

DOI:10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20190712

发酵豆粕对凡纳滨对虾生长性能和酶活性的影响

燕 磊¹, 赵 敏¹, 朱 伟², 席庆凯¹, 刘天骥¹,
吴月明¹, 王正国¹, 孙春华¹, 李 巍³, 李洪琴¹, 朱正鹏^{1*}

(1.新希望六和股份有限公司,北京朝阳 100102;2.青岛农业大学,山东青岛 266109;
3.成都枫澜科技有限公司,四川成都 611731)

[摘要] 为研究干基发酵豆粕和湿基发酵豆粕替代豆粕和鱼粉对凡纳滨对虾生长性能和酶活性的影响,试验挑选初始体质量为 3.6 ~ 4.2 g 的凡纳滨对虾 99900 尾,随机分为 3 组,每组 6 个重复,每个重复 5550 尾,分别饲喂添加 6%去皮豆粕(DSM)、4%干发酵豆粕(DFSM)、7%湿发酵豆粕(WFSM)等氮等脂的试验饲料。在室内流水养殖系统进行为期 73 d 的养殖试验,然后对生长情况、存活率、转氨酶和免疫相关酶等指标进行测定。结果表明:干发酵豆粕和湿发酵豆粕两组之间终末均重无显著性差异($P > 0.05$),但分别显著高于去皮豆粕组 2.74、4.14 g($P < 0.05$);湿发酵豆粕组质量增加率和特定生长率显著高于另外两组($P < 0.05$),其中湿发酵豆粕组质量增加率和特定生长率显著高于去皮豆粕组 96.03%、0.38%/d;干发酵豆粕和湿发酵豆粕组饲料转化率和成活率高于去皮豆粕组,但差异不显著($P > 0.05$);干发酵豆粕组超氧化物歧化酶活性、总抗氧化能力及酚氧化酶活性高于去皮豆粕组,低于湿发酵豆粕组,但各试验组之间无显著性差异($P > 0.05$)。综上所述,在本次试验条件下,饲料中添加发酵豆粕能改善凡纳滨对虾生长性能、饲料效率及抗氧化活性,而且湿基发酵豆粕应用效果优于干发酵豆粕。

[关键词] 发酵豆粕;生长性能;饲料效率;酶活性

[中图分类号] S816.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-3314(2019)07-0066-04

豆粕作为一种优质饲料原料,不仅蛋白质含量高,而且氨基酸种类丰富,已在饲料工业中广泛应用(胡梦红等,2007)。但与鱼粉相比,豆粕蛋氨酸含量低,且含多种抗营养因子,从而降低了水产动物对其营养物质的吸收和利用率,而且还会对水产动物的免疫系统造成破坏(杨玉娟等,2016)。利用微生物发酵技术可以有效降解豆粕中的抗营养因子,并将大豆蛋白降解为优质小肽蛋白源,大大提高豆粕的营养性能和使用价值(杨耐德等,2008)。然而,不同加工工艺对发酵豆粕的质量影响很大,其饲喂效果存在很大差异(张代等,2017)。目前,鲜有关于发酵豆粕对凡纳滨对虾作

用效果比较的报道,因此,本研究将不同加工工艺生产的豆粕添加到饲料中饲喂对虾,研究其对凡纳滨对虾生长性能和酶活性的影响,以期发酵豆粕在对虾饲料中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验豆粕及饲料配方 本试验所用去皮豆粕和干发酵豆粕均购于市场,湿基发酵豆粕由公司内部提供。试验配制 3 种饲料,分别添加 6%去皮豆粕、4%干发酵豆粕、7%湿发酵豆粕,调整鱼粉、花生粕、玉米 DDGS 比例,保证蛋白质含量一致。试验日粮组成及营养水平见表 1。

1.2 试验动物及饲养管理 本试验在新希望饲料研究院即墨特水养殖基地进行,试验选取初始体质量为 3.6 ~ 4.2 g 体格壮、活力好、规格整齐、无明显疾病的对虾 99900 尾,随机分成 3 组,每组 6 个重复,每个重复 5550 尾对虾。分别投喂以上三种饲料,即去皮豆粕、干发酵豆粕、湿发酵豆粕饲料。试验期为 73 d。

基金项目:成都市高层次创新创业人才“蓉漂计划”项目;成都市顶尖创新团队项目;成都市武侯区“诸葛精英计划”;四川省重大专项-安全高效生物饲料技术体系建设及集成应用(2018NZDZX0005);青岛市产业培育计划(17-3-3-63-nsh)

* 通讯作者

表1 试验日粮组成及营养水平 %

项目	去皮豆粕组	干发酵豆粕组	湿发酵豆粕组
日粮组成			
鱼粉	30	28	28
虾壳粉	5	5	5
鱼溶浆	2	2	2
干发酵豆粕	0	4	0
湿发酵豆粕	0	0	7
去皮豆粕	6	0	0
花生粕	20	26	23
高筋面粉	18	18	18
玉米	14	12	12
鱼油	1	1	1
预混料添加剂	4	4	4
营养水平			
水分	8.70	9.40	10.00
粗蛋白质	42.27	41.60	42.85
粗脂肪	7.60	7.50	8.10
粗灰分	9.90	9.80	9.70
钙	1.66	1.75	1.63
磷	1.52	1.58	1.52
钙磷比	1.09	1.11	1.07
氨基酸组成			
亮氨酸	3.15	3.12	3.11
组氨酸	1.18	1.20	1.14
苯丙氨酸	1.85	2.54	2.62
谷氨酸	6.78	6.62	6.65
异亮氨酸	1.47	1.46	1.52
蛋氨酸	0.95	0.95	0.93
丙氨酸	2.27	2.12	2.22
天冬氨酸	4.00	3.89	3.94
苏氨酸	1.58	1.52	1.52
脯氨酸	1.89	1.79	1.80
胱氨酸	0.45	0.46	0.48
缬氨酸	1.91	1.82	1.90
甘氨酸	2.39	2.45	2.36
精氨酸	2.77	2.86	2.85
赖氨酸	2.02	2.25	2.40
丝氨酸	1.99	1.87	1.91
总氨基酸含量	36.65	36.92	37.35

注:(1) 每千克预混料添加剂含维生素 A 22 mg, 维生素 C 52 mg, 维生素 D 15 mg, 维生素 K₁ 13 mg, 维生素 E 128 mg, 维生素 B₁ 34 mg, 维生素 B₂ 34 mg, 烟酸 200 mg, 叶酸 28 mg, 泛酸 50 mg, 次粉 20.45 g, 氯化钠 3 mg, 沸石粉 16.21 g, 硫酸镁 1100 mg, 硫酸锌 30 mg, 氯化钴 60 mg, 硫酸铜 15 mg, 磷酸二氢钙 3500 mg, 硫酸铁 70 mg, 碘化钾 0.9 mg。

饲养管理参照刘君华(2017)的研究方法,每日投料4次(06:00、10:00、14:00、18:00),每周对投饵量进行调整。水池内配置充氧设施,并定时开启,以保证虾池中溶解氧>5 mg/L,盐度为30‰自然海水,水温23~32℃,pH 7.5~8.5,氨氮浓度低于1.0 mg/L,亚硝酸盐浓度低于0.01 mg/L。

1.3 样品收集 饲养试验结束时,将试验虾禁食24 h,然后计算每个水泥池试验虾的数量并称取总重量,用于计算试验虾存活率(SR)、末重(FBW)、质量增加率(WG)、特定生长率(SCR)和饲料转化率(FE)。生长性能计算公式如下:

质量增加率/%=(W₂-W₁)/W₁×100;

特定生长率/%=(ln W₂-ln W₁)/T×100;

饲料转化率/%= F/(W₂-W₁)×100;

成活率/%=终末虾尾数/初始虾尾数×100。

式中:T为试验天数,d;W₂为试验结束时各处理鱼的平均体质量,g;W₁为试验开始时各处理鱼的平均体质量,g;F为试验期间所用饲料总重,g。

试验结束,每池随机选取6尾试验虾取肝胰脏,并置于-80℃冰箱保存,用于分析酚氧化酶(PO)、总抗氧化能力(TAS)、超氧化物歧化酶(SOD)活性。

1.4 样品分析 将饲料样品烘干(105℃)至恒重,采用凯式定氮法(VELP,UDK142自动蒸馏装置,意大利)测定粗蛋白质含量,索氏抽提法测定脂肪含量(SOX416,Gerhardt,瑞典),失重法测定灰分含量;参照国标测定方法(GB/T5009.124-2003),使用日立L-8800型氨基酸分析仪测定饲料氨基酸组成;肝胰脏样品送至南京建成生物科技有限公司测定相关酶活性。

1.5 数据统计 采用SPSS 17.0软件对数据结果进行单因素方差分析(One-way ANOVA),差异显著后进行Duncan's多重比较,数据以“平均值±标准差”表示,差异显著水平为0.05。

2 结果

2.1 生长性能和饲料效率 发酵豆粕对凡纳滨对虾生长性能和饲料效率的影响如表2所示,其中干发酵豆粕和湿发酵豆粕两组之间终末均重无显著性差异(P>0.05),但分别显著高于去皮豆粕组2.74、4.14 g(P<0.05);湿发酵豆粕组质量增加率和特定生长率显著高于另外两组(P<0.05),其中湿发酵豆粕组质量增加率和特定生长率显著高于去皮豆粕组96.03%、0.38%/d;干发酵豆粕和湿发酵豆粕组成活率高于去皮豆粕组3.1%、1.8%,但差异不显著(P>0.05)。

2.2 酶活指标 发酵豆粕对凡纳滨对虾酶活性的影响如表3所示,干发酵豆粕组超氧化物歧化

表2 发酵豆粕对凡纳滨对虾生长性能及饲料效率的影响

项目	去皮豆粕组	干发酵豆粕组	湿发酵豆粕组	P值
初始均重/g	3.67±0.79	4.10±0.28	3.83±0.44	0.458
终末均重/g	12.08±2.65 ^b	14.82±1.09 ^a	16.22±0.77 ^a	0.004
质量增加率/%	230.12±31.42 ^b	262.54±33.27 ^b	326.15±33.72 ^a	0.001
特定生长率/(%/d)	1.75±0.14 ^b	1.89±0.13 ^b	2.13±0.11 ^a	0.001
饲料转化率/%	16.06±4.54	20.79±6.59	21.44±5.88	0.254
成活率/%	72.46±7.98	75.56±3.99	74.26±5.36	0.676

注:同行数据中不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

酶活性、总抗氧化能力及酚氧化酶活性高于去皮豆粕组 3.86、0.21 U/mg prot、0.18 U/mL, 低于湿发酵豆粕组 1.74、0.16 U/mg prot、0.24 U/mL, 但各试验组之间无显著性差异($P > 0.05$)。

表3 发酵豆粕对凡纳滨对虾酶活性的影响

项目	去皮豆粕组	干发酵豆粕组	湿发酵豆粕组	P值
超氧化物歧化酶活性/(U/mg prot)	25.44±4.51	29.30±8.74	31.04±11.29	0.553
总抗氧化能力/(U/mg prot)	0.88±0.27	1.09±0.5	1.25±0.49	0.387
酚氧化酶/(U/mL)	4.79±0.46	4.97±0.74	5.21±0.72	0.54

3 讨论

3.1 发酵豆粕对凡纳滨对虾生长性能及饲料效率的影响 目前,已有研究表明,一定量的发酵豆粕替代鱼粉对鱼类生长性能无显著性影响(王立改等,2018;Liang等,2017;Barnes等,2015;Barnes等,2012)。彭松等(2015)在凡纳滨对虾的研究中发现,以6%发酵豆粕等氮替代鱼粉,对虾的生长性能和饲料效率未受影响;另外,试验动物个体大小对植物蛋白的敏感程度不一样。冷向军等(2007)研究表明,发酵豆粕代替鱼粉的比例超过20%时,对虾(0.1 g)体质量增加率有下降的趋势。杨耐德等(2008)研究发现,发酵豆粕替代量低于33.33%时,对虾(1.82 g)生长性能和饲料效率无显著差异。本试验中发酵豆粕组终末均重、质量增加率及特定生长率均高于去皮豆粕组,且湿基发酵豆粕组生长性能显著高于去皮豆粕组,这与李小梅等(2012)研究结果一致。这可能是豆粕经微生物发酵之后,大量高分子蛋白质被分解成利于消化吸收的小分子多肽,这些小肽提高了机体蛋白质的合成效率,进而提高了对虾的生长性能。而湿发酵豆粕,未经过烘干过程,而直接进入了饲料生产制粒过程,更多的保留了发酵中产生的

有益菌次生代谢产物,更有利于对虾的摄食和生长。另外,杨玉芬等(2009)研究发现,在发酵过程中,适当增加水分含量,可以促进乳酸菌的繁殖,进一步促进其对底物发酵产生有机酸,而有机酸是衡量发酵质量的重要指标,乳酸含量越高,表示发酵质量越好(刘媛媛等,2006);另外,蔡国林等(2008)研究发现,有机酸具有独特的芳香,可掩盖饲料中的不适气味,提高饲料适口性,这可能是湿基发酵豆粕应用效果优于干发酵豆粕的原因。

3.2 发酵豆粕对凡纳滨对虾酶活性的影响 众所周知,免疫学指标能够反映机体的免疫功能和生理状况,而饲料中添加适量的发酵豆粕可以提高鱼类免疫机能(陈萱等,2005)。宋文新(2009)研究发现,发酵豆粕替代10%的鱼粉可以提高黑鲟幼鱼碱性磷酸酶、超氧化物歧化酶及血清溶菌酶活性;吴钊(2016)研究发现,发酵豆粕替代鱼粉可以显著提高大黄鱼肝脏中超氧化物歧化酶活性,但对肝脏中谷丙转氨酶和谷草转氨酶没有显著性影响。在本研究中发现,干发酵豆粕和湿发酵豆粕组超氧化物歧化酶活性均高于去皮豆粕组,而且湿发酵豆粕组总抗氧化能力显著高于去皮豆粕组,这可能是发酵过程中产生了游离型大豆异黄酮,从而提高了其生物活性,这与彭松等(2015)的研究结果一致。Sang等(2016)研究发现,饲料中添加发酵豆粕可以显著提高生长期岩鱼血清抗氧化酶活性;豆粕中的抗营养因子会引起鱼体的氧化胁迫现象,造成鱼体的应激反应,而发酵工艺可以有效降低豆粕中的抗营养因子,这可能是发酵豆粕组对虾总抗氧化能力高于去皮豆粕组的原因。

4 结论

本次试验条件下,饲料中添加发酵豆粕能改善凡纳滨对虾生长性能及饲料效率,而且湿基发酵豆粕效果优于干发酵豆粕。

参考文献

- [1] 蔡国林,杨旭,曹钰,等.微生物发酵对豆粕营养价值的影响[J].中国油脂,2008,33(10):21~24.
- [2] 陈萱,梁运祥,陈昌福.发酵豆粕饲料对异育银鲫非特异性免疫功能的影响[J].淡水渔业,2005,35(2):6~8.
- [3] 胡梦红,王有基,熊邦喜,等.发酵豆粕在水产饲料中的应用研究[J].饲料工业,2007,28(12):60~62.
- [4] 冷向军,王文龙,李小勤.发酵豆粕部分替代鱼粉对凡纳滨对

虾的影响[J].粮食与饲料工业,2007,2007(3):40~41.

[5] 李小梅,张家学.不同发酵豆粕产品替代鱼粉对凡纳滨对虾生长影响的研究[J].饲料工业,2012,12:10~13.

[6] 刘君华.南美白对虾高效生态养殖技术[J].南方农业,2017,11(12):85~86.

[7] 刘媛媛,冯杰.微生物发酵豆粕的应用研究[J].广东饲料,2006,15(2):34~35.

[8] 彭松,张敏,李小勤,等.发酵豆粕替代鱼粉对凡纳滨对虾生长、肌肉成分和血淋巴非特异性免疫的影响[J].淡水渔业,2015,45(5):70~75.

[9] 宋文新.黑鲟幼鱼饲料中发酵豆粕部分替代鱼粉的研究[D].杭州:浙江大学,2009.

[10] 王立改,曾文繁,楼宝,等.发酵豆粕替代鱼粉对黄姑鱼幼鱼生长性能、血清生化指标及肝脏中类胰岛素生长因子-1基因表达的影响[J].动物营养学报,2018,30(3):989~998.

[11] 吴钊.不同工艺的豆粕部分替代鱼粉在大黄鱼饲料中的研究[D].上海:上海海洋大学,2016.

[12] 杨耐德,符广才.凡纳滨对虾饲料中发酵豆粕替代鱼粉的研究[J].饲料工业,2008,29(10):24~26.

[13] 杨玉芬,乔利,郑宜超.发酵温度和水分对豆粕发酵品质的影

响[J].江西农业大学学报,2009,31(6):1097~1100.

[14] 杨玉娟,姚怡莎,秦玉昌,等.豆粕与发酵豆粕中主要抗营养因子调查分析[J].中国农业科学,2016,49(3):573~580.

[15] 张代,孙洪浩,张克顺.不同厂家发酵豆粕产品理化指标比较分析[J].中国饲料,2017,2017(1):41~44.

[16] Barnes M E, Brown M L, Neiger R. Comparative performance of two rainbow trout strains fed fermented soybean meal[J]. Aquaculture international, 2015, 23(5): 1227~1238.

[17] Barnes M E, Brown M L, Rosentrater K A, et al. An initial investigation replacing fish meal with a commercial fermented soybean meal product in the diets of juvenile rainbow trout [J]. Open Journal of Animal Sciences, 2012, 2(4): 234~235.

[18] Lee S M, Azarm H M, Chang K H. Effects of dietary inclusion of fermented soybean meal on growth, body composition, antioxidant enzyme activity and disease resistance of rockfish (*Sebastes schlegelii*) [J]. Aquaculture, 2016, 459: 110~116.

[19] Liang X F, Hu L, Dong Y C, et al. Substitution of fish meal by fermented soybean meal affects the growth performance and flesh quality of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) [J]. Animal Feed Science and Technology, 2017, 229: 1~12.

Effects of fermenting soybean meal on growth performance, feed efficiency and enzyme activity of *Litopenaeus vannamei*

YAN Lei¹, ZHAO Min¹, ZHU Wei², XI Qingkai¹, LIU Tianji¹, WU Yueming¹,
WANG Zhengguo¹, SUN Chunhua¹, LI Wei³, LI Hongqin¹, ZHU Zhengpeng^{1*}

(1. Newhope Liuhe Co. Ltd., Beijing, 100102, China; 2. Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong Province 266109, China; 3. Chengdu Fenglan Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan Province 611731, China)

[Abstract] The experiment was conducted to investigate the effects of fermented soybean meal on the growth performance, feed efficiency and enzyme activity of *Litopenaeus vannamei*. A total of 99900 *Litopenaeus vannamei* with the body weight of 3.6~4.2 g were selected, and they were randomly divided into 3 groups with 6 replicates and 5550 *Litopenaeus vannamei* in each. Three diets were formulated to contain different soybean meal (6% dehulled soybean meal, 4% dry fermented soybean meal, 7% wet fermented soybean meal). The experiment lasted for 73 d, then the growth performance, survival rate, aminotransferase and immune-related enzymes were measured. The results showed that compared with dehulled soybean meal group, the final weight in dry fermented soybean meal and wet fermented soybean meal groups were increased by 2.74, 4.14 g ($P < 0.05$). The weight gain and special growth ratio (SGR) in wet fermented soybean meal group were higher than the other two groups ($P < 0.05$), and compared with dehulled soybean meal group were increased by 96.03%, 0.38%/d. The fermented soybean meal supplementation increased the survival and feed efficiency ratio (FE), but had no significant difference ($P > 0.05$). Both dry fermented soybean meal and wet fermented soybean meal could increase the superoxide dismutase (SOD), phenoloxidase (PO) activity and total antioxidant status (TAS). In conclusion, fermented soybean meal could improve the growth performance and feed utilization of *Litopenaeus vannamei*, and the application effect of wet fermented soybean meal was better than that of dry fermented soybean meal.

[Key words] fermented soybean meal; growth performance; feed efficiency; enzyme activity