

孙 梅, 张维娜, 高 亮, 等. 解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 的分离鉴定及对病原菌拮抗特性[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4): 275-279.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.04.078

解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 的分离鉴定 及对病原菌拮抗特性

孙 梅¹, 张维娜¹, 高 亮¹, 陈秋红¹, 施大林¹, 匡 群¹, 邹益东², 张宪中³

(1. 江苏省苏微微生物研究有限公司, 江苏无锡 214063;

2. 江苏宜兴天石饲料有限公司, 江苏宜兴 214200; 3. 江苏省无锡市水产技术指导站, 江苏无锡 214000)

摘要:为了筛选 1 株对水产病原菌具有拮抗作用的菌株, 对菌株 JSSW-LA 进行生理生化鉴定、16S rDNA 序列测定及系统发育树的构建, 采用体外抑菌试验、共培养试验考察菌株 JSSW-LA 对多种水产病原菌的拮抗作用。经鉴定表明, 菌株 JSSW-LA 为解淀粉芽孢杆菌(*Bacillus amyloliquefaciens*), JSSW-LA 对嗜水气单胞菌(*Aeromonas hydrophila*)、维氏气单胞菌(*Aeromonas veronii*)、温和气单胞菌(*Aeromonas sobria*)、爱德华氏菌(*Edwardsiella*)、豚鼠气单胞菌(*Aeromonas caviae*)具有一定的抑制作用, 其中对温和气单胞菌、豚鼠气单胞菌抑制效果显著。共培养结果显示, 低起始浓度的 JSSW-LA(2.8×10^3 CFU/mL)能够显著抑制温和气单胞菌、豚鼠气单胞菌生长, 高起始浓度的 JSSW-LA(2.8×10^6 CFU/mL)对 5 种致病菌均具有一定的抑制作用。结果表明, 解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 对水产中的常见致病菌具有较好的抑制作用, 是 1 株拮抗性能优良的微生物菌株, 在水产养殖中具有广阔的应用前景。

关键词:解淀粉芽孢杆菌; 分离; 鉴定; 病原菌; 拮抗

中图分类号: S182 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)04-0275-04

近年来, 随着高密度集约化养殖规模日益扩大, 过度提高养殖高密度和过量投饵的养殖方式使养殖动物排泄物、腐烂的残饵及其他生物残体大量沉积, 氮、磷等富营养因子排入水体, 加重了养殖自身污染, 使有害藻类及病菌大量繁殖, 养殖水体生态环境日益恶化, 并且极大地增加了水产动物之间病原体交叉感染的机会。为此, 各类鱼病多发, 甚至造成水产动物大面积的死亡, 这不仅降低了水产品的质量, 而且给水产养殖业造成了严重的经济损失。

传统鱼病防治方法是施用药物, 但是此方法容易产生药物残留、耐药性提高等缺点; 并且疫苗因针对性强、操作不便等原因, 无法大规模使用; 抗生素使用不当也容易导致养殖水产品产生耐药性, 污染环境, 所以限制其使用。益生菌(probiotics)是近年来国内外迅速崛起的一类微生态制剂, 因其具有调节宿主肠道菌群平衡、提高机体健康水平、避免服用抗生素带来的耐药性和二重感染等问题的优点, 广泛地应用于医疗、保健、食品、畜牧和水产等行业^[1]。芽孢杆菌是最早应用于水产养殖中的益生菌, 具有稳定性高、耐加工、易保存等优点; 同时, 芽孢杆菌被证明具有抗菌活性, 能够产生细菌素(抗菌肽), 可以提高水生动物对养殖环境的适应能力和抗病能力, 其安全、有效的优点可逐步替代抗生素的使用^[2]。本研究从池塘底泥中分离得到 1 株编号为 JSSW-LA 的菌株, 通过主要理化特性鉴定、16S rDNA 序列测定结果及系统发育树的构

建表明, 该菌株为解淀粉芽孢杆菌(*Bacillus amyloliquefaciens*)。本研究采用体外抑菌试验考察解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 对水产常见病原菌的抑制作用, 同时利用共培养试验法考察不同浓度的解淀粉芽孢杆菌对病原菌的拮抗作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 菌株来源 JSSW-LA 菌株分离筛选自无锡市鹅湖青鱼池塘底泥。温和气单胞菌(*Aeromonas sobria*)、嗜水气单胞菌(*Aeromonas hydrophila*)、豚鼠气单胞菌(*Aeromonas caviae*)、维氏气单胞菌(*Aeromonas veronii*)、副溶血性弧菌(*Vibrio Parahemolyticus*)、爱德华氏菌(*Edwardsiella*)、鳃利斯顿氏菌(*Listonella anguillarum*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、溶藻弧菌(*Vibrio alginolyticus*)由中国水产科学研究院淡水渔业研究中心鱼病研究室提供。

1.1.2 培养基 分离筛选用培养基组成为: 10 g/L 麸皮, 10 g/L 玉米浆干粉, 5 g/L NaCl, pH 值 7.0。基础培养基为 BPY 培养基^[3], 组成为: 5 g/L 葡萄糖, 1 g/L 蛋白胨, 5 g/L 牛肉膏, 5 g/L NaCl, pH 值 7.0。

1.1.3 仪器与试剂 PCR 仪: Eppendorf Mastercycler gradient; 凝胶成像系统: Molecular Imager ChemiDoc™ XRST; 移液器: Thermo Finn pipette; 低温离心机: eppendorf Centrifuge 5810R; 电泳仪: 高压灭菌锅、电子天平、超净工作台、振荡培养箱、生化培养箱等均为国产品牌。

细菌生化反应管, 购自广东环凯微生物科技有限公司; 细菌基因组 DNA 提取试剂盒, 购自生工生物工程(上海)股份有限公司; PCR 扩增试剂盒, 购自大连宝生物工程有限公司; goldview 染料, 购自上海赛百盛基因技术有限公司; 葡萄糖、

收稿日期: 2015-08-27

项目来源: 江苏省水产三新工程(编号: Y2014-3); 国家农业科技成果转化资金(编号: 2012GB2C1001162)。

作者简介: 孙 梅(1969—), 女, 江苏无锡人, 副研究员, 研究方向为应用微生物。Tel: (0510) 85512001; E-mail: rsunmei@gmail.com。

蛋白胨、牛肉膏、NaCl 等,购自国药集团化学试剂有限公司;麸皮、玉米浆干粉,市售。

1.2 试验方法

1.2.1 细菌菌株的分离纯化 样品采集于无锡鹅湖青鱼池塘,称取 10 g 池塘底泥置于装有 90 mL 无菌水及少量玻璃珠的 250 mL 三角瓶中,振荡 30 min,静置;取上清,接种于分离培养基中,37 ℃ 培养 7 d。

每个样品吸取 1.0 mL,于 80 ℃ 加热 10 min,用移液枪吸取 0.1 mL 于基础培养基上,涂布,37 ℃ 培养。挑取单菌反复划线纯化 3 次,待长出菌落后,随机挑选菌落并纯化、编号、保存。

1.2.2 筛选菌株的鉴定

1.2.2.1 生理生化鉴定 参照《伯杰氏细菌鉴定手册》^[4]、《常见细菌系统鉴定手册》^[5],挑取待检菌落进行革兰氏染色镜检,将 0.85% 生理盐水稀释至约 10⁹ CFU/mL 的菌悬液接入细菌鉴定生化管,置于 37 ℃ 培养,按照说明书观察结果。

1.2.2.2 16S rRNA 序列测定 利用细菌 16S rRNA 通用引物,其中正向引物 7F:5′ - CAGAGTTTGATCCTGGCT - 3′,反向引物 1 540 r:5′ - AGGAGGTGATCCAGCCGCA - 3 扩增目的基因。引物由生工生物工程(上海)股份有限公司合成。以分离菌株 JSSW - LA 的基因组 DNA 为模板,25 μL PCR 反应体系为:2.5 μL 10 × buffer(含 Mg²⁺)缓冲液、0.5 μL dNTP、0.2 μL 酶、各 0.5 μL 引物,2 μL DNA 模板,加无菌水补足体积至 25 μL。PCR 反应条件为:94 ℃ 5 min;94 ℃ 30 s,55 ℃ 35 s,72 ℃ 1 min,35 个循环;72 ℃ 8 min。取 5 μL 产物在含 goldview 染色剂的 1% 琼脂糖凝胶上电泳,条件为 150 V、100 mA、20 min。电泳结束后将凝胶放入凝胶成像系统,观察结果。PCR 扩增产物交由生工生物工程(上海)股份有限公司进行序列测定。

将菌株 JSSW - LA 的 16S rDNA 基因序列与 GenBank 中已知的核酸序列进行 Blast 分析,挑选同源性较高的序列在 Cluster X 软件中完成序列比对,比对结束后用 MEGA 4.1 软件构建系统发育树。

1.2.3 解淀粉芽孢杆菌对病原菌的拮抗作用

1.2.3.1 解淀粉芽孢杆菌 JSSW - LA 抑菌性测定 纸片法是体外抑菌试验的常用方法之一^[6],它不仅有利于观察细菌通过分泌抗菌物质产生的抑菌圈,而且能够观测到具有优势拮抗作用的菌株。将无菌滤纸片在浓度约为 10⁷ CFU/mL 的解淀粉芽孢杆菌 JSSW - LA 新鲜培养液中浸泡 1.0 h。取 0.1 mL 10⁶ CFU/mL 水产养殖中常见致病菌嗜水气单胞菌、温和气单胞菌、维氏气单胞菌、豚鼠气单胞菌、爱德华氏菌、副溶血性弧菌、鳃链杆菌的液体培养液,分别涂布于 LB 琼脂培养基平皿上,然后将浸泡过菌液的滤纸片贴于培养皿上,每个平皿贴 3 片,每个平皿 3 次重复。将平皿置于 28 ℃ 培养箱中培养 24,48 h,测量抑菌圈大小。

1.2.3.2 解淀粉芽孢杆菌 JSSW - LA 与致病菌共培养试验 选取“1.2.3.1”节中经测定 JSSW - LA 对其能起到抑制生长作用的致病菌,活化后与解淀粉芽孢杆菌菌液共同接入营养肉汤培养基中,使培养基中解淀粉芽孢杆菌起始浓度分别为 1 × 10³、1 × 10⁶ CFU/mL,致病菌起始浓度为 1 × 10⁶ CFU/mL,于 30 ℃ 摇瓶培养 48 h,其间于 0、3、5、7、0、

14.0、24.0、38.0、48.0 h 取样计数,观察解淀粉芽孢杆菌 JSSW - LA 对致病菌的拮抗作用。

2 结果与分析

2.1 生理生化特性

经过分离纯化,对得到的 1 株编号为 JSSW - LA 的菌株进行生理生化特征检测,结果显示,该菌株能分解利用葡萄糖、L - 阿拉伯糖、木糖、甘露醇,能水解淀粉和明胶、分解酪素、还原硝酸盐,分别能在 50 ℃、pH 值 5.7、7% NaCl 环境下生长,主要生理生化特性见表 1。

表 1 分离菌株 JSSW - LA 的生理生化特性

生理生化指标	结果	生理生化指标	结果
革兰氏染色	+	葡萄糖	+
细胞形状	杆状	木糖	+
细胞直径 > 1 μm	-	L - 阿拉伯糖	+
形成芽孢	+	甘露醇	+
芽孢膨大	-	乳糖	-
芽孢圆形	-	利用葡萄糖产气	-
形成伴孢晶体	-	利用柠檬酸盐	+
接触酶	+	硝酸盐还原	+
氧化酶	+	50 ℃ 条件下生长	-
厌氧生长	+	pH 值 = 5.7 条件下生长	+
V. P. 试验	+	7% NaCl 条件下生长	+
VP(pH 值 = 6)	+	淀粉水解	+
VP(pH 值 = 7)	-	明胶水解	+

注:“+”“-”分别表示符合/含有、不符/不含有。

2.2 系统发育学分析

菌株 JSSW - LA 基因序列测序结果表明,16S rRNA 基因长度为 1 463 bp,将菌株所扩增的 16S rRNA 基因序列在 NCBI 通过 Blast 进行同源性检索,结果表明为芽孢杆菌属的 16S rRNA 基因序列,采用邻接法构建的菌株分子发育树见图 1,所分离菌株在系统发育树上与解淀粉芽孢杆菌(*Bacillus amyloliquefaciens*)(登录号:KC692189)属同 1 支,同源性达 99% 以上。结合生理生化特征,将所分离菌株鉴定为解淀粉芽孢杆菌。

2.3 解淀粉芽孢杆菌 JSSW - LA 抑菌性的测定

从表 2 可看出,解淀粉芽孢杆菌 JSSW - LA 对嗜水气单胞菌、温和气单胞菌、维氏气单胞菌、豚鼠气单胞菌、鳃链杆菌均具有一定的抑制作用,其中对温和气单胞菌、豚鼠气单胞菌的抑制效果较显著,对溶藻弧菌、大肠杆菌、副溶血性弧菌无明显抑制作用。

2.4 解淀粉芽孢杆菌 JSSW - LA 与病原菌共培养

2.4.1 解淀粉芽孢杆菌与嗜水气单胞菌共培养 由图 2 可见,在共培养过程中,起始浓度为 2.8 × 10³ CFU/mL 的 JSSW - LA 不能抑制嗜水气单胞菌的生长;起始浓度为 2.8 × 10⁶ CFU/mL 的 JSSW - LA 在共培养过程中对嗜水气单胞菌的生长能够起到一定的抑制作用;单独培养的嗜水气单胞菌在 48.0 h 内菌浓度由 1.1 × 10⁶ CFU/mL 上升至 7.0 × 10⁹ CFU/mL,共培养的嗜水气单胞菌在 48 h 内菌浓度由 1.1 × 10⁶ CFU/mL 上升至 1.8 × 10⁹ CFU/mL,菌体量较单独培养降低 74.3%。因此可知,高起始浓度 JSSW - LA 对嗜水气单胞菌的生长具有一定的拮抗作用。

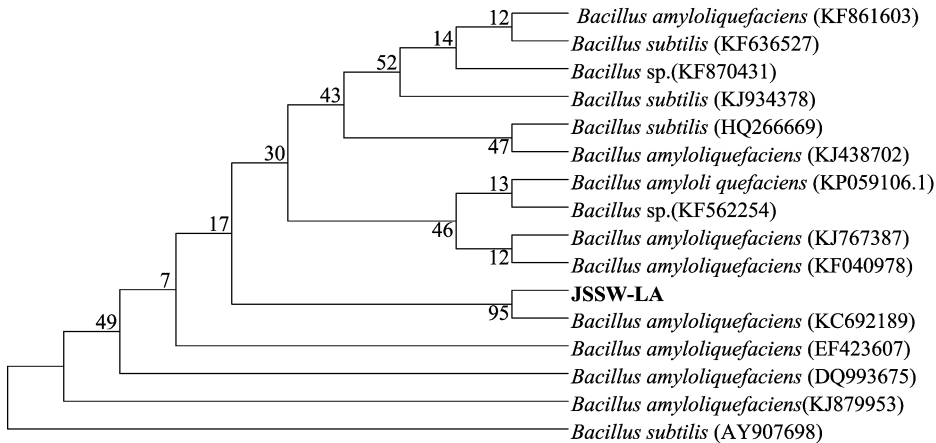


图1 分离菌株JSSW-LA16S rRNA基因序列发育进化树

表 2 解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 抑菌性测定结果

菌株	不同培养时间的抑菌圈直径 (mm)	
	24.0 h	48.0 h
嗜水气单胞菌 (<i>Aeromonas hydrophila</i>)	8.61 ± 3.24	9.41 ± 2.05
温和气单胞菌 (<i>Aeromonas sobria</i>)	16.73 ± 0.39	17.11 ± 1.21
维氏气单胞菌 (<i>Aeromonas veronii</i>)	8.21 ± 1.21	8.74 ± 0.64
豚鼠气单胞菌 (<i>Aeromonas caviae</i>)	10.31 ± 1.41	12.95 ± 0.26
副溶血性弧菌 (<i>Vibrio Parahemolyticus</i>)	-	-
爱德华氏菌 (<i>Edwardsiella</i>)	7.78 ± 0.29	8.31 ± 1.01
溶藻弧菌 (<i>Vibrio alginolyticus</i>)	-	-
大肠杆菌 (<i>E. coli</i>)	-	-

注：“-”表示无抑菌圈，纸片直径为 6.00 mm。

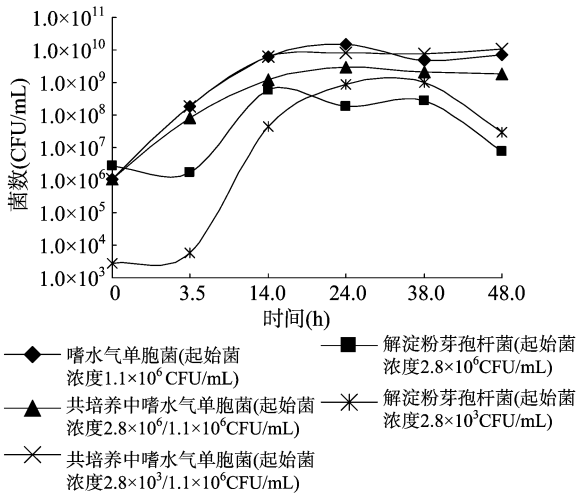


图2 JSSW-LA与嗜水气单胞菌共培养结果

2.4.2 解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 与爱德华氏菌的共培养
由图 3 可见,在 JSSW-LA 与爱德华氏菌共培养过程中,当 2 个起始浓度的 JSSW-LA 进入对数增长后期后,爱德华氏菌菌体浓度增长缓慢或逐渐下降,说明 2 个起始浓度的 JSSW-LA

LA 均能在不同程度上抑制爱德华氏菌的生长,试验后期爱德华氏菌菌浓度上升与解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 的活性降低有关。从试验结果来看,高起始浓度的 JSSW-LA 比低起始浓度对爱德华氏菌的抑制效果更好。

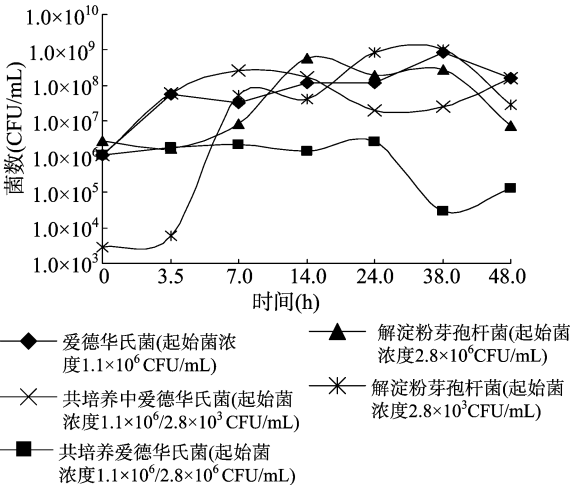


图3 JSSW-LA与爱德华氏菌共培养结果

2.4.3 解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 与维氏气单胞菌的共培养
由图 4 可见,起始浓度为 2.8×10^3 CFU/mL 的 JSSW-LA 在与起始浓度 7.8×10^6 CFU/mL 的维氏气单胞菌共培养过程中无法抑制致病菌的生长,而起始浓度为 2.8×10^6 CFU/mL 的 JSSW-LA 在共培养过程中对维氏气单胞菌的生长能够起到一定的抑制作用。单独培养的维氏气单胞菌在 48.0 h 内菌浓度由 7.8×10^6 CFU/mL 上升至 1.9×10^9 CFU/mL,共培养的维氏气单胞菌在 48.0 h 内菌浓度由 7.8×10^6 CFU/mL 上升至 4.0×10^8 CFU/mL,菌体量较单独培养降低 78.9%。因此可知,高起始浓度的 JSSW-LA 对维氏气单胞菌具有较好的拮抗作用。

2.4.4 解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 与豚鼠气单胞菌的共培养
由图 5 可见,在 JSSW-LA 与豚鼠气单胞菌共培养过程中,在 7~14 h 培养阶段,与起始浓度为 2.8×10^6 CFU/mL 的 JSSW-LA 共培养的豚鼠气单胞菌菌浓度由 2.8×10^8 CFU/mL 降为 6.6×10^3 CFU/mL,起始浓度为 2.8×10^3 CFU/mL JSSW-LA 共培养的豚鼠气单胞菌菌浓度由 8.5×10^8 CFU/mL 降为 7.8×10^6 CFU/mL。因此可知,不同

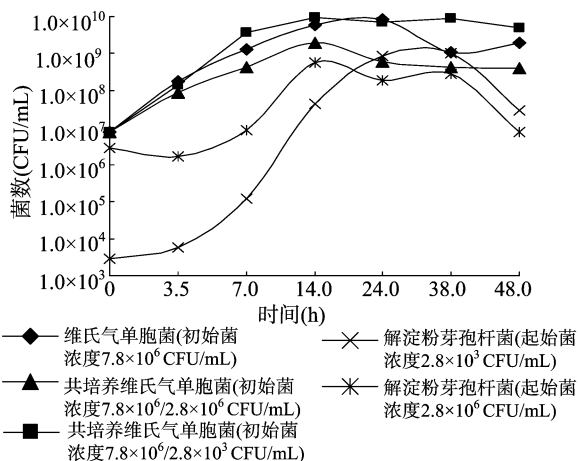


图4 JSSW-LA与维氏气单胞菌共培养结果

起始浓度的 JSSW-LA 均能不同程度抑制豚鼠气单胞菌的生长,且高浓度 JSSW-LA 对豚鼠气单胞菌的拮抗作用更强;培养至中后期,随着 JSSW-LA 活性降低,对豚鼠气单胞菌的拮抗作用减弱,豚鼠气单胞菌快速增长。

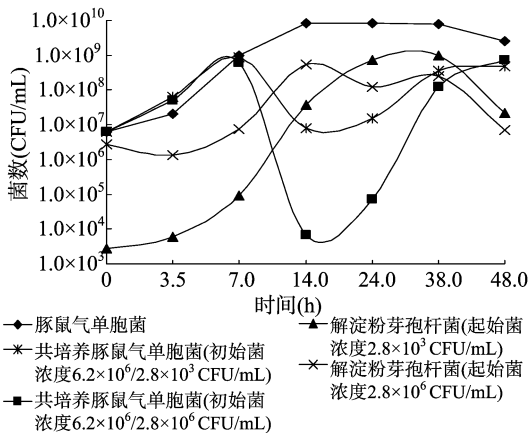


图5 JSSW-LA与豚鼠气单胞菌共培养结果

2.4.5 解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 与温和气单胞菌的共培养 由图 6 可看出, JSSW-LA 对温和气单胞菌的生长具有拮抗作用。单独培养的温和气单胞菌在 48 h 内菌浓度由 6.6×10^6 CFU/mL 上升至 1.9×10^9 CFU/mL;而在与解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 的共培养过程中,无论 JSSW-LA 的起始浓度是 2.8×10^3 CFU/mL 还是 2.8×10^6 CFU/mL,温和气单胞菌的生长量在 JSSW-LA 进入对数期后均明显降低,至 48.0 h 时,温和气单胞菌的浓度分别为 0.3 万、1.1 万 CFU/mL,明显低于单独培养的菌浓度 1.9×10^9 CFU/mL。因此可见, JSSW-LA 对温和气单胞菌具有很强的拮抗作用。

4 小结与讨论

解淀粉芽孢杆菌是一种好氧产芽孢的革兰氏阳性杆状细菌,与枯草芽孢杆菌具有很高的亲缘性。该菌在自然界分布广泛,对人畜无毒无害,不污染环境,生长快,稳定性好,并且其代谢产物较为丰富,如表面活性肽、伊枯草菌素等^[7],具有广谱抗菌活性和较强的抗逆能力,对多种病原菌、真菌、有害藻类、线虫等具有良好的抑制作用,是动植物病害生物防控的有效“武器”。本试验通过对分离筛选得到的菌株 JSSW-LA

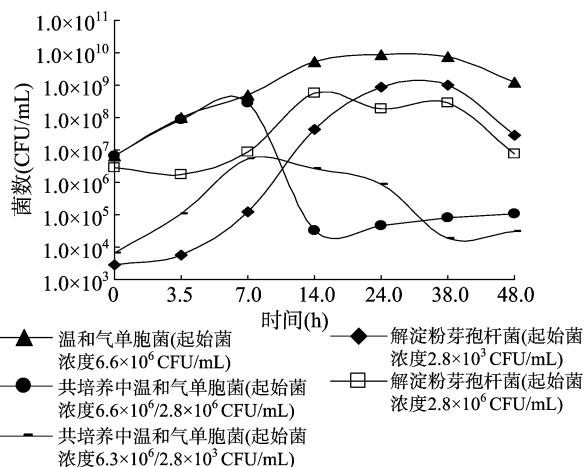


图6 JSSW-LA与温和气单胞菌共培养结果

的生理生化测试显示,该菌株的明胶水解、淀粉水解和硝酸盐还原均为阳性,能够利用甘露醇、葡萄糖等,这些都与陈成等分离到的解淀粉芽孢杆菌性质^[8-9]一致。由于细菌 16S rRNA 基因序列具有高度保守性,其核酸片段长度适宜,16S rRNA 序列分析作为微生物分类系统的主要依据已经得到了广泛认同^[10]。本研究为进一步确定菌株的分类学地位,在细菌学鉴定的基础上测定了分离菌株 16S rRNA 序列,并进行系统进化树的构建和同源性分析。通过序列比对、发育树的构建,鉴定 JSSW-LA 为解淀粉芽孢杆菌。

目前,对拮抗菌的筛选通常采用体外的试验方法,其中纸片法是常用的方法之一。指示菌为致病菌,指标是待测菌能够在琼脂培养基上对指示菌产生抑制效果^[11]。因此,本试验选用纸片法对分离到的解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 进行 7 种致病菌体外抑菌试验,解淀粉芽孢杆菌 JSSW-LA 对嗜水气单胞菌、温和气单胞菌、维氏气单胞菌、豚鼠气单胞菌、鳃裂链球菌这 5 种致病菌具有一定的抑制作用,其中对温和气单胞菌和豚鼠气单胞菌抑制效果明显。

根据微生物生态学原理,将拮抗菌与病原菌共培养,以活菌数或抑菌圈作为评价指标来筛选候选菌是目前采用较多的方法。目前,针对解淀粉芽孢杆菌对水产常见病原菌拮抗作用方面的研究较少,并且多集中于解淀粉芽孢杆菌对嗜水气单胞菌拮抗作用的研究。曹海鹏等从养殖池污泥中分离筛选了 1 株优良的鲟源嗜水气单胞菌拮抗菌解淀粉芽孢杆菌 G1,其对鲟源嗜水气单胞菌 S1 产生的抑菌圈直径为 18.50 mm^[6]。刘亚楠在体外通过对抑菌谱及在共培养条件下对致病性团头鲂源嗜水气单胞菌抑菌效果的测定,经鉴定为解淀粉芽孢杆菌的 S18、S24、F4 对嗜水气单胞菌抑菌效果明显^[12]。本试验分离鉴定得到的 JSSW-LA 解淀粉芽孢杆菌通过与水产致病菌的共培养,显示出较强的广谱抗菌性能,其中低起始浓度的 JSSW-LA (2.8×10^3 CFU/mL)能够显著抑制温和气单胞菌、豚鼠气单胞菌的生长,高起始浓度的 JSSW-LA (2.8×10^6 CFU/mL)对 5 种致病菌均具有一定的抑制作用。共凝集是具有特定遗传性状的细菌之间通过特殊分子黏附起来的过程,是复杂生物膜发育的关键机制,作为一个特异性较强的过程,共凝集在多样生物膜系统的发展和维持中起着重要的生态学角色,益生菌与病原菌之间的共凝集被认为是排除病原菌的一种方法^[13]。JSSW-LA 表现出良好

邢文会,付瑞敏,王 丁,等. 微生物发酵甘薯渣产蛋白饲料的工艺优化及对育肥猪生产性能的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(4):279-284.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.04.079

微生物发酵甘薯渣产蛋白饲料的工艺优化 及对育肥猪生产性能的影响

邢文会¹,付瑞敏^{1,2},王 丁¹,王雅雅²,谷亚楠²,郭彦钊²,陈五岭²

(1. 河南教育学院,河南郑州 450046; 2. 西北大学生命科学学院,陕西西安 710069)

摘要:以甘薯渣为原料,利用复合微生物菌剂进行固态发酵,并探讨发酵产物对育肥猪生产性能的影响。采用响应面法对甘薯渣的发酵条件进行优化,在单因素试验的基础上,选择接种量、发酵温度、初始 pH 值 3 个因素,以发酵产物的真蛋白含量作为响应值进行响应面法分析,并将发酵产物作为添加物进行育肥猪饲喂试验。结果表明,微生物发酵甘薯渣产蛋白饲料的最优工艺是:接种量 1.64%、发酵温度 29.79 ℃、初始 pH 值 5.59。在该条件下,真蛋白含量增加至 22.95%,比优化前提高了 47.68%。此外,经检测,发酵后产物各项评价指标均良好,可将其添加入育肥猪饲料中,且最佳添加比例为 10%。

关键词:甘薯渣;发酵条件;响应面法;育肥猪

中图分类号:S816.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)04-0279-06

甘薯是一种高产而适应性强的粮食作物^[1],甘薯块根中

收稿日期:2015-11-26

基金项目:河南省高等学校重点科研项目(编号:15B180002);河南省高等学校青年骨干教师资助计划(编号:2014GGJS-216);陕西省重大科技创新项目(编号:2009ZKC04-16);河南教育学院青年科研课题(编号:20100103);河南省基础与前沿技术研究(编号:152300410092)。

作者简介:邢文会(1982—),女,河南郑州人,硕士,讲师,主要从事动物营养及发育研究。Tel:(0371)69303781;E-mail:angelaminmin@163.com。

通信作者:陈五岭,硕士,教授,主要从事农业微生物研究。Tel:(029)88303700;E-mail:wulingchen@yeah.net。

的拮抗性能与其和致病菌具有良好的凝集率有关,由结果分析可知,JSSW-LA 与温和气单胞菌、豚鼠气单胞菌的凝集率要高于 JSSW-LA 与嗜水气单胞菌、维氏气单胞菌、爱德华氏菌的凝集率。

参考文献:

- [1] 曾子丹,姚朔影. 益生菌的研究前景及国内外发展状况[J]. 食品工业科技,2007,28(8):251-254.
- [2] Goddard S. Feed management in intensive aquaculture[J]. American Journal of Roentgenology Radium Therapy & Nuclear Medicine, 1996,149(2):159-179.
- [3] 权春善,王军华,徐洪涛,等. 一株抗真菌解淀粉芽孢杆菌的分离鉴定及其发酵条件的初步研究[J]. 微生物学报,2006,46(1):7-12.
- [4] 布坎南 R E,吉本斯 N E. 伯杰氏细菌鉴定手册[M]. 中国科学院微生物研究所,译. 8 版. 北京:科学出版社,1984:751-767.
- [5] 东秀珠,蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2001:364-398.
- [6] 曹海鹏,何 珊,刘丽玲,等. 鲟源病原性嗜水气单胞菌拮抗芽孢

含大量的淀粉、糖分、蛋白质和纤维素半纤维素等营养成分^[2-5]。甘薯不仅可以用作人类的主粮,还是饲料生产、淀粉加工和乙醇制造等行业的重要原材料。研究资料表明,甘薯中的膳食纤维对维持人和动物的胃肠道健康具有极其重要的作用^[6-8]。甘薯渣是甘薯淀粉厂提取甘薯淀粉后剩余的残渣,其主要成分是淀粉、纤维素和蛋白质等,质量约占鲜质量的 45%~60%。当前,饲料工业中大多采用新鲜薯渣来生产饲料,陈年薯渣由于久置生霉、产乙醇等原因不易被动物食用,故大多被废弃,不仅污染环境,还造成了资源的浪费^[9-11]。

当前,随着生物技术与饲料加工产业的不断融合,生物饲料的开发已逐渐成为我国饲料加工的热点。基于生物饲料的

杆菌的鉴定及其生物学特性[J]. 微生物学通报,2011,38(9):1377-1384.

- [7] Ongena M, Jacques P. Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol[J]. Trends in Microbiology, 2008,16(3):115-125.
- [8] 陈 成,崔堂兵,于平儒. 一株抗真菌的解淀粉芽孢杆菌的鉴定及其抗菌性研究[J]. 现代食品科技,2011,27(1):36-39.
- [9] 王德培,孟 慧,管叙龙,等. 解淀粉芽孢杆菌 BI2 的鉴定及其对黄曲霉的抑制作用[J]. 天津科技大学学报,2010,25(6):5-9.
- [10] Kim M S, Jeong H D. Development of 16S rRNA targeted PCR methods for the detection and differentiation of *Vibrio vulnificus* in Marine environments[J]. Aquaculture, 2001,193(3/4):199-211.
- [11] Kesarcodi-Watson A, Kaspar H, Lategan M J, et al. Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes[J]. Aquaculture, 2008,274(1):1-14.
- [12] 刘亚楠. 团头鲂源嗜水气单胞菌拮抗菌的筛选及拮抗特性研究[D]. 南京:南京农业大学,2013.
- [13] Gordon A S, Millero F J. Electrolyte effects on attachment of an estuarine bacterium[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1984,47(3):495-499.