

# 刺参池塘养殖系统中发酵饲料的制作与投喂

姜 燕<sup>1,2</sup> 王印庚<sup>1\*</sup> 薛太山<sup>3</sup> 邹安革<sup>4</sup> 廖梅杰<sup>1</sup>  
张 正<sup>1</sup> 朱建新<sup>1</sup> 陈贵平<sup>1</sup> 麦康森<sup>2</sup> 张文兵<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 266071)

(<sup>2</sup> 中国海洋大学 教育部海水养殖重点实验室, 青岛 266003)

(<sup>3</sup> 青岛瑞滋海珍品发展有限公司, 266408)

(<sup>4</sup> 蓬莱市安源水产有限公司, 265600)

**摘 要** 将海带粉、扇贝边粉、豆粕、虾粉、马尾藻粉按照 40 : 18 : 20 : 7 : 15 的配比混合, 经浸泡、研磨等预处理后, 加入 0.25%~0.5% 的水产诱食酵母, 发酵 72 h。SDS-PAGE 凝胶电泳结果显示, 经过发酵处理后, 饲料中的大分子蛋白发生降解。按照刺参体重 3% 的投喂量进行为期 50d 的投喂实验, 结果表明, 发酵饲料组刺参的生长明显优于普通饲料组(未发酵饲料), 可见发酵饲料能够更好地满足刺参健康、快速生长的需要, 具有良好的市场潜力。

**关键词** 刺参 发酵饲料 生长

中图分类号 S963.5 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2012)01-0066-06

## The production and feeding experiment of fermented feed in pond culture system of sea cucumber, *Apostichopus japonicus*

JIANG Yan<sup>1,2</sup> WANG Yin-geng<sup>1\*</sup> XUE Tai-shan<sup>3</sup> ZOU An-ge<sup>4</sup>  
LIAO Mei-jie<sup>1</sup> ZHANG Zheng<sup>1</sup> ZHU Jian-xin<sup>1</sup>  
CHEN Gui-ping<sup>1</sup> MAI Kang-sen<sup>2</sup> ZHANG Wen-bing<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology,

Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, 266071)

(<sup>2</sup> Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003)

(<sup>3</sup> Qingdao Ruizi Rare Marine Animal Culture & Development Co. Ltd, 266408)

(<sup>4</sup> Penglai An Yuan Fisheries Co. Ltd, 265600)

**ABSTRACT** In order to develop feeds that can improve the nutrient absorption and health of sea cucumber, and reduce the incidence of disease, a kind of fermented feed was developed. Ratio of raw materials was 40 : 18 : 20 : 7 : 15 (kelp powder : scallop skirt powder : soybean meal : shrimp meal : sargassum powder). The processing procedure was as follows: the raw materials were mixed according to the ratio, fully immersed and ground, then 0.25%~0.5% of yeast products were added and the mixture was fermented for 72 h. The result of SDS-PAGE

山东省农业良种工程重大课题、科研院所技术开发研究专项项目(2011EG34219)、国家自然科学基金项目(30901120)、国家 863 计划项目(2012AA0A412)和中央级公益性科研院所基本科研专项(20603022012006)共同资助

\* 通讯作者。E-mail: wangyg@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85841732

收稿日期: 2010-07-27, 接受日期: 2011-11-02

作者简介: 姜 燕(1985-), 女, 硕士研究生, 主要从事水产饲料的研究。E-mail: jiangyan851215@126.com

showed that high molecular weight protein was degraded into small molecular weight polypeptide during fermentation. During the 50-day feeding trial, the sea cucumber was fed with fermented feed and regular feed (unfermented) respectively. The feeding ratio was 3% of body weight. The result showed that the growth of sea cucumber fed with the fermented feed was significantly better than the regular feed after 50 days feeding trial. It is clear that the fermented feed is better than the regular feed and it can much better meet the need of health and rapid growth of sea cucumber, thus has good market potential.

**KEY WORDS** *Apostichopus japonicus* Fermented feed Growth

刺参 *Apostichopus japonicus* 属棘皮动物门 Echinodermata、海参纲 Holothuroidea, 体壁含有丰富的胶原成分和蛋白聚糖, 并且还含有钙、铁、锰等多种微量元素 (Yang *et al.* 2005), 具有较高的药用和食用价值, 已成为我国北方重要的海产经济动物之一。近几年来, 刺参养殖业在我国北方沿海各地迅猛发展, 具有巨大的市场潜力, 并逐渐成为我国海水养殖的重要产业之一, 取得了显著的经济效益和社会效益。2008 年全国刺参增殖养殖面积约 112 468 hm<sup>2</sup>, 产量达 92 567 t, 行业经济总产值达到 200 多亿元, 是目前我国重要养殖经济水产品中单一经济总量最大的养殖品种 (农业部渔业局 2009)。

但是, 养殖规模在发展壮大的同时, 各种病害也相继出现, 在一定程度上制约了刺参养殖业的持续稳定发展。2003 年开始, 我国北方沿海地区的海参陆续出现急性口围肿胀症, 马悦欣等 (2006) 从发生急性口围肿胀症的幼参口围、体表、体壁分离鉴定出的优势菌株中有 4 株弧菌。王印庚等 (2006) 对我国养殖刺参的烂边病、烂胃病、腐皮综合征等进行了全面、系统的流行病学调查, 总结出当前海参疾病的病原主要以细菌为主, 兼有霉菌、寄生虫和敌害生物。Becker 等 (2004) 认为细菌 *Holothuria scabra* 是皮肤溃烂病的致病菌之一。

随着海参养殖业的迅猛发展, 有限的天然饵料已不能满足实际生产的需要。但是, 目前对海参营养和饲料方面还缺乏系统性的研究, 养殖饲料的配制缺乏标准依据, 有的营养不全面, 阻碍了刺参的快速生长, 有的存在卫生问题, 携带大量的致病菌, 造成疾病的发生, 甚至死亡, 影响了刺参的健康生长, 甚至造成巨大的经济损失。王印庚等 (2006) 通过对养殖刺参保苗期重大疾病“腐皮综合征”病原及其感染源分析, 发现从养殖刺参饵料中分离出的优势菌与患病刺参病灶处分离的优势菌属于同一种菌株。可见, 饲料已成为养殖病原菌的主要来源之一。为提高海参的免疫力, 陈效儒等 (2010) 在配合饲料中添加甘草酸, 发现当甘草酸添加量为 200 mg/kg 时, 不仅可以提高海参的产量, 而且对海参的非特异性免疫力和抗病力都有所提高, 并且不会产生免疫疲劳或其他副作用。在传统养殖过程中, 为了降低饲料中微生物的携带量或提高疾病治疗的效果, 养殖户往往在饲料中添加抗生素, 大量抗生素的使用不仅使刺参本身的免疫力下降、诱导致病菌产生耐药性, 而且还带来了药物残留等严重问题, 危害到食品安全和人类健康。而饲料在经过有益微生物 (乳酸菌、酵母菌和芽孢杆菌等) 发酵处理后, 原料中的抗营养因子被分解或转化, 产生易被养殖动物采食、消化、吸收且无毒害作用的小分子营养物质, 并且, 饲料经益生菌发酵后含有更多的活性益生菌菌体、各种酶、各级代谢产物、多种维生素、蛋白质分解产物、活性小肽、氨基酸、抑菌物质、免疫增强因子、促生长因子等, 起到促进生长、维持动物肠道菌群平衡的作用。因此, 发酵饲料是一种生态健康型饲料 (李永凯等 2009)。

海参为底栖动物, 主要摄食泥沙中的单细胞藻类、原生动物、细菌、海藻碎片、有机碎屑和腐殖质等 (Choe 1963; Yingst 1976; Moriarty 1982)。在养殖过程中, 也有用海藻粉、地瓜粉、杂鱼虾粉、麸皮以及刮取富有底栖硅藻的海泥等喂养海参的做法 (常中岳等 2003)。此外, 海参单一摄食贝类粪便时也显示了比较好的生长 (Zhou *et al.* 2006)。但是, 刺参对普通饲料的摄食、吸收、消化情况不太理想, 一定程度上造成了资源的浪费。并且, 饲料卫生不加以重视就容易导致疾病的发生。

为了制作出更易被刺参消化、吸收, 并且能够在养殖过程中减少疾病发生的饲料, 保证刺参能够健康、快速地生长, 本研究进行了刺参发酵饲料的制作, 并对其进行了饲养效果的研究, 以期待实现在水产养殖方面发酵饲料的大规模生产, 带来良好的经济效益和社会效益。

## 1 材料与方法

### 1.1 发酵饲料的制备

#### 1.1.1 原料的预处理

发酵所用的原料分别过 100 目网筛,按照质量比海带粉:扇贝边:豆粕:虾粉:马尾藻粉=40:18:20:7:15 的配比混合,搅拌均匀,加入适量海水(料水比为 1:2)浸泡 12~15h 后倒入发酵池中。对照组所用饲料不经过发酵处理,只进行浸泡。

#### 1.1.2 发酵条件

发酵所用益生菌为水产诱食酵母,添加量为每 100 kg 干料添加 0.25~0.5 kg 益生菌,添加比例随温度的不同而有所差异。当气温高于 15 °C 时,添加量为 0.25%;气温较低时,添加量为 0.5%;常温下发酵 72 h。

### 1.2 发酵饲料的投喂

#### 1.2.1 实验时间和刺参来源

实验时间为 2008 年 9 月 10 日~10 月 30 日,所用刺参均来源于青岛瑞滋海珍品有限公司人工培育的健康刺参,剔除大小差异较大、畸形的个体。实验用的 1 200 头刺参体长为  $9.39 \pm 1.55$  cm,体重为  $17.80 \pm 1.53$  g。

#### 1.2.2 日常管理

将挑选的刺参放在小型水泥池中暂养 7 d 后开始正式实验,实验周期为 50d。实验水温为自然水温 14.2~19.6 °C,盐度为 29~31。实验设两个组,分别为普通饲料组 A 和发酵饲料组 B,每组设 3 个平行,分别标记为 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub> 和 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>。每天 09:00 投喂相应的饲料,按体重的 3% 进行;投喂前吸底,换水量为 1/3;24 h 充氧,保证刺参生长环境中有足够的氧气。实验开始后每天观察刺参的摄食与排便情况、活动状态、体表变化,并做详细记录。

#### 1.2.3 发酵饲料的评价指标

发酵饲料的感官评价:对发酵饲料进行取样,观察、记录发酵后饲料的颜色、气味、黏度的变化。用迅数 HR5 全自动菌落计数器拍照。

水质指标:使用美国产 YSI 556 测定水的 pH 值和氨氮含量;利用美国产 YSI 9100 测定其溶解氧。换水前进行各种指标的测量。

饲料蛋白质组成分析:用 SDS-PAGE 凝胶电泳分析蛋白质是否发生降解。凝胶由分离胶和浓缩胶组成,下层为分离胶,含 15% 丙烯酰胺,上层为含有 5% 丙烯酰胺的浓缩胶;加样,取两种饲料的上清液各 20 μl,同时加入 5 μl 的上样缓冲液,混匀,取 20 μl 上样;电泳缓冲液为 Tris-甘氨酸,R-250 考马斯亮蓝为染液,乙醇-冰醋酸脱色,用凝胶成像系统进行拍照。

#### 1.2.4 投喂发酵饲料对刺参生长效果的测定

实验开始前、结束后分别进行 48 h 的饥饿处理,从各平行组内随机抽取 10 头刺参测量体长、体重。体长的测量方法是把刺参放在培养皿中,加入适量海水静置,测量其自然伸展后的长度;体重的测量方法是把刺参从培养皿中轻轻取出,在滤纸上放置 20 min 后称量(王印庚等 2010)。

### 1.3 数据统计分析

用 SPSS 17.0 统计软件对实验各处理的数据进行单因子方差分析,当不同处理之间存在显著差异( $P < 0.05$ )时,采用 Turkeys 多重比较。所有数值均用平均值±标准差表示。

## 2 实验结果

### 2.1 发酵饲料品质的感官评价

普通饲料虽然经过充分的浸泡,但从感官角度观察分析,明显不如发酵饲料。从图1可以看出,在颜色上两

种饲料相差不大,普通饲料仍保持原来的土黄色,但发酵饲料发生了变化,趋向于海泥的颜色;从味觉上来看,普通饲料仅有原先的海藻腥味,而经发酵处理的饲料还夹杂着一股酸香味;只进行浸泡处理的普通饲料手感比较松散,经发酵处理的饲料手感较好,有一定的黏性。

## 2.2 发酵饲料对水质的影响

实验过程中,由于普通饲料经过充分浸泡后才进行投喂,所以投喂完后也会很快沉入底部,不会造成水体较长时间的浑浊。从表 2 可以看出,投喂完发酵饲料,池水恢复清澈所需时间为  $25.2 \pm 0.3$  min,未发酵饲料所需时间为  $25.8 \pm 0.7$  min。与发酵饲料相比,普通饲料的沉降速度稍慢于发酵饲料,但差异不显著( $P > 0.05$ )。实验过程中,饲料沉底后刺参立即开始摄食,且在换水之前发现饲料的残余量普遍较少,这可能是溶解氧、氨氮含量差异不显著( $P > 0.05$ )的原因。两种饲料对 pH 值的影响较小,差异不显著( $P > 0.05$ )。可见,经发酵处理的饲料并不会对水质造成不良的影响。

## 2.3 发酵饲料的物质变化

通过 SDS-PAGE 分析,经发酵处理的饲料中大分子蛋白发生了明显的变化。从图 2 发现,0 泳道(普通饲料)有 9 条蛋白条带,1 泳道(发酵饲料)有 17 条。可见,与普通饲料相比,发酵后饲料中的蛋白条带明显增多,形成许多小分子量的条带。说明了饲料经过发酵其中的大分子蛋白质在一定程度上发生了降解,形成了小分子的蛋白、肽、氨基酸等易被刺参摄食、吸收的营养物质。

## 2.4 发酵饲料对生长的影响

经过 50 d 的养殖,分别对普通饲料组和发酵饲料组的刺参进行各种指标的测量,通过所记录的数据,进行分析、比较。从表 3 可以看出,普通饲料组的刺参末体重显著低于用发酵饲料组( $P < 0.05$ );发酵饲料组的刺参末体长为  $13.19 \pm 1.23$  cm,明显大于普通饲料组( $P < 0.05$ );在成活率方面,两个处理组的效果相差不大( $P > 0.05$ ),普通饲料组为  $96.50\% \pm 0.69\%$ ,而发酵饲料组为  $97.83\% \pm 1.31\%$ ;发酵饲料组的增重率明显优于普通饲料组( $P < 0.05$ )。综合来看,饲料经过适当的发酵处理更有利于刺参的生长。

## 3 讨论

水体是水生动物赖以生存的环境因子,水体环境的优劣直接影响着水生动物的摄食、生长、繁殖及胚胎的发育等活动(陈爱华 2008)。保持良好的水体环境在刺参养殖过程中也非常重要。由于发酵饲料的适口性较好,沉入池底后很快被刺参摄食,且残余量不多。因此,发酵饲料在喷洒完后并不会造成水体的长期浑浊不清,

表 1 饲料的感官评价

Table 1 The estimation of feed by sense

处理组 Treatment	颜色 Color	气味 Smell	黏度 Stickness
普通饲料组 Regular feed	土黄色	海藻腥味	+
发酵饲料组 Fermented feed	变黑,偏海泥的颜色	海藻腥味夹杂着酸香味	++

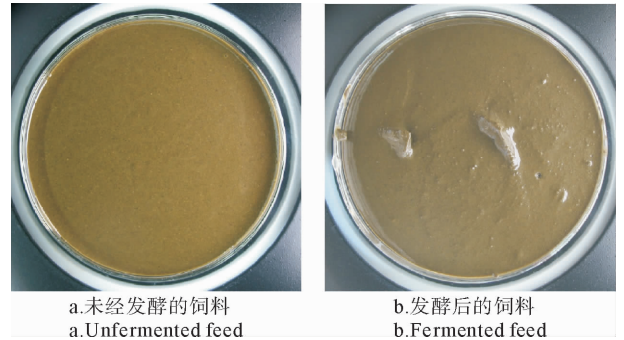


图 1 发酵前后饲料对比

Fig. 1 The comparison between fermented and unfermented feed

表 2 实验中各组水质变化情况

Table 2 The changes of water quality in each experimental group

组别 Group	时间(min) Time	pH	氨氮(mg/L) Ammonia nitrogen	溶解氧(mg/L) DO
普通饲料组 Regular feed	$25.8 \pm 0.7$	$7.96 \pm 0.12$	$0.276 \pm 0.008$	$6.82 \pm 0.09$
发酵饲料组 Fermented feed	$25.2 \pm 0.3$	$7.89 \pm 0.06$	$0.265 \pm 0.009$	$6.89 \pm 0.17$

也不会对养殖水体造成污染。

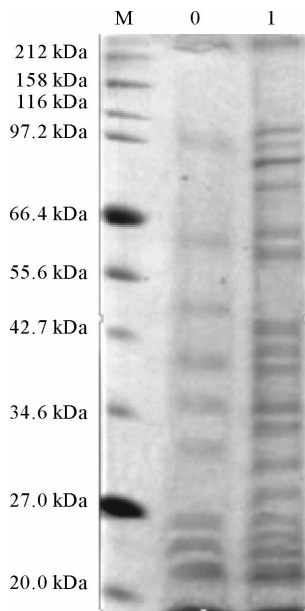
刺参所摄食食物中的大分子营养物质,在体内并不能被直接吸收消化,而是经过一定的生理生化反应,将大分子有机物转化为小分子物质,才能被充分吸收利用。初始原料在适宜的条件下,经发酵菌种的作用,饲料中的部分大分子蛋白等被降解成能够被刺参直接消化吸收的小分子的蛋白、肽、氨基酸等,提高蛋白利用率,起到了饲料机械起不到的深度加工的作用。其中,酵母含有丰富的维生素,可以提高饲料中维生素含量,对提高海参体质、提高防病抗病能力有明显作用(国俭文等 2008)。啤酒酵母及其代谢产物能促进肠道益生菌的繁殖,提高纤维素酶、蛋白酶等的酶解作用,从而提高饲料利用率(Kung 1990)。饼粕类原料在发酵过程中产生多种活性小肽、寡糖等生物活性物质,可以提高动物非特异性免疫功能,增强抗病能力(郭春华等 2009)。夏芳等(2009)发现发酵豆粕具有独特的发酵芳香味,能改善饲料风味,增加动物食欲。本次实验用饲料是将含有豆粕、马尾藻粉等原料经过酵母菌的发酵作用形成的,散发出淡淡香味,对海参具有一定的诱食性。此外,在饲料发酵的过程中还会产生并积累大量的营养丰富的微生物菌种细胞及有用的代谢产物,如:氨基酸、有机酸、维生素、抗生素、激素、活化的微量元素、特殊糖类物质,并使饲料变软变香,营养增加,从而改变饲料的理化性质,提高发酵饲料的适口性、消化率、吸收率、营养价值(邹志恒等 2009)。

Firmin 等(2010)研究表明,酵母细胞壁多糖能显著降低单胃动物饲料中毒枝菌素的量。活酵母能提高肉仔鸡的生产性能,有效降低黄曲霉毒素对健康生长带来的损坏(Stanley *et al.* 1993)。酵母甘露聚糖和 $\beta$ -葡聚糖能吸附肠道病原菌和有毒代谢物,提高机体的免疫力(Li *et al.* 2005)。发酵过程中,在酵母的协同下降解饲料原料中可能存在的毒素,大大减少抗生素等药物类添加剂的使用,改善了刺参的健康水平,从而提高了刺参食品的安全性。

经过发酵处理的饲料,能够有效促进养殖动物的生长。刘元甲等(2009)通过实验研究证明,复合微生物发酵青贮玉米饲料替代奶牛饲喂中的原青贮粗料后,能有效缓解实验期间高温条件下的热激效应,提升青贮饲料的质量,降低饲料的成本;

王树杰等(2009)通过实验证明了在奶牛精料补充料中使用微生物发酵饲料,对恢复奶牛体况、减缓泌乳中、后期产奶下降幅度、增加产奶量具有较好的效果;夏芳等(2009)发现将豆粕经发酵处理后能去除豆粕中的抗营养因子,提高仔猪的生产性能,并且含有的小肽能有效地被幼龄动物肠道吸收,从而减少断奶带来的应激,可以作为断奶仔猪的优质饲料;郭春华等(2009)用微生物发酵蛋白饲料饲养奶牛,发现发酵蛋白饲料在降低乳中体细胞数量、防止奶牛乳房炎、提高产奶量和奶源质量等方面具有显著的作用。

初始原料不宜存放,往往会腐败变质而携带多种病原微生物,对刺参的生长发育造成一定的危害,使饲料的致病性增加。正所谓“病从口入”,投喂的饲料不卫生会给刺参带来很多疾病,患有“腐皮综合征”的刺参,实际上,病原并不是直接侵袭皮肤引起皮肤溃烂,很多是由消化道开始的,由内而外,逐渐扩散(刘朝阳等 2006);从病参中能够分离鉴定出弧菌属和假单胞菌属的细菌(张春云等 2006;苏秀榕等 2003),这些致病菌



M: 蛋白 marker; 0: 未发酵饲料蛋白质条带; 1: 发酵后饲料蛋白质条带  
M: Protein marker; 0: The protein bands of unfermented feed; 1: The protein bands of fermented feed

图2 实验用饲料的蛋白质降解情况  
Fig. 2 The degradation of feed protein used in the trial

表3 实验刺参的生长情况

Table 3 The growth of sea cucumber *A. japonicus* in trial

饲料组	初体长(cm)	初体重(g)	末体长(cm)	末体重(g)	增重率(%)	成活率(%)
Feed group	Initial length	Initial weight	Final length	Final weight	Weight gain	Survival rate
普通饲料组	9.37±1.31	17.28±1.05	11.51±1.35	22.91±0.87	32.57±1.27	96.50±0.69
Regular feed						
发酵饲料组	9.42±1.54	18.52±1.63	13.19±1.23	25.60±2.07	38.24±1.24	97.83±1.31
Fermented feed						

通过改变胃肠道内微生物的菌群结构和丰度来影响刺参的健康状况。而经发酵得到的饲料,不仅可以有效抑制初始原料中的病原微生物快速繁殖,使饲料更加卫生,有效降低一些疾病的发生率;而且发酵过程中饲料中的营养物质和微生物发生了变化,产生一些抗生素类物质,原料中的毒素得到相应的降解,使微生物的生存环境发生巨大变化,不利于某些有害微生物的滋生,从而降低发病率,同时减少药物的使用,使体内药物残留减少,对刺参造成的毒害作用得到有效的降低。

本实验的结果表明,相对于普通饲料而言,发酵饲料比较适于刺参的饲养和生长,具有良好的开发前景。以上实验是对发酵饲料的一个初步研究结果,至于最佳的发酵条件、发酵模式、原料配比、最适合的发酵菌群及发酵前后菌种的变化等,有待于进一步的研究、探讨。

## 参 考 文 献

- 马悦欣,徐高蓉,张恩鹏,王品虹,常亚青. 2006. 仿刺参幼参急性口围肿胀症的细菌性病原. 水产学报,30(3):377~382
- 王印庚,方 波,张春云,荣小军. 2006. 养殖刺参保苗期重大疾病“腐皮综合征”病原及其感染源分析. 中国水产科学,13(4):610~616
- 王印庚,荣小军,张春云,孙素凤. 2005. 养殖海参主要疾病及防治技术. 海洋科学,29(3):1~7
- 王印庚,廖梅杰,郝志凯,王桂青,荣小军,陈贵平,陈 霞. 2010. 刺参体腔液穿刺抽取后细胞恢复过程的初步研究. 渔业科学进展,31(5):52~58
- 王树杰,王学进,稽道仿. 2009. 微生物发酵饲料饲喂泌乳牛增奶实验. 新疆畜牧业, (1):27~29
- 刘元甲,宋 鹏,任付平,陈五岭. 2009. 复合微生物发酵青贮玉米饲料对奶牛产奶量及乳成分影响的研究. 现代生物医学进展,9(3):493~496
- 农业部渔业局. 2009. 中国渔业年鉴. 北京:中国农业出版社,202~274
- 刘朝阳,孙晓庆,范士亮. 2006. 有益微生物在刺参养殖中的综合应用. 中国水产, (7):58~59
- 李永凯,毛胜勇,朱伟云. 2009. 益生菌发酵饲料研究及应用现状. 畜牧与兽医,41(3):90~93
- 苏秀榕,娄永江,常亚青,张 静,邢茹莲. 2003. 海参的营养成分及海参多糖的抗肿瘤活性的研究. 营养学报,25(2):181
- 张春云,王印庚,荣小军. 2006. 养殖刺参腐皮综合症病原菌的分离与鉴定. 水产学报,30(1):118~123
- 邹志恒,宋琼莉,韦启鹏,李思明,刘林秀,杨 群. 2009. 发酵饲料在养猪生产中的应用与研究进展. 中国动物保健, (3):66~68
- 国俭文,王爱军,崔 玥,王玉清,李永明. 2008. 海参饲料与健康养殖. 齐鲁渔业,25(5):20
- 陈爱华. 2008. 海参养殖技术之二:刺参养殖水环境调控技术. 中国水产, (11):57~58
- 陈效儒,张文兵,麦康森,谭北平,艾庆辉,徐 玮,马洪明,王小洁,刘付志国. 2010. 饲料中添加甘草酸对刺参生长、免疫及抗病力的影响. 水生生物学报,34(4):731~738
- 夏 芳,崔茂福,邓跃林. 2009. 发酵豆粕在断奶仔猪饲料中的应用研究. 广东饲料,18(7):27~28
- 常中岳,衣吉龙,慕康庆. 2003. 影响刺参生长及成活的因素. 河北渔业, (2):32~33,36
- 郭春华,魏荣禄,陶文清,陈智华,陶 正. 2009. 微生物发酵蛋白饲料在奶牛饲养中的应用研究. 西南民族大学学报(自然科学版),35(4):759~763
- Becker, P., Gillan, D., Lanterbecq, D., Jangoux, M., Rasolofonirina, R., Rakotovao, J., and Eeckhaut, I. 2004. The skin ulceration disease in cultivated juveniles of *Holothuria scabra* (Holothuroidea, Echinodermata). *Aquaculture*, 242(1-4): 13~30
- Choe, S. 1963. Study of sea cucumber: morphology, ecology and propagation of sea cucumber. Kaibundo Publishing House, Tokyo, Japan, 219
- Firmin, S., Gandia, P., Morgavi, P., Houin, G., Jouany, J. P., Bertin, G., and Boudra, H. 2010. Modification of aflatoxin B<sub>1</sub> and ochratoxin A toxicokinetics in rats administered a yeast cell wall preparation. *Food Additives & Contaminants*, 27(8):1 153~1 160
- Kung, L. Jr. 1990. Alternatives to antibiotics and hormones for tuminats: Microbes and enzymes. *Feed International*, 11(8):10~15
- Li, J., Xing, J., Li, D., Wang, X., Zhao, L., Lv, S., and Huang, D. 2005. Effects of  $\beta$ -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on humoral and cellular immunity in weaned piglets. *Archives of Animal Nutrition*, 59:303~312
- Moriarty, D. J. W. 1982. Feeding of *Holothuria atra* and *Sticopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the great barrier reef. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 33: 255~263
- Stanley, V. G., Ojo, R., Woldesenbet, S., and Hutchinson, D. H. 1993. The use of *Saccharomyces cerevisiae* to suppress the effects of aflatoxins in broiler chicks. *Poult. Sci.* 72(10):1 867~1 872
- Yang, H. S., Yuan, X. T., Zhou, Y. Z., Mao, Y., Zhang, T., and Liu, Y. 2005. Effects of body size and water temperature on food consumption and growth in the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) with special reference to aestivation. *Aquac. Res.* 36(11):1 085~1 092
- Yingst, J. Y. 1976. The utilization of organic matter in shallow marine sediments by an epibenthic deposit-feeding holothurian. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 23(1): 55~69
- Zhou, Y., Yang, H. S., Liu, S., Yuan, X., Mao, Y. Z., Liu, Y., Xu, X., and Zhang, F. S. 2006. Feeding and growth on bivalve biodeposits by the deposit feeder *Stichopus japonicus* Selenka (Echinodermata: Holothuroidea) co-cultured in lantern nets. *Aquaculture*, 256(1-4): 510~520