

风干武昌鱼中乳酸菌的分离鉴定及发酵性能研究

赵俊仁¹, 程水明¹, 洪玮娣², 王汝兰², 李春海¹

(1. 广东石油化工学院环境与生物工程学院, 广东茂名 525000)

(2. 黄冈师范学院生命科学学院, 湖北黄冈 438000)

摘要: 为获得具备优良性能的乳酸菌发酵剂, 以我国极具特色的发酵肉制品—风干武昌鱼为基础原料, 对传统风干武昌鱼在自然发酵过程中不同时期的乳酸菌进行分离鉴定与发酵性能测定。研究通过平板分离、菌落与菌体形态观察、糖醇发酵试验及生理生化试验鉴定所分离乳酸菌。结果表明所分离乳酸菌分属于7个种属:嗜盐四联球菌(*Tetragenococcus halophilus*)、弯曲乳杆菌(*Lactobacillus curvatus*)、乳酸乳球菌乳酸亚种(*Lactococcus lactis subsp. lactis*)、冷明串珠球菌(*Leuconostoc gelidum*)、格氏乳杆菌(*Lactobacillus gasseri*)、詹氏乳杆菌(*Lactobacillus jensenii*)和嗜淀粉乳杆菌(*Lactobacillus amylophilus*)。进一步采用产酸能力、食盐耐受性、亚硝酸盐耐受性、生长温度以及蛋白质和脂肪降解能力等试验测定菌株发酵性能, 最终优化结果表明乳酸乳球菌乳酸亚种具备优良乳酸菌发酵剂的性能。

关键词: 武昌鱼; 微生物; 发酵; 鉴定

文章编号: 1673-9078(2014)8-100-105

Isolation, Identification, and Fermentation Properties of *Lactic acid bacteria* from Air Dried and Fermented *Megalobrama amblycephala*

ZHAO Jun-ren¹, CHENG Shui-ming¹, HONG Wei-di², WANG Ru-lan², LI Chun-hai¹

(1.College of Environmental and Biological Engineering, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000, China) (2.College of Life Sciences, Huanggang Normal University, Huanggang 438000, China)

Abstract: The aim of this study is to obtain lactic acid starters with excellent fermentation properties from air-dried and fermented *Megalobrama amblycephala*, a fermented fish product unique to China. The fermentation capacity of lactic acid bacteria was isolated, identified, and evaluated from the fermented fish. Strains were isolated by dilution plate method and identified by colony characteristics, bacterial morphology, carbohydrate fermentation, and a series of physiological and biochemical tests. The results showed that the isolated strains belonged to the following seven species: *Tetragenococcus halophilus*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Leuconostoc gelidum*, *Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus jensenii*, and *Lactobacillus amylophilus*. Fermentation capacity was evaluated in terms of acidification rate, salt tolerance, nitrite tolerance, growth temperatures, and proteolytic and lipolytic capacities. The final optimization results showed that *Lactococcus lactis subsp. lactis* qualified as an excellent lactic acid starter.

Key words: *Megalobrama amblycephala*; bacteria; fermentation; identification

武昌鱼 (*Megalobrama amblycephala*) 原产于湖北鄂州梁子湖, 因毛泽东“才饮长沙水, 又食武昌鱼”的词句闻名遐迩, 其味鲜美、肉质嫩白, 含丰富的蛋白质和脂肪, 是淡水鱼中的名优品种。风干武昌鱼是湖北地区极具地方特色的发酵肉制品, 是指将经过腌制后的武昌鱼通过自然风干的方式得到的一种鱼肉产品。微生物特别是乳酸菌在鱼肉品质形成的过程中发挥了重要作用, 经过风干发酵的武昌鱼具有风味独特、

保存期长, 营养价值高等特点, 在我国具有广阔的消费市场。

乳酸菌将肉中的糖原或添加的糖转换为酸, 肉基质pH值降低, 肉中盐溶性蛋白质转变为凝胶态, 形成发酵肉制品特有的组织状态; 同时, 乳酸菌所产生的酸性环境抑制了其他有害微生物和病原菌的生长, 进而保证了产品的生物安全性; 发酵肉制品良好色泽的形成与乳酸菌还原一氧化氮肌红蛋白有关。国外关于乳酸菌发酵剂的研究主要集中在菌种筛选、菌株安全性评估、以及发酵制品品质分析等方面。Landeta等人研究了西班牙干发酵香肠中乳酸菌的安全性, 试验表明清酒乳酸菌 (*Lactobacillus sakei*) 和粪肠球菌

收稿日期: 2014-03-20

基金项目: 广东省高等学校优秀青年教师培养计划项目 (Yq2013117); 茂名市科技计划项目 (201344); 湖北省教育厅科学技术研究项目 (Q20122711)

作者简介: 赵俊仁 (1980-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为食品微生物

(*Enterococcus faecium*) 具备优良发酵剂的性能^[1]。Raquel等人从婴儿排泄物中分离出109株乳酸菌, 经过筛选后得到适合作为益生菌发酵剂的数株乳酸菌^[2]。Liu等人分析了从市售食品和药品中分离乳酸菌的耐药性, 结果表明许多益生菌都表现出对不同抗生素的耐药性, 这对于食品安全是个巨大威胁, 并提出应尽快建立食用乳酸菌的安全性评估标准^[3]。总之, 乳酸菌是发酵肉制品得以成功生产的关键因素, 应用乳酸菌作为发酵剂已成为发酵肉制品行业大势所趋的新方向。

本研究从不同批次生产的风干武昌鱼中分离鉴定出多株乳酸菌, 经过一系列菌株性能的测定, 以期得到生产性能优良的乳酸菌菌株。通过后续研究将乳酸菌制备成发酵剂应用于发酵肉制品的生产, 将起到改善传统生产工艺、提高产品生物安全性的作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设备

1.1.1 试验原料

材料: 武昌鱼、白砂糖、食盐、桂皮、味精、酱油、料酒、生姜等, 均购于正规农贸市场。

试剂: 细菌微量生化反应管(杭州天和微生物试剂有限公司), 葡萄糖、Tween-80等, 均为分析纯。

1.1.2 培养基

营养琼脂培养基、MRS培养基、硝酸盐还原试验培养基、H₂S试验培养基、明胶液化培养基、葡萄糖产酸产气培养基、乳酸菌糖醇发酵基础培养基等^[4]。

1.1.3 仪器设备

722型可见分光光度计, 上海棱光技术有限公司; YXQ-LS-50SII型立式压力蒸汽灭菌锅, 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; KQ-100型超声波清洗器, 昆山市超声波仪器公司; 光学显微镜, 日本尼康等。

1.2 试验方法

1.2.1 风干武昌鱼的制备

选用新鲜度好的鲜活武昌鱼, 然后去鳞、去鳃、去内脏, 用毛刷逐个刷洗武昌鱼表面污物, 并用清水漂洗干净; 将鱼浸入制备好的浸泡液中(注意将所有鱼都浸入), 浸泡时间为24~48 h; 将腌制成熟的武昌鱼从浸泡液中取出, 晾晒在绳上, 在自然条件下风干即可。本研究总共从六个批次的风干武昌鱼中生产过程中进行乳酸菌的分离鉴定, 以期做到不丢不漏性能良好的乳酸菌。

1.2.2 微生物数量的测定及乳酸菌的分离纯化

每天取样品 5.0 g, 无菌剥去肠衣后剪碎研磨, 加

入 45.0 mL 生理盐水中, 4 °C 下平衡 20 min。采用 MRS 培养基选取 2~3 个适当的稀释倍数平板涂布, 37 °C 下培养 24 h 进行菌落计数, 即为乳酸菌菌数; 同样地采用营养琼脂培养基即可测定细菌总数。选取几株优势乳酸菌划线分离, 直到得到纯菌株。

1.2.3 乳酸菌的鉴定

将分离纯化后的乳酸菌涂布到 MRS 培养基上, 37 °C 下培养 24 h, 观察菌落大小、颜色、隆起度、表面光滑程度等特征, 革兰氏染色后在油镜下观察菌体形态。最后测定乳酸菌的糖醇发酵情况及生理生化特性。

1.2.4 乳酸菌产酸速率的测定

在 MRS 培养基中接入各乳酸菌, 测定 6 d 内的 pH 值变化情况, 判断各乳酸菌的产酸能力^[5]。

1.2.5 乳酸菌食盐耐受性及亚硝酸盐耐受性测定

在 MRS 液体培养基中分别添加质量分数 0%、2.0%、4.0%、6.0%、8.0%、10.0% 的食盐, 接入乳酸菌后于 37 °C 下培养 24 h, 以未接种的各食盐浓度培养基作空白对照, 于波长 560 nm 处测定吸光值(A 值)。在分别添加 0 mg/kg、50 mg/kg、100 mg/kg、150 mg/kg 亚硝酸钠的 MRS 液体培养基中接入乳酸菌于 37 °C 下培养 24 h, 以未接种的各亚硝酸盐浓度培养基作空白对照, 于波长 560 nm 处测定 A 值^[6]。

1.2.6 乳酸菌生长温度测定

将各株乳酸菌接入 MRS 液体培养基中, 分别在 4 °C、28 °C、30 °C、33 °C、35 °C、37 °C、40 °C 和 42 °C 下培养 24 h, 以未接种的 MRS 培养基作空白对照, 在波长 560 nm 下测定 A 值。

1.2.7 乳酸菌的蛋白质降解活性和脂肪降解活性测定

采用添加 15.0% 脱脂乳的 MRS 固体培养基, 滴入 0.1 mL 的乳酸菌菌液涂布均匀, 培养 24 h。当牛乳中的酪蛋白被分解后, 菌落周围会出现透明环, 以此判定菌种有无蛋白质分解能力。采用添加 15.0% 猪油和中性红指示剂的 MRS 固体培养基, 滴入 0.1 mL 的乳酸菌菌液涂布均匀, 培养 24 h。当菌株分解脂肪产生脂肪酸时, 培养基会出现红色斑点。

1.3 数据分析

所得数据为三次测定值的平均值。使用 Excel (画图软件) 作图, 使用 Statistix 8.1 (分析软件, St Paul, MN) 进行统计分析, 并进行多重比较。

2 结果与讨论

2.1 风干武昌鱼中细菌总数和乳酸菌数的变化

化情况

如图 1 所示, 发酵前期细菌总数和乳酸菌数均显著上升, 且二者的变化趋势基本一致, 由此判断细菌总数的升高主要是由于乳酸菌的大量繁殖所致。2012 年, Onanong 等人对传统干发酵香肠的生产过程进行研究, 优势菌群为乳酸菌, 与本试验结果一致^[7]。因此乳酸菌为风干武昌鱼发酵过程中的优势菌群, 其生长过程产生乳酸, 抑制其他微生物的生长^[8]。发酵后期 (第 7 d) 乳酸菌呈衰退状态, 乳酸菌数降低, 产酸能力随之下降, 这给其他微生物 (如葡萄球菌、微球菌、酵母菌等) 的生长带来可乘之机, 此时为各种微生物竞相生长的时期。发酵后期由于水分含量、水分活度 (A_w)、肉基质质地等条件的剧烈变化, 肉基质

内环境已不适合微生物的生长, 微生物数量急剧下降。

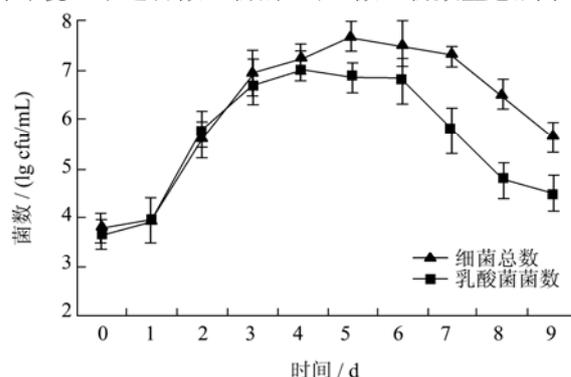


图 1 风干武昌鱼发酵过程中微生物的变化

Fig.1 The growth curves of total bacteria and *Lactic acid bacteria* fermentation process

2.2 风干武昌鱼中乳酸菌的分离鉴定

2.2.1 乳酸菌的形态学鉴定

表 1 乳酸菌的菌落形态

Table 1 Colonial morphology of the *Lactic acid bacteria*

菌号	形状	大小/mm	颜色	光泽	表面状况	边缘整齐度	隆起度	透明度
R1	圆形	1.0~1.5	白色	无	较粗糙	整齐	凸起	不透明
R2	圆形	0.5~1.0	微黄色	有	光滑	整齐	凸起	不透明
R3	圆形	0.5~1.0	白色	无	较粗糙	不整齐	扁平	透明
R4	圆形	0.5~1.0	灰白色	有	光滑	整齐	凸起	透明
R5	圆形	1.3~1.8	微黄色	有	光滑	整齐	凸起	透明
R6	圆形	0.5~1.0	白色	有	光滑	整齐	凸起	不透明
R7	圆形	0.5~1.0	白色	有	光滑	整齐	圆环形	不透明

以风干武昌鱼为原料, 采用 MRS 培养基从样品中共分离纯化出多株乳酸菌, 经过一系列的鉴定试验最终将其分类为 7 个种属, 分别简称为 R1~R7。分离乳酸菌菌落特征见表 1, 菌落形状均为圆形, 颜色多为白色或微黄色, 多数菌落表面有光泽且表面光滑,

菌落大小及透明度各异。乳酸菌经革兰氏染色后, 在油镜下观察菌体形态特征 (见表 2), 结果表明分离乳酸菌均为革兰氏阳性菌 G (+), 菌体形状为球菌或杆菌, 菌体大小和排列方式各不相同, 具体见表 2。

表 2 乳酸菌的菌体形态

Table 2 Cell morphology of *Lactic acid bacteria*

菌号	菌体形态
R1	G(+), 球菌, 单个菌直径约 1.5 μm , 多成对或四联
R2	G(+), 短杆状, 单个菌直径约 1.3 μm ~1.5 μm ×1.0 μm , 多成双或短链状排列
R3	G(+), 球菌, 单个菌直径约 0.8 μm ~1.0 μm , 成对或链状排列
R4	G(+), 球菌, 单个菌约 0.8 μm ~1.0 μm , 多呈并排的链状排列
R5	G(+), 短杆状, 单个菌约 3.0 μm ~1.5 μm ×1.0 μm , 多成对
R6	G(+), 杆状, 单个菌约 5.5 μm ~6.0 μm ×1.0 μm , 多为长链状
R7	G(+), 杆状, 单个菌直径约 3.0 μm ×1.0 μm 左右, 多成双或短链状排列

2.2.2 乳酸菌的生理生化试验结果

7 株乳酸菌的生理生化鉴定试验结果和糖醇发酵试验结果分别见表 3 和表 4。各菌株均为过氧化氢酶阴性, 无鞭毛没有运动性, 不产硫化氢, 不产吲哚,

不能使明胶液化, 均能利用葡萄糖产酸, 具备乳酸菌的典型特征。其中葡萄糖产气试验、精氨酸水解试验和七叶灵水解等试验各不相同, 可作为菌株分类鉴定的依据。糖醇发酵试验结果差异较大, 可充分利用对

乳酸菌分类。

表3 乳酸菌的生理生化特性试验结果

Table 3 Results of physio-biochemical characteristics tests of

Lactic acid bacteria							
菌株	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
过氧化氢酶	-	-	-	-	-	-	-
运动性	-	-	-	-	-	-	-
产硫化氢试验	-	-	-	-	-	-	-
吲哚试验	-	-	-	-	-	-	-
明胶液化	-	-	-	-	-	-	-
葡萄糖产酸	+	+	+	+	+	+	+
葡萄糖产气	-	-	-	+	-	-	-
V-P试验	-	-	-	-	-	-	-
精氨酸水解	-	-	-	+	+	-	-
淀粉水解	-	-	-	-	-	-	-
七叶灵水解	-	+	-	-	+	+	-
硝酸盐还原	-	-	-	W	-	-	-

注：“+”为阳性反应；“-”为阴性反应；“W”为弱阳性反应。

表4 乳酸菌糖醇发酵特性试验结果

Table 4 Results of carbohydrate fermentation test of Lactic acid

bacteria							
菌株	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
乳糖	-	+	+	+	-	+	-
D-果糖	+	+	+	+	+	+	+
麦芽糖	+	+	+	W	W	+	+
葡萄糖	+	+	+	+	+	+	+
木糖	-	+	+	+	-	-	-
半乳糖	-	+	+	+	+	+	+
山梨醇	-	-	-	-	-	+	-
蔗糖	+	+	+	+	+	+	+
甘露醇	-	-	-	-	W	+	-
棉籽糖	-	-	-	+	-	-	-
海藻糖	+	+	+	+	-	-	+
松三糖	-	-	+	-	-	-	-
纤维二糖	-	+	-	+	+	-	+
蜜二糖	-	-	+	+	-	-	-
苦杏仁苷	-	-	-	-	+	-	+

注：“+”为阳性反应；“-”为阴性反应；“W”为弱阳性反应。

根据上述菌落和菌体形态特征、生理生化试验结果，以及糖醇发酵试验结果，对照《伯杰氏细菌鉴定学手册》^[9]和《乳酸细菌分类鉴定及试验方法》^[10]鉴定7株乳酸菌，结果表明：R1为嗜盐四联球菌、R2

为弯曲乳杆菌、R3为乳酸乳球菌乳酸亚种、R4菌为冷明串珠球菌、R5为格氏乳杆菌、R6为詹氏乳杆菌、

R7为嗜淀粉乳杆菌。

2.3 乳酸菌菌株发酵性能的测定

2.3.1 乳酸菌菌株产酸能力测定

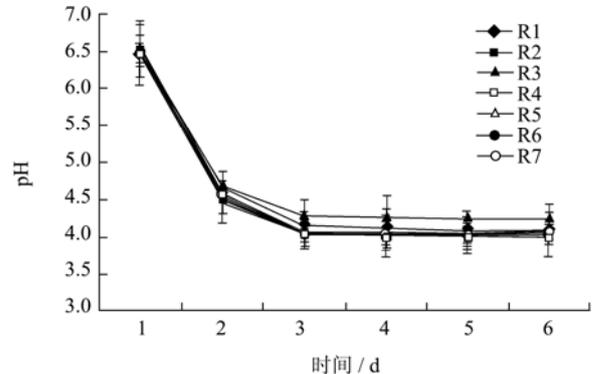


图2 乳酸菌菌株6天内pH值的变化情况

Fig.2 Changes of pH for Lactic acid bacteria during six days

通过对7株乳酸菌6d内的产酸情况分析（见图2），可以看出，各株乳酸菌的pH值均在两天内迅速下降，尤其是第一天下降程度最为显著。当各株乳酸菌的pH值下降至4.0左右时，基本达到稳定状态。菌株之间产酸能力差异不显著，说明7株乳酸菌均具有较强的产酸能力。结合风干武昌鱼发酵过程中菌数的变化情况来，前三天乳酸菌快速生长处于对数生长期，此时的产酸能力最强，pH值下降也最快。因此，7株乳酸菌产酸能力较强，均可作为发酵剂控制发酵过程。

2.3.2 乳酸菌食盐耐受能力的测定

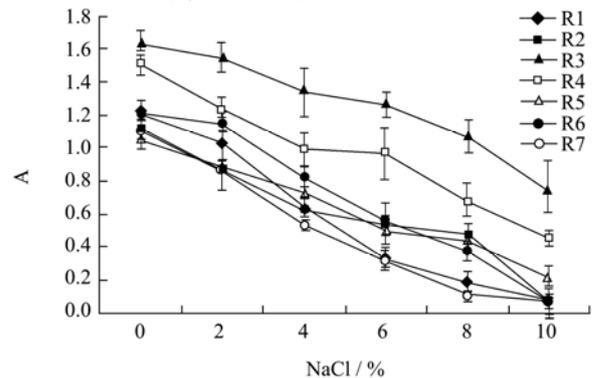


图3 不同食盐浓度对乳酸菌吸光度的影响

Fig.3 The influence of NaCl concentrations on absorbance among Lactic acid bacteria

发酵肉制品在加工过程中均需添加一定量的食盐进行腌制，后期发酵过程中水分含量及水分活度降低，导致肉制品食盐浓度升高。发酵肉制品中食盐浓度过低腐败微生物易生长繁殖，食盐浓度过高则抑制有益菌的发酵效果，控制适宜的食盐浓度可改善腌制品的滋味，提高制品的防腐性和保水性。一般情况下，风干武昌鱼成品中食盐浓度在6%左右，参照此数值本试

验测定乳酸菌耐受食盐能力的最高标准为10.0%，由图3可知，7株乳酸菌的生长受食盐浓度影响较大，随着食盐含量增加菌株的生长能力降低。当食盐浓度为4.0%时，各菌株A值均有所下降，但仍可生长；当食盐浓度为6.0%时，R1和R7下降最为显著，分别下降了73.0%和71.0%，说明这两株乳酸菌的耐受食盐能力最差；当食盐浓度大于8.0%时，只有R3和R4仍可生长，因此，这两株乳酸菌的NaCl耐受能力强，符合作为发酵剂的要求。

2.3.3 乳酸菌亚硝酸盐耐受能力的测定

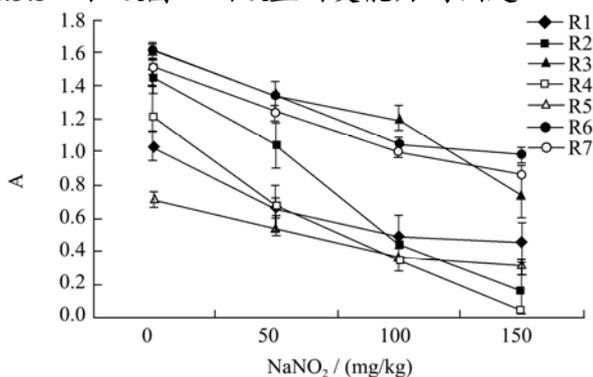


图4 不同亚硝酸盐浓度对乳酸菌吸光度的影响

Fig.4 The influence of NaNO₂ concentrations on absorbance among *Lactic acid bacteria*

发酵肉制品中添加亚硝酸盐具有增进色泽、促进风味和抑制有害微生物生长的作用，尤其可有效抑制肉毒梭状芽孢杆菌，提高产品的微生物安全性^[11]。但由于亚硝酸盐有致癌性，因此国家标准对亚硝酸盐在发酵肉制品的最大使用量有着严格的规定。同时亚硝酸盐对有益微生物也有抑制作用，若将乳酸菌应用于发酵肉制品的生产，就必须具备耐受亚硝酸盐的能力。本试验测定的亚硝酸钠最大浓度为150 mg/kg，由图4可见，培养基中的亚硝酸盐抑制了乳酸菌的生长。当亚硝酸盐浓度为150 mg/kg时，R2和R4受到强烈抑制，R1和R5也受到较强抑制，生长能力表现很微弱，不适合作为发酵剂使用。只有R3、R6和R7耐受亚硝酸的能力较强。因此从耐受亚硝酸盐的角度考虑，R3、R6和R7符合作为发酵剂的要求。

2.3.4 乳酸菌在不同温度下生长情况的测定

一般发酵肉制品的生产温度为33℃左右，为了保证作为发酵剂的乳酸菌能够在生产条件下良好生长，菌株的最佳生长温度需符合此温度范围。并且性能优良的发酵剂在生长温度附近应具有良好的生长能力，以保证在生产过程中温度波动的情况下仍然发挥作用。由图5所示，通过对乳酸菌在不同温度下的生长情况的测定，各株分离乳酸菌的最佳生长温度均在33~37℃的范围内。4℃时菌株生长受到显著抑制，

在远离菌株最佳生长温度的条件下菌株呈现出弱生长力，这可保证其生长温度的可控性。R3和R5在33~37℃下生长最旺盛，可有效发挥产酸能力，延长食品的保质期，因此这两株乳酸菌适合作为发酵剂使用。

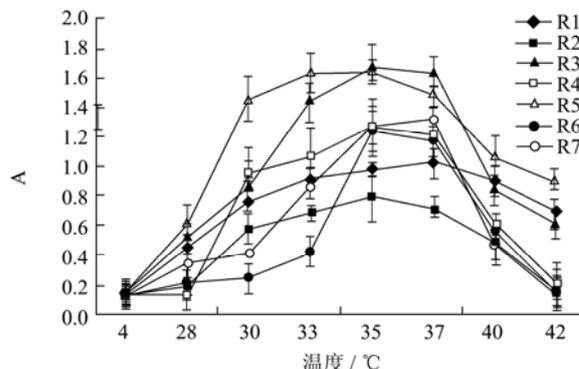


图5 乳酸菌在不同温度下的生长情况

Fig.5 The influence of temperatures on growth of *Lactic acid bacteria*

2.3.5 乳酸菌的蛋白质和脂肪降解能力测定

表5 乳酸菌的蛋白质和脂肪降解能力测定结果

Table 5 The abilities of lipolysis and proteolysis of *Lactic acid bacteria*

菌株	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
脂肪酶	-	-	-	-	-	-	-
蛋白酶	-	-	-	-	-	-	-

注：-，表示阴性反应；+，表示阳性反应。

乳酸菌在发酵肉制品中的主要作用是产酸，若具有蛋白质和脂肪降解能力则可能对产品的风味有负面影响。由表5可见，各乳酸菌均无蛋白质和脂肪降解活性，均符合作为微生物发酵剂的要求。这与国外多数研究乳酸菌不具有蛋白质和脂肪降解活性结果是一致的^[12]。

3 结论

从风干武昌鱼中共分离鉴定出7株乳酸菌，分别为：嗜盐四联球菌、弯曲乳杆菌、乳酸乳球菌乳酸亚种、冷明串珠球菌、格氏乳杆菌、詹氏乳杆菌和嗜淀粉乳杆菌。通过对7株乳酸菌的产酸能力测定，结果表明，乳酸菌均可快速产酸，且最终pH值都降至4.0左右，符合作为发酵剂的要求；食盐耐受性试验结果表明R3和R4具有较强的食盐耐受能力；亚硝酸盐耐受性试验结果表明R3、R6和R7可耐受150 mg/kg的亚硝酸钠；R3和R5在生产温度范围内长势较好；7株乳酸菌均不具备降解蛋白质和降解脂肪的能力。综上所述，菌株各项生产性能的测定结果，R3（乳酸乳球菌乳酸亚种）各项指标优良，适合作为发酵剂使用，今后可做进一步研究，来探求其实际生产能力。

参考文献

- [1] Landeta G, Curiel J A, Carrascosa A V, et al. Technological and safety properties of lactic acid bacteria isolated from Spanish dry-cured sausages [J]. Meat Science, 2013, 95(2): 272-280
- [2] Raquel R, Anna J, Belen M, et al. Characterization of lactic acid bacteria isolated from infant faeces as potential probiotic starter cultures for fermented sausages [J]. Food Microbiology, 2014, 38: 303-311
- [3] Liu C, Zhang Z Y, Dong K, et al. Antibiotic resistance of probiotic strains of lactic acid bacteria isolated from marketed foods and drugs [J]. Biomedical and Environmental Science, 2009, 22(5): 401-412
- [4] 刘慧.现代食品微生物学实验技术[M].北京:中国轻工业出版社,2006
LIU Hui. The experiment technology of modern food microbiology [M]. Beijing: China light industry press, 2006
- [5] 王海燕.湖南腊肉源产香葡萄球菌的筛选鉴定及其产香机理研究[D].北京:中国农业大学,2005
WANG Hai-yan. Identification of *staphylococcus spp.* isolated from human bacon and its mechanism of aroma-production [D]. Beijing: China Agriculture University, 2005
- [6] 邹玉红,韩秋霞,崔志芳.肉品发酵剂的筛选与发酵特性的研究.食品研究与开发[J].2009,30(7):31-35
ZOU Yu-hong, HAN Qiu-xia, CUI Zhi-fang. Study on screening and fermentation characteristics of meat starter cultures [J]. Food Research and Development, 2009, 30(7): 31-35
- [7] Onanong P, Narumon T, Nuttika S, et al. Partial characterization of bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from Thai fermented meat and fish products [J]. Food Control, 2012, 23: 547-551
- [8] Salim A, Eric D, Monique Z, et al. Characterization and selection of *Lactobacillus sakei* strains isolated from traditional dry sausage for their potential use as starter cultures [J]. Food Microbiology, 2005, 22(6): 529-538
- [9] Budanan R E, Gibbonr N E著.伯杰氏细菌鉴定手册[M].中国科学院微生物研究所译,北京:中国科学出版社,1984
Budanan R E, Gibbonr N E. Bergey's manual of determinative bacteriology [M]. Translated by Institute of Microbiology, Beijing: Science press, 1984
- [10] 凌代文.乳酸细菌分离鉴定及试验方法[M].北京:中国轻工业出版社,1998
LING Dai-wen. Isolation and identification of lactic acid bacteria and test method [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1998
- [11] Hammes W P. Metabolism of nitrate in fermented meats: The characteristic feature of a specific group of fermented foods [J]. Food Microbiology, 2012, 29 (2): 151-156
- [12] Raquel T, Teresa A, Sara B C, et al. Probiotic strains *Lactobacillus plantarum* 299V and *Lactobacillus rhamnosus* GG as starter cultures for fermented sausages [J]. LWT - Food Science and Technology, 2013, 54(1): 51-56