

吕子君,姚东林,王超,等.螺旋藻添加剂对猪生长、腹泻率及肌肉营养的影响[J].江苏农业科学,2015,43(7):206-209.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.07.070

螺旋藻添加剂对猪生长、腹泻率及肌肉营养的影响

吕子君¹,姚东林¹,王超¹,周爱国¹,向文洲²,邹记兴¹

(1. 华南农业大学动物科学学院,广东广州 510642;2. 中国科学院南海海洋研究所,广东广州 510301)

摘要:研究了饲料中添加 1%、2%、3% 的螺旋藻对生长育肥猪生长性能、腹泻率、肌肉营养指标的影响。结果显示:饲料中添加螺旋藻可改善生长育肥猪的生长性能,效果随着螺旋藻添加量的增加而呈上升趋势;螺旋藻对仔猪的腹泻有一定的治疗作用,3% 螺旋藻治疗效果优于抗生素;饲料中添加螺旋藻可以显著提高猪肌肉中粗蛋白质、粗脂肪含量并降低肌肉水分含量。

关键词:螺旋藻;生长育肥猪;生长性能;肌肉营养

中图分类号: S816.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)07-0206-04

螺旋藻(*Spirulina*)属于蓝藻门(Cyanophyta)颤藻科(Oscillatoria),是一种多细胞型丝状微生物,因其在显微镜下外观呈螺旋丝状得名,是自然界营养成分最丰富、最全面的生物^[1]。螺旋藻富含高质量的蛋白质、 γ -亚麻酸的脂肪酸、类胡萝卜素、维生素,并富含多种微量元素如铁、碘、硒、锌等^[2]。

螺旋藻经过选育和改良后可应用于养殖废水的处理,一方面,废水中的 C、N 等元素可通过螺旋藻转化成为生物饲料;另一方面,通过藻类养殖吸收后的废水符合排放标准^[3]。如此一举多得,当技术成熟后必将带来饲料业和养殖业的革新。

目前,养殖行业滥用抗生素造成了动物免疫能力下降、疫情泛滥、用药难以控制等诸多问题,鉴于此,研究具有促生长、增强免疫、提高肉品质等保健功效的添加剂意义重大。此外,我国人口基数大,环境污染日益严重,可持续发展是现代畜牧业发展的必由之路,应通过发展循环农业来解决环境依赖型养殖业的问题。畜禽排泄废物处理一直是制约现代集约化养殖的重要因素。本研究通过在猪饲料中添加抗生素和不同水平的螺旋藻粉,观察螺旋藻粉对于猪的生长性能、腹泻率及肌肉品质的影响,为更好地利用螺旋藻粉资源和降低抗生素使用量提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验采用单因子试验设计,以饲喂基础日粮为空白对照组,基础日粮添加金霉素为抗生素对照组,试验组为基础日粮分别添加 1%、2%、3% 螺旋藻 3 个处理。每组 3 个重复,每个重复 4 头,选取 60 头猪,试验用猪为平均质量约 15 kg、健康状况良好的三元(杜×长×大)杂交瘦肉型猪。

各处理组基础日粮参照 NRC(1998)《中国瘦肉型猪饲养

收稿日期:2014-09-04

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2013BAD10B04-1);广东省海洋渔业科技推广专项(编号:A201301F03)。

作者简介:吕子君(1990—),女,广东清远人,硕士研究生,专业水生生物学。E-mail:lvzijun624@126.com。

通信作者:邹记兴,教授,博士生导师。E-mail:zoujixing@scau.edu.cn;向文洲,研究员,博士生导师,E-mail:xwz@scsio.ac.cn。

[2] 吕新峰. 采取综合措施缩短奶牛产犊间隔的研究[D]. 石河子:石河子大学,2008.

[3] 何剑斌,从霞,刘明春,等. 奶牛子宫复旧的扫描电镜观察[J]. 中国兽医杂志,2004,40(5):15-17.

[4] 田文儒,何剑斌,丛霞,等. 产后奶牛子宫内膜的扫描电镜观察[J]. 中国兽医学报,2004,24(2):183-186.

[5] 李守军,田文儒,范友胜,等. 奶牛子宫复旧的 B-超影像学观察[J]. 黑龙江畜牧兽医,2001,10(1):49.

[6] 魏学良. 奶牛产后生殖机能恢复规律研究[D]. 重庆:西南农业大学,2001.

[7] 高树,赛务加甫. 奶牛子宫复旧期间 FSH 和 LH 动态变化规律研究[J]. 中国奶牛,2012(8):30-32.

[8] Akbar H, Schams D. Prohctin release in cattle[J]. Reprod and Fert, 2007,39:463-467.

[9] 邵会娟,李炳奇,唐利容,等. 中药复方“促孕散”中生物碱的提取方法及其促孕活性研究[J]. 石河子大学学报:自然科学版,

2010,28(2):184-188.

[10] 杜惠兰,段彦苍,宋翠森. 补肾调经方对雄激素诱导无排卵大鼠血清生殖激素及子宫、卵巢性激素受体水平的影响[J]. 北京中医药大学学报,2004,27(4):23-27.

[11] 段彦苍. 补肾中药对无排卵大鼠模型生殖激素及其受体的影响[D]. 石家庄:河北医科大学,2002.

[12] Akbar A M, Reichert L E, Dunn T G, et al. Serum levels of follicle-stimulating hormone during the bovine estrous cycle[J]. Journal of Animal Science,1974,39(2):360-365.

[13] 胡元亮,王小龙. 中药促孕液对小白鼠生殖器官发育和结构的影响[J]. 畜牧兽医学报,2001,32(5):426-433.

[14] 高治平. 熟地黄对雌性小鼠老化进程中雌、孕激素受体含量的上调作用[J]. 山西中医学院学报,2000,1(4):1-3.

[15] 曾云军,刘红,谷新利,等. “理囊散”中醇溶性成分的提取及促孕活性研究[J]. 江苏农业科学,2012,40(12):224-226.

标准》配制,基础日粮组成及营养水平见表 1。螺旋藻干粉由三亚市海王集团提供,每 100 g 螺旋藻干粉含:能量 1 435 kJ,蛋白质 60.1 g,脂肪 2.2 g,碳水化合物 19.5 g,Na 333 mg。抗生素购买于广州昊天生物科技有限公司。

表 1 试验日粮配方及其营养水平^[4-5]

项目	成分	猪生长阶段		
		15 ~ 30 kg	30 ~ 60 kg	60 ~ 90 kg
日粮组成(%)	去皮豆粕	26.0	23.0	20.0
	玉米	63.1	66.0	66.2
	磷酸氢钙	0.8	0.9	0.9
	石粉	1.1	1.1	1.1
	食盐	0.4	0.4	0.4
	猪用预混料	1.0	1.0	1.0
	赖氨酸	0.3	0.3	0.3
	猪油	2.0	2.0	2.0
	苏氨酸	0.2	0.2	0.1
	米糠饼	3.0	5.0	8.0
	蛋氨酸	0.1	0.1	0.0
	进口鱼粉	2.0	0.0	0.0
营养水平	消化能(MJ/kg)	14.12	14.02	14.01
	粗蛋白质(%)	18.63	16.62	15.58
	钙(%)	0.76	0.68	0.68
	有效磷(%)	0.36	0.31	0.31
	赖氨酸(%)	1.23	1.11	1.01

注:预混料为每 1 kg 日粮提供 Fe 120 mg;Cu 8 mg;Zn 120 mg;Mn 10 mg;Se 0.20 mg;I0.20 mg;维生素 A 5 512 IU;维生素 D₃ 2 250 IU;维生素 E 24 mg;维生素 K₃ 3 mg;维生素 B 13 mg;维生素 B₂ 6 mg;维生素 B₆ 3 mg;维生素 B₁₂ 24 μg;泛酸 15 mg;烟酸 30.3 mg;叶酸 1.2 mg;生物素 150 μg;钙、磷和粗蛋白质为实测值。

1.2 饲养管理

试验于 2013 年 10 月 7 日至 2014 年 1 月 28 日在清远市畜牧水产推广站养殖场进行,共 105 d。饲料喂前湿拌,每天定时定量喂料 3 次,自由饮水。试验期间每天清扫猪舍 2 次,并随时观察仔猪精神、食欲、饮水及其他情况。饲养试验预试

期 7 d,试验期内试验猪打耳号、驱虫和免疫。于正试期第 32 天清晨空腹前腔静脉采血,迅速用离心机离心,制备血清存放于 -20 ℃ 冰箱待用。试验猪平均体质量达到 90 kg 时试验结束,历时 97 d。

1.3 测定指标与方法

于正式试验的 0、32、97 d 这 3 个时期的早晨,以栏为单位对试验猪进行空腹称质量。同时以栏为单位每天准确记录投料量、剩料量和耗料量,以考察各个阶段猪的平均日增质量、平均日采食量、料肉比。平均日增质量 = 总增质量/试验总天数;平均采食量 = 投料量 - 剩料量/试验总天数;料肉比 = 饲料总消耗量/总增重量。

试验开始后,在小猪阶段(20 ~ 35 kg),每天观察小猪排便情况,详细记录腹泻小猪头数和腹泻持续时间,按照如下公式计算腹泻率:腹泻率 = (腹泻仔猪数 × 发病天数)/(试验仔猪数 × 试验天数) × 100%。

1.4 数据分析处理

数据先用 Excel 2003 进行整理,再用 SPSS 20 统计软件进行 One - way ANOVA 差异显著性检验,并用邓肯氏(Duncan's)法进行多重比较,结果以平均值 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。

2 结果与分析

2.1 螺旋藻对小猪(20 ~ 35 kg)生长性能及腹泻率的影响
小猪阶段(20 ~ 35 kg),各处理组间的平均日增质量差异不显著(表 2)。试验组 II 和试验组 III 的平均日增质量略高于空白对照组,分别提高 1.57% 和 2.05%;试验组 II、实验组 III 日增质量均高于抗生素组,其中试验组 III 效果最好。试验组 I 料肉比高于空白对照组和抗生素组,而试验组 II 和试验组 III 与空白对照组和抗生素组相比均分别降低 0.53% 和 1.06%。试验组 II、试验组 III 小猪腹泻率比空白对照组分别降低了 6.77%、23.31%,比抗生素组则分别降低了 18.42%、32.89%。

表 2 不同处理对小猪(20 ~ 35 kg)生长性能和腹泻率的影响

组别	始质量(kg)	末质量(kg)	平均日增质量(kg/d)	平均日采食量(kg/d)	料肉比	腹泻率(%)
空白组	20.98 ± 0.52a	35.59 ± 1.55a	0.635 ± 0.025a	1.190 ± 0.024a	1.87 ± 0.12	1.33
抗生素组	21.72 ± 0.29a	36.35 ± 1.08a	0.636 ± 0.073a	1.193 ± 0.031a	1.88 ± 0.05	1.52
试验组 I	21.37 ± 1.11a	35.98 ± 2.56a	0.635 ± 0.052a	1.198 ± 0.062a	1.89 ± 0.19	1.52
试验组 II	21.49 ± 0.38a	36.33 ± 2.35a	0.645 ± 0.026a	1.202 ± 0.042a	1.86 ± 0.04	1.24
试验组 III	21.72 ± 0.54a	36.62 ± 0.81a	0.648 ± 0.023a	1.206 ± 0.049a	1.86 ± 0.04	1.02

2.2 螺旋藻对中猪(35 ~ 55 kg)生长性能的影响

由表 3 可知,在中猪阶段(35 ~ 55 kg),试验组 I 的平均日增质量与空白对照组差异不显著,略提高了 1.87%,而试验组 II 和试验组 III 平均日增质量显著高于空白对照组,分别提高了 5.37% 和 11.24%;与抗生素组相比,试验组 I、II、III 的平均日增质量均显著提高,分别提高 6.39%、10.04% 和 16.17%。与空白对照组相比,试验组 I、试验组 II 和试验组 III 的料肉比均具有一定程度降低,分别降低了 4.76%、1.30% 和 2.60%;与抗生素组相比,试验组 I、试验组 II 和试验组 III 的料肉比分别降低了 9.09%、5.79% 和 7.02%,但相

互间差异不显著。

2.3 螺旋藻对大猪(55 ~ 90 kg)生长性能的影响

由表 4 可知,在大猪(55 ~ 90 kg)阶段,试验组 I 和试验组 II 的平均日增质量与空白对照组差异不显著,而试验组 III 的平均日增质量显著高于空白对照组($P < 0.05$),提高了 6.70%;与抗生素组相比,试验组 I、II、III 的平均日增质量均有显著提高($P < 0.05$),分别提高 5.02%、6.15% 和 13.93%;各试验组之间,试验组 III 平均日增质量显著高于试验组 I 和试验组 II($P < 0.05$)。在大猪(55 ~ 90 kg)阶段,试验组 I、试验组 II 和试验组 III 料肉比与空白对照组相比分别

表 3 不同处理对中猪(35 ~ 55 kg)生长性能的影响

组别	始质量 (kg)	末质量 (kg)	平均日增质量 (kg/d)	平均采食量 (kg/d)	料肉比
空白组	34.93 ± 0.44a	56.55 ± 1.46	0.801 ± 0.063cd	1.84 ± 0.07a	2.31 ± 0.11
抗生素组	33.98 ± 0.32a	54.68 ± 1.70	0.767 ± 0.058d	1.85 ± 0.09a	2.42 ± 0.12
试验组 I	34.23 ± 0.62a	56.25 ± 2.73	0.816 ± 0.103bc	1.78 ± 0.08a	2.20 ± 0.28
试验组 II	34.04 ± 0.45a	56.84 ± 2.16	0.844 ± 0.096b	1.92 ± 0.13a	2.28 ± 0.15
试验组 III	34.20 ± 0.58a	58.26 ± 2.44	0.891 ± 0.088a	2.00 ± 0.21a	2.25 ± 0.10

表 4 不同处理对大猪(55 ~ 90 kg)生长性能的影响

组别	始质量 (kg)	末质量 (kg)	平均日增质量 (kg/d)	平均日采食量 (kg/d)	料肉比
空白组	56.55 ± 1.46	94.85 ± 5.04	0.851 ± 0.034b	2.57 ± 0.12	3.02 ± 0.32
抗生素组	54.68 ± 1.70	90.55 ± 4.92	0.797 ± 0.078c	2.48 ± 0.17	3.11 ± 0.42
试验组 I	56.25 ± 2.73	93.92 ± 2.87	0.837 ± 0.065b	2.51 ± 0.20	3.00 ± 0.25
试验组 II	56.84 ± 2.16	94.91 ± 5.22	0.846 ± 0.054b	2.50 ± 0.10	2.95 ± 0.29
试验组 III	58.26 ± 2.44	99.12 ± 2.82	0.908 ± 0.079a	2.65 ± 0.24	2.92 ± 0.18

降低了 0.66%、2.32% 和 3.31% ($P>0.05$),与抗生素组相比分别降低了 3.54%、5.14% 和 6.11% ($P>0.05$);各试验组间,以试验组 III 降低幅度最大。

2.4 螺旋藻对猪养殖的整个阶段生长性能的影响

由表 5 可知,在猪养殖的整个阶段,试验组 I 和试验组 II 的平均日增质量与空白对照组差异不显著,而试验组 III 的平均日增质量显著高于空白对照组($P<0.05$),提高了 7.08%;与抗生素组相比,试验组 I、II、III 的平均日增质量均有显著

提高($P<0.05$),分别提高 4.09%、6.13% 和 11.32%;各试验组之间,试验组 III 平均日增质量显著高于试验组 I 和试验组 II ($P<0.05$)。在猪整个养殖试验阶段,试验组 I、试验组 II 和试验组 III 料肉比与空白对照组相比分别降低了 1.67%、1.67% 和 2.50% ($P>0.05$),与抗生素组相比分别降低了 4.45%、4.45% 和 5.26% ($P>0.05$);各试验组间,以试验组 III 降低幅度最大。

表 5 不同处理对猪整个养殖阶段生长性能的影响

项目	始质量 (kg)	末质量 (kg)	平均日增质量 (kg/d)	平均日采食量 (kg/d)	料肉比
空白组	20.98 ± 0.52	94.85 ± 5.04	0.762 ± 0.041b	1.867 ± 0.071	2.40 ± 0.18
抗生素组	21.72 ± 0.29	90.55 ± 4.92	0.733 ± 0.070c	1.841 ± 0.097	2.47 ± 0.20
试验组 I	21.37 ± 1.11	93.92 ± 2.87	0.763 ± 0.073b	1.829 ± 0.114	2.36 ± 0.24
试验组 II	21.49 ± 0.38	94.91 ± 5.22	0.778 ± 0.059b	1.874 ± 0.091	2.36 ± 0.16
试验组 III	21.72 ± 0.54	99.12 ± 2.82	0.816 ± 0.063a	1.952 ± 0.166	2.34 ± 0.11

2.5 螺旋藻对猪肌肉营养成分的影响

从表 6 可知,试验组中干物质、粗蛋白质、粗脂肪含量均显著高于空白对照组和抗生素组,且螺旋藻添加量越多,提高

幅度越大。试验组水分含量均低于空白对照组和抗生素组,粗灰分含量各组差异不显著。

表 6 螺旋藻添加剂对猪肌肉品质的影响

项目	水分 (%)	干物质 (%)	粗蛋白质 (%)	粗脂肪 (%)	粗灰分 (%)
空白组	73.21 ± 0.45a	26.21 ± 0.72a	19.31 ± 0.35a	4.81 ± 0.47a	1.28 ± 0.32a
抗生素组	73.89 ± 0.56a	26.67 ± 0.66a	19.22 ± 0.42a	4.46 ± 0.34a	1.29 ± 0.23a
试验组 I	72.25 ± 0.61b	27.31 ± 0.59b	19.82 ± 0.23a	5.67 ± 0.35b	1.27 ± 0.19a
试验组 II	72.12 ± 0.58b	27.47 ± 0.76b	20.92 ± 0.34b	5.87 ± 0.26b	1.28 ± 0.17a
试验组 III	71.24 ± 0.64c	28.11 ± 0.61c	20.72 ± 0.41b	5.97 ± 0.34c	1.29 ± 0.25a

3 结论与讨论

3.1 日粮中添加不同含量螺旋藻对猪生长性能的影响

螺旋藻营养价值较高,且含有调节机体生物活性的物质,在猪采食吸收后能促进营养物质消化吸收,提高猪的生长性能。Hugh 等发现,杂种断奶仔猪饲喂 1.5% 和 3% 的螺旋藻,能提

高特定生长率^[6]。韦启鹏等利用 1% 螺旋藻替代鱼粉后,添加到日粮中可显著提高断奶仔猪日增质量,降低料肉比,另外还可增进食欲、提高采食量^[7]。同样,螺旋藻提取物也具有促生长的效果。在金华猪日粮中添加复方螺旋藻提取物可明显提高日增质量、瘦肉率和饲料转化率^[8]。Grinstead 等在仔猪断奶后喂食不同含量的螺旋藻颗粒料(0、2、5、20 g/kg),

对仔猪持续观察 4 周,发现含量为 20 g/kg 的螺旋藻颗粒料在仔猪断奶 2 周后有显著提高日增质量的作用;而将颗粒料改成粉料后,发现持续投喂含有 1、2 g/kg 螺旋藻的断奶仔猪在 28 d 内具有降低料肉比的作用^[9]。本试验结果显示,在整个生长阶段,与空白对照组和抗生素组相比,试验组均能提高猪平均日增质量,且高剂量组具有显著效果($P < 0.05$),同时试验组也具有提高平均日采食量以及降低料肉比的趋势($P > 0.05$),这与前人的研究结果相似。

3.2 日粮中添加不同含量螺旋藻对仔猪腹泻率的影响

仔猪的机体和生理功能未发育完全^[10],肠道功能不完善,大量的营养物质不能被充分吸收,而在肠道后段被病原菌利用,容易导致病菌生长繁殖,进而引发腹泻^[11]。有研究表明,螺旋藻具有较好的保健和抑菌作用。Granci 坚持喂养公猪 1.5 mL/d 螺旋藻提取物可显著提高其射精量和精子活力^[12]。王文博等证实 2% 螺旋藻提取液具有明显的抑菌作用^[13]。韦启鹏等利用 1% 的螺旋藻粉替代鱼粉可减少断奶仔猪腹泻的发生^[7]。本试验结果显示,螺旋藻添加组都能降低小猪腹泻,而添加高剂量(3%)螺旋藻效果最好,且持续投喂时间越长,优势就越明显。可能是由于猪对所用的抗生素产生了耐药性,减弱了抗生素对于腹泻的治疗作用,而螺旋藻的保健作用使猪病原菌不会产生耐药性,持续使用会提高猪的抗病力。

3.3 日粮中添加不同含量螺旋藻对猪肌肉营养成分的影响

蛋白质、脂肪、水分和灰分作为肌肉的基本组成成分,它们的相对含量可作为科学评估肉类营养价值的主要指标^[14]。在营养学上,一般认为食品中干物质含量越高,营养成分越高。本试验中,试验组粗蛋白质和粗脂肪含量明显高于对照组和抗生素组,可能是螺旋藻自身的蛋白质和脂肪酸含量较高,其蛋白质高达干重的 70%,并含有人类和动物全部营养的必需氨基酸。一般认为,肌肉低水分对肉类的食用口感和烹调加工更为有利,本研究中,试验组水分含量明显低于空白对照组及抗生素组。因此,螺旋藻在一定程度上可以改善猪肉的品质,本试验螺旋藻添加量最高为 3%,结果显示猪肉的品质和螺旋藻的添加量呈正相关,但螺旋藻更高添加量的效果有待进一步研究。

本研究表明,饲料中添加螺旋藻可改善生长育肥猪的生长性能,效果随着螺旋藻添加量的增加而增加;螺旋藻对于仔猪的腹泻有一定的防治作用,且高剂量螺旋藻效果优于抗生素;螺旋藻在一定程度上可以改善猪肉品质。建议在生长育

肥生产中,可在不增加生产成本的情况下将螺旋藻作为抗生素的替代物。

参考文献:

- [1] Kulshreshtha A, Zacharia A J, Jarouliya U A, et al. *Spirulina* in health care management[J]. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 2008, 9(5): 400–405.
- [2] 黄涛, 陈喜斌, 蔡江. 螺旋藻的生物活性成分分析及其在饲料中的应用[J]. *饲料工业*, 2003, 24(7): 21–23.
- [3] Wang T, Liu H, Lee Y. Use of anthropic acclimated *Spirulina platensis* (Arthrospira platensis) bio-adsorption in the treatment of swine farm wastewater[J]. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2013, 15(1): 107–112.
- [4] 郭理洋. 微生态制剂和牛膝多糖对猪生长性能和肉质品质影响研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [5] 邱玉朗, 万伶俐, 魏炳栋, 等. 有机铬对猪生长性能、理化指标及肉质的影响[J]. *饲料研究*, 2012(3): 1–3.
- [6] Hugh W I, Dominy W, Duerr E. Evaluation of dehydrated *Spirulina* (*Spirulina platensis*) as a protein replacement in swine starter diets[R]. University of Hawaii, Cooperative Extension Service, 1985.
- [7] 韦启鹏, 谢金防. 螺旋藻对断奶仔猪生产性能的影响研究[J]. *江西畜牧兽医杂志*, 2000(6): 36.
- [8] 何英俊, 汪志平, 严哈光. 复方螺旋藻提取物对金华猪生产性能和胴体品质的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2006, 42(7): 36–38.
- [9] Grinstead G S, Tokach M D, Dritz S S, et al. Effects of *Spirulina platensis* on growth performance of weanling pigs[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2000, 83(3/4): 237–247.
- [10] Schlagheck T G, Webb K E. Characterization of peptides from the gastrointestinal tract of calves[C]. Bethesda, DM, 1984: 3814–3998.
- [11] Broderick G A, Wallace R J, McKain N. Uptake of small neutral peptides by mixed rumen microorganisms *in vitro*[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1988, 42(2): 109–118.
- [12] Granaci V. Achievements in the artificial insemination of swine[J]. *Animal Science and Biotechnologies*, 2007, 63: 382–386.
- [13] 王文博, 孙建光, 徐晶. 螺旋藻产品活性物质检测与免疫功能研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2011, 23(1): 54–61.
- [14] 王超, 茅沈丽, 梁日深, 等. 投喂赤子爱胜蚓对杂交鳢生长及肌肉品质的影响[J]. *水产科技情报*, 2013, 40(6): 307–311.
- [15] 郡司笃孝. 食品添加剂手册[M]. 刘纯洁, 张娟婷, 译. 北京: 中国展望出版社, 1988: 73–77.