

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241025003

引用格式: 徐瑶, 黄嘉淇, 范秀萍, 等. 变质蚝油中污染霉菌的分离鉴定[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(3): 241–248.

XU Y, HUANG JQ, FAN XP, *et al.* Isolation and identification of contaminating molds in spoiled oyster sauce [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(3): 241–248. (in Chinese with English abstract).

变质蚝油中污染霉菌的分离鉴定

徐瑶, 黄嘉淇, 范秀萍, 秦小明*

[广东海洋大学食品科技学院, 国家贝类加工技术研发分中心(湛江), 广东省水产品加工与安全重点实验室, 广东省海洋生物制品工程实验室, 广东省海洋食品工程技术研究中心, 湛江 524088]

摘要: **目的** 探讨蚝油开盖变质后的霉菌污染情况, 并对污染霉菌进行分离鉴定。**方法** 本研究以 9 个不同家庭厨房环境下的 6 种蚝油为研究对象, 采用三点分离法对变质蚝油中的霉菌进行分离, 结合形态学特征和 ITS 序列分析鉴定。**结果** 家庭厨房环境下蚝油中霉菌污染主要是由于环境中的微生物在蚝油中的优势生长, 从变质蚝油中共分离出 35 株霉菌, 16 个属, 其中占比最高的为青霉属(*Penicillium*) 9 株, 其次是篮状菌属(*Talaromyces*) 4 株, 曲霉属(*Aspergillus*) 4 株, 分别占分离出的菌株总数的 25.71%、11.42% 和 11.42%。**结论** 家庭厨房环境下青霉属、篮状菌属和曲霉属等霉菌是导致开盖蚝油腐败变质的主要霉菌, 可为蚝油产品使用过程中的质量安全控制提供研究基础。

关键词: 蚝油; 变质; 霉菌; 分离与鉴定

Isolation and identification of contaminating molds in spoiled oyster sauce

XU Yao, HUANG Jia-Qi, FAN Xiu-Ping, QIN Xiao-Ming*

[College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, National Research and Development Branch Center for Shellfish Processing (Zhanjiang), Guangdong Provincial Key Laboratory of Aquatic Products Processing and Safety, Guangdong Province Engineering Laboratory for Marine Biological Products, Guangdong Engineering Research Center of Seafood Processing, Zhanjiang 524088, China]

ABSTRACT: Objective To explore the molds contamination of oyster sauce after open-cap and deterioration, and isolate and identify the contaminating molds. **Methods** In this study, the 6 kinds of oyster sauce in 9 different home kitchen environments were used as research objects, and the molds in the deteriorated oyster sauce were separated by the three-point separation method, combined with morphological characteristics and ITS sequence analysis for identification. **Results** The molds contamination in oyster sauce in the home kitchen environment mainly were due to the dominant growth of microorganisms in the environment in the oyster sauce. A total of 35 strains of molds 16 genera, were isolated from the deteriorated oyster sauce, of which 9 strains of *Penicillium*, 4 strains of *Talaromyces* and 4 strains of *Aspergillus* were isolated, which accounted for 25.71%, 11.42% and 11.42% of the total number of

收稿日期: 2024-10-25

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-49)

第一作者: 徐瑶(2001—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为水产品加工与贮藏。E-mail: 2284300679@qq.com

*通信作者: 秦小明(1964—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为海洋生物资源利用。E-mail: qinxm@gdou.edu.cn

strains isolated, respectively. **Conclusion** *Penicillium*, *Talaromyces* and *Aspergillus* are the main moulds responsible for the deterioration of open-cap oyster sauce in the home kitchen environment, which can provide a research basis for the quality and safety control of oyster sauce products in the process of use.

KEY WORDS: oyster sauce; deterioration; mold; isolation and identification

0 引言

蚝油是以素有“海底牛奶”之称的牡蛎为原料,经水解、辅料混合、均质及杀菌后制成^[1],是南方地区常用的咸鲜调味品之一,也很受东南亚消费者的欢迎^[2]。蚝油中富含微量元素、氨基酸^[3]和牛磺酸,有增强人体免疫力等保健功能^[4]。人们在使用蚝油时,由于一些使用习惯,如不放 4 °C 冰箱冷藏,自行购买挤压头等不良行为会导致蚝油出现长霉、化水变稀和分层等变质现象,同时使产品质量、感官风味和应用体验下降。如今,随着社会发展,人们追求健康生活状态,偏向于选择无添加剂的食品,于是市面上推出了许多无添加食品,其中也包括调味料产品,但不良的使用习惯也加速了无添加剂产品变质的过程。

目前,国内外对蚝油的研究多是对其挥发性成分^[5]、关键风味化合物^[6-7]和滋味^[8-9]的研究,对于蚝油品质还处于产品质量评价^[10]和体态稳定性研究^[11-13]。在常见食品霉菌污染的分离鉴定中,曲霉属(*Aspergillus*)、青霉属(*Penicillium*)是引起污染的主要菌属^[14-18],如豌豆中分离出赭曲霉(*Aspergillus ochraceus*)和文氏曲霉(*Aspergillus wentii*);木薯粉中分离得到桔青霉(*Penicillium citrinum*)、

顶青霉(*Penicillium corylophilum*)和产黄青霉(*Penicillium chrysogenum*)^[14];奶豆腐^[15]中分离出青霉属、曲霉属、毛霉属(*Mucor*)和地霉属(*Geotrichum*)。赵阳等^[19]从实验室培养条件下变质蚝油中分离得到谢瓦曲霉(*Aspergillus chevalieri*),也表明曲霉属是引起蚝油变质的主要霉菌种类。但在实际家庭厨房使用条件下,蚝油的变质污染情况还不清楚。因此本研究对湛江地区不同家庭厨房环境下,蚝油开盖后的霉菌污染情况进行了分析,为蚝油产品家庭使用中的质量安全控制技术提供研究基础。

本研究从市面上销量较好的两个品牌中选取两种无添加蚝油和一种有添加剂的蚝油,并与常见食品白面包和小番茄为对照,采用马铃薯-葡萄糖琼脂(potato dextrose agar, PDA)培养基进行分离纯化,根据菌落形态和 ITS 序列分析对分离菌株进行鉴定,以期为后续的蚝油产品使用过程中的质量安全控制技术提供基础。

1 材料与方法

1.1 材料

市售蚝油样品的选定依据产品的市场占有率和综合销量,选取了两个品牌 6 款蚝油产品,均购于京东商城。白面包、小番茄购于湛江市超市。样品信息详见表 1。

表 1 样品信息
Table 1 Information of samples

样品名称	原辅料	蛋白质 /%	碳水化合物 /%	钠 / (g/100 g)	产地
H1	蚝汁(蚝、水、食用盐)、白砂糖、水、食用盐、谷氨酸钠、食用盐、羟丙基二淀粉磷酸酯、小麦粉、焦糖色	5.33	29.33	4.52	广东江门
H2	蚝汁(蚝、水、食用盐)、水、白砂糖、食用盐、羟丙基二淀粉磷酸酯、谷氨酸钠、小麦粉、焦糖色	2.67	27.33	4.80	广东江门
H3	蚝汁(蚝、水、食用盐)、水、白砂糖、食用盐、谷氨酸钠、羟丙基二淀粉磷酸酯、焦糖色、小麦粉、柠檬酸、5'-呈味核苷酸二钠、山梨酸钾	2.50	15.00	4.08	广东江门
H4	蚝汁(蚝、水、食用盐)、水、酿造酱油、白砂糖、食用盐、淀粉、小麦粉、酵母抽提物	4.00	24.00	4.52	广东佛山
H5	蚝汁(蚝、水、食用盐)、水、白砂糖、食用盐、羟丙基二淀粉磷酸酯、谷氨酸钠、小麦粉、焦糖色	3.33	30.00	5.25	广东佛山
H6	蚝汁(蚝、水、食用盐)、水、白砂糖、食用盐、谷氨酸钠、羟丙基二淀粉磷酸酯、贻贝汁(贻贝、水、食用盐)、焦糖色、小麦粉、5'-呈味核苷酸二钠、黄原胶、柠檬酸、山梨酸钾	3.33	15.33	4.30	广东佛山
7#白面包	小麦粉、饮用水、海藻糖、山梨糖醇液、食用油脂制品、酵母、食用盐、羟丙基二淀粉磷酸酯、黄原胶	7.64	50.61	0.68	
8#小番茄		0.90	3.50	0.01	

1.2 试剂

PDA 培养基(北京陆桥技术股份有限公司); 乳酸石碳酸棉蓝染色液(北京索莱宝有限公司); 真菌基因组提取试剂盒(武汉纳磁生物科技有限公司)。

1.3 仪器与设备

UX620H 电子天平(精度 0.001 g, 日本岛津仪器有限公司); YS 100 型双目生物显微镜(日本 Nikon 公司); SPX-250B-Z 生化培养箱(上海博迅医疗生物仪器股份有限公司); 5417 R 离心机(德国艾本德股份公司); ABI 9700 型聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)仪(北京世贸远东科技仪器有限公司); DYY-8 C 型电泳仪(北京六一仪器厂)。

1.4 实验方法

1.4.1 样品处理

以湛江 3 个生活小区(A、B、C)中 9 个不同楼层的家庭厨房为实验环境, 模拟家庭蚝油使用与放置条件, 蚝油使用后, 在常温开放环境中开盖敞口放置一周左右, 以白面包、小番茄和 PDA 平板作对照。待蚝油表面观察到明显霉菌, 所有样品取样检测。

1.4.2 霉菌总数测定方法

参照 GB 4789.15—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验霉菌和酵母计数》的方法进行, 采用平板菌落计数法。

蚝油样品: 用一次性无菌吸管吸取 1 mL 蚝油, 加入 9 mL 无菌水试管中, 用 1000 μ L 的枪头反复吹吸 3~4 次, 制成 1:10 (V:V)样品匀液。

番茄、白面包样品: 称取 10 g 加入 90 mL 无菌水, 充分混匀制得 1:10 (V:V)样品匀液。根据样品的污染程度, 制作 10 倍梯度稀释样品溶液, 选择 3 个稀释度的样品溶液, 取 100 μ L 菌悬液涂布于 PDA 培养基中, 同时做空白对照, 于(28 \pm 2) $^{\circ}$ C 条件下培养 3 d, 记录结果。

1.4.3 霉菌鉴定

(1) 纯化

将培养基中霉菌分别计数后, 采用三点分离法, 也被称为点种法, 使用接种针蘸取少量霉菌孢子, 在 PDA 平板上, 轻轻点一点或者三点, 用此法将不同形态的菌落转移到 PDA 培养基中纯化, 于(28 \pm 2) $^{\circ}$ C 培养 3~5 d, 重复此操作直至得到纯菌株, 并观察菌落颜色、形状等特征。

(2) 霉菌形态学鉴定

用接种针挑取生长良好的菌丝及孢子, 用乳酸石碳酸棉蓝染色液染色, 并在显微镜下观察结构形态。

(3) 霉菌分子生物学鉴定

菌株采用 ITS rDNA 序列鉴定, 引物序列为 *ITS1*: TCCGTAGGTGAACCTGCGG; *ITS4*: TCCTCCGCTTATTGA

TATGC。PCR 总反应体系: 21 μ L PCR 反应体系, 正向引物和反向引物各 1 μ L, 2 μ L 模版, 适量菌体。扩增程序: 96 $^{\circ}$ C 预热 5 min; 98 $^{\circ}$ C 解链 30 s; 56 $^{\circ}$ C 退火 30 s; 72 $^{\circ}$ C 延伸 60 s; 共 35 循环; 72 $^{\circ}$ C 保温 5 min。

将获得的 PCR 产物送武汉华大基因有限公司测序。将测定基因序列通过美国国家生物技术信息中心(National Center for Biotechnology Information, NCBI)进行同源性比较, 选取同源性高的菌株序列为参照, 用 MEGA 5.0 软件进行序列分析, 用 Neighbor-Joining 方法构建系统发育树。

1.5 数据处理

本研究数据以“平均值 \pm 标准偏差”表示, 使用 Excel 2021 对实验数据进行整理, 文中的图表使用 Power Point 2021 和 Word 2021 软件制作。

2 结果与分析

2.1 不同蚝油样品污染霉菌总数比较

不同的家庭环境下变质蚝油的霉菌总数计数结果见表 2, 不同楼层的家庭厨房中蚝油的霉菌污染情况与楼高之间并无明显规律性。且含有防腐剂的蚝油也被霉菌污染, 表明家庭厨房环境条件对蚝油霉菌污染情况影响较大。相同条件下, 在 A-4、A-14、B-18、B-24、C-22 组中 H1 样品的霉菌总数均为最大值, 在 A-4、B-24、C-22 组中 H3 样品霉菌总数显示最小值, 这主要与样品的组成相关, H1 中蛋白质含量高于其他样品, 碳水化合物含量也较高, 钠离子含量仅高于 H3 和 H6, 但 H3 和 H6 蚝油中含有山梨酸钾, 具有较好的抑制霉菌生长的效果, 因此 H3 表现出霉菌污染较低、H1 霉菌污染较高的现象。A 组样品整体表现出较高的霉菌总数, 这可能与 A 组家庭厨房的环境有关, A 组为旧小区, 家庭厨房环境相对拥挤, 导致蚝油开盖后污染源增加。

2.2 霉菌分离结果

采用三点分离法, 挑取平板上大小、颜色等菌落形态方面有差异的菌落。最终纯化出 48 种霉菌, 如图 1 所示, 颜色种类丰富, 包括黄色、绿色、白色、紫黑色、锈橘色、黑色, 菌落直径 15~70 mm, 其中 48 号霉菌, 根据显微镜结果和形态观察结合, 参考《真菌鉴定手册》^[20]《常用与参见真菌》^[21]和《临床微生物学诊断与图解》^[22], 比对后确定 48 号霉菌为黑曲霉(*Aspergillus niger*)。根据形态学观察, 不同环境中的霉菌种类与数量与楼层高低无相关性, 蚝油中的霉菌种类与 PDA 平板、白面包、小番茄等样品中的霉菌种类相似, 表明家庭厨房环境下蚝油中霉菌污染主要来自于环境中的微生物在蚝油中的优势生长。

2.3 不同样品中分离霉菌的分子鉴定

基于 ITS 序列鉴定真菌,操作周期短,鉴定准确,因此被广泛用于真菌的鉴定^[23],之后进行系统发育树的构建也是用来分析种属和亲缘关系手段之一^[24]。从不同环境放置的蚝油、白面包、小番茄和空气中总共分离出 48 株霉菌,编号 1~48,利用真菌鉴定通用引物 *ITS1* 和 *ITS4* 对不同样品分离的真菌做菌体 PCR。各菌株的 PCR 产物测序结果通过 NCBI 中的 Blast 比对工具在 GenBank 数据库中进行同源性对比,在 NCBI 中做 Blast 比对分析,一般认为,当 ITS 序列的同源性达到 99%或更高时,可以认为它们属于同一物种,其 ITS 与 GenBank 中对应 46 株菌株的相似性均在 99%以上,1 株在 95%以上,经过与形态学鉴定结合,构建 N-J 系统发育树如图 2 所示,通过建构系统发育树可得出蚝油污染霉菌的种类如表 3 所示。

不同样品中霉菌种类见表 4。蚝油中的霉菌种类与对

照(PDA 平板)、白面包、小番茄等样品中的霉菌种类相似,也与形态学观察结果一致。对照(PDA 平板)组的霉菌种类最多,H5、H1 和 H4 号样品中霉菌种类较多,分别为 13、11 和 10 种,这与样品高蛋白、高碳水、低钠的组成有关;H2 和 H6 样品的霉菌种类均为 8 种,H3 仅有 5 种,可能是由于 H3 中含有山梨酸钾,H6 样品的霉菌属较多可能在 A 组出现了较多的霉菌污染,且其中可能存在耐盐菌,有研究表明新月弯孢菌是一种耐盐菌^[25]。

由图 2 及表 3 可知,不同样品中共分离出 48 株霉菌,其中从变质蚝油中分离出 35 株,分属 16 个属,其中占比最高的为青霉属 9 株,其次是篮状菌属 4 株,曲霉属 4 株,分别占变质蚝油分离出的菌株总数的 25.71%、11.42%和 11.42%,表明主要是青霉属、篮状菌属和曲霉属等霉菌导致蚝油腐败变质,图 3 分别是青霉属、篮状菌属和曲霉属的显微镜结构图。

表 2 不同家庭厨房环境下变质蚝油的霉菌总数(cfu/mL)

Table 2 Total number of moulds in spoiled oyster sauce under different domestic kitchen environments (cfu/mL)

样品编号	A-4	A-14	A-20	B-4	B-18	B-24	C-4	C-12	C-22
H1	$(6.40 \pm 1.02) \times 10^7$	$(3.00 \pm 0.41) \times 10^7$	$(3.0 \pm 0.25) \times 10^7$	$(1.00 \pm 0.20) \times 10^4$	$(1.10 \pm 0.35) \times 10^5$	$(1.00 \pm 0.41) \times 10^6$	$< 1.00 \times 10^4$	$< 1.00 \times 10^4$	$(1.50 \pm 0.82) \times 10^6$
H2	$(4.60 \pm 2.21) \times 10^7$	$(2.00 \pm 0.20) \times 10^6$	$(4.00 \pm 1.43) \times 10^7$	$(1.00 \pm 0.20) \times 10^4$	$(2.00 \pm 1.23) \times 10^4$	$(3.10 \pm 0.41) \times 10^5$	$< 1.00 \times 10^4$	$(1.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(3.00 \pm 2.00) \times 10^5$
H3	$(3.00 \pm 2.25) \times 10^7$	$(6.00 \pm 0.61) \times 10^6$	$(3.70 \pm 1.50) \times 10^7$	$(5.00 \pm 3.27) \times 10^4$	$(1.10 \pm 0.41) \times 10^5$	$(1.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(1.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(1.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(1.50 \pm 1.02) \times 10^4$
H4	$(5.50 \pm 3.47) \times 10^7$	$(4.00 \pm 1.84) \times 10^6$	$(2.70 \pm 1.84) \times 10^7$	$(3.00 \pm 0.82) \times 10^4$	$(1.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(8.30 \pm 0.41) \times 10^5$	$(2.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(2.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(8.00 \pm 0.61) \times 10^5$
H5	$(5.40 \pm 0.20) \times 10^7$	$(4.00 \pm 1.84) \times 10^6$	$(4.10 \pm 1.63) \times 10^7$	$(5.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(2.00 \pm 1.31) \times 10^4$	$(8.60 \pm 0.41) \times 10^5$	$(3.00 \pm 0.61) \times 10^4$	$(1.00 \pm 0.20) \times 10^4$	$(7.50 \pm 1.22) \times 10^5$
H6	$(3.50 \pm 0.63) \times 10^7$	$(1.00 \pm 0.20) \times 10^6$	$(3.50 \pm 0.61) \times 10^7$	$(5.00 \pm 0.20) \times 10^4$	$(4.00 \pm 2.86) \times 10^4$	$(9.00 \pm 1.43) \times 10^4$	$(3.00 \pm 0.82) \times 10^4$	$(1.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(9.00 \pm 1.22) \times 10^4$
7#	$(1.30 \pm 0.35) \times 10^8$	$(1.00 \pm 0.20) \times 10^6$	$(3.90 \pm 3.27) \times 10^7$	$(6.0 \pm 0.50) \times 10^6$	$(5.00 \pm 2.06) \times 10^6$	$(8.10 \pm 0.65) \times 10^7$	$(3.00 \pm 0.82) \times 10^4$	$(9.00 \pm 0.41) \times 10^4$	$(7.00 \pm 1.63) \times 10^7$
8#	$(5.20 \pm 4.29) \times 10^7$	$(1.10 \pm 0.41) \times 10^8$	$(4.00 \pm 0.82) \times 10^7$	$(4.0 \pm 1.63) \times 10^4$	$(3.50 \pm 0.61) \times 10^6$	$(2.00 \pm 0.50) \times 10^4$	$(6.00 \pm 0.65) \times 10^4$	$(4.50 \pm 1.22) \times 10^5$	$(3.00 \pm 0.41) \times 10^4$

注: A、B、C 为不同小区,具体数字为放置样品楼层。

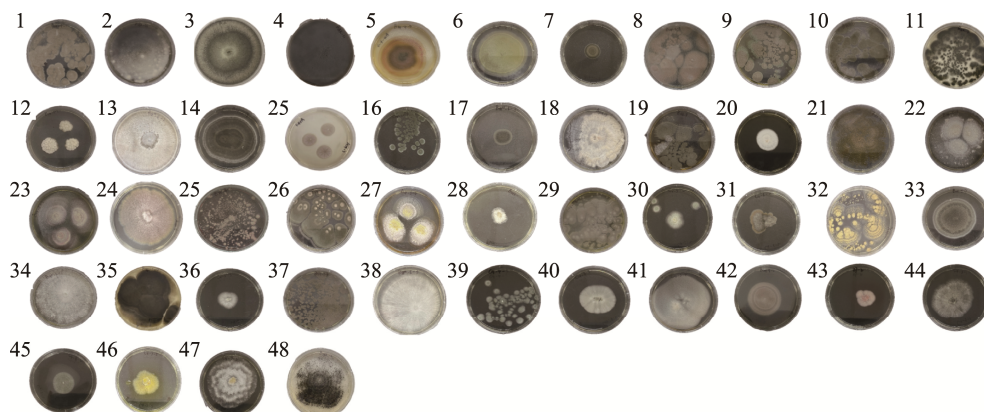
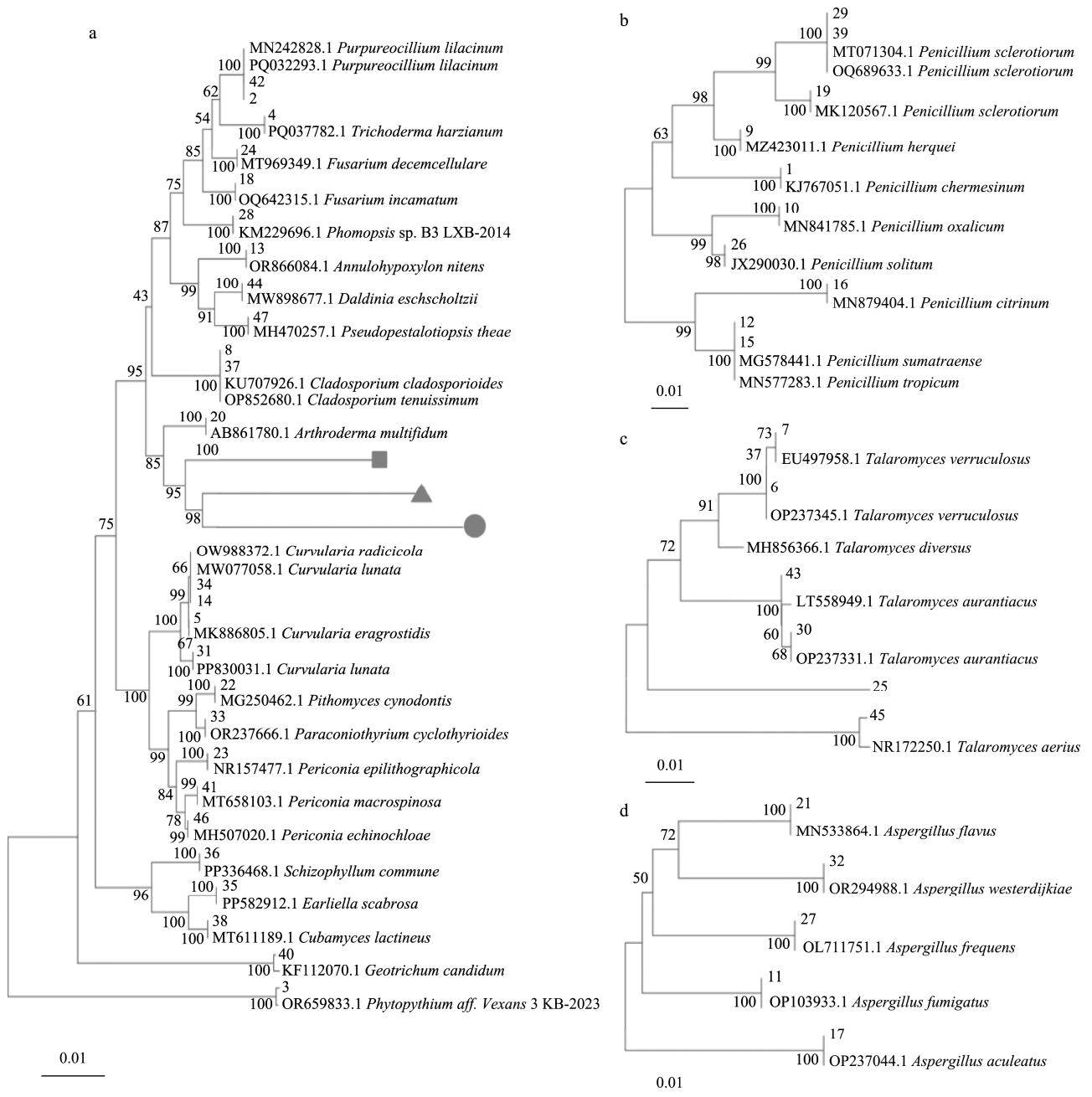


图 1 不同样品分离出的霉菌

Fig.1 Mold isolated from different samples



注: a. 所有菌株发育树图; b. a 图中黑色三角形图标所代表的青霉属菌株发育树图; c. a 图中黑色正方形图标所代表的篮状菌属菌株发育树图; d. a 图中黑色圆形图标所代表的曲霉属菌株发育图。

图 2 基于 ITS rDNA 基因序列构建的不同样品中霉菌系统发育树

Fig.2 Fungal phylogenetic trees in different samples constructed based on ITS rDNA gene sequences

这与之前的一些学者研究结果相似。倪泽平等^[26]对霉变的葡萄干、话梅、杏脯中腐败霉菌进行了分离纯化,并将分离出的腐败霉菌回接至无菌的葡萄干、话梅、杏脯表面,进行回接侵染实验,确定出优势腐败霉菌主要为青霉。梁郁强等^[27]对一些进口调味品进行检测,确定了污染调味品常见霉菌种类为曲霉属、根霉属、青霉属、瓶梗青霉属和单梗曲霉属。张倩等^[28]以发霉的小蓼子柿饼为原料,对其中霉菌进行分离纯化,并对主要霉菌进行鉴定和生物学特性

研究,结果表明,发霉柿饼中的两株优势菌是青霉和曲霉。这表明常见食品以及调味品易染霉菌是青霉属和曲霉属居多,但篮状菌却不常见。但也有研究者从其他的污染食品如患病的软枣猕猴桃果实^[29]和螺蛳粉干米粉^[30]中研究发现篮状菌是污染食品真菌中的优势菌属。以上研究表明青霉、篮状菌和曲霉都是导致食品腐败变质的常见霉菌,也与本文研究结果一致,表明在家庭厨房环境下青霉属、篮状菌属和曲霉属等属霉菌是导致开盖蚝油腐败变质的主要

表 3 48 株分离霉菌菌株的鉴定结果

Table 3 Identification results of 48 isolated mold strains

菌株编号	鉴定结果
1	鲜红青霉(<i>Penicillium chermesinum</i>)
2	淡紫拟青霉(<i>Purpureocillium lilacinum</i>)
3	疫霉 3 KB-2023 (<i>Phytophthium aff. vexans</i> 3 KB-2023)
4	哈茨木霉(<i>Trichoderma harzianum</i>)
5	画眉草弯孢菌(<i>Curvularia eragrostidis</i>)
6	疣状丝菌(<i>Talaromyces verruculosus</i>)
7	疣状丝菌(<i>Talaromyces verruculosus</i>)
8	枝状枝孢菌(<i>Cladosporium cladosporioides</i>)
9	赫尔克青霉(<i>Penicillium herquei</i>)
10	草酸青霉(<i>Penicillium oxalicum</i>)
11	烟曲霉(<i>Aspergillus fumigatus</i>)
12	苏门答腊青霉(<i>Penicillium sumatraense</i>)
13	亮环纹炭团菌(<i>Annulohyphoxylon nitens</i>)
14	根弯孢菌(<i>Curvularia radicola</i>)
15	热带青霉(<i>Penicillium tropicum</i>)
16	桔青霉(<i>Penicillium citrinum</i>)
17	棘纹曲霉(<i>Aspergillus aculeatus</i>)
18	变红镰刀菌(<i>Fusarium incanatum</i>)
19	菌核青霉(<i>Penicillium sclerotiorum</i>)
20	多叶节皮病(<i>Arthroderma multifidum</i>)
21	黄曲霉(<i>Aspergillus flavus</i>)
22	犬齿皮霉(<i>Pithomyces cynodontis</i>)
23	<i>Periconia epilithographicola</i>
24	多隔镰刀菌(<i>Fusarium decemcellulare</i>)
25	异生篮状菌(<i>Talaromyces diversus</i>)
26	皮落青霉(<i>Penicillium solitum</i>)
27	常曲霉(<i>Aspergillus frequens</i>)
28	拟茎点霉属 B3 LXB-2014 (<i>Phomopsis</i> sp. B3 LXB-2014)
29	菌核青霉(<i>Penicillium sclerotiorum</i>)
30	橙色踝节菌(<i>Talaromyces aurantiacus</i>)
31	新月弯孢菌(<i>Curvularia lunata</i>)
32	赭曲霉(<i>Aspergillus westerdijkiae</i>)
33	环甲副甲藻菌(<i>Paraconiothyrium cyclothyrioides</i>)
34	新月弯孢菌(<i>Curvularia lunata</i>)
35	粗硬春孔菌(<i>Earliella scabrosa</i>)
36	裂褶菌(<i>Schizophyllum commune</i>)
37	极细枝孢(<i>Cladosporium tenuissimum</i>)
38	乳酸古巴菌(<i>Cubamyces lactineus</i>)
39	菌核青霉(<i>Penicillium sclerotiorum</i>)
40	白地霉(<i>Galactomyces candidum</i>)
41	大棘黑团孢(<i>Periconia macrospinosa</i>)
42	淡紫拟青霉(<i>Purpureocillium lilacinum</i>)
43	橙色踝节菌(<i>Talaromyces aurantiacus</i>)
44	光炭轮菌(<i>Daldinia eschscholtzii</i>)
45	埃氏塔拉罗菌(<i>Talaromyces aerius</i>)
46	棘皮蚤菌(<i>Periconia echinocloae</i>)
47	茶拟多盘藻(<i>Pseudopestalotiopsis theae</i>)
48	黑曲霉(<i>Aspergillus niger</i>)

霉菌。青霉、篮状菌和曲霉都是适应性非常强的腐生霉菌,广泛分布于自然界的土壤、空气、水体和人类活动场所及植物叶际和根际^[31]。霉菌可以以多种碳源和蛋白质为营养来源^[32],而蚝油是高蛋白高碳水,营养丰富,所以一旦感染霉菌,霉菌就会在中迅速生长,导致蚝油营养价值下降,出现化水变稀^[33]等现象,且对人体产生危害,所以我们应该正确使用和保存蚝油,降低被霉菌感染概率。

表 4 不同样品中的霉菌种类

Table 4 Type of mold in different samples

样品编号	霉菌种类
H1	黑曲霉、变红镰刀菌、多叶节皮病、极细枝孢、赫尔克青霉、枝状枝孢菌、苏门答腊青霉、棘纹曲霉、粗硬春孔菌、环甲副甲藻菌、桔青霉
H2	黑曲霉、赫尔克青霉、淡紫拟青霉、常曲霉、乳酸古巴菌、裂褶菌、极细枝孢、桔青霉
H3	极细枝孢、裂褶菌、光炭轮菌、根弯孢菌、粗硬春孔菌
H4	极细枝孢、枝状枝孢菌、疣状丝菌、鲜红青霉、乳酸古巴菌、粗硬春孔菌、热带青霉、草酸青霉、菌核青霉、桔青霉
H5	黑曲霉、极细枝孢、烟曲霉、皮落青霉、 <i>Periconia epilithographicola</i> 、犬齿皮霉、乳酸古巴菌、新月弯孢菌、棘皮蚤菌、大棘黑团孢、疣状丝菌、裂褶菌、环甲副甲藻菌
H6	极细枝孢、乳酸古巴菌、棘纹曲霉、亮环纹炭团菌、裂褶菌、画眉草弯孢菌、新月弯孢菌、桔青霉
7#	极细枝孢、淡紫拟青霉、裂褶菌、棘纹曲霉、茶拟多盘藻、橙色踝节菌
8#	疣状丝菌、异生篮状菌、极细枝孢、白地霉、草酸青霉、埃氏塔拉罗菌、桔青霉
对照 (PDA 平板)	黑曲霉、变红镰刀菌、极细枝孢、赫尔克青霉、疣状丝菌、烟曲霉、草酸青霉、画眉草弯孢菌、哈茨木霉、疫霉 3 KB-2023、多隔镰刀菌、黄曲霉、裂褶菌、赭曲霉、拟茎点霉属 B3 LXB-2014、菌核青霉、桔青霉



注: 放大倍数均为 10×20 倍。

图 3 青霉属(a)、篮状菌属(b)和曲霉属(c)的显微形态
Fig.3 Microscopic morphology of *Penicillium* (a), *Talaromyces* (b) and *Aspergillus* (c)

3 结 论

蚝油是中式厨房中主要的调味品。本研究模拟家庭蚝油使用与常温贮藏方式,对变质蚝油中的霉菌进行分离鉴定。结果表明,家庭厨房环境下蚝油中霉菌污染主要是由于家庭厨房环境中的微生物在蚝油中的优势生长,从变质蚝油中共分离出35株霉菌,16个属,其中占比最高的为青霉属9株,其次是篮状菌属4株,曲霉属4株,分别占分离出的菌株总数的25.71%、11.42%和11.42%,表明在家庭厨房环境下青霉属、篮状菌属和曲霉属等属霉菌是导致开盖蚝油腐败变质的主要霉菌,本研究结果为蚝油贮藏技术研究提供基础。

参考文献

- [1] 王丰. 不同加工工艺对浓缩蚝汁风味的影响[J]. 中国调味品, 2020, 45(7): 131-133, 137.
WANG F. Effect of different processing techniques on the flavor of concentrate oyster sauce [J]. China Condiment, 2020, 45(7): 131-133, 137.
- [2] NGUYEN THD, WANG XC. Volatile, Taste components, and sensory characteristics of commercial brand oyster sauces: Comparisons and relationships [J]. International Journal of Food Properties, 2012, 15(3): 518-535.
- [3] CHEN YY, CHEN SS, QIU WQ, *et al.* Identification of different varieties of oyster juice based on the comparison of free amino acids [J]. Advanced Materials Research, 2013, 2606(781-784): 1534-1539.
- [4] 彭松, 李人宇, 李咏梅, 等. 抑制氧化酸性品红光度法测定蚝油中牛磺酸含量[J]. 中国调味品, 2015, 40(5): 89-92.
PENG S, LI RY, LI YM, *et al.* Determination of taurine content in oyster sauce using inhibition of acid fuchsin oxidation spectrophotometry [J]. China Condiment, 2015, 40(5): 89-92.
- [5] 段鑫锐, 康波, 张小龙, 等. 蚝油挥发性风味成分比较分析[J]. 中国调味品, 2022, 47(11): 144-150.
DUAN XR, KANG B, ZHANG XL, *et al.* Comparative analysis of volatile flavor components in oyster sauce [J]. China Condiment, 2022, 47(11): 144-150.
- [6] 王洪江, 赵品贞, 姬庆, 等. 影响蚝油气味品质的关键风味化合物的研究[J/OL]. 食品与发酵工业, 1-10. [2024-05-29]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.039288>
WANG HJ, ZHAO PZ, JI Q, *et al.* Study on key compounds affecting the characteristics of commercial oyster sauce [J/OL]. Food and Fermentation Industries, 1-10. [2024-05-29]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.039288>
- [7] YU MY, LI T, SONG HL. Characterization of key aroma-active compounds in four commercial oyster sauce by SGC/GC×GC-O-MS, AEDA, and OAV [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2022, 107: 104368.
- [8] 姬庆, 王洪江, 赵品贞, 等. 影响蚝油产品滋味特征的关键组分研究[J]. 食品与生物技术学报, 2024, 43(6): 67-74.
JI Q, WANG HJ, ZHAO PZ, *et al.* Study on key components affecting taste characteristics of oyster sauce products [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2024, 43(6): 67-74.
- [9] ZHUANG L, LUO Q, ZHANG MM, *et al.* Analysis of odor compounds in Lee Kum Kee brand oyster sauce and oyster enzymatic hydrolysate: Comparison and relationship [J]. Food Chemistry: X, 2024, 21: 101154-101161.
- [10] 潘婷, 杨雷, 朱科帆, 等. 市售蚝油产品品质的评价[J]. 食品工业科技, 2016, 37(20): 96-100.
PAN T, YANG L, ZHU KF, *et al.* Quality evaluation of commercial oyster sauce samples [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(20): 96-100.
- [11] 李兆周, 陈秀金, 王耀, 等. 蚝油的增香与体态稳定性控制研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(11): 337-346.
LI ZZ, CHEN XJ, WANG Y, *et al.* Research progress on flavor enhancement and appearance stability control of oyster sauce [J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(11): 337-346.
- [12] 王屋梁, 徐敏. 基于原料对蚝油体态稳定性影响的研究进展[J]. 食品工业, 2023, 44(11): 265-268.
WANG WL, XU M. Research progress based on the effect of raw materials on the stability of oyster sauce [J]. The Food Industry, 2023, 44(11): 265-268.
- [13] LI X, ZOU FX, KANG XM, *et al.* Effects of acetylated distarch phosphate on the physicochemical characteristics and stability of the oyster sauce system [J]. Frontiers in Nutrition, 2024, 11: 1412314-1412327.
- [14] CÉLESTIN M, LLOYD BB. Molds and mycotoxins in foods from Burundi [J]. Journal of Food Protection, 1996, 59(8): 869-875.
- [15] 徐伟良, 特格希巴雅尔, 李春冬, 等. 蒙古族发霉奶豆腐中霉菌的分离鉴定与产脂肪酶活性研究[J]. 中国酿造, 2023, 42(7): 109-113.
XU WL, TEGEXI BYER, LI CD, *et al.* Isolation and identification and lipase activity of mold in mongolian hurood [J]. China Brewing, 2023, 42(7): 109-113.
- [16] 刘绪, 郑运, 黄潇潇, 等. 紫薯腐败菌的分离与鉴定[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(16): 5297-5304.
LIU X, ZHENG Y, HUANG XY, *et al.* Isolation and identification of spoilage bacteria from solanum tuberosum [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2022, 13(16): 5297-5304.
- [17] JOGEE PS, INGLE AP, RAI M. Isolation and identification of toxigenic fungi from infected peanuts and efficacy of silver nanoparticles against them [J]. Food Control, 2017, 71: 143-151.
- [18] BANJARA N, SUHR MJ, HALLEN HE. Diversity of yeast and mold species from a variety of cheese types [J]. Current Microbiology, 2015, 70: 792-800.
- [19] 赵阳, 张思蓉, 邓建朝, 等. 变质蚝油中微生物的分离鉴定及对蚝油品质的影响[J/OL]. 食品与发酵工业, 1-13. [2024-09-20]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.40420>
ZHAO Y, ZHANG SR, DENG JC, *et al.* Isolation and identification of

- microorganisms in spoiled oyster sauce and their effect on quality of oyster sauce [J/OL]. Food and Fermentation Industries, 1-13. [2024-09-20]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.40420>
- [20] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979.
WEI JC. Fungal identification handbook [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1979.
- [21] 中国科学院. 常用与常见真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1973.
Chinese Academy of Sciences. Common and common used fungi [M]. Beijing: Science Press, 1973.
- [22] 周廷银, 赵虎. 临床微生物学诊断与图解[M]. 第四版. 上海: 上海科学技术出版社, 2001.
ZHOU TY, ZHAO H. Clinical microbiology diagnosis and diagramming [M]. 4th ed. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2001.
- [23] LU ZH, PENG HH, CAO W, *et al.* Isolation, characterization and identification of lactic acid bacteria and yeasts from sour Mifen, a traditional fermented rice noodle from China [J]. Journal of applied microbiology, 2008, 105(3): 893-903.
- [24] SCHOCH CL, SEIFERT KA, HUHNDORF S, *et al.* Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for fungi [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2015, 109: 6241-6246.
- [25] TAN JY, YUE ZC, LI ST, *et al.* Alleviation of salt stress and changes in glycyrrhizic acid accumulation by dark septate endophytes in glycyrrhiza glabra grown under salt stress [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2024, 72(26): 14557-14569.
- [26] 倪泽平, 孙尧华, 宋贤良. 凉果中优势腐败霉菌的分离鉴定[J]. 现代食品科技, 2022, 38(6): 90-95, 342.
NI ZP, SUN YH, SONG XL. Isolation, and identification of dominant spoilage molds from preserves [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(6): 90-95, 342.
- [27] 梁郁强, 曾瑶娟, 王俊, 等. 调味品污染霉菌的鉴定[J]. 中国调味品, 1998(2): 26-28.
LIANG YQ, ZENG YJ, WANG J, *et al.* Identification of contaminated mold in condiment [J]. China Condiment, 1998(2): 26-28.
- [28] 张倩, 白冬红, 张晶, 等. 柿饼污染霉菌的分离鉴定及生物学特性研究[J]. 山东农业科学, 2018, 50(2): 76-82.
ZHANG Q, BAI DH, ZHANG J, *et al.* Isolation, and identification and biological characteristics of mold contaminating dried persimmon [J]. Shangdong Agricultural Sciences, 2018, 50(2): 76-82.
- [29] 乔新月, 杜春梅, 李黎, 等. 软枣猕猴桃腐烂病原菌的分离鉴定及蒜瓣粗提物的抑菌研究[J]. 北方园艺, 2024(17): 34-42.
QIAO XY, DU CM, LI L, *et al.* Isolation and identification of pathogens of rotting disease in kiwifruit from soft jujube and bacteriostatic study on crude extract of garlic cloves [J]. Northern Horticulture, 2024(17): 34-42.
- [30] 刘群, 熊小迪, 刘兴, 等. 螺蛳粉米粉表面污染霉菌的分离鉴定[J]. 现代食品科技, 2024, 40(10): 146-153.
LIU Q, XIONG XD, LIU X, *et al.* Isolation and identification of fungi from river snail rice noodles [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(10): 146-153.
- [31] 孙剑秋, 阮永明, 金世宇, 等. 篮状菌属的重要性及其分类学研究概况[J]. 菌物研究, 2021, 19(2): 83-93.
SUN JQ, RUAN YM, JIN SY, *et al.* The importance of *Talaromyces* and its taxonomic studies [J]. Journal of Fungal Research, 2021, 19(2): 83-93.
- [32] WANG BT, HU S, YU XY, *et al.* Studies of cellulose and starch utilization and the regulatory mechanisms of related enzymes in fungi [J]. Polymers, 2020, 12(3): 530.
- [33] 李圣花, 张敏, 干小燕, 等. 变性淀粉增稠的调味酱化水变稀的原因分析[J]. 现代食品, 2022, 28(6): 203-206.
LI SH, ZHANG M, GAN XY, *et al.* Study on the causes of liquifying and thinning of the paste sauce thickened with modified starch [J]. Modern Food, 2022, 28(6): 203-206.

(责任编辑: 安香玉 蔡世佳)