

一株产高黏度耐酸性黄原胶生产菌的选育及其发酵工艺研究

李元鑫¹, 尹丽华², 亓 焯³

(1. 山东京青农业科技有限公司, 山东 青州 262513;

2. 中轩生化有限公司, 山东 淄博 255400; 3. 沈阳农业大学植物保护学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要: 选用黄原胶生产菌株野油菜黄单胞杆菌 XG30-18, 经微波辐射后再经亚硝基胍(NTG)处理筛选出一株产高黏度耐酸性黄原胶的突变菌株 MW-42-NTG-6, 并对其发酵条件进行初步筛选。确定其培养基以蔗糖和玉米淀粉做为混合碳源、大豆分离蛋白为氮源。通过正交试验确定最适发酵条件为接种量 8%、转速 240r/min、pH7.0、培养温度 28℃。在此发酵条件下, 产胶率最高可达到 3.92%、黏度为 1790cP、耐酸性测定 1% 黄原胶溶液 pH 值为 4.2。

关键词: 黄单胞杆菌; 黄原胶; 亚硝基胍诱变; 微波诱变; 耐酸性; 发酵

Screening of *Xanthomonas campestris* Producing High-Viscosity and Acid-Resistant Xanthan Gum and Its Fermentation Process

LI Yuan-xin¹, YIN Li-hua², QI Ye³

(1. Jingqing Agricultural Science and Technology Co. Ltd., Qingzhou 262513, China; 2. Deosen Biochemical Ltd., Zibo 255400, China; 3. College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: *Xanthomonas campestris* XG30-18 was radiated by microwave and then treated with nitrosoguanidine (NTG) and a mutant strain named as MW-42-NTG-6 was obtained. The strain had the ability to produce high-viscosity and acid-resistant xanthan gum. The optimal carbon and nitrogen sources for the strain were sucrose + corn starch and soybean protein isolate, respectively. The optimal fermentation conditions for production of high-viscosity and acid-resistant xanthan gum by the strain, as determined using orthogonal array design method, were inoculum amount of 8%, fermentation pH of 7.0, rotation speed of 240 r/min and fermentation temperature of 28 °C. Under these conditions, the viscosity, yield, acid-resistant pH of xanthan gum were 1790 cP, 3.92% and 4.2, respectively.

Key words: *Xanthomonas campestris*; xanthan gum; NTG mutation; microwave mutation; acid resistance; fermentation

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)09-0211-06

黄原胶(xanthan gum)是野油菜黄单胞杆菌(*Xanthomonas campestris*)以碳水化合物为主要原料, 经发酵产生的一种微生物胞外杂多糖^[1]。其分子由 D- 葡萄糖、D- 甘露糖、D- 葡萄糖醛酸、乙酸和丙酮酸构成^[2-3]。黄原胶有许多独特的理化性能, 主要表现在显著的假塑性、良好的增稠性、较好的乳化稳定性、低浓度下的高黏度、对固体悬浮能力强以及较宽的耐温性、耐冻融性、耐酸碱性等。作为增稠剂、乳化剂、品质改良剂、悬浮剂广泛应用于食品工业, 在食品添加剂

中占据相当重要的位置^[4-10]。

黄原胶的耐酸性是指黄原胶在酸性条件下的悬浮性和黏稠度保持不变的特性, 通常以质量分数 1% 的黄原胶溶液的 pH 值来表示。随着各种果汁型饮料、酸奶产业的迅速发展, 对黄原胶的耐酸性有了更高的要求, 选用实验室保藏菌种, 经过经亚硝基胍(NTG)诱变、微波诱变筛选出产高黏度耐酸性黄原胶菌株, 为耐酸性黄原胶的生产工艺提供参考, 可进一步用于工业化生产来提高黄原胶的质量水平。

收稿日期: 2011-05-22

作者简介: 李元鑫(1984—), 男, 助理工程师, 学士, 研究方向为微生物菌种选育与发酵工艺优化。

E-mail: liyuanxin2000@163.com

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 菌种

黄原胶生产菌野油菜黄单胞杆菌(*Xanthomonas campestris*)XG30-18 由中轩生化实验室保存。

1.1.2 试剂

玉米淀粉 山东富欣生物科技股份有限公司; 蔗糖 天津金汇太亚化学试剂有限公司; 葡萄糖 山东华康葡萄糖有限公司; 大豆分离蛋白 山东万得福实业集团有限公司; 大豆粉 本实验室用小型粉碎机磨制; 玉米浆干粉 山东康源生物科技股份有限公司; 蛋白胨 北京奥博星生物技术责任有限公司; 酵母膏、牛肉膏 国药集团化学试剂有限公司; 琼脂 上海三爱思试剂有限公司; 其他试剂为分析纯。

1.2 仪器与设备

HZP-250 型全温振荡培养箱 上海精宏实验设备有限公司; 700W 家用微波炉 格兰仕微波炉电器有限公司; NDJ-1 型旋转黏度计 上海方瑞仪器有限公司; UV Lambda25 分光光度计 珀金埃尔默仪器(上海)有限公司; FE20pH 计、MS303S 精密天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 培养基制备

固体培养基(g/L): 葡萄糖 10.0、蛋白胨 5.0、酵母膏 0.50、NaCl 2.0、牛肉膏 3.0、MgSO₄ 0.5、KH₂PO₄ 0.125、FeSO₄ 0.1、琼脂 20.0, pH7.0。

种子培养基(g/L): 葡萄糖 10.0、蛋白胨 5.0、酵母膏 0.50、NaCl 2.0、牛肉膏 3.0, pH7.0。

初始发酵培养基(g/L): 玉米淀粉 45.0、大豆分离蛋白 4.0、酵母粉 0.5、碳酸钙 2.5, pH7.0。

1.3.2 菌种诱变

1.3.2.1 微波诱变

参考李豪^[10]、白先放^[11]等方法, 吸取菌悬液 10mL, 注入培养皿中, 以脉冲频率为 2450MHz 的微波炉照射处理, 每 5s 停止一次, 使菌悬液温度控制在 28℃ 左右, 共微波辐射 20s。

1.3.2.2 亚硝基胍(NTG)诱变

挑取经微波诱变的菌株, 参照周鸿宾等^[12]方法进行亚硝基胍诱变。

1.3.3 生长曲线的测定

将用液体培养基活化的菌种按 5% 接种量接入 250mL 三角瓶, pH7.0、28℃ 振荡培养, 每 2h 取样一次测 OD_{620nm} 值。

1.3.4 发酵方法

用 500mL 三角瓶做种子培养和发酵培养, 培养基装液量为 100mL, 于 28~30℃、200r/min 旋转式摇床培养 72h, 接种量为 5%。

1.3.5 产胶率测定

称取适量发酵液, 加入发酵液 2 倍体积的酒精在室温条件下搅拌 30min, 回收沉淀, 再加入 1 倍体积的酒精洗涤过滤, 得到的黄原胶置于 60℃ 的烘箱中烘干至恒质量, 精密天平称质量^[13]。

$$\text{产胶率} / \% = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

式中: m_1 为黄原胶干质量 /g; m_2 为发酵液质量 /g。

1.3.6 黏度测定

配制质量分数 1% 黄原胶溶液, 用 NDJ-1 旋转黏度计测定^[14]。测定条件: 3 号转子测定 25℃ 时 60r/min 的黏度。

1.3.7 耐酸性测定

配制质量分数 1% 黄原胶溶液, 用 pH 计测定溶液的 pH 值。

1.4 黄原胶发酵条件优化

对筛选出的菌株进行发酵条件优化, 包括碳源、氮源筛选以及选取 pH 值、温度、接种量、转速 4 个因素进行的单因素试验。

根据单因素试验结果, 选取黄原胶发酵条件(pH 值、温度、接种量、转速)进行正交试验。

2 结果与分析

2.1 诱变对产高黏度耐酸性黄原胶菌株选育的影响

2.1.1 微波诱变

将 XG30-18 菌株进行液态培养, 制备成菌悬液, 经微波诱变后, 致死率达 91.3%。进行平板培养, 挑取圆形、凸起、光滑湿润、黏连度高的菌落在固体培养基平板上反复划线纯化, 共挑取突变株 56 株。将这 56 株菌落进行摇瓶发酵实验, 与出发菌株 XG30-18 控制相同发酵工艺, 其中 10 株菌的测定结果见表 1。MW-21、MW-42、MW-47 菌株耐酸性最好, 黏度相对较高, 因此选取 MW-21、MW-42、MW-47 这 3 个菌株连续传代 10 次, 对第 10 次传代菌株进行遗传稳定性测定, 测定结果见表 2。MW-21 和 MW-47 在传代 10 次后, 其黏度和耐酸性有明显的下降, 说明这两株菌株性状不能够稳定的遗传, MW-42 在连续传代 10 次后, 产胶率、黏度和 1% 黄原胶溶液 pH 值基本保持稳定, 没有明显下降, 说

明诱变得到的 MW-42 菌株遗传性稳定。因此最终选取 MW-42 进行亚硝基胍诱变。

表 1 野油菜黄单胞杆菌 XG30-18 及其微波诱变菌株的发酵特征

Table 1 Fermentation characteristics of XG30-18 strain and microwave-induced mutants

菌株编号	产胶率/%	黏度/cP	耐酸性 pH
XG30-18	3.40	1400	6.8
MW-5	3.32	1303	5.7
MW-7	3.37	1260	5.5
MW-14	3.45	1350	5.5
MW-21	3.50	1400	5.3
MW-29	3.65	1490	7.2
MW-35	3.60	1500	6.5
MW-42	3.50	1420	5.3
MW-47	3.55	1450	5.1
MW-50	3.55	1570	6.2
MW-54	3.58	1600	6.4

表 2 野油菜黄单胞杆菌 XG30-18 及其第 10 代微波诱变菌株的发酵特征

Table 2 Fermentation characteristics of XG30-18 strain and tenth generation microwave-induced mutants

菌株编号	产胶率/%	黏度/cP	耐酸性 pH
XG30-18	3.41	1420	6.1
MW-21	3.47	1360	6.0
MW-42	3.50	1410	5.5
MW-47	3.52	1400	6.6

2.1.2 亚硝基胍诱变

将 MW-42 菌株进行液态培养，制备菌悬液，经亚硝基胍诱变后，致死率达 96.8%，平板培养 72h，目测挑取菌落圆形、凸起、光滑湿润、黏连度高的菌落在固体培养基平板上反复划线纯化，共挑取突变株 37 株。将 37 株菌落进行摇瓶发酵实验，与出发菌株 MW-42 控制相同发酵工艺，其中 4 株菌的测定结果见表 3。

表 3 野油菜黄单胞杆菌 MW-42 及其亚硝基胍诱变菌株的发酵特征

Table 3 Fermentation characteristics of MW-42 mutant strain and further NTG-induced mutant strains

菌株编号	产胶率/%	黏度/cP	耐酸性 pH
MW-42	3.50	1420	5.5
MW-42-NTG-6	3.55	1480	4.8
MW-42-NTG-13	3.54	1550	5.2
MW-42-NTG-19	3.67	1640	6.0
MW-42-NTG-27	3.50	1450	5.0

由表 3 可知，产高黏度耐酸性黄原胶突变菌株 MW-42-NTG-6，pH 值为 4.8。对此菌株传代 10 代后，其摇瓶发酵黏度为 1450cP，1% 黄原胶溶液 pH 值为 4.5，由此可知该菌株耐酸性稳定，黏度变化不大。

2.2 野油菜黄单胞杆菌 XG30-18 及 MW-42-NTG-6 生长曲线的测定

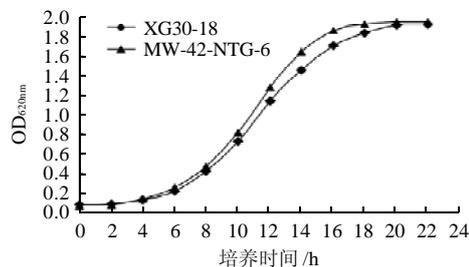


图 1 XG30-18 与 MW-42-NTG-6 的生长曲线
Fig.1 Growth curves of XG30-18 and MW-42-NTG-6 mutants

由图 1 可知，XG30-18 与 MW-42-NTG-6 菌株都是在 6h 后进入对数生长期，MW-42-NTG-6 菌株在 16h 后进入稳定期，较 XG30-18 提前了 2h。此时镜检可观察到有荚膜形成。

2.3 黄原胶发酵工艺的优化结果

2.3.1 碳源对发酵水平的影响

表 4 碳源对黄原胶发酵的影响

Table 4 Effect of carbon source on xanthan gum yield and characteristics

碳源	产胶率/%	黏度/cP	耐酸性 pH
玉米淀粉	3.55	1450	4.8
蔗糖	3.56	1450	4.9
蔗糖 + 玉米淀粉	3.64	1520	4.5
葡萄糖	3.60	1470	5.4

分别以玉米淀粉、蔗糖、蔗糖和玉米淀粉混合物、葡萄糖作为唯一碳源进行实验，结果见表 4。4 种碳源都能够被充分的利用，以蔗糖和玉米淀粉混合物作为唯一碳源时产品质量最好，以葡萄糖作为唯一碳源时产品耐酸性最差。考虑到工艺要求，选取蔗糖和玉米淀粉的混合碳源作为以下实验的碳源。

2.3.2 氮源对发酵水平的影响

表 5 氮源对黄原胶发酵的影响

Table 5 Effect of nitrogen source on xanthan gum yield and characteristics

氮源	产胶率/%	黏度/cP	耐酸性 pH
大豆粉	3.65	1480	4.6
大豆分离蛋白	3.64	1510	4.5
玉米浆干粉	3.58	1450	4.9

分别以大豆粉、大豆分离蛋白、玉米浆干粉作为唯一氮源进行实验，结果见表 5。氮源在发酵过程中对

黄原胶的耐酸性影响不大, 由于大豆粉少量残渣, 对产胶率和黄原胶后提取有一定的影响。玉米浆干粉酸性较大, 而且在高温条件下容易变色。因此, 选取大豆分离蛋白作为发酵的氮源。

2.3.3 单因素试验确定发酵条件

2.3.3.1 pH 值对黄原胶发酵的影响

将摇瓶发酵培养基分别置于 pH 值为 6.0、6.4、6.8、7.0、7.2、7.4 和 7.8 条件下发酵培养, 接种量 5%、28℃、转速 200r/min、培养 72h 后测定黄原胶的黏度、产胶率和耐酸性, 结果见表 6。

表 6 不同 pH 值对黄原胶发酵的影响
Table 6 Effect of medium pH on xanthan gum yield and characteristics

指标	pH						
	6.0	6.4	6.8	7.0	7.2	7.4	7.8
产胶率/%	1.24	2.07	2.67	3.65	3.48	2.59	1.86
黏度/cP	440	630	930	1520	1480	1170	840
耐酸性 pH	4.5	4.5	4.4	4.6	5.8	6.8	7.2

由表 6 可见, 在 pH6.8~7.2 值时, 黄原胶的产胶率和黏度也逐渐升高。当 pH7.0 时产胶率最高, 黏度最大。随后 pH 值增大其产胶率和黏度也逐降低。黄原胶的耐酸性随 pH 值的升高而逐渐降低。

2.3.3.2 温度对黄原胶发酵的影响

表 7 不同温度对黄原胶发酵的影响
Table 7 Effect of temperature on xanthan gum yield and characteristics

指标	温度/℃						
	24	26	28	30	32	34	36
产胶率/%	1.86	2.56	3.66	3.32	2.97	2.09	1.01
黏度/cP	510	960	1520	1440	1060	760	300
耐酸性 pH	6.1	4.7	4.6	5.3	6.9	7.2	7.9

将摇瓶发酵培养基分别置于 24、26、28、30、32、34℃ 和 36℃ 7 个不同温度条件下发酵培养, 接种量 5%、保持 pH7.0、转速 200r/min、培养 72h 后测定黄原胶的黏度、产胶率和耐酸性, 结果见表 7。黄原胶的产胶率、黏度、耐酸性随着温度的升高呈现先增加后降低的趋势, 在 28℃ 时, 各项指标均达到峰值。如果提高黄原胶的产胶率和黏度应选择温度在 28~32℃, 而考虑提高耐酸性应选择温度在 26~30℃。

2.3.3.3 接种量对黄原胶发酵的影响

将摇瓶发酵培养基分别接入 2%、4%、6%、8% 和 10% 种子液进行发酵培养, 28℃、保持 pH7.0、转速 200r/min、培养 72h 后测定发酵液的黏度、产胶率和耐酸性, 结果见表 8。

表 8 不同接种量对黄原胶发酵的影响
Table 8 Effect of inoculum amount on xanthan gum yield and characteristics

指标	接种量/%				
	2	4	6	8	10
产胶率/%	2.88	3.14	3.38	3.81	2.42
黏度/cP	1060	1300	1460	1700	1800
耐酸性 pH	4.5	4.5	4.4	4.5	4.8

由表 8 可见, 黄原胶的耐酸性随着接种量的增大变化不大; 黏度随着接种量的增大而升高; 接种量在 2%~8% 时, 产胶率随着接种量的增大而升高, 接种量在 8% 时黄原胶的产胶率最高, 接种量 10% 时, 黄原胶的产胶率明显降低。因此, 若提高黄原胶的黏度应控制接种量在 4%~10%, 若提高黄原胶的产胶率和黏度应控制接种量在 8%。

2.3.3.4 转速对黄原胶发酵的影响

将摇瓶发酵培养基的分别置于 120、160、200、240、280、320r/min 和 360r/min 转速条件下发酵培养, 28℃、接种量 5%、保持 pH7.0、培养时间 72h 后测定发酵液的黏度、产胶率和耐酸性, 结果见表 9。

表 9 不同转速对黄原胶发酵的影响
Table 9 Effect of rotation speed on xanthan gum yield and characteristics

指标	转速/(r/min)						
	120	160	200	240	280	320	360
产胶率/%	2.35	3.19	3.64	3.66	3.63	3.42	2.90
黏度/cP	940	1320	1510	1590	1510	1460	1400
耐酸性 pH	4.4	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.6

由表 9 可见, 转速在 120~240r/min 时, 黄原胶的黏度和产胶率明显升高, 到 240r/min 时黄原胶的产胶率和黏度最高, 随后随着转速的增大, 产胶率和黏度逐渐减小。黄原胶的耐酸性随着转速的增大有所降低, 但是变化不明显。因此选取 240r/min 为黄原胶发酵转速。

2.3.4 黄原胶发酵条件的正交试验优化分析

从表 10~13 可以看出, 正交试验的方差分析结果表明 pH 值、温度、转速、接种量对黄原胶的产胶率和黏度影响达到极显著水平; pH 值、温度对黄原胶的耐酸性影响达到极显著水平, 转速和接种量对黄原胶的耐酸性影响不显著。在 pH 值、转速、接种量、温度 4 个因素中, 各因素对产胶率的影响顺序为: 温度 > pH 值 > 转速 > 接种量, 最优组合为 $A_1B_3C_2D_2$; 对黏度的影响顺序为: pH 值 > 温度 > 转速 > 接种量, 最优组合为 $A_1B_3C_2D_2$; 对黄原胶耐酸性的影响顺序为: pH 值 > 温度 > 转速 > 接种量, 最优组合为 $A_3B_4C_1D_2$ 。

表 10 黄原胶发酵条件的正交试验结果

Table 10 Orthogonal array design scheme and results

试验号	A 接种量/%	B 转速/(r/min)	C pH	D 温度/°C	E 空列	产胶率/%	黏度/cP	耐酸性 pH
1	1(8)	1(160)	1(6.8)	1(26)	1	2.31	670	4.3
2	1	2(200)	2(7.0)	2(28)	2	3.84	1710	4.5
3	1	3(240)	3(7.2)	3(30)	3	3.76	1750	6.6
4	1	4(280)	4(7.4)	4(32)	4	2.44	750	7.4
5	2(6)	1	2	3	4	3.28	1430	5.3
6	2	2	1	4	3	2.55	850	6.4
7	2	3	4	1	2	2.51	800	6.7
8	2	4	3	2	1	3.46	1520	5.4
9	3(4)	1	3	4	2	2.72	1000	7.0
10	3	2	4	3	1	2.85	1050	6.9
11	3	3	1	2	4	2.99	1220	4.2
12	3	4	2	1	3	2.75	1010	4.8
13	4	1	4	2	3	2.61	900	6.4
14	4	2	3	1	4	2.65	930	5.8
15	4	3	2	4	1	3.05	1310	6.7
16	4	4	1	3	2	2.7	960	5.2
产胶率	k_1	3.08	2.73	2.64	2.55			
	k_2	2.95	2.97	3.22	3.23	主次顺序: $D > C > B > A$		
	k_3	2.82	3.08	3.14	3.15	最优水平: $A_1B_3C_2D_2$		
	k_4	2.75	2.83	2.60	2.68			
	R	0.33	0.35	0.62	0.68			
黏度	k_1	1220	1000	925	853			
	k_2	1150	1135	1365	1338	主次顺序: $C > D > B > A$		
	k_3	1070	1270	1300	1298	最优水平: $A_1B_3C_2D_2$		
	k_4	1025	1060	875	978			
	R	195	270	490	485			
耐酸性 pH	k_1	5.73	5.75	5.03	5.38			
	k_2	5.95	5.90	5.3	5.1	主次顺序: $C > D > B > A$		
	k_3	5.70	6.05	6.20	6.00	最优水平: $A_3B_4C_1D_2$		
	k_4	6.03	5.70	6.88	6.90			
	R	0.33	0.35	1.85	1.77			

表 11 产胶率方差分析

Table 11 Variance analysis for xanthan gum yield

变异来源	平方和	自由度	均方和	F 值
A	0.256	3	0.085	10.667**
B	0.289	3	0.096	12.041**
C	1.289	3	0.430	53.708**
D	1.353	3	0.451	56.375**
误差	0.024	3	0.008	
总计	3.211	15		

注: $F_{0.05}=4.5$, $F_{0.01}=9.2$; **, 差异极显著。下同。

表 12 黏度方差分析

Table 12 Variance analysis of viscosity

变异来源	平方和	自由度	均方和	F 值
A	89475	3	29825.0	13.01**
B	162675	3	54225.0	23.662**
C	761675	3	253891.7	110.789**
D	682475	3	227491.7	99.269**
误差	6875	3	2291.7	
总计	1703175	15		

表 13 耐酸性方差分析

Table 13 Variance analysis of acid resistance

变异来源	平方和	自由度	均方和	F 值
A	0.315	3	0.105	1.105
B	0.300	3	0.100	1.053
C	5.315	3	2.771	29.175
D	7.025	3	2.341	24.649**
误差	0.285	3	0.095	
总计	16.240	15		

2.4 验证实验

各因素对黄原胶黏度、产胶率和耐酸性的影响是不完全一致的, 黄原胶黏度和产胶率的最佳工艺条件都是 $A_1B_3C_2D_2$ 。而黄原胶耐酸性的最佳工艺条件是 $A_3B_4C_1D_2$ 。这也从另一方面说明了黄原胶发酵的复杂性^[15], 黄原胶产胶率和黏度高并不能说明黄原胶的耐酸性就高, 而耐酸性高的黄原胶黏度和产胶率也不一定很高。所以, 应当对黄原胶的发酵结果综合考虑。通过上述正交试验结果, 得出对黄原胶生产合成最有利的两种排列, 并对两种排列进行验证实验。结果如表 14。

表 14 验证实验结果

Table 14 Results of validation experiments

组合	发酵条件				指标	
	A 接种量/%	B 转速/(r/min)	C pH	D 温度/°C	产胶率/%	黏度/cP 耐酸性 pH
$A_3B_4C_1D_2$	4	280	6.8	28	2.86	1170 4.1
$A_1B_3C_2D_2$	8	240	7.0	28	3.92	1790 4.2

由表 14 可知, $A_1B_3C_2D_2$ 的结果较 $A_3B_4C_1D_2$ 理想, 最终可以确定该工艺条件为正交试验的最终结果, 即: 接种量 8%、转速 240r/min、pH7.0、温度 28°C, 此时产胶率为 3.92%, 黄原胶黏度为 1790cP。

3 结论

目前国内黄原胶生产的工艺已基本成熟, 产品质量指标也已经达到国标和应用的要求, 但是许多指标如耐酸性等与国外产品一直存在着一定的差距, 达不到国外产品的水平。本实验从原始菌种出发, 经过亚硝基胍诱变、微波诱变筛选出一株性状稳定的 MW-42-NTG-6 菌株。通过实验证明该菌株所产黄原胶具有高黏度和很好的耐酸性, 而且性状稳定。

同时本实验对所筛选菌种进行了配方和工艺方面的初步研究。通过对黄原胶的发酵 pH 值、转速、接种量、温度等进行研究, 发现 pH 值和发酵温度对黄原胶发酵影响较大, 调节 pH 值为 7.0、发酵温度为 28°C 可以较大地提高黄原胶的产胶率、黏度和耐酸性。通过正交试验优化, 确定了耐酸性黄原胶的最适发酵条件

pH7.0、接种量8%、转速240r/min、温度28℃。在此发酵条件下,产胶率最高可达到3.92%、黏度为1790cP、耐酸性测定1%黄原胶溶液pH值为4.2。本实验为耐酸性黄原胶的生产工艺提供了参考,可进一步用于工业化生产来提高黄原胶的质量水平。

参考文献:

- [1] IELPI L, COUSO R O, DANKERT M A. Sequential assembly and polymerization of the polyprenol-linked pentasaccharide repeating unit of the xanthan polysaccharide in *Xanthomonas campestris*[J]. Journal of Bacteriology, 1993, 175(9): 2490-2500.
- [2] LEWIS M J. Physical properties of food and food processing system[M]. New York: Wiley-VCH Verlag GmbH, 1987: 117.
- [3] 刁虎欣,郑双城.黄原胶和半乳甘露聚糖分子间的增粘协效性及其应用[J].食品与发酵工业,1992(1): 69-72.
- [4] YOO S D, HARCUM S W. Xanthan gum production from waste sugar beet pulp[J]. Bioresource Technology, 1999, 70(1): 105-109.
- [5] 林剑,郑舒文,徐世艾.搅拌与溶氧对黄原胶发酵的影响[J].中国食品添加剂,2003(2): 63-65; 15.
- [6] 里景伟.黄原胶的生产和应用[M].北京:中国农业科技出版社,1995: 1-23.
- [7] 周晓薇,黄谷亮.糖类发酵产品:黄原胶[J].四川食品与发酵,1998, 5(4): 5-8.
- [8] 欧杰,李柏林,金淼,等.甘蓝黑腐病黄单胞菌胞膜离子通道透性对黄原胶生物合成的影响[J].食品科学,2003, 24(1): 43-48.
- [9] 陈今朝,贺稚非.黄原胶的生产与应用研究[J].四川食品与发酵,2006, 42(4): 12-15.
- [10] 李蒙,车振明.微波诱变微生物育种的研究[J].山西食品工业,2005 (2): 5-6; 14.
- [11] 白先放,宁欢欢.微波诱变筛选无色素黄原胶产生菌[J].安徽农业科学,2010, 38(36): 20531-20532.
- [12] 周鸿宾,袁长芳,李世光,等. *N*-甲基-*N'*-硝基-*N*-亚硝基胍对阴沟长杆菌诱变作用的研究[J].遗传,1984, 6(1): 11-14.
- [13] 宋玉丽,钟良进,司书锋,等.黄原胶生产菌无色素黄单胞菌的选育和发酵条件的研究[J].工业微生物,2009, 39(1): 52-55.
- [14] 凌关庭,唐述潮,陶民强.食品添加剂手册[M].北京:化学工业出版社,1997: 894-896.
- [15] 常春,马晓建,方书起,等.黄原胶补料分批发酵工艺的试验研究[J].食品科学,2005, 26(12): 261-264.