

# 一株抗真菌卡利比克迈耶氏酵母(*Meyerozyma caribbica* lut-Y1)的鉴定及其抑菌活性

袁惠君<sup>1</sup>, 徐琰莹<sup>1</sup>, 余诗曼<sup>1</sup>, 冯欢<sup>1</sup>, 袁毅君<sup>2</sup>, 张欢欢<sup>1</sup>, 何苗苗<sup>1</sup>

(1. 兰州理工大学 生命科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 天水师范学院 生物工程与技术学院, 甘肃 天水 741000)

**摘要:** 该文从宁夏枸杞果实霉腐斑中分离得到一株能拮抗多种病原真菌的酵母 lut-Y1 菌株, 研究该菌株的菌落形态、细胞形态、生长曲线特征及适宜的生长温度、pH 值及盐耐受度, 用平板对峙法观察该菌株对链格孢菌(*Alternaria alternate*)、小孢壳二孢(*Ascochyta leptospora*)、细极链格孢菌(*Alternaria tenuissima*)的拮抗效果, 并分析该菌株发酵液对 3 种病原真菌的抑菌活性。结果表明, 酵母 lut-Y1 菌株在 PDA 液体培养基上生长良好, 能分泌红色素, 并具有酵母菌的一般形态特征。根据形态、rDNA-ITS 区测序比对和系统进化树分析将酵母 lut-Y1 菌株鉴定为卡利比克迈耶氏酵母(*Meyerozyma caribbica*)。酵母 lut-Y1 菌株在 PDA 液体培养下, 6~18 h 后进入对数生长期, 18~36 h 为稳定生长期, 其适宜的生长温度和 pH 值分别为 30 °C 和 6~7, 最适生长 NaCl 浓度为 0%~3%。酵母 lut-Y1 菌株菌落与 3 种霉菌菌落之间形成明显的抑菌带。该菌株发酵液浓度与 3 种病原真菌生长圈直径之间均呈极显著负相关( $P<0.01$ ), 根据拟合方程, 发酵液浓度分别为 42.04%、38.42%、37.03% 时, 可完全抑制链格孢菌、小孢壳二孢、细极链格孢菌生长。酵母 lut-Y1 菌株可作为一种有广谱抑菌效果的生物防治菌, 应用于果蔬防腐。

**关键词:** 卡利比克迈耶氏酵母; 鉴定; 生长特征; 拮抗作用; 抑菌效果

## Identification and Antifungal Activity of a *Meyerozyma caribbica* lut-Y1 Strain

YUAN Huijun<sup>1</sup>, XU Yanying<sup>1</sup>, YU Shiman<sup>1</sup>, FENG Huan<sup>1</sup>, YUAN Yijun<sup>2</sup>,  
ZHANG Huanhuan<sup>1</sup>, HE Miaomiao<sup>1</sup>

(1. School of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, Gansu, China; 2. School of Bioengineering and Biotechnology, Tianshui Normal University, Tianshui 741000, Gansu, China)

**Abstract:** A strain of yeast lut-Y1 that antagonized many pathogenic fungi was isolated from the fruit mold rot of *Lycium barbarum* in Ningxia. The strains were studied in terms of the colonial and cellular morphology, growth curve characteristics as well as suitable growth temperature, pH and salt tolerance. Furthermore, the antagonism effect of strain lut-Y1 on *Alternaria alternate*, *Ascochyta leptospora* and *Alternaria tenuissima* was observed. The antifungal effect of strain lut-Y1 broth on three pathogenic fungi was analyzed. The result showed that yeast strain lut-Y1 grew well in PDA broth, with secreted red pigment and the general morphological characteristics of yeast. Based on the morphology, rDNA-ITS region sequencing, and phylogenetic tree analysis, the strain lut-Y1 was identified as *Meyerozyma caribbica*. In the PDA broth, the growth of lut-Y1 strain entered the exponential growth phase after 6–18 h, and the stable growth phase after 18–36 h. The suitable growth temperature and pH were 30 °C and 6–7, respectively. The optimum NaCl concentration for growth was 0%–3%. Obvious bacteriostatic bands were formed between the strain lut-Y1 and the three molds. There was a significant negative correlation between the concentration of fermentation broth and the growth circle diameter of the three pathogenic fungi ( $P<0.01$ ). According to the fitting equation, when the concentration of fermentation broth was 42.04%, 38.42% and 37.03%, the growth of *Alternaria alternate*, *Ascochyta leptospora* and *Alternaria tenuissima* could be completely inhibited, respectively. The yeast strain lut-Y1 could be used in fruit and vegetable preservation as a kind of biocontrol bacteria with a broad-spectrum antifungal effect.

**Key words:** *Meyerozyma caribbica*; identification; growth characteristics; antagonism; antifungal effect

引文格式:

袁惠君,徐瑛莹,余诗曼,等.一株抗真菌卡利比克迈耶氏酵母(*Meyerozyma caribbica* lut-Y1)的鉴定及其抑菌活性[J].食品研究与开发,2025,46(3):181-187.

YUAN Huijun, XU Yanying, YU Shiman, et al. Identification and Antifungal Activity of a *Meyerozyma caribbica* lut-Y1 Strain[J]. Food Research and Development, 2025, 46(3): 181-187.

果蔬病害由霉菌、细菌等病原微生物寄生引起,是导致果蔬产量下降及采后腐败的主要原因。链格孢菌(*Alternaria alternata*)是丝孢纲丝孢目链格孢属的一种果蔬致病菌,是导致樱桃<sup>[1]</sup>、猕猴桃<sup>[2]</sup>、梨<sup>[3]</sup>、宁夏枸杞<sup>[4]</sup>等果实采后腐烂的一种真菌,受其侵染后会严重影响果蔬的产量与品质。细极链格孢菌(*Alternaria tenuissima*)是链格孢属的另一种果蔬致病菌,由其引起的库尔勒香梨黑斑病<sup>[5]</sup>、甜瓜黑斑病<sup>[6]</sup>、甘蔗叶萎病<sup>[7]</sup>导致果蔬市场遭受重大损失。小孢壳二孢(*Ascochyta leptospora*)属于半知菌亚门、球壳孢目、壳二孢属。壳二孢属真菌常引起鹰嘴豆壳二孢疫病<sup>[8]</sup>、美国甜豆的豌豆球腔病<sup>[9]</sup>,造成全球豆科类蔬菜产量下降,损失严重。

化学防腐剂能有效控制病原微生物感染,但是长期使用化学杀菌剂容易引起病原微生物产生抗药性<sup>[10]</sup>。另外,生产上频繁使用或使用高浓度化学杀菌剂均会造成果蔬表面农药残留和环境污染,存在食品和环境安全风险<sup>[11]</sup>。因此,发展无公害型生物杀菌剂用于抑制果蔬腐败成为解决问题最有效的途径之一<sup>[12]</sup>。

近年来,一些对病原菌具有拮抗作用的酵母菌成为开发生物杀菌剂的重要资源菌。研究表明,季也蒙毕赤酵母(*Meyerozyma guilliermondii*)可在猕猴桃中迅速定殖,通过与病原菌进行营养和空间的竞争有效抑制猕猴桃软腐病<sup>[13]</sup>。膜醭毕赤酵母(*Pichia membranaefaciens*)可诱导桃提高防御相关酶活性,增强桃抗病性<sup>[14]</sup>。拮抗酵母与一些化合物合用能提高抑菌效果。茉莉酸甲酯能提高 *M. guilliermondii* 抑制苹果青霉病的效果<sup>[15]</sup>,低聚海藻糖与 *M. guilliermondii* 合用能更好地防治柑橘感染青霉(*Penicillium italicum*)<sup>[16]</sup>,植酸能增强胶红酵母(*Rhodotorula mucilaginosa*)防治苹果采后腐烂的效果<sup>[17]</sup>。可见,拮抗酵母菌制剂可能是化学杀菌剂最好的替代品。

本文从甘肃省兰州市永登县枸杞生产合作社产的宁夏枸杞果实霉腐斑中分离得到一株酵母 lut-Y1 菌株(保藏号 CGMCC NO.20462),并对其形态、培养特征、抑菌活性进行研究,以期为卡利比克迈耶氏酵母应用于果蔬防腐保鲜方面提供理论依据,并为开发以卡利比克迈耶氏酵母为主要活性成分的微生态制剂、生物杀菌剂提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 供试菌株

酵母 lut-Y1 菌株:分离自甘肃省兰州市永登县枸杞生产合作社产的枸杞果实霉腐斑;链格孢菌(*Alternaria alternata*)、小孢壳二孢(*Ascochyta leptospora*)、细极链格孢菌(*Alternaria tenuissima*):保存于兰州理工大学生命科学与工程学院实验室。

#### 1.1.2 培养基

马铃薯葡萄糖琼脂(potato dextrose agar, PDA)固体培养基:马铃薯 200 g、葡萄糖 20 g、琼脂 15~20 g,补水至 1 L, pH 自然, 121 °C 灭菌 20 min。

PDA 液体培养基:马铃薯 200 g、葡萄糖 20 g,补水至 1 L, pH 自然, 121 °C 灭菌 20 min。

#### 1.1.3 试剂

琼脂(生物试剂):天津市科密欧化学试剂有限公司;葡萄糖(分析纯):天津市光复科技发展有限公司;氯化钠(分析纯):广东光华科技股份有限公司;BGI D2000 Plus DNA Ladder(Marker):北京六合华大基因科技有限公司。

### 1.2 仪器与设备

扫描电子显微镜(3400N 型):日本 Hitach 公司;人工气候培养箱(MGC-1000HP-2):上海一恒科学仪器有限公司;离心机(H/T16MM 型):湖南赫西仪器装备有限公司;紫外可见分光光度计(L6 物联智能):上海佑科仪器仪表有限公司;超净工作台(SW-CJ-1FD 型):苏州净化设备有限公司;手提式压力蒸汽灭菌器(DSX-280B):上海申安医疗器械厂;电子分析天平(AB104-N 型):梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;振荡培养箱(HNY-200B):天津欧诺仪器股份有限公司;恒温培养箱(DH4000B II):天津市泰斯特仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 酵母 lut-Y1 菌株的分离纯化及鉴定

酵母 lut-Y1 菌株的分离纯化按照文献[4]方法进行。

酵母 lut-Y1 菌株菌落形态观察方法:将酵母 lut-Y1 菌株划线培养至 PDA 固体培养基, 30 °C 倒置培养 2 d 后观察菌落形态。挑取 PDA 固体培养基上的菌体

粘在碳导胶样品台上,置于液氮中速冻后在扫描电镜下观察细胞形态。

酵母 lut-Y1 菌株分子鉴定方法:将酵母 lut-Y1 菌株接种到 PDA 固体培养基上,30 °C 条件下培养 2 d 后送至宝生物工程(大连)有限公司进行菌株基因组 DNA 提取、聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)扩增和内转录间隔区(Internal transcribed spacer, ITS)区序列测序,将所得序列与 GenBank 核酸数据库(www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST)进行比对,用 MEGA 7.0 软件和 Neighbor joining 法进行系统发育分析和进化树构建,自展次数为 1 000。最终根据 ITS 区序列测序分析及形态学鉴定,鉴定该菌株,并将该菌株保藏于中国普通微生物菌种保藏管理中心(China General Microbiological Culture Collection Center, CGMCC),保藏号为 CGMCC NO.20462。

### 1.3.2 酵母 lut-Y1 菌株的生长特性

#### 1.3.2.1 生长曲线的绘制

向活化后的 lut-Y1 斜面菌株中加入 4 mL 无菌水,制成菌悬液(600 nm 处吸光度约为 1.3)。将菌悬液以 1%(体积分数)接种到 50 mL 的 PDA 液体培养基中,30 °C、160 r/min 振荡培养 40 h,每 2 h 用紫外可见分光光度计在波长 600 nm 处测定培养液的吸光度,以吸光度为纵坐标,时间为横坐标,绘制生长曲线。

#### 1.3.2.2 最适温度的测定

将 500 μL 菌悬液接种于 50 mL PDA 液体培养基,分别在 25、30、35 °C 温度条件下,160 r/min 振荡培养 24 h,用紫外可见分光光度计在波长 600 nm 处测定培养液的吸光度,吸光度越大,则菌体密度越大。

#### 1.3.2.3 最适 pH 值的测定

分别用 1 mol/L NaOH 溶液或 1 mol/L HCl 溶液调整 PDA 液体培养基的 pH 值,使其 pH 值分别为 4、5、6、7、8、9。在不同 pH 值的 50 mL PDA 液体培养基中分别接种 500 μL 酵母 lut-Y1 菌株的菌悬液。将接种好的培养基分别置于 30 °C、160 r/min 振荡培养 24 h。在 600 nm 处测量吸光度,吸光度越大,则菌体密度越大。

#### 1.3.2.4 耐盐性的测定

将 500 μL 酵母 lut-Y1 菌株的菌悬液分别接种到 50 mL 不同 NaCl 浓度(0%、0.5%、1.0%、3.0%、5.0%)的 PDA 液体培养基中,于 30 °C、160 r/min 振荡培养 24 h,在 600 nm 处测量吸光度,吸光度越大,则菌体密度越大,以不添加 NaCl 的 PDA 液体培养基为对照。

### 1.3.3 酵母 lut-Y1 菌株的拮抗作用测定

采用平板对峙法将酵母 lut-Y1 菌株与待试病原菌[链格孢菌(*Alternaria alternata*)、小孢壳二孢(*Ascochyta leptospora*)、细极链格孢菌(*Alternaria tenuissima*)]划线接种在同一 PDA 固体培养基平板上,观察菌落生长

状况。

### 1.3.4 酵母 lut-Y1 菌株发酵液抑菌效果的测定

发酵液的制备:按 1%(体积分数)的接种量将 500 μL 酵母 lut-Y1 菌株菌悬液接种到 50 mL PDA 液体培养基中,在 30 °C、160 r/min 条件下振荡培养 18 h 后,将发酵液 4 000 r/min 离心 10 min,上清液即为酵母 lut-Y1 菌株发酵液。

待试病原菌菌饼的制作:分别向待试病原菌(链格孢菌、小孢壳二孢、细极链格孢菌)斜面菌种中加入 4 mL 无菌水,充分振荡,制成菌悬液后,取 1 mL 涂布在 PDA 固体培养基平板中,在室温下培养 5~7 d,至菌体长满平板,用无菌打孔器在平板中央取直径为 1 cm 的待试病原菌菌饼。

酵母 lut-Y1 菌株发酵液对待试病原菌抑制效果的测定:按表 1 配制梯度浓度发酵液-PDA 固体培养基,灭菌后分装在直径 9 cm 的培养皿中,每皿 25 mL。在发酵液-PDA 固体培养基平板中央放置待试病原菌菌饼,置于 30 °C 的恒温培养箱分别培养 5~7 d,观察菌落形态,并测量待试病原菌的生长圈直径。用 SPSS 26.0 统计软件进行单因素方差分析待试菌的生长圈直径变化。

表 1 酵母 lut-Y1 菌株发酵液-PDA 固体培养基的配制  
Table 1 Preparation of fermented lut-Y1 strain liquid and PDA broth

组别	发酵液体积/mL	PDA 固体培养基/mL
处理组	10%	10
	20%	20
	30%	30
	40%	40
对照组	0	100

### 1.4 数据处理与统计分析

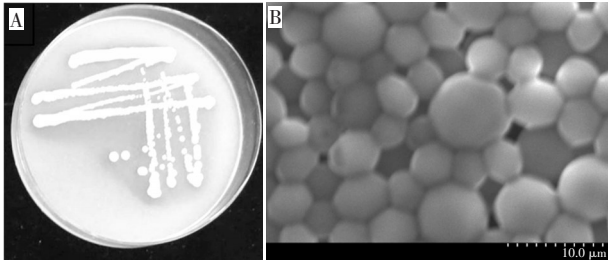
试验均设 5 次重复,采用 SPSS 26.0 软件分析数据,结果以平均值±标准差表示。单因素方差分析比较多组间均数,组间两两比较采用 *t* 检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 酵母 lut-Y1 菌株的形态及鉴定

酵母 lut-Y1 菌株的形态特征、酵母 lut-Y1 菌株 rDNA-ITS PCR 扩增结果及系统进化树见图 1~图 3。

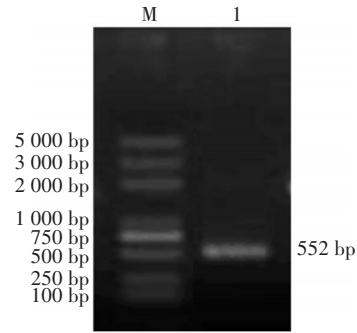
由图 1 可知,酵母 lut-Y1 菌株在 PDA 固体培养基上菌落呈圆形、边缘齐整、大且厚、中间隆起、不透明、光滑湿润、易被挑起,并分泌红色素,细胞形态为椭圆形,具有酵母菌的大小及形态特征。由图 2 可知,rDNA-ITS 区测序得到该菌株 552 bp 的序列,与 GenBank 中的卡里比克迈耶氏酵母(*Meyerozyma caribbica*) CBS 9966 菌株(登录号:NR 149348.1)的序列相似度达 98.73%。由图 3 可知,酵母 lut-Y1 菌株与 *Meyerozyma*



A. 酵母 lut-Y1 菌株在 PDA 固体培养基上形态;B. 酵母 lut-Y1 菌株在扫描电镜下的细胞形态(3 500×)。

图 1 酵母 lut-Y1 菌株的形态特征

Fig.1 Morphological characteristics of yeast strain lut-Y1



M. Marker; 1. 酵母 lut-Y1 的 PCR 产物。

图 2 酵母 lut-Y1 菌株 rDNA-ITS PCR 扩增结果

Fig.2 rDNA-ITS PCR amplification results of yeast strain lut-Y1

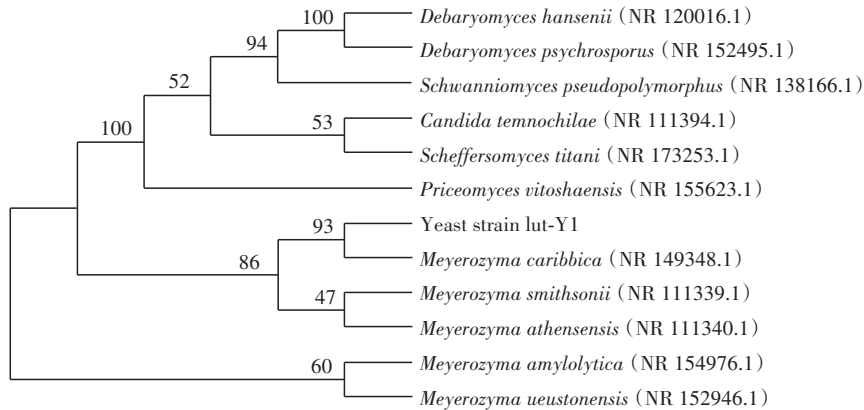


图 3 酵母 lut-Y1 菌株的系统进化树

Fig.3 Phylogenetic tree of yeast strain lut-Y1

*caribbica*(NR 149348.1)菌株同源性达 93%。根据上述形态和分子生物学特征,将酵母 lut-Y1 菌株鉴定为卡里比克迈耶氏酵母(*Meyerozyma caribbica*)。

## 2.2 酵母 lut-Y1 菌株的生长特性

### 2.2.1 酵母 lut-Y1 菌株生长曲线

酵母 lut-Y1 菌株生长曲线见图 4。

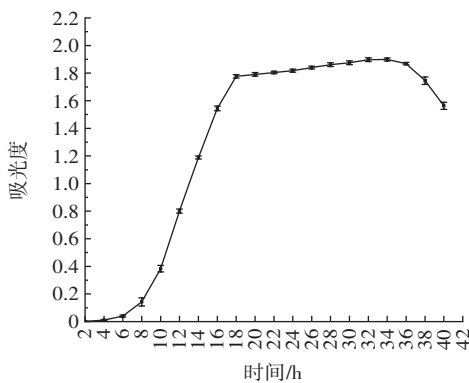


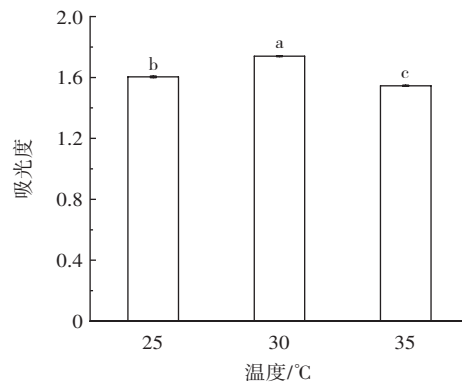
图 4 酵母 lut-Y1 菌株的生长曲线

Fig.4 Growth curve of yeast strain lut-Y1

由图 4 可知,酵母 lut-Y1 菌株在 PDA 液体培养条件下,迟滞期约 6 h,6~18 h 为对数生长期,18~36 h 为稳定生长期,36 h 后进入衰亡期。

### 2.2.2 不同温度对酵母 lut-Y1 菌株生长的影响

温度影响酵母菌活性和对营养物质的吸收利用,是酵母菌生长的关键因素,不同酵母菌最适生长温度存在差异。图 5 为温度对酵母 lut-Y1 菌株生长的影响。



不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图 5 温度对酵母 lut-Y1 菌株生长的影响

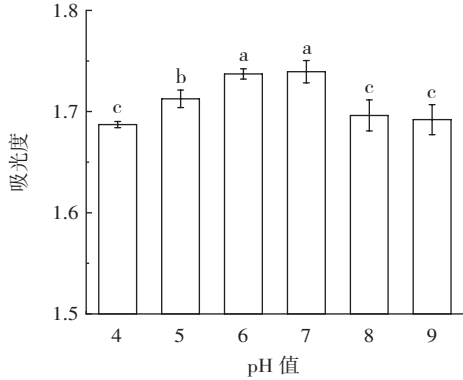
Fig.5 Effect of temperature on the growth of yeast strain lut-Y1

由图 5 可知,在 PDA 液体培养基中,酵母 lut-Y1 菌株吸光度随温度的升高呈现先增加后降低趋势。表明酵母 lut-Y1 菌株最适温度为 30 °C,这与管庆林等<sup>[18]</sup>

从番茄发酵液中分离得到的库得毕赤酵母的最佳生长温度相似。

### 2.2.3 不同 pH 值对酵母 lut-Y1 菌株生长的影响

pH 值是影响酵母生长代谢及代谢产物的因素之一, pH 值对酵母 lut-Y1 菌株生长的影响见图 6。



不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

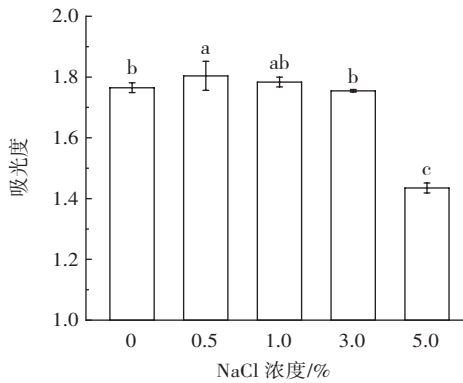
图 6 pH 值对酵母 lut-Y1 菌株生长的影响

Fig.6 Effect of pH on the growth of yeast strain lut-Y1

由图 6 可知,当培养基 pH 值低于 6 时,吸光度随着 pH 值的升高而显著增加;当 pH 值高于 7 时,吸光度随着 pH 值的升高而显著下降,表明酵母 lut-Y1 菌株在 pH 值为 4~9 的环境下均能生长,最适生长 pH 值为 6~7。曹国琼等<sup>[19]</sup>研究发现汉逊德巴利酵母的最适 pH 值为 6.0,这与本试验结果相似。

### 2.2.4 不同 NaCl 浓度对酵母 lut-Y1 菌株生长的影响

NaCl 浓度对酵母 lut-Y1 菌株生长的影响见图 7。



不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图 7 NaCl 浓度对酵母 lut-Y1 菌株生长的影响

Fig.7 Effect of NaCl concentration on the growth of yeast strain lut-Y1

由图 7 可知,NaCl 浓度为 0%~3.0% 时,酵母 lut-Y1 菌株生长良好,当 PDA 液体培养基 NaCl 浓度为 5.0% 时,吸光度显著降低( $P < 0.05$ ),菌体生长受到抑制,但其吸光度仍大于 1,表明酵母 lut-Y1 菌株仍能缓慢生长,具有较强的耐盐性能。这与张秋会等<sup>[20]</sup>的研

究结果相似,因此,酵母 lut-Y1 菌株有望成为耐高盐浓度、环境适应性强的菌株资源。

### 2.3 酵母 lut-Y1 菌株的拮抗作用

酵母菌抑制病原真菌感染的机理主要有干扰病原菌吸收营养、分泌水解酶破坏菌丝生长、诱导果蔬提高抗病性等方式。尼泊尔德巴利酵母(*Debaryomyces nepalensis*)能形成生物膜并在芒果表面黏附、定殖,同时分泌几丁质酶、 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶降解菌丝,抑制芒果胶孢炭疽菌感染<sup>[21]</sup>。罗伦隐球酵母(*Cryptococcus laurentii*)能通过诱导樱桃番茄中防御相关基因表达量上调、激发防御相关酶活性的方式提高抗病性<sup>[22]</sup>。季也蒙毕赤酵母通过促进防御相关酶活性并上调相关基因表达量、抑制菌丝生长和孢子萌发的方式提高苹果果实对葡萄座腔菌的抗性<sup>[23]</sup>。酵母 lut-Y1 菌株对 3 种病原真菌的拮抗作用结果见图 8。

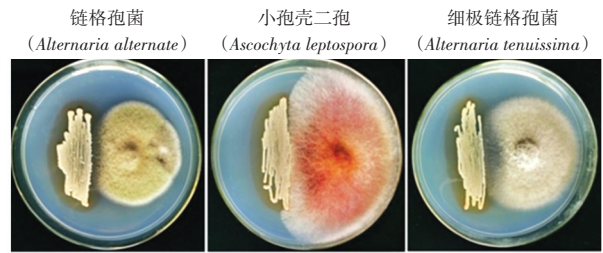


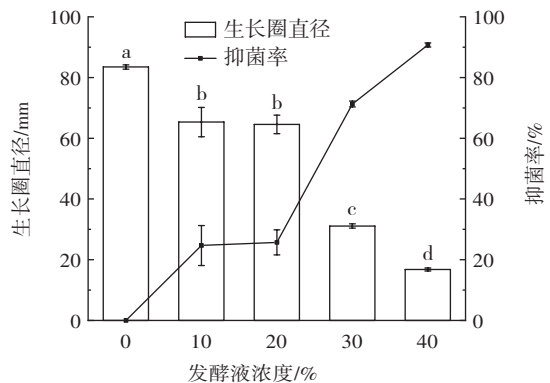
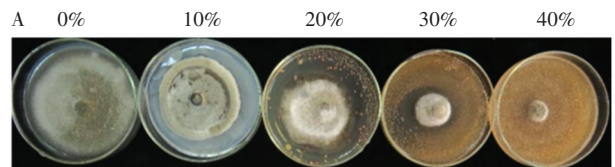
图 8 酵母 lut-Y1 菌株对 3 种病原真菌的拮抗作用

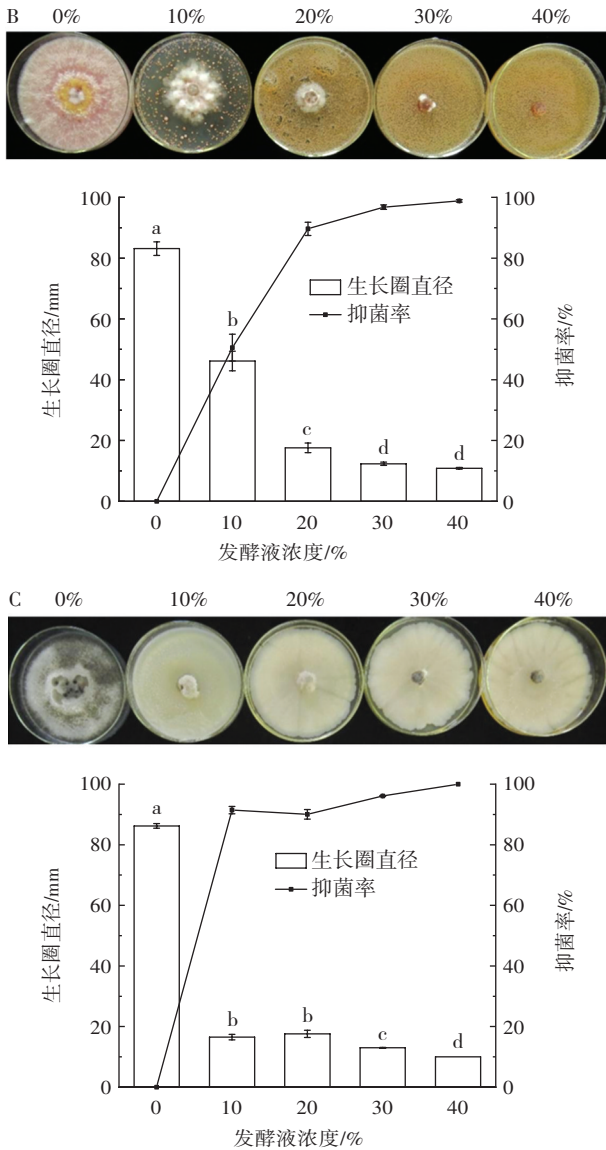
Fig.8 Antagonism effect of yeast strain lut-Y1 on three pathogenic fungi

由图 8 可知,酵母 lut-Y1 菌株菌落与链格孢菌、小孢壳二孢、细极链格孢菌的菌落之间形成明显的抑菌带,能阻止 3 种病原真菌菌丝的生长与蔓延,这与多数拮抗酵母的抗菌机理相似。

### 2.4 酵母 lut-Y1 菌株发酵液的抑菌效果

酵母 lut-Y1 菌株发酵液对 3 种霉菌的抑制效果见图 9。





A. 链格孢菌(*Alternaria alternata*); B. 小孢壳二孢(*Ascochyta leptospora*); C. 细极链格孢菌(*Alternaria tenuissima*)。不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图9 酵母lut-Y1菌株发酵液对3种霉菌的抑制效果

Fig.9 Inhibitory effect of fermentation broth of yeast strain lut-Y1 on the three molds

由图9可知,酵母lut-Y1菌株发酵液能抑制链格孢菌、小孢壳二孢、细极链格孢菌生长。

酵母lut-Y1菌株发酵液的抑菌效果分析见表2。

由表2可知,发酵液浓度与3种病原真菌生长圈直径之间均呈极显著负相关;根据拟合方程,发酵液浓度分别为42.04%、38.42%、37.03%时,可使3种病原菌不生长,发酵液对3种病原菌的抑制效果为细极链格孢菌>小孢壳二孢>链格孢菌。郭俊花等<sup>[24]</sup>研究了11种药食同源植物提取物对果蔬常见腐败菌的抑菌效果,发现葛根75%乙醇提取物在加药浓度3.13 mg/mL时,对链格孢菌的抑制率为26%,与10%酵母lut-Y1

表2 酵母lut-Y1菌株发酵液的抑菌效果

Table 2 Anti-fungal effect of fermentation broth of yeast lut-Y1 strain

项目	与发酵液浓度的相关性	$\eta$ (Pearson)	拟合方程 (Y为生长圈直径)	R <sup>2</sup>
链格孢菌	负相关	-0.964**	$Y = -0.96x - 0.018x^2 + 82.19$	0.943**
小孢壳二孢	负相关	-0.909**	$Y = -4.478x + 0.067x^2 + 83.14$	0.992**
细极链格孢菌	负相关	-0.763**	$Y = -5.209x + 0.091x^2 + 78.104$	0.861**

注:\*\*表示影响极显著( $P < 0.01$ )。

菌株发酵液对链格孢菌的抑菌效果(25%)相近,而同样提取方法和加药浓度下,花椒提取物对链格孢菌的抑制率为95%,与40%酵母lut-Y1菌株发酵液的抑菌效果(91%)相近。朱杰等<sup>[25]</sup>研究发现从枸杞根际土壤中分离得到的萎缩芽孢杆菌可用于防治樱桃叶斑病,其发酵液对细极链格孢菌的抑制率为44.96%,低于10%酵母lut-Y1菌株发酵液的抑菌效果,其发酵液对链格孢菌的抑制率为57.28%,低于30%酵母lut-Y1菌株发酵液的抑菌效果。Rosier等<sup>[26]</sup>研究表明枯草芽孢杆菌对壳二孢属真菌的抑制率为63%,低于20%酵母lut-Y1菌株发酵液的抑菌效果。可见,酵母lut-Y1菌株对3种病原菌均有较好的抑菌活性。

### 3 结论

本研究从宁夏枸杞果实霉腐斑中分离得到酵母lut-Y1菌株,经形态和分子生物学鉴定为卡里比克迈耶氏酵母(*Meyerozyma caribbica*),酵母lut-Y1菌株与*Meyerozyma caribbica*(NR 149348.1)菌株的同源性为93%。在PDA液体培养基中0~6 h为迟滞期,6~18 h为对数生长期,18~36 h为稳定生长期,36 h之后进入衰亡期。该菌株的最适生长温度为30℃,最适pH值为6~7,最适生长NaCl浓度为0%~3%,具有较强耐盐性。酵母lut-Y1菌株能抑制链格孢菌、小孢壳二孢、细极链格孢菌生长。因此,卡里比克迈耶氏酵母lut-Y1菌株可作为一种广谱抑菌剂的生产菌,将在果蔬病害及采后生物防治方面有广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] PAN L Y, CHEN X R, XU W, et al. Methyl jasmonate induces post-harvest disease resistance to decay caused by *Alternaria alternata* in sweet cherry fruit[J]. Scientia Horticulturae, 2022, 292: 110624.
- [2] 刘娜, 谢国芳, 袁孟孟, 等. 猕猴桃软腐病发病过程内生真菌多样性分析[J]. 食品科技, 2020, 45(4): 31-36.  
LIU Na, XIE Guofang, YUAN Mengmeng, et al. Diversity of endophytic fungal in the pathogenesis of soft rot in kiwifruit[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(4): 31-36.
- [3] 黄伟, 王宁, 刘峰娟, 等. 产香真菌 M6-5 的鉴定及其挥发性物

- 质对库尔勒香梨果实采后黑斑病的抑制效果[J]. 食品科学, 2022, 43(22): 199-206.
- HUANG Wei, WANG Ning, LIU Fengjuan, et al. Identification of aroma-producing fungal strain M6-5 and inhibitory effect of volatile substances from it on postharvest black spot of Korla fragrant pear[J]. Food Science, 2022, 43(22): 199-206.
- [4] 袁惠君, 李虎军, 贾鸿震, 等. 永登枸杞鲜果晾晒过程中霉腐病原真菌的分离鉴定[J]. 食品工业科技, 2016, 37(21): 135-138.
- YUAN Huijun, LI Hujun, JIA Hongzhen, et al. Isolation and identification of the pathogen causing mildew rot of the Yongdeng barberry wolfberry in the air-drying process[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(21): 135-138.
- [5] 任美佳, 张华平, 钟聪慧, 等. 库尔勒香梨黑斑病病原鉴定[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2020, 38(5): 574-579.
- REN Meijia, ZHANG Huaping, ZHONG Conghui, et al. Identification of the pathogens causing Korla pear black spot in Alear[J]. Journal of Shihezi University (Natural Science), 2020, 38(5): 574-579.
- [6] 施兆荣, 张广荣, 孙述俊, 等. 甘肃省甜瓜黑斑病菌(*Alternaria tenuissima*)的分离鉴定[J]. 园艺学报, 2022, 49(2): 427-436.
- SHI Zhaorong, ZHANG Guangrong, SUN Shujun, et al. Isolation and identification of melon black spot in Gansu Province[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2022, 49(2): 427-436.
- [7] LI J, ZHANG R Y, WANG X Y, et al. First report of *Alternaria tenuissima* causing leaf blight on sugarcane in China[J]. Plant Disease, 2021, 105(4): 1222.
- [8] SINGH R, KUMAR K, PURAYANNUR S, et al. *Ascochyta rabiei*: A threat to global chickpea production[J]. Molecular Plant Pathology, 2022, 23(9): 1241-1261.
- [9] 张莹, 罗加凤, 胡佳续, 等. 美国甜豆中2种壳二孢综合症病菌的检疫鉴定[J]. 植物检疫, 2016, 30(1): 44-48.
- ZHANG Ying, LUO Jiafeng, HU Jiayu, et al. Identification of two species of ascochyta blight from American pea[J]. Plant Quarantine, 2016, 30(1): 44-48.
- [10] DUKARE A S, PAUL S, NAMBI V E, et al. Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: A review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2019, 59(9): 1498-1513.
- [11] FENTA L, MEKONNEN H, KABTIMER N. The exploitation of microbial antagonists against postharvest plant pathogens[J]. Microorganisms, 2023, 11(4): 1044.
- [12] ZHANG H Y, GODANA E A, SUI Y, et al. Biological control as an alternative to synthetic fungicides for the management of grey and blue mould diseases of table grapes: A review[J]. Critical Reviews in Microbiology, 2020, 46(4): 450-462.
- [13] PAN H, ZHONG C H, WANG Z P, et al. Biocontrol ability and action mechanism of *Meyerozyma guilliermondii* 37 on soft rot control of postharvest kiwifruit[J]. Microorganisms, 2022, 10(11): 2143.
- [14] ZHANG X Y, WU F, GU N, et al. Postharvest biological control of *Rhizopus* rot and the mechanisms involved in induced disease resistance of peaches by *Pichia membranefaciens*[J]. Postharvest Biology and Technology, 2020, 163: 111146.
- [15] HE F T, ZHAO L N, ZHENG X F, et al. Investigating the effect of methyl jasmonate on the biocontrol activity of *Meyerozyma guilliermondii* against blue mold decay of apples and the possible mechanisms involved[J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 2020, 109: 101454.
- [16] WANG Z S, LI J S, LIU J, et al. Management of blue mold (*Penicillium italicum*) on mandarin fruit with a combination of the yeast, *Meyerozyma guilliermondii* and an alginate oligosaccharide[J]. Biological Control, 2021, 152: 104451.
- [17] YANG Q Y, ZHANG H Y, ZHANG X Y, et al. Phytic acid enhances biocontrol activity of *Rhodotorula mucilaginosa* against *Penicillium expansum* contamination and patulin production in apples[J]. Frontiers in Microbiology, 2015, 6: 1296.
- [18] 管庆林, 周笑犁, 赵姗, 等. 番茄自然发酵液中酵母菌的分离鉴定及其特性研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(3): 96-100, 107.
- GUAN Qinglin, ZHOU Xiaoli, ZHAO Shan, et al. Isolation and identification of yeasts from tomato natural fermentation broth and its characteristics analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(3): 96-100, 107.
- [19] 曹国琼, 刘敏, 刘耀, 等. 化风丹药母发酵过程中优势菌种分离鉴定及不同温度和 pH 值下菌株生长情况[J]. 中成药, 2023, 45(12): 4011-4017.
- CAO Guoqiong, LIU Min, LIU Yao, et al. Isolation and identification of dominant strains in the fermentation process of HuaFeng-Dan YaoMu and investigation of their growth under different temperature and pH value[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2023, 45(12): 4011-4017.
- [20] 张秋会, 王晗, 祝超智, 等. 自然发酵腊肉中酵母菌的分离鉴定及其发酵特性研究[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(14): 113-117.
- ZHANG Qiuhui, WANG Han, ZHU Chaozhi, et al. Isolation and identification of yeast from natural fermented Chinese bacon and its fermentation characteristics[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(14): 113-117.
- [21] ZHOU Y, LI W, ZENG J K, et al. Mechanisms of action of the yeast *Debaryomyces nepalensis* for control of the pathogen *Colletotrichum gloeosporioides* in mango fruit[J]. Biological Control, 2018, 123: 111-119.
- [22] LAI J, CAO X, YU T, et al. Effect of *Cryptococcus laurentii* on inducing disease resistance in cherry tomato fruit with focus on the expression of defense-related genes[J]. Food Chemistry, 2018, 254: 208-216.
- [23] HUANG Y, SUN C C, GUAN X N, et al. Biocontrol efficiency of *Meyerozyma guilliermondii* Y-1 against apple postharvest decay caused by *Botryosphaeria dothidea* and the possible mechanisms of action[J]. International Journal of Food Microbiology, 2021, 338: 108957.
- [24] 郭俊花, 张增帅, 马欣, 等. 11种食药同源植物提取物对果蔬常见腐败菌的抑菌活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2019, 31(12): 2025-2031.
- GUO Junhua, ZHANG Zengshuai, MA Xin, et al. Study on the antimicrobial effect of 11 kinds of edible and medicinal plant extracts on common spoilage microorganisms in fruits and vegetables[J]. China Industrial Economics, 2019, 31(12): 2025-2031.
- [25] 朱杰, 程亮, 张纲, 等. 樱桃叶斑病生防菌株萎缩芽孢杆菌菌株 QH-588 的筛选鉴定[J]. 南方农业学报, 2021, 52(11): 3022-3033.
- ZHU Jie, CHENG Liang, ZHANG Gang, et al. Screening and identification of *Bacillus atrophaeus* QH-588 for biological control of cherry leaf spot[J]. Journal of Southern Agriculture, 2021, 52(11): 3022-3033.
- [26] ROSIER A, POMERLEAU M, BEAUREGARD P B, et al. Surfactin and Spo0A-dependent antagonism by *Bacillus subtilis* strain UD1022 against *Medicago sativa* phytopathogens[J]. Plants, 2023, 12(5): 1007.