



乳酸菌在水产养殖业中的应用

高鹏飞^{1,2}, 张善亭¹, 赵树平¹, 李 晶², 王晓伟², 张和平^{2*}

(1. 内蒙古和美科盛生物技术有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010010;

2. 内蒙古农业大学 乳品生物技术与工程教育部重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010018)

[摘 要] 乳酸菌是人和动物肠道健康菌群的重要组成部分, 是一类产乳酸的细菌的统称, 亦是公认安全的益生菌且被欧盟食品安全局所推荐。乳酸菌制剂应用于水产能维持动物肠道微生态平衡、促进动物生长性能、提高机体免疫及改善水体环境等, 对宿主产生多种健康的影响, 具有良好的应用发展前景。论文主要综述乳酸菌在水产养殖中的作用机理及应用研究, 并展望乳酸菌在水产养殖中应用。

[关键词] 乳酸菌; 益生菌; 动物养殖

[中图分类号] S811.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1005-5228(2014)07-0082-05

乳酸菌(Lactic acid bacteria, LAB)是一类能利用碳水化合物产生乳酸的革兰氏阳性细菌的统称, 属于真细菌纲(*Eubacteriac*)真细菌目(*Eubacteriales*)中的乳酸细菌科(*Lactobacillaceae*)。乳酸菌作为重要的益生菌已经广泛应用于食品、医药、轻工业和畜牧业等领域。乳酸菌应用于水产养殖可改善水体环境、在宿主体内定植而抑制病原菌的增殖、补充必要的营养物质、维持微生态平衡及增强机体免疫机能, 且能在水体环境中良好生存并发挥优势菌群作用^[1-2]。乳酸菌通过发酵产生的有机酸、特殊酶系、细菌表面成分等物质具有一定生理功能, 可刺激组织发育, 对机体的营养状态、生理功能、细胞感染、药物效应、毒性反应、免疫反应、肿瘤发生、衰老过程和应激反应等产生作用, 使其在鱼类、虾蟹类及软体动物养殖中得以广泛的应用^[3-4]。

1 乳酸菌在水产养殖中的作用

乳酸菌益生菌制剂或乳酸菌发酵饲料用于动物养殖具有调整宿主肠道正常菌群失调、维持微生态平衡、补充必要的营养物质的基本功能。但是, 由于水产养殖与其他动物养殖的最大差别在于生存环境对养殖影响的不同, 乳酸菌益生菌在水产养殖中作用主要体现在对水体微生态平衡、环境的影响及对宿主胃肠道微生态平衡的影响两部分, 故可充分发挥乳酸菌的竞争性抑制、提高宿主机体免疫、改善水

质等益生作用。

1.1 竞争性抑制作用

水产养殖中的竞争性抑制包括水环境与宿主胃肠道两部分。养殖水环境中的异养微生物会在化学物质、营养和生存空间上展开竞争, 有益微生物菌群在竞争中占优势将有利于水产动物的健康生长, 否则由病毒或病原菌至死的个体会导致整体水环境恶化, 引发恶性循环。在宿主胃肠道系统中, 能高效黏附且具有较高生存竞争能力的益生菌(乳酸菌)可与病原菌竞争生态位点与营养, 迅速增殖以充分发挥优势菌群作用, 同时降低局部氧浓度, 确保乳酸菌益生菌制剂通过多种方式竞争性抑制病原菌着生、增殖^[5]。研究表明, 在草鱼幼鱼饲料中添加 3.0×10^{10} CFU/g 的短乳杆菌制剂和 5 mg/kg 的黄霉素, 在 60 d 投喂期内, 养殖水体中和草鱼肠道的短乳杆菌数均呈上升趋势, 在 30 d 后数量达到稳定并在肠道内定植; 同时, 由于短乳杆菌的抑菌作用, 弧菌数量下降明显, 尤其是肠道内弧菌数量^[6]。

1.2 调整微生态平衡

乳酸菌产生的乳酸及其他有机酸能降低消化道的 pH, 而抑制病原菌、腐败菌的生长繁殖; 乳酸菌亦可通过分泌乳酸菌素、过氧化氢、双乙酰等具有抑菌或杀菌作用的物质, 乳酸菌素是细菌合成并分泌到环境中的一类对同种或亲缘关系较近的种有抑制作用的杀菌蛋白或多肽物质, 抑菌谱较广, 对多种革

* [收稿日期] 2014-02-20, 修回日期: 2014-03-18

[作者简介] 高鹏飞(1981-), 男, 内蒙古包头人, 工程师, 主要从事微生物应用研究。E-mail: gaopengfei234@163.com

* [通讯作者] 张和平(1965-), 男, 内蒙古四子王旗人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 乳酸菌及发酵乳制品。
E-mail: hepingdd@vip.sina.com

兰氏阳性细菌有很强的抑制作用,且不同抗菌物质间又有增效作用。将乳酸菌与酵母菌混合使用饲喂印度白虾,幼虾的生长率和存活率明显提高,当添加量为 2.5 g/kg 时,其存活率和生长率最高^[7-8]。此外,一些从养殖池塘或养殖生物肠道分离出的细菌可抑制某些病原菌的生长,利用这些细菌研发出的微生态制剂有效减少养殖过程中病害的发生^[4]。

1.3 提高宿主免疫机能

低等脊椎动物(鱼类、虾蟹类、软体动物)的免疫系统相对逊色与哺乳动物的免疫系统,而倾向于依赖非特异性免疫系统以增强机体对外界抗原的抵抗能力,乳酸菌能刺激其的胸腺、脾脏等免疫器官的发育,提高抗干扰素和巨噬细胞的活性;低等无脊椎动物没有特定的免疫器官,其免疫属于非特异性免疫,益生菌主要是通过提高其体液或体壁中的溶菌酶、过氧化氢酶、磷酸酶和超氧化物歧化酶等多种免疫酶活性来达到增强其免疫能力的目的^[4,9]。

再者,乳酸菌在养殖生物中发挥特异性免疫增强作用,主要是通过乳酸菌菌体或其代谢产物对肠道黏膜免疫的作用。在细胞免疫方面,乳酸菌使抗原物质通过 M 细胞进入回肠派伊尔结,从而激活 Th2 细胞,生成有效的 IgA 产生因子,进而使 B 细胞转化为浆细胞,在生产 Ig 的过程中向 IgA 转化,增强 SIgA 抗体分泌。SIgA 呈多链性,具有良好的黏膜亲和性、抵抗蛋白酶作用,可中和细菌毒素、抑制病原菌增殖以及阻止病毒的附着,在局部起良好的抗感染作用。乳酸菌对体液免疫的调节主要表现在其能够激活巨噬细胞、B 淋巴细胞和 NK 细胞,增加 IL-1、IL-5、IL-6 等细胞因子的产生量^[10]。桂远明等^[11]从正常鲤鱼肠道中分离出 Jy10(节杆菌)和 Jy13(乳杆菌),制成微生态制剂添加到饲料中,用该饲料投喂鲢鱼,其白细胞吞噬率和吞噬指数、巨噬细胞吞噬率和 E 玫瑰花环形成率均高于对照组,感染致病菌后试验组成活率和特异性抗体效价等均明显高于对照组。

1.4 改善水质

随着水产养殖种类与规模不断增加,集约化程度也不断提高,超限量放养和集中投饵导致大量残饵、粪便乃至动植物尸体沉入池底,尤其是在水体溶氧不足的情况下,有机物的腐烂、分解导致生产氨氮、亚硝态氮、硫化氢等有毒物质,致使水体恶化,并引发恶性循环,导致养殖业的巨大经济损失^[12]。诸多研究证实,乳酸菌益生菌发酵过程中可产生亚硝酸盐还原酶将亚硝酸盐催化降解为无毒的氨;乳酸

菌产生的有机酸可能是引起亚硝酸盐去除的主要因素,尤其是发酵后期 pH 越低,去除效果越明显。乳酸菌益生菌亦能通过氧化、氨化、固氮、硝化和反硝化等作用,将养殖过程中产生的残饵、粪便以及其它的有害物质迅速地分解为 CO₂、硝酸盐、磷酸盐等无毒无害的营养物质来达到净化水质的目的,同时提高水体中的溶解氧,保证养殖水环境的洁净,促进养殖生物的健康生长^[13-15]。李春等^[16]研究了几种乳酸菌对亚硝酸盐的去除能力;酸可能是因其亚硝酸盐去除的主要因素,特别是 pH 低于 6 时亚硝酸盐会随 pH 的降低而去除,pH 越低去除速度越快,而乳酸菌中亚硝酸盐还原酶的作用不显著。

2 乳酸菌在水产养殖中的应用

益生菌作为生物调控剂在水产养殖中的应用研究起步较晚,20 世纪 80 年代之后相关报道逐渐增加。乳酸菌菌株能否在水体环境中生存且发挥优势菌群作用,能否与病原菌竞争粘附位点以发挥抑菌、治病的作用,能否促进动物生长、耐受胃肠道消化液作用及提高动物免疫是筛选、鉴定益生菌的先决条件。国内外,诸多具有良好生理、生化性能的乳酸菌菌株已经从水产动物或其水体环境中分离,并良好的应用于鱼类、虾蟹类及特定软体动物的养殖中,并能充分发挥乳酸菌的益生作用。

2.1 乳酸菌在鱼类养殖中的应用

杀鲑气单胞菌和弧菌是鱼类养殖中主要的病原菌,分别能引发鱼类疝病和孤菌病而导致重大的经济损失。在鱼类中,病原菌可通过皮肤、鱼鳃、胃肠道系统进入宿主体内,病原菌能否成功定植于这些组织并大量繁殖是其能否致病的关键。例如:鱼类胃肠道的黏膜层是由柱状的上皮细胞所构成的,并因区域差异而存在结构和功能差异,病原菌可通过这些上皮细胞的内吞作用而进入宿主,引发感染。乳酸菌等益生菌均是从健康鱼类肠道或水体环境中分离得到的,乳酸菌的代谢产物也具显著的抑病原菌作用,乳酸菌可与致病菌竞争粘附位点,进而阻止病原菌在水产生物易感部位定植,且减少病原菌释放的细胞外毒素、穿孔毒素等毒素。正如肠道病原菌大肠杆菌是通过甘露糖受体粘附于肠道上皮细胞,而植物乳杆菌产生的甘露糖特异性粘附素的粘附能力可显著抑制大肠杆菌在肠上皮细胞的定植^[17-18]。Salinas 等^[19]从大西洋鲑鱼前肠中分离到 *Carnobacterium divergens*,研究证实对杀鲑气单胞菌和鳃弧菌具有强烈的抑菌作用,能够有效的抑制

这两种病原菌在宿主内的定植、增殖^[20-21]。

乳酸菌制剂是一种天然的活性微生态制剂,在鱼类肠道内具有较好的定植能力且无明显的宿主特异性,可通过多种途径调控动物胃肠道内环境的稳定,改善肠道微生态平衡,增强肠道上皮细胞的屏障层和提高鱼类的免疫功能^[22]。研究表明,在吉富罗非鱼的饮食中投喂一定量的嗜酸乳杆菌,血清中的超氧化物歧化酶、碱性磷酸酶和酸性磷酸酶活性显著升高,且其增重率、特定生长率和蛋白质效率均有所提高^[23]。对金头鲷饲喂乳酸菌,水体中和金头鲷肠道内的细菌总数与对照组差异显著,其中对照组水体中的细菌总数是试验组的 4×10^4 倍;金头鲷幼虫肠道内消化酶活力、比生长速度和存活率均提高显著^[24]。

然而,乳酸菌在鱼的肠道菌群中并非占主导地位,且因鱼类与乳酸菌种类的差别而异,但是可通过人工饲喂的方式使鱼类肠道中的乳酸菌维持在较高的水平,这些措施在鱼类养殖中则显得特别重要。此外,随着鱼类接种疫苗的可操作性差与经济不容乐观,乳酸菌益生菌的应用被不断的深入研究^[25]。石斑鱼是东南亚最重要的商业化海水养殖鱼之一,但海水养殖环境的污染所导致的高发病率备受瞩目,且致病的野田村病毒和虹色病毒能引发卵化后石斑鱼的神经坏死等疾病^[26],诸如溶藻弧菌、鲨鱼弧菌、假单胞菌属和屈挠杆菌属均能够感染石斑鱼以致病,造成石斑鱼养殖的困难重重。Son 等^[27]研究表明:石斑鱼的饲料中添加 10^6 CFU/kg、 10^8 CFU/kg 和 10^{10} CFU/kg 的植物乳杆菌均显著提高平均体重、饲料转化率和存活率,尤其植物乳杆菌的添加量为 10^{10} CFU/kg,平均体重与饲料转化率比对照组分别提高 404.6% 和 1.26 倍,存活率比对照组提高了 36.7%。石斑鱼饮食中添加 10^{10} CFU/kg 的植物乳杆菌,其后部肠道内的溶菌酶活力和谷胱甘肽过氧化物酶活力比对照组分别提高了 136.6% 和 113.3%,其免疫系统中的吞噬细胞活性、吞噬指数和头肾白细胞的呼吸指数分别比对照组增强了 2.3 倍、2.0 倍和 1.4 倍,证实植物乳杆菌具有改善石斑鱼的生长性能、免疫应答和抗病性。

2.2 乳酸菌在虾蟹类养殖中的应用

大量研究证实乳酸菌益生菌制剂应用于虾蟹类水产养殖中,能产生多种益生功能,诸如促进生长、提高消化酶活性、增强免疫。乳酸菌应用于虾蟹类水产养殖中,可在虾蟹体内进行新陈代谢及生命活动,为其提供必要的氨基酸及多种维生素,甚至提高

矿物元素的生物活性,进而增强虾蟹的营养代谢及促进其生长;虾蟹类的饲料中添加乳酸菌明显改善消化酶活性,尤其是肝胰脏和肠道的蛋白酶和淀粉酶活性;虾蟹的免疫系统不完善主要是依靠非特异性免疫来提高对疾病的抵抗力,血清中溶菌酶和过氧化物酶是反应虾蟹免疫能力的一个重要指标,血清中的溶菌酶能破坏和清除侵入体内的异物,过氧化物酶在甲壳动物中起着重要的异物识别和防御功能,而添加益生菌,则可激活虾蟹的过氧化物酶原系统,提高过氧化物酶活性,增强宿主对异物的识别及防御能力,且减少自由基对正常细胞的损伤,一定程度的清除细胞代谢过程中的活性氧^[28-30]。Venkat 等^[31]研究表明,罗氏沼虾的饲料中分别添加 1.40×10^{11} CFU/g 的嗜酸乳杆菌或 2.4×10^6 CFU/g 的乳酸芽孢杆菌,能够显著提高罗氏沼虾的生长,且肠道菌群中益生菌的数量显著高于对照组 ($P < 0.05$)。

2.3 乳酸菌在刺参养殖中的应用

刺参属于棘皮动物门、海参纲,具有较高的营养和药用价值,是我国北方经济效益较高的、最大的海水养殖种类。然而频繁的刺参病害问题(腐皮综合征、化皮病等)导致刺参养殖过程中死淘率高、水体环境恶劣、经济效益差。通过研究与实践,乳酸菌益生菌已成功用于刺参的养殖,能在水体及刺参体内成功的生长、繁殖,且明显抑制病原性弧菌的生长^[32]。研究表明,在刺参的水体环境中每日添加 NEM 复合菌剂(乳酸菌与芽孢杆菌总活菌数为 1.5×10^{10} CFU/g),不仅能够提高刺参的生长速度,而且降低水体中氨氮、磷酸盐及亚硝酸盐等有害物质的含量,提高水体的自净能力^[33]。乳酸菌制剂及其代谢产物均能提高刺参的特定生长率,体腔细胞中碱性磷酸酶、酸性磷酸酶活性及溶菌酶活性;实验组刺参无水应激后的吐肠率均低于对照组,且实验组中刺参肠道菌群及养殖水体菌群中的异样菌、弧菌、大肠杆菌数量明显降低,乳酸菌数量增加明显,证实乳酸菌制剂及其代谢产物对刺参肠道菌群具有一定的调节作用^[34]。

3 展望

乳酸菌在能对水产养殖生物产生多种健康的作用作用越来越被学者所重视,不仅解决了养殖过程中病害的防控难题,同时也解决了以往大量使用鱼药带来的种种负面影响。然其作用机理尚未完全明确,大部分研究集中于实验室与体外研究,集中于水质净化方面的研究,在实际大规模养殖生产中,乳酸

菌菌株是否能在养殖环境生存并大量繁殖成为优势菌是其能否得以广泛应用的关键,有的即使存活下来,也很难形成水体中的优势生物,这样就直接影响其应用效果。

其次,乳酸菌在动物中的应用,为了尽可能的发挥其作用及保证产品质量、减少抗生素的使用、提高经济效益,应进一步筛选、研究具有良好的生理、生化特性的菌株,以及与其他益生菌联合使用;当针对不同的动物和不同的生长阶段,添加不同剂量和不同种类的乳酸菌益生菌,以保证在水产养殖中发挥其最大的作用。

再者,水产养殖中益生菌的过度使用可能引发的生态安全问题也不容忽视,甚至可能造成生态入侵等一系列问题,且目前乳酸菌益生菌应用于水产养殖费用高、大水体下应用效果欠佳等原因,限制了其大范围推广使用,相关实践应用研究亟待深入。

参考文献:

- [1] 刘倩,陈营.乳酸菌对病原菌定植的拮抗作用及其在水产养殖中的应用[J].中国水产,2007(11):63-64.
- [2] 王雯雯.鱼类肠道可定植乳酸杆菌分子生态的研究[D].北京:中国农业科学院,2011.
- [3] 赵彦翠.刺参(*Apostichopus Japonicus Selenka*)多糖类免疫增强剂及微生态制剂的研究与应用[D].山东青岛:中国海洋大学,2011.
- [4] 王军.两株益生菌的鉴定及其在刺参(*Apostichopus japonicus*)养殖中应用的研究[D].山东青岛:中国海洋大学,2012.
- [5] 邱宝生,林炜铁,杨继国,等.益生菌在水产养殖中的应用[J].水产科学,2004,23(7):39-41.
- [6] 许祺森.短乳酸杆菌对草鱼幼鱼养殖水体和肠道菌群的影响[J].德州学院学报,2008,24(2):60-63.
- [7] 奚锐华,齐同兰.水产动物饲料中益生菌的应用与发展[J].北京水产,2001(2):16-17.
- [8] Lategan M J, Booth W, Shimmon R, et al. An inhibitory substance produced by *Aeromonas media* A199, an aquatic probiotic[J]. Aquaculture, 2006, 254: 115-124.
- [9] 李成林,胡炜,宋爱环,等.微生态制剂在刺参养殖中的应用与展望[J].齐鲁渔业,2008,8(25):11-15.
- [10] 邝哲师,赵祥杰,叶明强,等.乳酸菌对水产养殖动物抗氧化应激与免疫力影响研究进展[J].畜牧与饲料科学,2011,32(8):39-41.
- [11] 桂明远,吴垠.几种养殖鱼类越冬生理生化指标的变化 I:血液指标及代谢率[J].大连水产学院学报,1994,9(3):15-27.
- [12] Hall P, Holby O, Kollberg S, et al. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm[J]. Marine Ecology Progress Series, 1992, 89: 81-91.
- [13] 宋蓉.乳酸菌对养殖水体亚硝酸盐控制机理的研究[D].武汉:华中农业大学,2012.
- [14] 龚钢明,吕玉涛,管世敏,等.乳酸菌亚硝酸盐还原酶制备及酶学性质[J].中国酿造,2011(1):58-60.
- [15] 张庆芳,迟乃玉,郑燕,等.乳酸菌降解亚硝酸盐机理的研究[J].食品与发酵工业,2002,28(8):27-31.
- [16] 李春,王宝才,刘丽波.亚硝酸盐降解影响因素的研究[J].食品工业,2010(4):7-9.
- [17] Ringo E, Løvmo L, Kristiansen M, et al. Lactic acid bacteria vs. pathogens in the gastrointestinal tract of fish: a review[J]. Aquaculture Research, 2010, 41(4): 451-467.
- [18] Pretzer G, Snel J, Molenaar D, et al. Biodiversity-based identification and functional characterization of the mannose-specific adhesin of *Lactobacillus plantarum* [J]. Journal of Bacteriology, 2005, 187(17): 6 128-6 136.
- [19] Salinas I, Myklebust R, Esteban M, et al. In vitro studies of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) foregut: tissue responses and evidence of protection against *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* epithelial damage[J]. Veterinary Microbiology, 2008, 128(1-2):167-177.
- [20] Ringø E, Seppola M, Berg A, et al. Characterization of *Carnobacterium divergens* Strain 6251 Isolated from Intestine of Arctic Charr (*Salvelinus alpinus* L.) [J]. Systematic and applied microbiology, 2002, 25(1):120-129.
- [21] Ringø E. The ability of carnobacteria isolated from fish intestine to inhibit growth of fish pathogenic bacteria: a screening study[J]. Aquaculture Research, 2008, 39(2), 171-180.
- [22] Villamil L, Tafalla C, Figueras A, et al. Evaluation of immunomodulatory effects of lactic acid bacteria in turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology, 2002, 9(6): 1 318-1 323.
- [23] 刘小玲,曹俊明,邝哲师,等.嗜酸乳酸菌对吉富罗非鱼生长、非特异性免疫酶活性和肠道菌群的影响[J].广东农业科学, 2013, 40(1):123-127.
- [24] Suzer C, Oban D, Kamaci H O, et al. *Lactobacillus* spp. bacteria as probiotics in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) larvae: Effects on growth performance and digestive enzyme activities[J]. Aquaculture, 2008, 280(1-4):140-145.
- [25] Ringo E, Gatesoupe F J. Lactic acid bacteria in fish: a review [J]. Aquaculture, 1998, 160(3-4):177-203.
- [26] Fukuda Y, Nguyen H D, Furuhashi M, et al. Mass mortality of cultured sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*, associated with viral nervous necrosis [J]. Fish Pathology, 1996, 31(3):165-170.
- [27] Son V M, Chang C C, Wu M C, et al. Dietary administration of the probiotic, *Lactobacillus plantarum*, enhanced the growth, innate immune responses, and disease resistance of the grouper *Epinephelus coioides* [J]. Fish & shellfish immunology, 2009, 26(5):691-698.
- [28] 王国霞,黄燕华,周晔,等.乳酸菌对凡纳滨对虾幼虾生长性能、消化酶活性和非特异性免疫的影响[J].动物营养学报, 2010, 22(1):228-234.

- [29] 刘树青,江晓路. 免疫多糖对中国对虾血清溶菌酶,磷酸酶和过氧化物酶的作用[J]. 海洋与湖沼,1999(30):278-283.
- [30] Moriarty D. Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds[J]. Aquaculture,1998, 164(1-4):351-358.
- [31] Venkat H K, Sahu N P, Jain K K. Effect of feeding Lactobacillus-based Probiotics on the gut microflora, growth and survival of postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) [J]. Aquaculture Research,2004, 35(5):501-507.
- [32] 张艳婷,任同军,孙永欣. 乳酸菌在水产养殖中的应用及其应用于海参养殖的可行性[J]. 中国饲料,2012(3): 31-35.
- [33] 王路平,吴 垠,班红琴,等. 微生态制剂对刺参幼参在封闭式循环养殖系统中的应用研究[J]. 中国微生物学杂志,2009(21):497-499.
- [34] 宫 魁. 几种微生态制剂应用于刺参作用机理的初步研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2012.

The Application of Lactic Acids Bacteria in Animal Breeders

GAO Peng-fei^{1,2}, ZHANG Shan-ting¹, ZHAO Shu-ping¹, LI Jing¹, WANG Xiao-wei², ZHANG He-ping^{2*}

(1. Inner Mongolia Sci-plus Biotech. Co. Ltd, Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China;

2. Key Laboratory of Dairy Biotechnology and Engineering, Ministry of Education, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018, China)

Abstract: Lactic Acids Bacteria (LAB), significant components of Lactic Acid-producing Bacteria, are important parts of the normal gut microbiota of healthy animals and humans, and known as probiotic recommended by European Food Safety Authority (EFSA). LAB used as probiotic in aquiculture can exert different health effects on animals, such as regulating intestinal microbial homeostasis, improving animal production performance and immunity, and bettering the aquatic environment, therefore it will be used more widely. In this paper, the theories and the application of LAB in aquiculture were reviewed, and some advice were also put forward for further research of LAB as probiotic used in aquiculture.

Key words: Lactic acids bacteria; probiotic; animal breeding

(上接第 81 页)

Study on the Mink (*Mustela vison*) Fur Heat Transfer Coefficients and Attributive Factors

HUA Yan, ZHANG Guo-feng, WANG Xue, LIANG Xiao-ting, ZHOU Hui-yan

(College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: The fur of farmed mink (*Mustela vison*) is the main raw material for fur garment, so the heat retention property of fur are usually key parameters for evaluating fur heat insulation. To deminish the inadequacies of qualitative description of thermal insulation properties of the fur due to lack of quantitative index, the paper measured the morphological indexes included the hair density and length of guard hairs and under hairs and the overall thermal transfer coefficients of furs from 4 breeds, namely black shorthair type, white, sapphire and silver blue mink with fur thermal physical test platform. The results showed that thermal transfer coefficients did not reveal significant differences among various types of minks; the increase of wind speed brought forward higher thermal transfer coefficients of mink fur and lower heat insulating properties, under hairs length and hair density were the main factors that influenced the heat transfer property. Concerning the gender differences, the overall heat transfer coefficient of male mink fur was lower than that of the female and thermal heat insulating properties of the former higher than the latter, mainly caused by the dimorphism of fur morphological characteristic. The test of the overall thermal transfer coefficients exactly displayed the thermal insulation differences of mink furs to prepare references for quantitative assessment index of mink fur quality.

Key words: mink; fur; overall heat transfer coefficient; heat insulation