

# 加州鲈对 15 种饲料原料体外消化率的测定

汪福保 殷文斌 周 萌 朱旺明 罗祖征 杨献秀

**摘要:**采用“胃-肠”两步法测定了加州鲈(*Micropterus salmoides*)对 15 种饲料原料的体外消化率,并与银鲈(*Bidyanus bidyanus*)体内消化率数据进行了比较。结果表明,加州鲈对秘鲁鱼粉、喷干血粉、豆粕、花生麸、玉米蛋白粉、酵母膏、破壁酵母 7 种原料的体外消化率较高(干物质>45%,蛋白质>71%),对玉米、DDGS 消化率较低(干物质<17%,蛋白质<61%),且大部分原料的体内、外消化率结果具有极显著的相关性( $P<0.01$ )。体外消化率的结果可为加州鲈饲料原料的选择提供参考依据。

**关键词:**加州鲈;体外消化率;饲料原料

中图分类号:S963

文献标识码:A

文章编号:1001-991X(2012)04-0017-03

## Apparent digestibilities of 15 feedstuffs in vitro for largemouth bass (*Micropterus salmoides*)

Wang Fubao, Yin Wenbin, Zhou Meng, Zhu Wangming, Luo Zuzheng, Yang Xianxiu

**Abstract:** Apparent digestibilities of 15 feedstuffs in vitro for largemouth bass (*Micropterus salmoides*) were determined by stomach-intestine two-step method and the results were compared with apparent digestibilities in vivo for silver perch (*Bidyanus bidyanus*). The results showed that, the apparent digestibilities of peruvian fishmeal, spray-dried blood meal, soybean meal, peanut residue, corn gluten meal, yeast extract and wall-broken yeast extract in vitro were higher (dry matter digestibilities >45% and crude protein digestibilities >71%), while that of corn and DDGS was relatively lower (dry matter digestibilities <17% and crude protein digestibilities <61%), and significant correlations were found between apparent digestibilities for most of the detected feedstuffs in vitro and in vivo ( $P<0.01$ ). The results of digestibility in vitro can be regarded as a reference in feedstuff choosing for largemouth bass.

**Key words:** *Micropterus salmoides*; in vitro digestibility; feedstuff

加州鲈学名大口黑鲈(*Micropterus salmoides*),属鲈形目、太阳鱼科、黑鲈属,是一种原产于美国加利福尼亚州的肉食性鱼类。1984年引入我国,因其肉嫩味美深受广大消费者的喜爱,素有“淡水石斑”之称,已成为我国淡水养殖的一种重要经济鱼类。目前,加州鲈大部分尚以冰鲜小杂鱼作为饵料,这不仅易造成资源浪费和环境污染,还带来病害的流行。能满足加州鲈生长需要的人工配合饲料研制尚未完全成熟,加州鲈对各种饲料原料消化率的数据还十分有限(钱国英,2001;汪广军等,2008;NRC,2011)。体内消化率能够比较准确地对饲料营养价值进行评定,但往往耗时、费力,很难在短时间内对大量的饲料样品进行评价分析,水产动物还存在粪便收集困难的问题。而体

外消化率具简单、快捷、重复性好等特点,能为不同饲料原料的比较提供可靠的依据,在饲料营养价值评定方面占有重要地位(Bassompierre等,1997;Chong等,2002;张铁鹰等,2005)。基于“体外消化率高的原料在鱼体内也应具有较高的消化率”和“由具有较高消化率的原料为主组成的配合饲料对养殖鱼类也应具有较高的消化率,其养殖效果较佳”的原则(罗莉等,1997),我们测定了加州鲈对 15 种饲料原料的体外消化率,为设计优质、高效的加州鲈饲料配方提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验鱼

加州鲈购自广州市天河区长湴市场,体重(357±28)g。

#### 1.2 饲料原料

选用鱼粉、豆粕等 11 种常见饲料原料和苏氨酸蛋白粉(生产苏氨酸的副产物)、酵母培养物(以玉米、麸皮等为发酵底物,经酵母菌发酵得到)、酵母膏(啤酒酵母泥经生物破壁产品,由广州市信豚水产技术有限公司提供)、破壁酵母(商品名为信豚 1 号,由广州市信豚水产技术有限公司提供)等 4 种新型原料为试验对象。固体原料经粉碎机粉碎后过 80 目标准筛。采

汪福保,广州市信豚水产技术有限公司,工程师,510640,广东省广州市天河区五山华南农业大学 79 号楼 9 楼 913。

殷文斌,江苏省镇江市农业委员会。

周萌、朱旺明、罗祖征、杨献秀,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2012-01-10

用常规方法测定各原料的干物质和粗蛋白含量,见表 1。

表 1 待测原料的营养组成(%)

| 原料     | 干物质   | 粗蛋白   |
|--------|-------|-------|
| 秘鲁鱼粉   | 92.23 | 66.95 |
| 喷干血粉   | 92.36 | 94.80 |
| 豆粕     | 91.61 | 45.59 |
| 菜粕     | 88.56 | 37.91 |
| 棉粕     | 90.41 | 51.56 |
| 花生麸    | 93.47 | 59.50 |
| 大豆浓缩蛋白 | 97.78 | 67.97 |
| 玉米蛋白粉  | 92.02 | 63.23 |
| 玉米     | 88.56 | 8.00  |
| DDGS   | 88.76 | 25.96 |
| 苏氨酸蛋白粉 | 89.01 | 76.55 |
| 酵母培养物  | 84.71 | 29.51 |
| 啤酒酵母粉  | 90.91 | 44.70 |
| 酵母膏    | 40.09 | 21.38 |
| 破壁酵母   | 92.66 | 47.67 |

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 粗酶液的制备

参照叶元土等(2003)的方法进行。将活鱼置于冰盘上,常规解剖取出鱼的胃和肠道,去掉胃肠道表面的脂肪及内容物。用滤纸吸干表面水分后分别称取胃和肠道的重量,分别按胃重量的 10 倍体积(W/V)加入预冷的 0.2 mol/l 的柠檬酸-磷酸氢二钠缓冲液(4 °C, pH 值 2.2),肠重量的 10 倍体积(W/V)加入预冷的 0.2 mol/l 的磷酸二氢钠-磷酸氢二钠缓冲液(4 °C, pH 值 7.4),用玻璃匀浆器在冰浴中匀浆。匀浆液在 4 °C、4 000 r/min,离心 20 min,取上清液作为粗酶提取液,-20 °C 冷冻保存于冰箱中备用。

#### 1.3.2 体外消化率的测定

准确称量饲料原料样品 0.500 0 g 放入 50 ml 带盖离心管中,加入 0.2 mol/l、pH 值 2.2 的柠檬酸-磷酸氢二钠缓冲溶液和加州鲈胃组织酶液各 10 ml,然后放入 30 °C 恒温振荡水浴锅中以 80 次/min 振摇酶解 14 h。按放入顺序取下离心管,用 10% NaOH 溶液调 pH 值至中性,然后加入 0.2 mol/l、pH 值 7.4 的磷酸二氢钠-磷酸氢二钠缓冲溶液和加州鲈肠道组织酶液各 10 ml 继续在恒温水浴锅中酶解 5 h (30 °C 80 次/min)。酶解完毕后取离心管置于离心机中离心 15 min(4 °C, 5 000 r/min)。用注射器小心吸出上层清液,沉淀,再用蒸馏水清洗两次、离心除去上清液,将沉淀连同离心管一起于 105 °C 烘干至恒重,用凯式定氮法测定滤渣中粗蛋白质的含量。每个样品设置 3 个平行。

#### 1.4 计算公式

干物质消化率(%)=[(饲料样品质量×样品干物质含量-消化后残渣质量)/(饲料样品质量×样品干物质

含量)]×100;

粗蛋白消化率(%)=[(饲料样品粗蛋白含量×样品干物质含量-消化后残渣质量)/(饲料样品粗蛋白含量×样品干物质含量)]×100。

#### 1.5 数据统计方法

用统计软件 SPSS 17.0 进行数据的分析统计。经过单因素方差分析,使用 Duncan's 多重比较法分析数据之间的差异显著性,使用 SPSS 直线回归进行两组数据间的回归分析,并进行双变量相关性分析。差异显著水平为 P<0.05,极显著水平为 P<0.01。

### 2 结果与分析

加州鲈对 15 种饲料原料干物质和粗蛋白的体外消化率见表 2。

表 2 加州鲈对 15 种饲料原料干物质和粗蛋白的体外消化率(%)

| 原料     | 干物质                      | 粗蛋白                      |
|--------|--------------------------|--------------------------|
| 秘鲁鱼粉   | 75.09±2.76 <sup>e</sup>  | 75.05±0.38 <sup>de</sup> |
| 喷干血粉   | 85.68±5.18 <sup>b</sup>  | 91.04±2.73 <sup>i</sup>  |
| 豆粕     | 55.87±3.80 <sup>e</sup>  | 79.31±1.94 <sup>ab</sup> |
| 菜粕     | 46.92±2.28 <sup>d</sup>  | 64.93±1.51 <sup>c</sup>  |
| 棉粕     | 41.28±4.02 <sup>d</sup>  | 58.39±5.26 <sup>b</sup>  |
| 花生麸    | 62.29±3.18 <sup>ef</sup> | 71.02±2.44 <sup>de</sup> |
| 大豆浓缩蛋白 | 44.60±3.04 <sup>d</sup>  | 68.43±1.73 <sup>cd</sup> |
| 玉米蛋白粉  | 45.83±3.33 <sup>d</sup>  | 74.56±1.58 <sup>ef</sup> |
| 玉米     | 9.71±0.95 <sup>a</sup>   | 60.46±0.50 <sup>b</sup>  |
| DDGS   | 16.48±1.82 <sup>b</sup>  | 40.79±1.29 <sup>a</sup>  |
| 苏氨酸蛋白粉 | 66.74±5.76 <sup>b</sup>  | 74.41±2.52 <sup>de</sup> |
| 酵母培养物  | 32.92±1.42 <sup>c</sup>  | 72.67±0.58 <sup>ef</sup> |
| 啤酒酵母粉  | 56.50±1.32 <sup>c</sup>  | 65.98±0.64 <sup>c</sup>  |
| 酵母膏    | 64.73±1.29 <sup>b</sup>  | 76.48±1.25 <sup>ef</sup> |
| 破壁酵母   | 63.76±1.41 <sup>b</sup>  | 81.18±0.27 <sup>h</sup>  |

注:同一列中,数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

将 15 种饲料原料分为 4 类:动物性蛋白、植物饼粕、玉米大豆加工副产物、发酵副产物。除个别原料外,总的来看,加州鲈对 4 类原料的利用效果为:动物性蛋白>发酵副产物>植物饼粕>玉米大豆加工副产物。动物性蛋白中秘鲁鱼粉和血粉均有较高的体外消化率,植物饼粕中以豆粕和花生麸效果为佳,玉米大豆加工副产物中以玉米蛋白粉为佳,发酵副产物中以苏氨酸蛋白粉、酵母膏和破壁酵母为佳。菜粕、棉粕、玉米、大豆浓缩蛋白、DDGS、酵母培养物、啤酒酵母粉利用效果相对较差。关于加州鲈对饲料原料体内消化率的数据十分有限,且不同的作者之间难有可比性,故比较了同为鲈形目的银鲈对相同饲料原料的粗蛋白体内消化率(见表 3),发现二者之间具有极显著的相关性(R<sup>2</sup>=0.87)。喷干血粉、秘鲁鱼粉、豆粕粗蛋白消化率均较高,棉粕、菜粕、啤酒酵母粉消化率均较低。

表 3 加州鲈对部分原料粗蛋白体外消化率与银鲈体内消化率的比较

| 项目        | 秘鲁鱼粉   | 喷干血粉 | 豆粕   | 菜粕   | 棉粕   | 花生麸  | 玉米蛋白粉 | 啤酒酵母粉 |
|-----------|--|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 体外消化率(%)  | 75.1   | 91.0 | 79.3 | 64.9 | 58.4 | 71.0 | 74.6  | 66.0  |
| 体内消化率(%)* | 91.4   | 93.8 | 91   | 82.1 | 78.8 | 86.9 | 87.6  | 75.8  |
| 相关关系      | 回归方程: 体外消化率=1.354×体内消化率-43.794(R <sup>2</sup> =0.87, P<0.01) |      |      |      |      |      |       |       |

注:“\*”表示数据来源于第二版水产饲料原料利用率数据库(中国农业科学院饲料研究所)。

### 3 讨论

加州鲈属于典型的肉食性鱼类,胃发达、肠道短,胃肠道中的蛋白酶活性较高,而淀粉酶活性很弱(关胜军等,2006、2007)。这些特征决定了它对高淀粉、纤维类的原料利用较差,我们的研究结果也证实了这一点。加州鲈对玉米、DDGS、菜粕、棉粕等纤维含量高的原料利用率偏低。啤酒酵母粉因具有较厚的细胞壁,消化酶不易进入,很多研究表明鱼类对其消化利用率也低(钱国英,2001;NRC,2011)。而啤酒酵母粉经过破壁后得到的酵母膏和破壁酵母的蛋白质消化率得到显著提高,甚至超过了秘鲁鱼粉,是加州鲈良好的蛋白质来源。

喷干血粉因工艺改进,比普通的滚筒干燥血粉有更好的消化率(任泽林等,2001),可作为加州鲈的饲料原料,考虑其氨基酸平衡性差和适口性问题,添加量不宜过大。4种植物饼粕中,以豆粕和花生麸消化利用率为佳,本试验未考虑植物饼粕中抗营养因子和毒素的影响,在选用时应加以注意。玉米大豆加工副产物中以玉米蛋白粉消化利用率为佳,但应注意掺假的影响。玉米、DDGS干物质和粗蛋白的消化率均较低,用作加州鲈饲料原料时应慎重,以免增加消化道的负担。大豆浓缩蛋白抗营养因子低,但在本试验中其体外消化率不及豆粕。发酵副产物中苏氨酸蛋白粉消化性能较好,但也存在氨基酸不平衡和适口性问题。4种酵母产品则宜选用消化利用率高的破壁酵母和酵母膏。

在试验方法上,本试验采用“胃-肠”两步法,原料先经胃酶液消化,再经肠酶液消化,尽可能地模拟加州鲈体内的消化过程,所得到的蛋白质体外消化率和体内消化率存在显著相关性,证明该方法可以用来预测多种饲料原料在加州鲈体内的消化率,对饲料原料营养价值进行评定。同时该方法简单、快速、重复性好,可作为饲料企业评价原料营养价值的一个手段。需要指出的是,该方法与鱼体内的实际情况相比仍存在许多不足:消化产物不能及时被去除,不断积累对酶促反应产生反馈抑制;将溶于水的养分认为是已消化的养分,事实并非如此(张铁鹰等,2005),例如,喷干血粉水溶性好,测得的体外消化率也很高。各种原因导致体外消化率一般低于体内消化率。因此本试验

得出的结果只是评价各个原料之间的相对利用率,作为原料选择的依据之一,不能直接作为真实消化率使用。相比畜禽,水产动物体外消化模拟技术的研究较少,也需进一步系统研究,以确定真正适合于水产动物体外消化的模拟技术和操作方法。

### 4 结论

①秘鲁鱼粉、喷干血粉、豆粕、花生麸、玉米蛋白粉、酵母膏、破壁酵母适合作为加州鲈的饲料原料;

②玉米、DDGS干物质和粗蛋白的消化率很低,选作加州鲈饲料原料时应慎重;

③啤酒酵母粉经破壁处理后干物质和蛋白质的消化利用率显著提高;

④“胃-肠”两步法得到体外消化率法与体内消化率具有极显著的相关性,可作为鱼类饲料原料营养价值的评价手段。

### 参考文献

- [1] 王广军,吴锐全,谢骏,等.大口黑鲈对四种蛋白质饲料原料的表观消化率研究[J]. 渔业现代化, 2008, 35(6):36-39.
- [2] 关胜军,吴锐全,谢骏,等.大口黑鲈主要消化器官淀粉酶活力的研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2006, 25(4):379-384.
- [3] 关胜军,吴锐全,谢骏,等.大口黑鲈主要消化器官蛋白酶活力的研究[J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(1):32-36.
- [4] 罗莉,林仕梅,叶元土,等.长吻鮠、南方大口鲶和鲤鱼对九种蛋白质饲料的体外消化率的测定[J]. 饲料研究, 1997(1): 2-5.
- [5] 钱国英.加州鲈常用饲料原料的可利用氨基酸研究[J]. 动物营养学报,2001,13(2):43-46.
- [6] 任泽林,张虎,郭庆.水产饲料原料生物利用率[J]. 饲料广角, 2001(21):20-28.
- [7] 叶元土,薛敏,林仕梅,等.草鱼肠道、肝胰脏对饲料蛋白质酶解速度的比较[J]. 中国水产科学, 2003,10(2): 173-176.
- [8] 张铁鹰,汪徽.单胃动物体外消化模拟技术研究进展[J]. 动物营养学报, 2005, 17(2): 1-8.
- [9] Bassompierre M, Borresen T, Sandfeld P, et al. An evaluation of open a closed systems for in vitro protein digestion of fishmeal [J]. Aqua. Nutr., 1997, 3:153-159.
- [10] Chong R, Hashim I M. Assessment of dry matter and protein digestibilities of selected raw ingredients by discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) using in vivo and in vitro methods [J]. Aqua. Nutr., 2002, 8: 229-238.
- [11] NRC (National Research Council). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp [M]. Washington DC: National Academy Press, 2011: 258-262. (编辑 沈桂宇 guiyush@126.com)