

淡水养殖太平洋鲑鱼日粮中添加适宜油脂品种研究^{*}

冯 健¹, 陈志伟², 李程琮¹, 刘栋辉¹, 梁桂英¹

(1. 中山大学水生经济动物研究所, 广东 广州 510275;

2. 广东顺德华星饲料厂, 广东 顺德 528311)

摘 要: 在日粮中添加 11.5% 的 4 种不同脂肪源饲养 180 尾初始体质量约为 110 g 的太平洋鲑鱼 *Sciaenops ocellatus* 于水泥池中 56 d。实验分 4 组, 每组 3 个平行池, 每池 15 尾鱼。研究淡水养殖太平洋鲑鱼日粮中添加适宜油脂品种。4 组脂肪源分别为鱼油、大豆油、大豆磷脂和玉米油。实验表明: ① 饲以 4 种不同脂肪源日粮的太平洋鲑鱼存活率相似, 但大豆磷脂组的相对增长率、饲料报酬与蛋白效率比显著好于鱼油组、大豆油组和玉米油组 ($P < 0.05$), 其相对增长率分别提高了 27%, 23% 和 21%。其次为添加大豆油, 添加玉米油效果较添加鱼油稍好, 但后 3 者之间无显著性差异 ($P > 0.05$); ② 添加大豆磷脂与玉米油日粮的太平洋鲑鱼肠系膜脂肪与肝脏脂肪含量显著性少于鱼油组, 但肥满度和背肌中脂肪含量较添加鱼油与大豆油日粮的太平洋鲑鱼明显提高 ($P < 0.05$); ③ 在太平洋鲑鱼日粮中添加大豆油、大豆磷脂与玉米油较添加鱼油对肝脏脂肪中脂肪酸比例的主要影响为: 显著性提高了总 n-3 系多不饱和脂肪酸比例, 降低了总 n-6 系多不饱和脂肪酸比例 ($P < 0.05$)。实验结果表明, 淡水养殖条件下, 日粮中油脂以添加大豆磷脂的太平洋鲑鱼生长性能最好, 大豆油、玉米油和鱼油效果相似。

关键词: 太平洋鲑鱼 *Sciaenops ocellatus*; 营养; 油脂; 生长

中图分类号: Q175; S917 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2004) S1-0073-04

太平洋鲑鱼 *Sciaenops ocellatus* 是世界范围内广泛养殖, 具有较高营养价值与商品价值的鱼类。在海水养殖环境下, 一般太平洋鲑鱼日粮中应添加鱼油为主要油脂, 因为鱼油富含海水鱼所必需的 C20:5 和 C22:6 脂肪酸。而淡水鱼所必需的为 C18:2 和 C18:3 脂肪酸 (亚油酸与亚麻酸)^[1,2]。在淡水养殖的模式下, 不同油脂对太平洋鲑鱼生长性能的影响尚无相关报道。本实验研究了鱼油、大豆油、大豆磷脂和玉米油 4 种不同的油脂对淡水养殖太平洋鲑鱼生长性能的影响, 其目的是探索淡水养殖太平洋鲑鱼日粮的适宜脂肪源, 为饲料生产提供相关的基础理论与数据。

1 材料与方法

1.1 试验日粮

试验日粮组成和日粮中脂肪酸组成见表 1 和表 2。其营养标准参照 NRC1993 年版。大豆磷脂购自哈尔滨绿原饲料有限公司, 精炼大豆油、玉米油购自红灯油脂有限公司, 鱼油为秘鲁精炼海水鱼油。试验日粮 (w) 蛋白质为 38.5%, 脂肪为 15.1%, 总糖为 24.3%、粗纤维为 1.3%、粗灰份为 5.4%、

消化能为 $3\ 863\ \text{kCal} \cdot \text{kg}^{-1}$ (按蛋白质 $4.5\ \text{kCal} \cdot \text{g}^{-1}$, 脂肪 $8.5\ \text{kCal} \cdot \text{g}^{-1}$, 糖 $3.5\ \text{kCal} \cdot \text{g}^{-1}$ 计算), 能量/蛋白比为 100 左右。共设计 4 组试验日粮 (表 1), 分别为鱼油组、玉米油组、大豆油组、大豆磷脂组。饲料原料经粉碎过 40 目筛, 用双螺杆制粒机制成直径为 2 mm 的颗粒, 置于 $-20\ ^\circ\text{C}$ 冰箱中备用。

1.2 饲养管理

实验太平洋鲑鱼由广东顺德华星饲料有限公司阳山实验鱼场提供。试验鱼平均初始体质量约为 110 g, 在水泥池 ($3\ \text{m} \times 2\ \text{m} \times 1.5\ \text{m}$) 中暂养 7 天后开始正式实验, 每个水泥池中放养 15 尾。每组设 3 个平行重复水泥池, 每天投喂 2 次, 分别为 9:00 和 16:00, 投饲率为总体质量的 1.5%~3%。每 2 周称量 1 次, 调整投饲量。饲养期为 56 d。每天换水 $1/3$ 并记录水温。每天定时充气 12 h, 水温为 $(14 \pm 3.0)\ ^\circ\text{C}$, 溶解氧为 $(7.85 \pm 0.21)\ \text{mg/L}$, pH 7.1 ± 0.1 , 氨氮为 $(0.2 \pm 0.02)\ \text{mg/L}$ 。

其水质条件为溶解氧为 $(7.85 \pm 0.21)\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, pH 7.03 ± 0.4 , 氨氮为 $(0.2 \pm 0.02)\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 总硬度为 1.51 ± 0.16 , 钙为 $(25.8 \pm 0.2)\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 亚硝酸盐为 $(0.101 \pm 0.07)\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 硝酸盐为

^{*} 收稿日期: 2003-11-11

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (2002722)

作者简介: 冯 健 (1958 年生), 男, 副教授; 通讯联系人: 刘栋辉; E-mail: ls79@zsu.edu.cn

(0.110±0.014) mg·L⁻¹。

表 1 试验日粮组成

Tah 1 Composition of the experimental diets					%
组成	鱼油组	玉米油组	大豆磷脂组	大豆油组	
鱼油	11.5	0	0	0	
玉米油	0	11.5	0	11.5	
大豆油	0	0	0	0	
大豆磷脂	0	0	11.5	0	
鱼粉	30	30	30	30	
豆粕	9	9	9	9	
玉米蛋白粉	23.5	23.5	23.5	23.5	
沸石粉	3	3	3	3	
面粉	19	19	19	19	
褐藻酸钠	2	2	2	2	
复合矿物盐 ¹⁾	1	1	1	1	
复合维生素 ²⁾	1	1	1	1	
总计	100	100	100	100	

- 1) 复合矿物盐 w/l: Ca (HPO₄)₂ 61.71, Na₂ (HPO₄)₂ 4.20, NaCl 3.23, K₂SO₄ 16.38, KCl 6.58, FeSO₄ 1.07, 柠檬酸铁 3.83, MgSO₄ 4.42, ZnSO₄ 0.47, MnSO₄ 0.033, CuSO₄ 0.022, CaCl₂ 0.043, KI 0.022;
- 2) 复合维生素 w/%: Inositol 2.22, Vit C 1.11, Calpanate 0.83, Vit B₁ 0.22, Vit B₂ 0.56, Vit B₆ 0.06, Vit K 0.06, Folic acid 0.02, Vit B₁₂ 0.012, Vit H₂ 0.006, Vit E 0.44, Cellulose 94.42

表 2 实验各组日粮中脂肪酸组成

Tah 2 The ratio of fatty acids in lipid of experimental diets				
组别	鱼油组	玉米油组	大豆磷脂组	大豆油组
n-3 PUFA				
18:3	5.2	18	44.7	23.7
20:5	12.7	2.1	2.6	4.9
22:6	8.0	2.1	2.0	4.4
ΣSFA	51.3	32.3	21.1	28.4
ΣMUFA	17.9	37.0	24.5	32.9
Σn-6 PUFA	4.7	8.4	5.1	5.5
Σn-3 PUFA	25.9	22.2	49.3	33.0

1.3 样品采集和分析

各组试验鱼每 2 周称量 1 次，计算其相对生长率与饲料系数。饲养结束后称取各水泥池鱼重，每个水泥池取 2 尾鱼，每个试验组共取 6 尾鱼。分别称量，测量其体长和全长，计算肥满度，取内脏称量计算内脏/躯体比，取肝胰脏称量计算肝/躯体比，剥离肠脂称量计算肠脂/躯体比，取血浆、肝脏、肠脂、背肌样品急冻低温冷冻保存。另取其背肌烘干，测其蛋白、脂肪、灰份含量。使用‘日立’ (Hitachi) 全自动生化分析仪测定血浆中多项

生化指标，其方法参考日立血生化分析指南。各样品中的蛋白用微量凯氏定氮法 (Tecator, Sweden) 测定，灰分用干法灰化法，肝脏、肠脂、肌肉和饲料脂肪含量测定采用甲缩醛—甲醇法，脂肪酸测定采用甲醇钠直接酯化法制备脂肪酸甲酯混合物，并加入十七酸甲酯作为内标物进行气相色谱法分析 (HP5890)。

试验组间数据统计分析采用 Dumcan's 多重比较法，显著水平采用 0.05，极显著水平采用 0.01。

2 结果

2.1 太平洋鲑鱼的相对生长率、存活率、饲料系数和蛋白效率比

各实验组太平洋鲑鱼的相对生长率、存活率、饲料系数和蛋白效率比见表 3。

表 3 各组太平洋鲑鱼相对生长率、存活率、饲料系数和蛋白效率比¹⁾

Tah 3 The relative growth rates, survival rates, feedmodulus and protein efficiency ratio on fish in experimental groups							
组别	始体质量 g	末体质量 g	相对生 长率/%	存活率 %	饲料 系数	蛋白效 率比/%	
鱼油	109.2 ^a	250.7 ^a	2.32 ^a	96 ^a	1.50 ^a	28.2 ^a	
玉米油	112.1 ^a	262.3 ^a	2.40 ^a	96 ^a	1.45 ^a	29.4 ^a	
大豆磷脂	111.7 ^a	295.7 ^b	2.95 ^b	96 ^a	1.21 ^b	34.9 ^b	
大豆油	112.8 ^a	266.9 ^a	2.44 ^a	93 ^a	1.39 ^a	30.6 ^a	

- 1) 同一行数据右上角字母代表有显著差异 ($P < 0.05$);
- 存活率= $\frac{\text{终末尾数}}{\text{初始尾数}} \times 100\%$
- 相对生长率= $\frac{\text{末体质量} - \text{初体质量}}{\text{初体质量} / \text{饲养天数}} \times 100\%$
- 饲料转换系数= $\frac{\text{摄食饲料总量}}{\text{末体质量} - \text{初体质量}}$
- 蛋白效率比= $\frac{\text{末体质量} - \text{初体质量}}{\text{摄食蛋白总量}}$

从表 3 可以看出，饲养 56 d 后，各组太平洋鲑鱼的存活率相似，无显著性差异 ($P > 0.05$)。但大豆磷脂组太平洋鲑鱼的相对生长率、饲料报酬与蛋白效率比显著好于鱼油组、玉米油组和大豆油组 ($P < 0.05$)，其相对生长率分别提高了 27%，23% 和 21%。其次为添加大豆油，添加玉米油效果较添加鱼油稍好，但后三者之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。实验表明，在淡水养殖条件下，太平洋鲑鱼日粮中添加大豆磷脂具有最好的生长效率和饲料报酬。

2.2 太平洋鲑鱼的肥满度、肠脂比、肝体比、肝脏脂肪含量

实验各组太平洋鲑鱼的肥满度、肠脂比、肝体

比、肝脏与背肌脂肪含量见表 4。

从表 4 可以看出, 大豆磷脂组与玉米油组太平洋鲑鱼的肥满度与肝体比显著性高于鱼油组与大豆油组, 而肠脂比显著性低于鱼油组与大豆油组; 鱼油组肝脏脂肪含量显著性高于其他 3 组 ($P < 0.05$)。实验表明, 添加大豆磷脂与玉米油日粮的太平洋鲑鱼肠系膜脂肪与肝脏脂肪含量较少, 但肥满度较高。

表 4 实验各组太平洋鲑鱼的肥满度、
肠脂比、肝体比与肝脏脂肪含量¹⁾

Tah 4 The degree of grossness, liver/body and rates of lipid
in mesentery/body, content of lipid in liver on
Pacific salmon in experimental groups

组别	肥满度	肠脂比	肝体比	肝脂肪含量
鱼油组	1.84 ^a	3.17 ^a	0.92 ^a	15.09 ^a
玉米油组	2.04 ^b	2.20 ^b	0.99 ^{ab}	13.45 ^b
大豆磷脂组	2.02 ^b	2.52 ^b	1.08 ^b	13.13 ^b
大豆油组	1.82 ^a	3.07 ^a	0.94 ^a	12.43 ^b

1) 同一行数据右上角字母代表有显著差异 ($P < 0.05$);

2.3 太平洋鲑鱼的背肌水分、脂肪、蛋白质与灰份含量

实验各组太平洋鲑鱼背肌水分、脂肪、蛋白质与灰份含量见表 5。

表 5 实验各组太平洋鲑鱼背肌水份、脂肪、
蛋白质与灰份含量¹⁾

Tab. 5 The content of water, lipid, protein and ash
in back muscle on Pacific salmon in experimental groups

组别	背肌水分 %	背肌脂肪 %	背肌蛋白质 %	背肌灰份 %
鱼油组	72.9 ^a	5.80 ^a	17.95 ^a	1.34 ^a
玉米油组	71.7 ^b	6.95 ^b	17.66 ^a	1.32 ^b
大豆磷脂组	71.5 ^b	6.74 ^b	18.62 ^b	1.36 ^a
大豆油组	72.2 ^{ab}	6.28 ^{ab}	18.60 ^b	1.37 ^a

1) 同一行数据右上角字母代表有显著差异 ($P < 0.05$);

从表 5 可以看出, 大豆磷脂组与玉米油组太平洋鲑鱼背肌脂肪含量显著性高于鱼油组与大豆油组 ($P < 0.05$), 而水分、蛋白质与灰份含量显著性低于鱼油组与大豆油组 ($P < 0.05$)。实验表明, 添加大豆磷脂与玉米油日粮的太平洋鲑鱼背肌中脂肪含量较添加鱼油与大豆油日粮的太平洋鲑鱼明显提高。

2.4 太平洋鲑鱼的肝脏脂肪中脂肪酸比例

实验各组太平洋鲑鱼的肝脏脂肪中总饱和脂肪酸、总单不饱和脂肪酸、总多不饱和脂肪酸、总 n-6 系多不饱和和总 n-3 系多不饱和脂肪酸比例见表 6。

从表 6 可以看出, 实验各组太平洋鲑鱼肝脏脂肪中总饱和脂肪酸、总单不饱和脂肪酸、总多不饱和脂肪酸组成相似, 无显著性差异 ($P > 0.05$)。但大豆磷脂组与玉米油组总 n-3 系多不饱和脂肪酸比例显著性低于其它 2 组, 而总 n-6 系多不饱和脂肪酸比例显著性高于其它 2 组 ($P < 0.05$)。实验表明, 在太平洋鲑鱼日粮中添加玉米油与大豆磷脂较添加鱼油对太平洋鲑鱼的肝脏脂肪中脂肪酸比例的主要影响为: 显著性提高了总 n-3 系多不饱和脂肪酸比例, 降低了总 n-6 系多不饱和脂肪酸比例。

表 6 实验各组太平洋鲑鱼的
肝脏脂肪中脂肪酸比例¹⁾

Tah 6 The ratio of fatty acids in lipid of
liver on *P. salmon* in experimental groups

组别	总饱和 脂肪酸	总单 不饱和 脂肪酸	总多 不饱和 脂肪酸	n-6 系 多不饱和 和脂肪酸	总 n-3 系 多不饱和 脂肪酸
鱼油	28.9 ^a	28.4 ^a	41.7 ^a	14.5 ^a	27.2 ^a
玉米油	30.0 ^a	28.7 ^a	40.1 ^a	18.2 ^b	21.9 ^b
大豆磷脂	33.4 ^a	27.5 ^a	38.6 ^a	16.7 ^{ab}	21.9 ^b
大豆油	29.8 ^a	25.2 ^a	44.6 ^a	17.9 ^b	26.7 ^a

1) 同一行数据右上角字母代表有显著差异 ($P < 0.05$);

3 讨论

在鱼类营养与水产商业饲料配方中, 对脂肪的研究愈来愈受到重视。大量研究表明, 作为能量物质和饲料原料, 脂肪较淀粉对鱼类有更好的利用效率和节约日粮蛋白质的作用。近年来, 对鲑鳟鱼、罗非鱼、草鱼等研究表明, 在日粮中一定程度范围内提高日粮脂肪含量均可明显提高鱼类生长率、饲料报酬与蛋白效率。但不同的鱼类对日粮中不同脂肪原料的利用有较大的差异^[3,4]。在鱼类日粮中添加脂肪原料必须考虑满足鱼类的必需脂肪酸种类与数量, 如在海水养殖红姑鱼饲料中添加大量以玉米油为主的混合油和在淡水养殖罗非鱼饲料中添加大量的猪油, 使日粮中必需脂肪酸严重缺乏, 均可导致鱼类利用日粮脂肪低下, 脂肪肝病, 生长缓慢与大量死亡^[3,9]。

一般认为, 淡水养殖环境下, 鱼类必需脂肪酸为亚油酸与亚麻酸^[9], 这在本实验中也得到了证实, 在日粮中添加大豆油与玉米油, 太平洋鲑鱼生长性能均稍好于鱼油组。实验各组肝脏、背肌与肠系膜脂肪中虽然添加大豆油与大豆磷脂较添加鱼油太平洋鲑鱼 n-3 系多不饱和脂肪酸与 n-3 系多不饱和脂肪酸有显著性差异, 但总多不饱和脂肪酸比例

相似。说明在日粮脂肪水平为 15%左右时，添加大豆磷脂、大豆油、玉米油或鱼油均能保证太平洋鲑鱼健康生长。但大豆油能值较高，所以其生长性能稍好于玉米油和鱼油。添加大豆磷脂日粮较添加鱼油、玉米油与大豆油太平洋鲑鱼生长性能明显提高 20%以上，其原因因为大豆磷脂虽然能值较大豆油、玉米油低，但其中一半以上脂肪酸是以磷脂酰胆碱、磷脂酰乙醇胺、磷脂酰肌醇等复合脂形式存在，除了提供鱼类能量需要外，在鱼体内脂质和其他营养物质的吸收、消化、转运与代谢过程中，也起到重要的生理功能作用。这从大豆磷脂组太平洋鲑鱼的肝脏与肠系膜脂肪较少，肌肉中脂肪较多等现象中得到进一步证实。综上所述，在淡水养殖条件下，太平洋鲑鱼日粮的适宜脂肪源为大豆磷脂，玉米油或大豆油均可替代海水鱼油。

参考文献:

[1] ARGENT J, McEVOY L. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and further direction[J] . Aquaculture, 1999, 179(4) : 217—229.

[2] ULATI S K, ASHES L R. Hydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids and their incorporation fat[J] . Animal Feed Science and Technology, 1999, 79(15) : 57—64.

[3] RAINUZZO J, REITAN K. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review[J] . Aquaculture, 1997, 155(2) : 103—115.

[4] SARGENT J, BELL G. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish[J] . Aquaculture , 1999, 177(2) : 191—199.

[5] 冯健, 刘永坚, 田丽霞, 等. 红姑鱼日粮蛋白质和脂肪水平与脂肪肝病关系研究[J] . 水产学报, 2002, 26(suppl.) : 71—77.

[6] HALVER J E. Fish Nutrition[M] . Sec edi. London: Academic Press, 1988: 185—200.

Optimal Dietary Oil Kind for Growth of Pacific Salmon,
Oncorhynchus spp. Breeding in Freshwater

FENG Jian¹, CHEN Zhi wei², LIU Dong hui¹, LIANG Gui ying¹

(1. Institute of Aquatic Animal, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Huaxing Feed Ltd, Shunde 528311, Guangdong, China)

Abstract: A growth experiment was conducted to determine the kind of optimal dietary natural lipid in Pacific salmon, *Oncorhynchus* spp.. 11.5% four natural lipids (fish oil, soybean oil, soybean phospholipid and corn oil) added in basic feed were fed 8 weeks to triplicate groups of Pacific salmon about 110 g in cement ponds. It is found: ① Survival ratio (SR) in every group was similar. Weight gain was highest in fish fed soybean phospholipid diet, followed by soybean oil diet, then by corn oil diet and lowest in fish fed fish oil diet. Relative growth rate (RGR) of fish fed soybean phospholipid diet was 27%, 23%和 21% higher than fish fed fish oil diet, corn oil diet and soybean oil diet ($P < 0.05$). feed modulus (FM) and protein efficiency ratio (PER) in fish generally followed by the same pattern of weight gain; ② the contents of lipid in liver and mesentery were significantly lower in fish fed soybean phospholipid diet and corn oil diet than fish fed fish oil diet, but the contents of lipid in back muscle and the rate of grossness were higher ($P < 0.05$); ③the rate of 3 n polyunsaturated fatty acids (3-PUFA) in lipid of liver, back muscle and mesentery by fish fed soybean phospholipid diet , soybean oil and corn oil diet were significantly higher than fish fed fish oil diet, but the rate of 6 n polyunsaturated fatty acids (6-PUFA) were lower ($P < 0.05$). The experimental result indicated that soybean phospholipid was optimal dietary natural lipid in Pacific salmon breeding in freshwater on the performance of growth and fish oil, soybean oil and corn oil had similar effect.

Key words: *Oncorhynchus* spp. ; nutrition; lipid; growth