

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.03.011

卢宇剑, 乔昕, 陈玉婕, 等. 环境因素对吊浆粳中米酵菌酸含量的影响[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(3): 79-84.

LU Y J, QIAO X, CHEN Y J, et al. The impact of environmental factors on the production of bongkreki acid in fermented glutinous rice flour[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(3): 79-84.

环境因素对吊浆粳中米酵菌酸含量的影响

卢宇剑¹, 乔昕²✉, 陈玉婕¹, 刘华良^{1,3}, 周永林³

(1. 南京医科大学 公共卫生学院, 江苏 南京 211166;

2. 江苏省疾病预防控制中心 食品安全与评价所, 江苏 南京 210009;

3. 江苏省疾病预防控制中心 理化检验所, 江苏 南京 210009)

摘要: 探究唐菖蒲伯克霍尔德菌椰酵亚种 (*Burkholderia gladioli* pathovar *cocovenenans*, *BGC*) 在吊浆粳中的产米酵菌酸 (bongkreki acid, BA) 特征及环境温度、湿度对其产 BA 的影响。在吊浆粳样品中接种 *BGC*, 调整接种浓度 (10^3 、 10^5 、 10^7 CFU/mL)、培养环境的温度 (10 ± 1 、 15 ± 1 、 20 ± 1 、 25 ± 1 、 30 ± 1 和 36 ± 1 °C) 和湿度 (20%、40% 和 60%), 以高效液相色谱-串联质谱法测定不同条件下 BA 的含量。结果表明, 各实验组的吊浆粳样品在培养 1 天后即可检出 BA。当接种浓度为 10^3 CFU/mL 时, *BGC* 在吊浆粳中产生并积累的 BA 含量高于接种浓度为 10^5 和 10^7 CFU/mL 的组别, 组间差异为 1~3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。较低温度 (10 ± 1 、 15 ± 1 和 20 ± 1 °C) 和较低湿度 (20%) 的环境可减少 *BGC* 在吊浆粳中产生 BA。提示居民应食用新制作的吊浆粳, 避免长时间贮存于高温、潮湿环境, 以降低食物米酵菌酸中毒风险。

关键词: 唐菖蒲伯克霍尔德菌; 米酵菌酸; 吊浆粳; HPLC-MS/MS

中图分类号: TS201 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)03-0079-06

The Impact of Environmental Factors on the Production of Bongkreki Acid in Fermented Glutinous Rice Flour

LU Yu-jian¹, QIAO Xin²✉, CHEN Yu-jie¹, LIU Hua-liang^{1,3}, ZHOU Yong-lin³

(1. School of Public Health, Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 211166, China;

2. Institute of Food Safety and Assessment, Jiangsu Provincial Center for Disease Control and Prevention, Nanjing, Jiangsu 210009, China; 3. Institute of Physical and Chemical Analysis, Jiangsu Provincial Center for Disease Control and Prevention, Nanjing, Jiangsu 210009, China)

Abstract: This study aimed to explore the characteristics of bongkreki acid (BA) produced by *Burkholderia gladioli* pathovar *cocovenenans* (*BGC*) and the effects of ambient temperature and humidity on BA production in the fermented glutinous rice flour (FGRF). In the specific environment with various ambient temperatures (10 ± 1 , 15 ± 1 , 20 ± 1 , 25 ± 1 , 30 ± 1 , 36 ± 1 °C) and relative humidity (20%, 40%, 60%), The FGRF

收稿日期: 2023-02-17

基金项目: 江苏省重点研发计划 (社会发展-面上项目) (BE2021740)

Supported by: Social Development Projects of Key Research and Development Plans in Jiangsu Province (BE2021740)

作者简介: 卢宇剑, 男, 1998 年出生, 在读硕士生, 研究方向为食品质量与安全。E-mail: yujian_lu@foxmail.com.

通讯作者: 乔昕, 女, 1978 年出生, 本科, 副主任技师, 研究方向为食源性致病菌检验。E-mail: jsdcqcx@126.com.

was incubated with different bacteria counts of *BGC* (10^3 , 10^5 , 10^7 CFU/mL), and BA in the FGRF was measured with high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS). The results revealed that BA could be detectable after only one day of incubation. The BA produced and accumulated by *BGC* with an initial bacteria count of 10^3 CFU/mL was more than that in the groups with the initial bacteria counts of 10^5 and 10^7 CFU/mL (with a difference of 1-3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ between groups). Lower temperatures (10 ± 1 , 15 ± 1 , 20 ± 1 °C) and humidity (20%) were found to reduce the BA production of *BGC* in the FGRF. To minimize the risk of foodborne BA poisoning, it is recommended to consume freshly prepared FGRF promptly and avoid storing it for extended periods under hot and humid conditions.

Key words: *Burkholderia gladioli*; bongkrekic acid; fermented glutinous rice flour; HPLC-MS/MS

唐菖蒲伯克霍尔德氏菌椰酵亚种(*Burkholderia gladioli* pathovar *cocovenenans*, *BGC*) 广泛存在于自然环境及食品基质中^[1-3], 并会在食品中产生大量米酵菌酸(Bongkrekic acid, BA)^[4]。这些食品基质通常包括发酵米面类制品(湿米粉、醋凉粉、发酵玉米面、吊浆粩)、变质的银耳和木耳、薯类制品(土豆、红薯及山芋淀粉)、变质的椰子类食物等 4 类食品^[5]。BA 是一种仅由 *BGC* 产生的特异性细菌毒素^[6], 人体摄入 1~1.5 mg BA 即可导致死亡^[7]。在我国西南地区, 吊浆粩是当地农村地区盛行的自制酵米面食物, 其制作工艺为长时间(15~20 天)浸泡、碾磨制浆、过滤、日晒、常温保存等^[8], 在该制作流程中吊浆粩极易受到自然环境中 *BGC* 的污染^[9]。此外, 夏季的环境条件较为适宜 BA 的产生, 在 2010—2020 年期间, 我国西南地区共有 6 起食源性 BA 中毒事件发生在 5—7 月, 中毒病例 48 例, 死亡病例 17 例^[10]。湿米粉和原料米中 BA 产生情况与接种菌液浓度、环境温度和水分含量有关^[11-13], 银耳中 BA 产生情况与其存储条件(是否真空包装、带菌棒及温度)也存在一定关联^[14], 但吊浆粩中 BA 产生情况的影响因素尚未见报道。本研究对吊浆粩进行模拟污染实验, 即在吊浆粩样品中接种不同浓度的 *BGC* 菌悬液, 设计不同的环境温度和湿度, 培养一段时间后测定 BA 浓度, 进而探究吊浆粩中 BA 产生的环境因素, 为规避由米酵菌酸导致的食物中毒提供支持。

1 材料与方法

1.1 标准菌株和食物样品

标准菌株为 *Burkholderia gladioli* CICC®

25108; 中国工业微生物菌种保藏管理中心; 实验用吊浆粩的原料为糯米, 于 2022 年购自四川省达州市。

1.2 试剂与设备

改良马铃薯葡萄糖琼脂(mPDA)、GVC 增菌液: 海博生物技术有限公司; 米酵菌酸标准品(纯度 95%): 上海安谱实验科技股份有限公司; 甲醇(色谱纯): 美国天地有限公司; 甲酸(色谱纯): 恩科化学公司; 乙腈、乙酸(均为分析纯): 南京化学试剂股份有限公司; 无水硫酸镁、无水醋酸钠(均为分析纯): 国药集团化学试剂有限公司; 十八烷基硅烷化硅胶 C_{18} : 深圳逗点生物技术有限公司。

IN55 型恒温培养箱: 德国美墨尔特公司; LC-30A 高效液相色谱仪: 日本岛津公司; AB SCIEX Q-TRAP 5500 质谱仪: 美国 AB SCIEX 公司; 离心管(15/50 mL): 德国默克公司; 移液器(200/1 000 μL): 德国艾本德公司; Vortex-Genie 2 型漩涡混合器: 美国 Scientific Industries 公司; 2-16KL 型离心机: 美国 Sigma 公司; EFAA-DC24 型氮吹仪、0.22 μm 针式滤器(尼龙滤膜): 上海安谱实验科技股份有限公司。

1.3 菌株在增菌液中的产毒规律(未引入食品基质)

无菌操作的条件下, 用接种环挑取测试细菌的纯培养物到盛有一定量无菌生理盐水管中, 混悬, 以比色卡作为背景目测, 直到浊度与 0.5 麦氏比浊标准管的浊度相一致。0.5 号麦氏比浊标准管相当于 1×10^8 CFU/mL 浓度, 以此为参照值, 通过梯度稀释法(稀释液为 GVC 增菌液)获得不

同初始浓度 (10^3 、 10^5 、 10^7 CFU/mL) 的增菌液, 参考《食品微生物学检验 唐菖蒲伯克霍尔德氏菌 (椰毒假单胞菌酵米面亚种) 检验》(GB 4789.29—2020), 将上述浓度的菌悬液分别置于 (26 ± 1) °C 和 (36 ± 1) °C 中培养 5 天, 每隔 1 天进行测定 BA 含量。

1.4 污染模拟

模拟条件的设置 (引入食品基质):

(1) 不同菌悬液浓度: 在 2.0 g 吊浆粬样品中分别接种 200 μ L 浓度为 10^3 、 10^5 、 10^7 CFU/mL 的菌悬液, 置于 (26 ± 1) °C 培养 5 天。(2) 不同环境温度: 在 2.0 g 吊浆粬样品中接种 200 μ L 浓度为 10^3 CFU/mL 的菌悬液, 分别置于 (10 ± 1) 、 (15 ± 1) 、 (20 ± 1) 、 (25 ± 1) 、 (30 ± 1) 和 (36 ± 1) °C 培养 3 天。(3) 不同环境湿度: 在 2.0 g 吊浆粬样品中接种 200 μ L 浓度为 10^3 CFU/mL 的菌悬液, 分别置于湿度为 20%、40% 和 60%, (36 ± 1) °C 培养 2 天。

每组设置 3 个重复样本, 在不同环境条件下培养后待测定。按照菌悬液浓度、环境温度、环境湿度的顺序依次开展实验, 且基于前者的实验结果, 选择性调整后者的实验条件设置。

1.5 米酵菌酸的测定

1.5.1 样品前处理

称取 2.0 g 样品于 50 mL 离心管内, 加入 10 mL 超纯水, 涡旋 1 min, 加入 10 mL 乙酸-乙腈溶液 (1:19, v/v), 涡旋 1 min 加入 6.0 g 无水硫酸镁和 1.5 g 醋酸钠, 涡旋 1 min, 4 000 r/min 离心 5 min。取 5 mL 上清液于预装 200 mg C_{18} 粉末和 900 mg 无水硫酸镁的 15 mL 离心管中, 涡旋 1 min。取 2 mL 上清液于 40 °C 氮吹至干, 1 mL 乙腈-水溶液 (1:1, v/v) 复溶, 涡旋 1 min, 经针式滤器过滤后上机检测。

1.5.2 色谱条件

进样量为 5 μ L; 色谱柱为 ACQUITY UPLC HSS T3 (2.1 mm \times 100 mm, 1.8 μ m); 柱温为 40 °C; 流速为 0.3 μ L/min; 流动相为 0.1% 甲酸水溶液 (A) 和甲醇 (B), 梯度洗脱程序为 0~1 min: 30%B; 1~4 min: 30%B~95%B; 4~5 min: 95%B; 5~5.1 min: 95%B~30%B; 5.1~8 min: 30%B。

1.5.3 质谱条件

电喷雾负离子化, 多反应监测扫描, 毛细管电压为 3.0 kV, 干燥气温度为 550 °C, 干燥气流量为 1 000 L/h, 锥孔气流量为 50 L/h, 定量和定性离子对分别为 m/z 484.9>441.0 和 m/z 484.9>397.2, 去簇电压均为 -75 V, 碰撞能量分别为 -14 和 -26 eV, 标准品和检测试样 (经 BGC 污染培养 2 天的吊浆粬样品) 的二级质谱图详见图 1 和图 2。

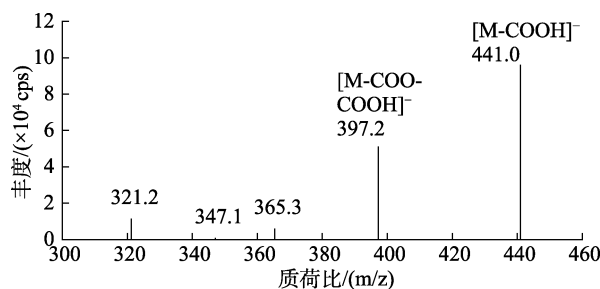


图 1 米酵菌酸标准品的二级质谱图

Fig. 1 Fragments of bongkreic acid from MS2 spectra

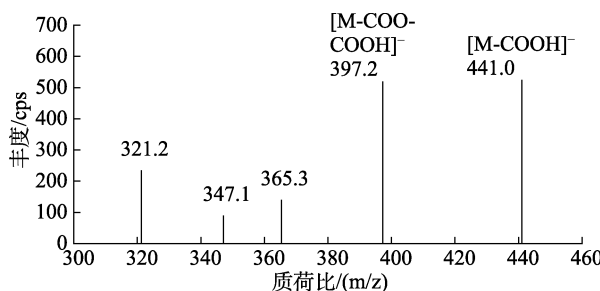


图 2 检测试样的二级质谱图

Fig. 2 Fragments of sample tested from MS2 spectra

2 结果与分析

2.1 菌株产毒能力 (未引入吊浆粬食品基质)

BGC 标准菌株在 GVC 增菌液中的产 BA 特征规律如图 3 所示。当环境温度为 (26 ± 1) °C 时, 增菌液中 BA 含量远高于 (36 ± 1) °C 组。 (26 ± 1) °C 组在第 1 天时均未检出 BA, 在第 2 天起检出 BA ($15.56\sim 34.49$ μ g/L), 在第 4 天时达到最高值 ($236.50\sim 311.43$ μ g/L), 在第 5 天时 BA 含量出现不同程度下降, 而 (36 ± 1) °C 组的 BA 最高值仅为 $3.31\sim 4.22$ μ g/L (第 5 天), 仅为 (26 ± 1) °C 组的 1.1%~1.8%。一般而言, BA 的理化性质稳定, 仅在紫外线照射时易降解^[15], 而培养过程中无强烈外源性光源, 本研究的实验环境不满足降解条

件。随着培养时间延长, BA 含量逐渐上升, 但由于营养物质逐渐消耗殆尽, *BGC* 的生长状态逐渐到达平台期, 其可能存在反向利用 BA 的情况, 从而导致含量下降。研究显示, BA 的生物合成直接受相关基因表达影响^[16], 然而目前针对 *BGC* 是否能够转化 BA 尚无相关研究佐证, 就该现象出现的机制需要进一步的探索。

当 *BGC* 浓度为 10^7 CFU/mL 时, 其在第 0~3 天产 BA 速率最快, 但最高 BA 量不及浓度为 10^3 CFU/mL。这可能与细菌生长代谢水平和检测时间节点相关, 同时前者的 BA 峰值可能出现在第 2~3 天内, 在第 3 天时已出现降低。

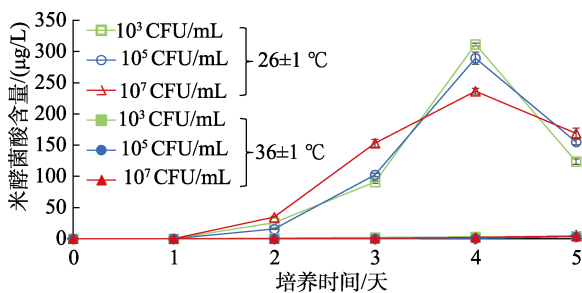


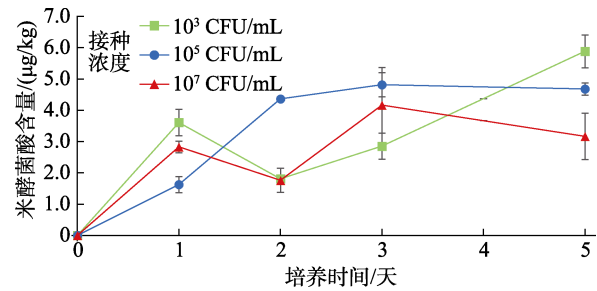
图 3 在(26±1)和(36±1) °C时不同接种浓度的增菌液中米酵菌酸的含量变化

Fig. 3 Variation of bongkrekcic acid content in the enrichment solution with different inoculum levels at (26±1) and (36±1) °C

2.2 污染模拟 (引入吊浆粩食品基质)

2.2.1 接种浓度

考虑到 *BGC* 菌株的最适产毒温度, 本实验组控制环境温度为(26±1) °C, 不同接种浓度的 *BGC* 在吊浆粩的产 BA 情况如图 4 所示。从含量变化而言, 各浓度组的 BA 含量均随时间呈现上升趋势, 在放置 1 天后即有 BA 检出, 在相同培养时间节点, 不同接种浓度下 *BGC* 在吊浆粩中产生的 BA 含量差异在 1~3 µg/kg。从产生速率而言, 中高浓度组 (接种浓度为 10^5 和 10^7 CFU/mL) 的 BA 含量在第 2~3 天出现平台期, 而低浓度组 (10^3 CFU/mL) 的平台期在第 5 天仍未出现。这可能是因为在相同营养物质 (吊浆粩) 条件下, 高浓度组的营养消耗速率更快, 营养物质消耗完后, *BGC* 不再增殖, 其产生 BA 的量也不再增加, 从而 BA 的量进入平台期, 进入平台期的时间早于低浓度组。



注: 部分误差线过短在图中不显示。

Note: Some error bars are too small to be visible.

图 4 环境温度为 26 °C 时不同接种浓度下吊浆粩中米酵菌酸含量变化

Fig.4 Variation of bongkrekcic acid content in the Fermented Corn Flour with different inoculum levels at 26 °C

2.2.2 环境温度

结合不同接种浓度下菌株在吊浆粩中的产 BA 情况, 且由于在培养 3 天后吊浆粩极易出现霉变, 本实验组控制接种浓度为 10^3 CFU/mL, 培养时间为 3 天。不同环境温度下 *BGC* 在吊浆粩中的产 BA 情况如图 5 所示。根据产 BA 情况可以把温度分成 2 组, 分别是(10±1)~(20±1) °C 组和(25±1)~(36±1) °C 组, 前者产生的 BA 含量低于后者, 并且前后两者内部之间的 BA 含量差异较小。这提示环境温度较低 (<20±1 °C) 可能会抑制 *BGC* 在吊浆粩中产生 BA, 这与其在湿米粉和银耳中的产毒情况相类似^[11-14]。 *BGC* 的适宜生长温度 30~37 °C, 适宜产毒温度 22~30 °C^[6], 而在含富营养条件的低温 (4 °C) 环境下, *BGC* 生长滞缓且其产 BA 能力低下^[17], 这表明 *BGC* 生长代谢均具有温度敏感性特征, 较低的环境温度能显著减弱 *BGC* 在各类食品基质的生长代谢水平。

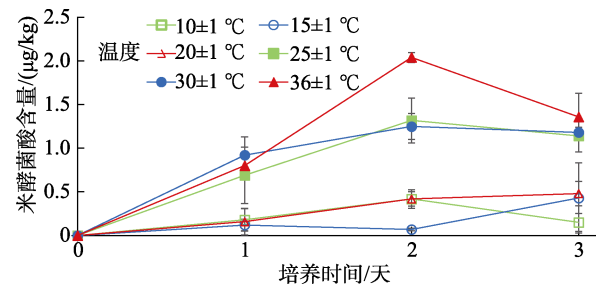


图 5 接种浓度为 10^3 CFU/mL 时不同温度下吊浆粩中的米酵菌酸含量变化

Fig.5 Variation of bongkrekcic acid content in the Fermented Corn Flour with 10^3 CFU/mL *BGC* at different temperatures

2.2.3 环境湿度

由于在(36±1) °C时培养 2 天, 吊浆粩中米酵菌酸产生含量最高(见图 5), 基于实验条件及成本考虑, 本实验组控制接种浓度和环境温度分别为 10³ CFU/mL 和(36±1) °C, 培养时间为 2 天。当环境湿度为 20%、40%和 60%时, 第 2 天的 BA 含量分别为 1.39、1.75 和 1.81 μg/kg。这提示中等环境湿度可能会促进 *BGC* 在吊浆粩中产生 BA。

3 结论

在吊浆粩中于(36±1) °C放置 2 天时产生的 BA 含量要略高于在(25±1) °C和(30±1) °C环境, 这与文献报道的 *BGC* 在湿米粉中于(36±1) °C产生的 BA 含量高于在(26±1) °C环境类似^[11]。相同条件下, 吊浆粩中的 BA 含量随环境湿度(20%~60%)升高而增加。一般而言, 食源性 BA 中毒事件常在夏季高发^[18], 这可能由于环境温度和湿度升高促进细菌的生长并提高代谢水平。流调结果表明, 吊浆粩 BA 中毒病例均食用了放置多日的吊浆粩^[19]。本研究显示, 低接种浓度(10³ CFU/mL)的 *BGC* 在污染吊浆粩五天后产生的 BA 含量高于中高接种浓度, 这提示吊浆粩中 BA 的产生在不同污染程度时均可能出现。另外, 在经 *BGC* 污染的吊浆粩中, 仅放置 1 天即可检出 BA。然而目前缺乏关于 *BGC* 在不同环境产生 BA 的遗传和代谢机制研究^[4], 这对从细菌生物合成方面解释上述结果提出挑战。综上, 吊浆粩食品的制作和存储过程均应避免长时间处于高温、潮湿及卫生条件较差的环境, 从而减少 BA 中毒风险。

参考文献:

- [1] KIM N, MANNAA M, KIM J, et al. The in vitro and in planta interspecies interactions among rice-pathogenic *Burkholderia* species[j]. *plant disease*, 2020, 105(1): 134-143.
- [2] ELSHAFIE H S, CAMELE I. An overview of metabolic activity, beneficial and pathogenic aspects of *Burkholderia* spp[J]. *Metabolites*, 2021, 11(5): 321.
- [3] GUDO E S, COOK K, KASPER A M, et al. Description of a mass poisoning in a rural district in mozambique: the first documented bongkrekkic acid poisoning in africa[J]. *Clinical Infectious Diseases*, 2018, 66(9): 1400-1406.
- [4] 彭子欣, 李凤琴. 唐菖蒲伯克霍尔德菌米酵菌酸生物合成机制[J]. *卫生研究*, 2020, 49(2): 336-338.
- [5] PENG Z X, LI F Q. Biosynthesis mechanism of bongkrekkic acid of *Burkholderia gladioli* pathovar *cocovenenans*[J]. *Journal of Hygiene Research*, 2020, 49(2): 336-338.
- [5] 林广沅, 柏文良, 李芸. 液相色谱-串联质谱法快速测定食品中的米酵菌酸[J]. *广东化工*, 2019, 46(19): 177-178.
- [6] LIN G Y, BAI W L, LI Y. Fast determination of bongkrekkic acid in foods by LC-MS/MS[J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2019, 46(19): 177-178.
- [6] ANWAR M, KASPER A, STECK A R, et al. Bongkrekkic acid-a review of a lesser-known mitochondrial toxin[J]. *Journal of Medical Toxicology*, 2017, 13(2): 173-179.
- [7] SHI R, LONG C, DAI Y, et al. Bongkrekkic acid poisoning: severe liver function damage combined with multiple organ failure caused by eating spoiled food[J]. *Legal Medicine (Tokyo, Japan)*, 2019, 41:101622.
- [8] 周幅萍, 梁泉, 黄庭轩, 等. 云南省文山州广南县吊浆粩食物中毒事件的病原学分析[J]. *中国食品卫生杂志*, 2017, 29(1): 71-75.
- [8] ZHOU G P, LIANG Q, HUANG T X, et al. Etiology analysis of an outbreak caused by fermented corn flour in Guangnan County, Wenshan City, Yunnan Province[J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2017, 29(1): 71-75.
- [9] 李晓琍, 杨祖顺, 国译丹, 等. 椰毒假单胞菌酵米面亚种食物中毒的病原分离鉴定[J]. *中国食品卫生杂志*, 2016, 28(1): 36-39.
- [9] LI X L, YANG Z S, GUO Y D, et al. Isolation and identification of *Pseudomonas Cocovenenans* Subsp. *farinofementans* from food poisoning accident[J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2016, 28(1): 36-39.
- [10] ZHANG H, GUO Y, CHEN L, et al. Epidemiology of foodborne bongkrekkic acid poisoning outbreaks in China, 2010 to 2020[J]. *PLoS One*, 2023, 18(1): e279957.
- [11] 严琼英, 李乐诗, 孙钰涵, 等. 一株椰毒假单胞菌酵米面亚种在湿米粉基质中的产毒情况和酸度分析[J/OL]. *中国粮油学报*, 2022: 1-7.
- [11] YAN Q Y, LI L S, SUN J H, et al. Toxic production and acidity analysis of a *Burkholderia gladioli* pathovar *cocovenenans* in wet rice flour substrate[J/OL]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2022: 1-7.
- [12] 朱文娟, 黄永德, 黄秀丽, 等. 椰毒假单胞菌酵米面亚种及毒素的污染调查与湿米粉生产风险控制[J/OL]. *中国粮油学报*, 2022: 1-13.
- [12] ZHU W J, HUANG Y D, HUANG X L, et al. Investigation on the contamination of *Burkholderia gladioli* pathovar *cocovenenans* and toxins and risk control of wet rice flour production[J/OL]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2022: 1-13.
- [13] 陈荣桥, 陈汉金, 胡均鹏, 等. 椰毒假单胞菌酵米面亚种在湿米粉及其原料中的生长产毒规律及风险分析[J]. *现代食品科技*, 2022, 38(5): 320-327.

- CHEN R Q, CHEN H J, HU J P, et al. Investigation and risk analysis of *Pseudomonas cocovenenans* subsp. *farinofermentans* from Rice and Edible Starch[J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(5): 320-327.
- [14] 马涛, 张李躬, 何志灿, 等. 不同储存条件下新鲜银耳米酵菌酸的研究[J]. 中国食用菌, 2020, 39(12): 87-91.
- MA T, ZHANG L G, HE Z C, et al. Study on bongkrekkic acid of fresh tremella fuciformis under different storage conditions[J]. Edible Fungi of China, 2020, 39(12): 87-91.
- [15] 胡均鹏, 梁明, 陈荣桥, 等. 紫外光对米酵菌酸的降解效果及动力学分析[J]. 现代食品科技, 2021, 37(8): 208-213.
- HU J P, LIANG M, CHEN R Q, et al. Degradation effect and kinetic analysis of bongkrekkic acid by ultraviolet light[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(8): 208-213.
- [16] MOEBIUS N, ROSS C, SCHERLACH K, et al. Biosynthesis of the respiratory toxin bongkrekkic acid in the pathogenic bacterium *Burkholderia gladioli*[J]. Chemistry and Biology, 2012, 19(9): 1164-1174.
- [17] 严琼英, 李乐诗, 孙钰涵, 等. 一株椰毒假单胞菌酵米面亚种在培养基中的生长规律和产毒研究[J]. 食品安全导刊, 2022(31): 56-59+63.
- YAN Q Y, LI L S, SUN Y H, et al. Analysis of growth rules and toxic production of *pseudomonas cocovenenans* subsp. *farinofermentans* in culture medium[J]. China Food Safety Magazine, 2022(31): 56-59+63.
- [18] 耿雪峰, 张晶, 庄众, 等. 2002—2016 年中国椰毒假单胞菌食物中毒报告事件的流行病学分析[J]. 卫生研究, 2020, 49(4): 648-650.
- GENG X F, ZHANG J, ZHUANG Z, et al. Epidemiological analysis of the reported incidents of food poisoning caused by *Burkholderia gladioli* pathovar *cocovenenans* in China from 2002 to 2016[J]. Journal of Hygiene Research, 2020, 49(04): 648-650.
- [19] 柳智豪. 百色市 7 起酵米面食物中毒流行病学分析[J]. 广西医科大学学报, 2005(6): 982-983.
- LIU Z H. Epidemiological analysis of 7 cases of food poisoning caused by fermented rice flour in Baise[J]. Journal of Guangxi Medical University, 2005(6): 982-983. 