡水稚虾 (0.51 克) 时，用豆粕和 DDGS 来部分代替鱼粉的效果。设计了三种日粮，都含有 32% 粗蛋白质，分别使用了 15%、7.5% 和 0% 的鱼粉。鱼粉用不同的豆粕和固定的 DDGS (40%) 含量来取代。这三种日粮对平均产量、成活率、个体体重和饵料系数都没有影响。研究者指出使用豆粕和 DDGS 代替鱼粉后，日粮中的谷氨酰胺、果仁糖、丙氨酸、亮氨酸和苯丙氨酸提高，而天冬氨酸、甘氨酸、精氨酸和赖氨酸的水平降低。当用豆粕和 DDGS 来代替鱼粉时，脂肪酸组成也发生了变化。16:0、18:2n-6 和 20:1n-9 含量提高，而 14:0、16:1n-7、18:1n9、18:3n-3、20:5n-3、22:5n-3 和 22:6n-3 含量下降。这些结果说明，在温带气候下，池塘养殖淡水虾时，在饲料中可以使用豆粕和 DDGS 来部分或者全部代替鱼粉。Coyle 等 (1996) 认为稚虾 (2 克以上) 可以直接使用 DDGS，DDGS 可以作为饲料，也可以作为肥水剂使用。

## 罗非鱼

罗非鱼是世界上养殖非常普遍的热带鱼类。Wu 等 (1994) 报导，在起始体重 30 克的罗非鱼上，与含有鱼粉、粗蛋白质为 36% 的商业鱼料相比，使用 18% 的玉米蛋白粉、或粗蛋白质为 32% 或者 36% 的 DDGS 的饲料后，罗非鱼的增重更快。

Wu 等 (1996) 的第二个试验评价了对较小的罗非鱼 (起始体重 0.4 克)，饲料中使用高达 49% 的 DDGS 或 42% 玉米蛋白饲料或 22% 的玉米蛋白粉，粗蛋白质水平分别为 32%、36% 和 40% 时，在 8 周内对罗非鱼生长表现的影响。在 8 种饲料中，使用 36% 粗蛋白质水平的商业鱼料和含有 35% DDGS 粗蛋白质水平为 40% 的鱼料后，罗非鱼的生长速度最快，分别为 5,320% 和 5,100%。使用商业鱼料、含有 35% DDGS、或含有 30% 玉米蛋白饲料后，饵料系数最低，分别为 1.05、1.13 和 1.12。使用商业鱼料、49% DDGS 粗蛋白质为 36%、或 42% 玉米蛋白饲料粗蛋白质也是 36% 后，蛋白效率系数 (增重 / 摄入蛋白质数量) 最好，分别为 3.79、3.71 和 3.55。总结以上结果，研究者认为饲料蛋白质水平为 32%、36% 和 40% 时，对罗非鱼鱼苗来说，使用 16~49% 的蛋白质含量丰富的酒精副产品将会获得良好的增重、饵料系数和蛋白质效率系数。

在水产饲料中使用 DDGS 时，非常重要的是知道在低蛋白质水平下，使用较多的酒精副产品 (DDGS, 玉米蛋白饲料, 玉米蛋白粉) 和合成氨基酸能否获得令人满意的生长表现。Wu 等 (1997) 评价了在 8 周内，日粮蛋白质水平为 28% 或 32% 时，使用合成赖氨酸和色氨酸及

54~94%酒精副产品后对罗非鱼鱼苗（起始体重0.5克）生长性能的影响。使用蛋白质水平为28%、DDGS含量为82%并使用合成赖氨酸和色氨酸，或含有67%玉米面筋饲料和26%大豆粉的日粮，饵料系数分别为1.76和1.43，蛋白质效率系数分别为1.82和2.21，它们与蛋白质水平为32%的对照日粮（饵料系数为1.25，蛋白质效率系数为2.05）在统计上都没有显著差异。基于这些结果，可以认为在罗非鱼稚鱼日粮中，有可能使用DDGS和其它酒精副产品及合成氨基酸来全部代替鱼粉，即设计全植物蛋白质日粮。

Tidwell等(2000)评价了将DDGS制粒或者未制粒情况下，饲喂在网箱中混养的尼罗罗非鱼和淡水虾，对它们的生长、成活率和体组成的影响。与未制粒DDGS相比，制粒后的DDGS能促进罗非鱼的生长。但是，如果与商业鲶鱼饲料相比，DDGS无论是在制粒或者未制粒下，个体体重、个体长度、特异生长速度和饵料系数都低。虽然使用商业饲料鱼的长速较快，但是生产费用较高，为0.66美元/公斤增重，而制粒或者未制粒的DDGS鱼料却分别只有0.26美元/公斤增重和0.37美元/公斤增重。虾的产量为1,449公斤/公顷，如果加上混养的罗非鱼，总产量提高了81%。这些研究者最后认为，在温热天气下，饲喂含有DDGS的日粮可以更经济地使罗非鱼生长，而且在淡水虾养殖池塘中套养罗非鱼会提高整个池塘的经济效益。

## 结论

总结了最近的研究结果后，DDGS在鱼料中的最大使用量见表2。

表2 不同鱼类饲料中现在推荐的最大DDGS用量

鱼类	% DDGS	注释
鲶鱼	最高30%	
鳊类	最高15%	不额外添加合成赖氨酸和蛋氨酸
鳊类	最高22.5%	额外添加合成赖氨酸和蛋氨酸
三文鱼	最高10%	
淡水虾	最高40%	可以部分或者全部代替日粮中的鱼粉
虾	最高10%	没有研究结果，但是基于在淡水虾中的研究结果，最小10%DDGS的用量应该可以接受
罗非鱼	最高35%	在高蛋白质日粮（40%粗蛋白质）中，没有添加合成赖氨酸
罗非鱼	最高82%	低蛋白质日粮（28%粗蛋白质）中，额外添加合成赖氨酸和色氨酸

## 参考文献

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)]. 2003. *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*). *Journal of Applied Aquaculture* 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*). *Journal of Applied Aquaculture* 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*). *Journal of Applied Aquaculture* 6:57-66.

Jauncey, K., and B. Ross. 1982. *A guide to tilapia feeds and feeding*. University of Stirling, Institute for Aquaculture, Stirling, UK.

Robinson, E.H. 1991. Improvement of cottonseed meal protein with supplemental lysine in feeds for channel catfish. *Journal of Applied Aquaculture* 1 (2):1-14.

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*. *Journal of Applied Aquaculture* 17:1-20.

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*. *Journal of the World Aquaculture Society* 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*. *Journal of the World Aquaculture Society* 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.

Weigel, J.C., D. Loy, and L. Kilmer. 1997. *Feeding co-products of the dry corn milling process*. Renewable Fuels Association and National Corn Growers Association. Washington, D.C. and St. Louis, MO p. 8.

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. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 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. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 45:2174-2177.