

黄原胶中淀粉酶活性的检测

路风辉^{1*}, 张娟²

(1. 顺德职业技术学院, 佛山 528300; 2. 广东产品质量监督检验研究院, 佛山 528300)

摘要: 目的 基于淀粉遇碘变蓝的基本原理建立黄原胶中淀粉酶活性的检测方法, 防止蚝油生产时使用黄原胶而引入淀粉酶导致产品变质, 降低生产企业的经济损失。**方法** 以5份问题黄原胶为研究对象, 通过建立的新方法检测黄原胶和由其生产的蚝油的淀粉酶活性和黏稠度, 依据颜色变化和黏稠度变化判断是否含有淀粉酶。**结果** 通过检测发现, 5份问题样品均含有淀粉酶, 经高温处理后, 其中2个测试样的淀粉酶活力衰减或被破坏, 另外3个测试的淀粉酶活力仍存在; 黄原胶经加工成蚝油后, 仅有1个测试样检出淀粉酶, 其他4个测试样未检出淀粉酶, 但其中2个测试样经60℃恒温保持10d后, 黏稠度降低, 其可能与样品中淀粉酶活力大小、含量多少及加工工艺中添加辅料的影响有关。**结论** 本研究建立了黄原胶中淀粉酶的快速检测方法, 方法简单易操作, 适合生产企业对黄原胶原料的初步检验, 但其在蚝油产品中的作用机制还有待进一步深入研究。

关键词: 黄原胶; 蚝油; 淀粉酶; 黏稠度

Detection of amylase activity in xanthan gum

LU Feng-Hui^{1*}, ZHANG Juan²

(1. Shunde Polytechnic, Foshan 528300, China; 2. Guangdong Testing Institute of Product Quality Supervision, Foshan 528300, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of amylase activity in xanthan gum based on the basic principle that starch turns blue with iodine, prevent the product deterioration caused by the introduction of amylase when xanthan gum is used in oyster sauce production, and reduce the economic loss of production enterprises. **Methods** Taking 5 problem xanthan gum as the research object, the amylase activity and viscosity of xanthan gum and oyster sauce produced by it were detected by a new method, and whether amylase was contained was judged according to the change of color and viscosity. **Results** The results showed all samples contained amylase, through high temperature treatment, amylase activity of 2 test samples was attenuated or destroyed, but other 3 test samples were not; when xanthan gum was processed into oyster sauce, the amylase only was detected in 1 test sample, other 4 test samples not, but the viscosity of 2 test samples was reduced after keeping at 60℃ for 10 days. These may be associated with the activity and content of amylase and influence of ingredients. **Conclusion** A rapid method for the determination of amylase in xanthan gum has been established. The method is simple and easy to operate for the preliminary inspection of xanthan gum raw materials by manufacturers, however, the mechanism of xanthan gum in oyster sauce needs to be further studied.

KEY WORDS: xanthan gum; oyster sauce; amylase; viscosity

基金项目: 广东省安全性乳化剂研制、应用及检测工程技术研究中心项目

Fund: Supported by the Project of Guangdong Research Center for Development, Application and Detection of Safety Emulsifier

*通信作者: 路风辉, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品化工分析检测。E-mail: sdptlufh@qq.com

*Corresponding author: LU Feng-Hui, Ph.D, Associate Professor, No.1, East Desheng Road, Daliang New Town Zone, Shunde District Foshan 528300, China. E-mail: sdptlufh@qq.com

0 引言

蚝油作为一种复合调味品,最初是作为华南、华东沿海地带人们的调味辅料,后来随着经济的发展,现已被广泛食用^[1-3]。蚝油的生产过程主要包括基础原料混合、调味剂加入、灭菌和灌装 4 个流程,其中淀粉液化分层是其变质的表现形式之一,会严重影响其外观品质和质量,其原因可能是由多种因素单一或共同作用的,如淀粉质量、淀粉酶、制作工艺、微生物和储存条件等^[4-7]。其中需要重点关注淀粉酶的分析与控制,尤其是工艺条件下仍具有活性的耐高温淀粉酶。本研究涉及的蚝油水化事件,主要考虑是由生产原料黄原胶中的淀粉酶引起。黄原胶是由野油菜黄单胞杆菌(*Xanthomonas campestris*)分泌的胞外水溶性多糖^[8]。它以其独特的耐盐、耐热、耐酸以及低浓度下高黏度和良好的假塑性,已被广泛应用于食品行业中^[9-12]。在蚝油的生产工艺中,黄原胶以特强的亲水性,使其具有强化淀粉黏度和良好的增稠稳定性能,常被用作增稠稳定剂,与变性淀粉复配,效果良好^[13-15]。黄原胶由黄单胞杆菌发酵而来,可能混杂发酵过程中产生的淀粉酶。如果黄原胶中含有淀粉酶,则会严重影响蚝油的产品质量,给企业带来巨大的经济损失,因此亟需对该原料引入的淀粉酶情况进行评估。本研究以问题黄原胶为研究对象,依据淀粉遇碘变蓝色的基本原理结合蚝油的生产工艺,建立了黄原胶中淀粉酶的检测方法,检测问题黄原胶及其生产的蚝油中是否含有淀粉酶,以确定问题蚝油的水化原因,从而保障生产企业的合法权益。

1 材料与方 法

1.1 试 剂

本试验共有 6 个测试样品,其中 5 个为问题黄原胶,1 个为对照样(不含淀粉酶的黄原胶)。

NaCl、KCl、NaHCO₃、无水 CaCl₂、K₂Cr₂O₇、KI(分析纯,广州化学试剂厂); I₂(分析纯,无锡市亚泰联合化工有限公司); 葡萄糖(分析纯,天津市致远化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

DHP-9162 恒温培养箱(上海一恒科学仪器有限公司); NDJ-2 型旋转式黏度计(东莞市南粤实验设备有限公司)。

1.3 试剂配制

1.3.1 3%淀粉溶液

称取 1.50 g 可溶性淀粉加入 50 mL 蒸馏水中,煮沸 3 min,然后用已灭菌的密封塞封好备用。

1.3.2 缓冲液

母液 A: 各称量 4.50 g NaCl、4.20 g KCl、1.00 g

NaHCO₃ 和 1.208 g 无水 CaCl₂,溶于蒸馏水中,定容至 200 mL,用 500 mL 三角瓶装好,120 °C 灭菌 40 min 备用。

母液 B: 称取 1.5 g K₂Cr₂O₇ 溶于蒸馏水中并定容至 100 mL,用 250 mL 三角瓶装好,120 °C 灭菌 40 min 备用。

用移液管量取 10 mL 母液 A(移液前摇匀)和 1 mL 母液 B 加入到 239 mL 已灭菌的蒸馏水中,配成缓冲液。

1.3.3 空白对照

称取 2.00 g 葡萄糖加入灭菌的三角瓶内,再移取 20 mL 缓冲液和 0.1 mL 3%淀粉液,摇匀。

1.3.4 测试样的制备

称取 0.10 g 测试样品和 2.00 g 葡萄糖加入灭菌的三角瓶内,再移取 20 mL 缓冲液和 0.1 mL 3%淀粉液,摇匀。每个测试样做 3 个平行。

1.3.5 碘 液

称取 6.50 g KI 溶于 40 mL 蒸馏水中,加入 1.28 g I₂,定容至 100 mL,装入棕色瓶备用。

1.4 试验方法

1.4.1 淀粉酶的检测

将空白对照和测试样置于 37 °C 恒温培养箱中,培养 72 h,每天摇动至少一次三角瓶。测试样中黄原胶与葡萄糖必须充分混合均匀,加入缓冲液时边加边摇匀,防止结团,若已结团,在培养箱中放置半小时至完全溶解。

培养结束后,将空白对照和测试样分别移取 1 mL 于白瓷碟中,加入一滴碘液后摇匀,3 个平行中至少有一个显色与空白接近,则证明没有淀粉酶存在,若均异于空白(出现红褐色、淡绿色、橙黄色等),则证明有淀粉酶存在。空白样加入碘液后应显蓝色,如果显色为非蓝色(红褐色、淡绿色、橙黄色等),证明此试验过程失败,需重新进行检测。

1.4.2 样品的前处理

方案一:按 1.3.4 的方法制备 6 个测试样后,按 1.4.1 的方法检测是否含有淀粉酶。

方案二:将 6 个测试样按如下方法进行前处理后再分别制备空白对照和测试样。称取 2 g 黄原胶加入 98 g 自来水中,浸泡过夜待完全溶解,边搅拌边加热至 100 °C,然后自然冷却至 95 °C 并保持 15 min,为了保证温度均匀,整个过程要不停搅拌。保温结束后再自然冷却至常温。按 1.4.1 的试验方法检测淀粉酶,其中 1.3.2 中母液 A 改成 13 mL,母液 B 改成 1.3 mL;1.3.4 中 0.10 g 测试样改成 5 g,20 mL 缓冲液改成 15 mL。

方案三:测试样品为企业按加工工艺用 6 个黄原胶测试样品生产的蚝油,待测试样冷却至 60~65 °C 时,装入企业提供的包装瓶中,自然冷却至常温后,60 °C 恒温保持 10 d 进行破坏性试验,检测产品保温前后的黏稠度。

方案四:将方案三中自然冷却的测试样按 1.4.1 的试验方法检测淀粉酶,其中 1.3.2 中母液 A 改成 13 mL,母液

B 改成 1.3 mL; 1.3.4 中 0.10 g 测试样改成 5 g, 20 mL 缓冲液改成 15 mL。

2 结果与分析

2.1 淀粉酶检测结果

针对蚝油的生产加工过程依次设计了 4 个检测方案, 其中方案一是为了检测黄原胶原料中是否含有淀粉酶; 方案二模拟黄原胶在蚝油生产过程中的处理过程, 确定生产过程中对淀粉酶的影响; 方案三将黄原胶按照蚝油生产流程生产后进行破坏性试验后检测淀粉酶活性; 方案四将方案三中生产的蚝油直接进行淀粉酶活性的测定。整个方案从黄原胶原料本身、模拟黄原胶在生产过程中的处理过程、用黄原胶生产的蚝油及其蚝油的破坏性试验 4 个方面来排除是否是黄原胶中的淀粉酶导致蚝油水化。

如表 1 所示, 在方案一中, 直接检测黄原胶原料中是否含有淀粉酶, 结果显示, 5 个测试样中均检出淀粉酶。在方案二中, 将黄原胶原料按照生产工艺进行高温处理后检测淀粉酶, 结果显示, 5 个测试样中, 1[#]和 4[#]测试样未检出淀粉酶。在方案四中, 将黄原胶原料按照生产工艺加工成蚝油后检测淀粉酶, 结果显示, 5 个测试样中, 仅 3[#]测试样检出淀粉酶, 而在方案二中检出淀粉酶

的 2[#]和 5[#]号测试样则未检出。总体来看, 不同的前处理方式, 淀粉酶定性检测结果不同, 这与蚝油的生产工艺有直接的关系。

2.2 黏稠度检测结果

如表 2 所示, 方案三中测试样按照生产工艺加工成蚝油后, 在未进行破坏性试验前检测其黏稠度发现, 仅 3[#]测试样相比其他几个样与 6[#]对照样发生较大变化; 其他 4 个测试样的黏稠度与 6[#]对照样接近; 从外观观察, 3[#]测试样呈水样, 其他 4 个测试样与 6[#]对照样均呈黏稠状态。经破坏性试验后, 检测其黏稠度发现, 2[#]和 5[#]测试样发生较大变化, 3[#]测试样则基本保持不变, 1[#]测试样黏稠度从 4553 mPa·s 降低至 4224 mPa·s, 4[#]测试样从 4925 mPa·s 降低至 3655 mPa·s, 变化不大。1[#]和 4[#]测试样黏稠度的试验结果与淀粉酶的检测结果一致, 即在方案二中 2 个测试样经前处理后淀粉酶检测呈阴性, 测试样加工成蚝油经破坏性试验前后黏稠度变化不大, 其淀粉酶活性可能在前处理高温加热过程中被完全破坏。3[#]测试样在方案二和方案四中均显示其含有淀粉酶, 2[#]和 5[#]测试样在方案二中显示其含有淀粉酶, 但在方案三中进行破坏性试验前后, 其黏稠度发生较大变化。

表 1 黄原胶和蚝油中淀粉酶检测结果
Table 1 Detection results of amylase activity in xanthan gum and oyster sauce

方案一		方案二		方案四	
样品名称	检验结果	样品名称	检验结果	样品名称	检验结果
黄原胶 1 [#]	阳性	黄原胶 1 [#]	阴性	蚝油 1 [#]	阴性
黄原胶 2 [#]	阳性	黄原胶 2 [#]	阳性	蚝油 2 [#]	阴性
黄原胶 3 [#]	阳性	黄原胶 3 [#]	阳性	蚝油 3 [#]	阳性
黄原胶 4 [#]	阳性	黄原胶 4 [#]	阴性	蚝油 4 [#]	阴性
黄原胶 5 [#]	阳性	黄原胶 5 [#]	阳性	蚝油 5 [#]	阴性
黄原胶 6 [#]	阴性	黄原胶 6 [#]	阴性	蚝油 6 [#]	阴性

注: 6[#]样品为对照样; 阳性代表检出淀粉酶, 阴性代表未检出淀粉酶。

表 2 蚝油的黏稠度检测结果
Table 2 Detection results of viscosity in oyster sauce

样品名称(试验前)	样品状态(试验前)	黏稠度/(mPa·s)	样品名称(试验后)	样品状态(试验后)	黏稠度/(mPa·s)
蚝油 1 [#]	半固体, 黏稠	4553	蚝油 1 [#]	半固体, 黏稠	4224
蚝油 2 [#]	半固体, 黏稠	4859	蚝油 2 [#]	半固体, 黏稠	306
蚝油 3 [#]	液态	218.9	蚝油 3 [#]	液态	219
蚝油 4 [#]	半固体, 黏稠	4925	蚝油 4 [#]	半固体, 黏稠	3655
蚝油 5 [#]	半固体, 黏稠	4640	蚝油 5 [#]	半固体, 黏稠	306
蚝油 6 [#]	半固体, 黏稠	4640	蚝油 6 [#]	半固体, 黏稠	4384

2.3 结果分析

根据上述试验结果, 推断黄原胶中所含淀粉酶为一种耐高温的淀粉酶^[16-18]。耐高温淀粉酶当其淀粉酶活力达到 12~16 U/g, 温度在 90~95 °C 范围内时, 其对淀粉的水解能力最强。在方案二中, 黄原胶加热至 100 °C 后, 然后自然冷却至 95 °C 并保持 15 min, 此反应条件正好是淀粉酶水解能力最强的时候, 此时的 2[#]、3[#]、5[#] 测试样显示含有淀粉酶, 说明这 3 个样品的酶活力达到水解能力; 1[#] 和 4[#] 测试样显示不含淀粉酶, 说明酶活力被破坏, 达不到水解要求。在方案四中, 黄原胶经加工工艺生产成蚝油后, 仅有 3[#] 测试样显示含有淀粉酶, 而 2[#] 和 5[#] 测试样不含淀粉酶, 推测可能在生产过程中由于多种原辅料的加入及加工条件的变化对淀粉酶的活性产生一定的影响, 导致其酶活力的衰减, 在经 60 °C 恒温培养 10 d 后, 其酶活力又慢慢恢复, 导致其黏稠度降低。同时, 在测定淀粉酶的试验中发现, 颜色变化与淀粉酶的含量多少有一定关联性, 淀粉酶含量多的样品颜色与空白对照颜色差别较大, 淀粉酶含量少的样品颜色与空白对照颜色差别较小。此外, 出现水化的黄原胶原料经检验, 理化和微生物项目符合 GB 1886.41—2015《食品安全国家标准 食品添加剂 黄原胶》的技术要求, 排除由于其本身产品质量问题导致的水化。

3 结论与讨论

本研究针对黄原胶是否存在淀粉酶的问题进行了研究, 结果显示, 在对黄原胶不进行任何处理的情况下, 淀粉酶检测的试验结果显示测试样品均含有淀粉酶, 但经煮沸在 95 °C 保温后, 淀粉酶检测的试验结果显示有 2 个测试样品不含有淀粉酶, 分析其原因可能是由于加热过程使淀粉酶失活或活性衰减, 同时还与不同测试样品其淀粉酶含量多少有关。将黄原胶作为生产原料加工成蚝油后, 仅有 3[#] 测试样显示有淀粉酶活性, 结合黏稠度的测定结果, 分析其可能是由于蚝油的生产工艺中加入多种辅料, 多种辅料之间相互作用, 影响了淀粉酶的热变性过程, 相比其他样品, 3[#] 测试样淀粉酶含量较高从而未受影响。有研究发现^[19-21], 黄原胶对 α -淀粉酶具有较好的热保护作用, 能阻止或减弱 α -淀粉酶在一定程度热失活过程中立体构象的变化, 使其维持天然酶的结构而发挥作用。此外, 还有众多研究^[22-23] 报道, 虽然黄原胶的分子结构比较稳定, 但其生物降解仍可通过一种或者数种菌产生的多种酶来实现, 从而使黄原胶作为增稠剂时失效。本研究仅是对黄原胶中淀粉酶进行了初步的检测, 试验方法简单、易操作, 生产企业可依据此方法对黄原胶原料进行淀粉酶活性的检测, 以防给企业带来不必要的损失, 但其在蚝油产品中的作用机制还有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] 江雄辉, 廖国洪. 蚝油的生产技术[J]. 食品与机械, 2002, 1: 30, 33.
JIANG XH, LIAO GH. Productive techniques of oyster sauce [J]. Food Mach, 2002, 1: 30, 33.
- [2] 白卫东, 王琴, 邱洪生. 变性淀粉改善蚝油稳定性的研究[J]. 中国调味品, 2000, 9: 13-16.
BAI WD, WANG Q, QIU HS. Study on the improvement of stability of oyster sauce by modified starch [J]. China Cond, 2000, 9: 13-16.
- [3] 黎景丽, 文一彪. 对蚝油生产工艺的探讨及其营养成分与保健作用[J]. 中国调味品, 2000, 3: 3-9.
LI JL, WEN YB. Discussion on the production technology of oyster sauce and its nutrition and health care function [J]. China Cond, 2000, 3: 3-9.
- [4] 金健. 黄原胶中淀粉酶与蚝油水化变稠关联性的研究[J]. 大众标准化, 2020, 4: 13-14.
JIN J. Study on the correlation between amylase in xanthan gum and thinning of oyster sauce [J]. Pop Sta, 2020, 4: 13-14.
- [5] 徐婷, 林虹. 蚝油生产原料中淀粉酶控制方法研究与应用[J]. 现代食品, 2020, 13: 199-201.
XU T, LIN H. The application of amylase activity control method in raw material of oyster sauce [J]. Mod Food, 2020, 13: 199-201.
- [6] 梁清文, 周朝晖, 李铁桥, 等. 蚝油原料细菌群落结构分析与淀粉利用菌株的识别[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(10): 6.
LIANG QW, ZHOU CH, LI TQ, et al. Bacterial composition of oyster sauce raw materials and identification of starch utilizing bacteria [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(10): 6.
- [7] 王聪, 滑欢欢, 扈圆舒, 等. 变性淀粉加工技术研究及其在蚝油生产中的应用[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(9): 137-138, 174.
WANG C, HUA HH, HU YS, et al. Study on processing technology of modified starch and its application in oyster production [J]. Anhui Agric Sci Bull, 2020, 26(9): 137-138, 174.
- [8] 杨建华, 李时岩, 孟淑芳, 等. β -淀粉酶基因在黄单胞菌中的克隆及表达[J]. 南开大学学报(自然科学版), 1996, 29(1): 69-73.
YANG JH, LI SY, MENG SF, et al. Cloning and expression of β -amylase gene in *Xanthomonas campestris* [J]. J Nankai Univ (Nat Sci Ed), 1996, 29(1): 69-73.
- [9] 周盛华, 黄龙, 张洪斌. 黄原胶结构、性能及其应用的研究[J]. 食品科技, 2008, (7): 156-160.
ZHOU SH, HUANG L, ZHANG HB. Research development on the structure, property and application of xanthan gum [J]. Food Sci Technol, 2008, (7): 156-160.
- [10] 徐思思, 胡炎华, 黄金鑫. 黄原胶特性及其在食品和复配胶中的应用[J]. 发酵科技通讯, 2017, 46(1): 45-49.
XU SS, HU YH, HUANG JX. Characteristics of xanthan gum and its application in food and compound gums [J]. Bull Ferment Sci Technol, 2017, 46(1): 45-49.
- [11] 王建芳, 赵俊梅, 李毅丽, 等. 淀粉酶、谷氨酰胺转氨酶及黄原胶对燕麦-小麦混合粉面团流变特性的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(2): 52-57.
WANG JF, ZHAO JM, LI YL, et al. Effect of amylase, glutamine aminotransferase and xanthan gum on rheological properties of oat-wheat mixed flour dough [J]. Sci Technol Food Ind, 2021, 42(2): 52-57.
- [12] JEHANNARA C, YAIZA BG, CRISTINA MR. Development of gluten

- free breads from *Colocasia esculenta* flour blended with hydrocolloids and enzymes [J]. *Food Hydro*, 2020, 98: 105243.
- [13] 邓瑞君, 徐荣雄. 变性淀粉在蚝油中的应用比较[J]. *食品科技*, 2014, (9): 263–266.
DENG RJ, XU RX. Compared of application of modified starch in oyster sauce [J]. *Food Sci Technol*, 2014, (9): 263–266.
- [14] 温静文. 不同变性淀粉对蚝油品质的影响[J]. *食品安全导刊*, 2019, 12: 145.
WEN JW. Effects of different denatured starches on the quality of oyster sauce [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2019, 12: 145.
- [15] 郑美娟, 郭金玲, 余华顺, 等. 几种耐高温淀粉酶的酶活影响因素研究[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(15): 53–56.
ZHENG MJ, GUO JL, YU HS, *et al.* Study on influencing factors of enzyme activity of several high temperature resistant amylases [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(15): 53–56.
- [16] 刘静, 段春月, 刘畅. 瓜尔豆胶和黄原胶对淀粉理化性质的影响[J]. *食品工业*, 2021, 42(2): 205–210.
LIU J, DUAN CY, LIU C. Effects of guar gum and xanthan gum on the physicochemical properties of starch [J]. *Food Ind*, 2021, 42(2): 205–210.
- [17] 石方方, 焦国宝, 丁长河, 等. 耐酸耐高温 α -淀粉酶的研究进展[J]. *中国食品添加剂*, 2014, (4): 171–176.
SHI FF, JIAO GB, DING CH, *et al.* Research progress on the acid-resistant thermostable α -amylase [J]. *China Food Addit*, 2014, (4): 171–176.
- [18] 尹伊, 屈建航, 李海峰, 等. 耐酸耐高温 α -淀粉酶及其菌种选育研究进展[J]. *粮油食品科技*, 2015, 23(5): 101–105.
YIN Y, QU JH, LI HF, *et al.* Research progress in the acid-resistant thermostable α -amylase and strain breeding [J]. *Sci Tech Cere Oil Food*, 2015, 23(5): 101–105.
- [19] 薛正莲, 张寅红, 赵光整. 黄原胶对 α -淀粉酶耐热性及其在热变性过程中构象变化的影响[J]. *生物学杂志*, 2000, 17(3): 25–27.
XUE ZL, ZHANG YH, ZHAO GAO. Effect of xanthan gum on α -amylase thermostability and its conformational changes in the process of thermoinaction [J]. *J Bio*, 2000, 17(3): 25–27.
- [20] 秦方, 王利平. 用荧光, 紫外光谱法研究黄原胶对 α -淀粉酶耐热性的影响[J]. *江苏食品与发酵*, 1998, (3): 19–21.
QIN F, WANG LP. Effect of xanthan gum on α -amylase thermostability by fluorescence and ultraviolet spectroscopy [J]. *Jiangsu Food Ferment*, 1998, (3): 19–21.
- [21] 黄成栋, 王洪荣, 白雪芳. 黄原胶降解菌的筛选及其降解酶性质的研究[J]. *微生物学通报*, 2005, 32(1): 32–37.
HUANG CD, WANG HR, BAI XF. Screening of a xanthan degrading bacterium and characterization of the xanthanase [J]. *Microbiol Bull*, 2005, 32(1): 32–37.
- [22] 江丽丽, 张庆, 徐世艾. 黄原胶降解的研究进展[J]. *微生物学通报*, 2008, 35(8): 1292–1296.
JIANG LL, ZHANG Q, XU SAI. Review of research on xanthan gum degradation [J]. *Microbiol Bull*, 2008, 35(8): 1292–1296.
- [23] HASHIMOTO W, MIKI H, TSUCHIYA N, *et al.* Polysaccharide lyase: Molecular cloning, sequencing and over expression of the xanthan lyase gene of *Bacillus* sp. strain GL1 [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2001, 67(2): 713–720.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



路风辉, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品化工分析检测。
E-mail: sdptlufh@qq.com