DOI:10.12441/spyswjs.20231130003 [文章编号] 1673-1689(2025)06-0042-08

中蜂蜜的微生物测定及嗜渗酵母影响因素分析

宋 梅[1,2,3] 黎洪霞[1,2,3] 刘肇龙[1,2,3] 乔 栋[1,2,3,4] 李 娜[1,2,3] 陈兰珍[1,2,3*]

(1. 中国农业科学院蜜蜂研究所,北京 100093; 2. 资源昆虫高效养殖与利用全国重点实验室,北京 100093; 3. 农业农村部蜂产品质量安全风险评估实验室,北京 100093; 4. 福建农林大学食品科学学院,福建 福州 350002)

摘要:【目的】研究中蜂蜜中霉菌、菌落总数和嗜渗酵母数量,探究嗜渗酵母与中蜂蜜品质指标和贮藏条件的相关性。**【方法】**以105个中蜂蜜样品为研究对象,对样品中霉菌、菌落总数、嗜渗酵母指标和气味、水分、酚酸和糖类物质等品质指标进行测定,探究品质指标与嗜渗酵母的相关性及不同贮藏条件对嗜渗酵母数量的影响。**【结果】**在105个中蜂蜜样品中,霉菌、菌落总数和嗜渗酵母数量超标的样品数量分别为1个、1个和67个;所有嗜渗酵母数量超标的样品均有异味,且其水分质量分数均高于18.54%。水分和甘油质量分数与嗜渗酵母数量均呈极显著相关(P<0.01),酚酸、果糖和葡萄糖质量分数与嗜渗酵母数量均呈显著相关(P<0.05)。不同贮藏温度对样品中嗜渗酵母的生长影响显著,在较低温度(4~7 ℃和15~20 ℃)贮藏时,嗜渗酵母生长缓慢;在较高温度(29~38 ℃)贮藏时,嗜渗酵母数量会持续上升直至超标。**【结论】**该研究为中蜂蜜品质评价和质量控制提供了依据。

关键词:中蜂蜜;嗜渗酵母;水分;甘油;糖类物质;贮藏温度;贮藏时间

Determination of Microorganisms and Analysis of Factors Influencing Osmophilic Yeasts in *Apis cerana* Honey

SONG Mei[1,2,3] *LI Hongxia*[1,2,3] *LIU Zhaolong*[1,2,3] *QIAO Dong*[1,2,3,4]
LI Na[1,2,3] *CHEN Lanzhen*[1,2,3*]

(1. Institute of Apicultural Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China; 2. State Key Laboratory of Resource Insects, Beijing 100093, China; 3. Key Laboratory of Bee Products for Quality and Safety Risk Assessment, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100093, China; 4. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: [**Objective**] This study determined the mold count, total plate count, and osmophilic yeast count in *Apis cerana* honey and explored the correlations of osmophilic yeasts with quality parameters and storage conditions of the honey. [**Method**] A total of 105 *Apis cerana* honey samples were used for the determination of mold count, total plate count, and osmophilic yeast count, as well as odor, moisture, phenolic acids, and carbohydrates. The correlations between quality indexes and osmophilic yeasts and the effects of different storage conditions on osmophilic yeast count were explored. [**Result**] Among the 105 samples, 1, 1, and 67 samples showed the mold count, total plate count, and osmophilic yeast count exceeding the national standards. All the samples with osmophilic yeast count exceeding the national standard had a peculiar smell, and their moisture mass fractions were all higher than 18.54%. The mass fractions of moisture and glycerol had correlations with osmophilic yeast count (P<0.01), and the mass fractions of phenolic acids, fructose, and glucose were correlated

基金项目:国家自然科学基金面上项目(32272402,31772070);国家蜂产品质量安全风险评估项目(GJFP20220305);国家蜂产业技术体系项目(CARS-44-KXJ8);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项项目(MFSJKF2023)。

通信作者:陈兰珍(1974—),女,博士,研究员,博士研究生导师,主要从事蜂产品质量与安全研究。E-mail:chenlanzhen2005@126.com

收稿日期:2023-11-30 **修回日期:**2024-02-06

with osmophilic yeast count (P<0.05). Different storage temperatures affected the growth of osmophilic yeasts in the samples. At lower storage temperatures (4~7 ℃ and 15~20 ℃), the growth of osmophilic yeasts was slow, while at higher storage temperatures (29~38 ℃), the osmophilic yeast count showed an upward trend to exceed the national standard. [**Conclusion**] This study provides an important reference for the quality evaluation and quality control of *Apis cerana* honey.

Keywords: *Apis cerana* honey; osmophilic yeasts; moisture; glycerol; carbohydrates; storage temperature; storage time

蜂蜜是蜜蜂将从植物采集的花蜜、分泌物或蜜露与自身分泌物结合后，在蜂箱中酿造至成熟形成的天然物质。蜂蜜含有糖类、蛋白质、氨基酸和矿物质等多种营养成分，具有抗氧化、抑菌和抗炎等生物活性，深受消费者喜爱[1-3]。目前，人们在食用蜂蜜时，不仅关注其品质，还尤为重视其农药、兽药残留和微生物污染等安全性问题。由于蜂蜜在生产、加工和运输过程中易接触环境中的微生物，因此其微生物污染情况受到广泛关注[4]。

微生物在自然界分布广泛，极易污染食品。蜂蜜中导致微生物污染的主要微生物为酵母菌、霉菌和细菌等。蒋波等[5]对54批次蜂蜜进行调查，结果显示有1批次菌落总数和2批次霉菌超标，并检出芽孢杆菌属等细菌。Nzeh等[6]在30种蜂蜜中鉴定出李斯特菌属、乳杆菌属、沙门菌属、大肠埃希菌、梭菌属、弯曲菌属和葡萄球菌属等微生物。这些微生物主要来源于蜜蜂消化道、花蜜、空气、生产运输和贮藏过程[4]。蜂蜜中微生物在代谢过程中可能产生有毒物质，不仅影响蜂蜜品质，还会给消费者带来潜在安全隐患[7]。

蜂蜜的品质指标可能与微生物生长相关。如较高的渗透压（糖质量分数70%~80%）不适宜细菌生长，细菌最适生长pH为6.5~7.5[8-9]。蜂蜜中含有多种酚酸物质，主要来源于采集蜜蜂的开花植物。有研究表明，酚酸含量越高的蜂蜜其抑菌能力也越强[10-12]。

中蜂蜜是由我国中华蜜蜂采集蜜源植物酿造而成，因产量较低且符合消费者偏好，市场价格通常为意蜂蜜的3~5倍[13-14]。中蜂蜜主要产于我国南方山区，该地区为亚热带季风气候，全年温暖湿润，有利于微生物生长[15]。此外，中蜂蜜采收时，若摇蜜设备未经灭菌处理或蜂箱蜜脾中幼虫被摇出[16]，也会增加蜂蜜的微生物污染概率。目前，针对中蜂蜜中微生物污染情况，尤其是嗜渗酵母污染的相关报道较少。作者旨在研究中蜂蜜中霉菌、菌落总数和嗜渗酵母数量，探究嗜渗酵母与品质指标及贮藏条件的相关性，以期为中蜂蜜的微生物污染控制提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

2021—2023年从福建、云南和湖北等蜂蜜主产区共采集105个中蜂蜜样品，包括乌桕蜜、荔枝蜜和百花蜜等，每个样品采集1 kg。采集的中蜂蜜样品置于无菌样品瓶中，密封后低温运至作者所在实验室，并于4 ℃保存。

碘化钾、氯化钠、磷酸二氢钾、三羟甲氨基甲烷、二水合磷酸氢二钠、无水碳酸钠、靛蓝：上海源叶生物科技有限公司；碘、对硝基苯-α-吡喃葡萄糖苷：上海麦克林生化科技有限公司；盐酸、硫酸、甘油、可溶性淀粉：国药集团化学试剂有限公司；冰乙酸：北京化工厂有限责任公司；福林酚：索莱宝生物科技有限公司；没食子酸（纯度≥99%）、果糖、葡萄糖、蔗糖标准品：北京百灵威科技有限公司；孟加拉红平板计数琼脂：青岛高科技工业园海博生物技术有限公司；三水合醋酸钠、无水葡萄糖、过氧化氢：西陇科学股份有限公司；Megazyme甘油检测试剂盒：北京兰易科技有限公司。

1.2 仪器与设备

磁力搅拌器：GL-5250A型，海门市其林贝尔仪器制造有限公司；涡旋仪：QL-856型，上海金畔生物有限公司；阿贝折射仪：Y18-1型，上海精密科学仪器有限公司；水分活度仪：Aqualab Pre型，美国Decagon公司；紫外可见分光光度计：752型，上海菁华科技有限公司；电子天平：PX124ZH型，奥豪斯仪器（常州）有限公司；pH计：Five Easy Plus型，瑞士梅特勒-托利多集团；高效液相色谱仪配示差折光检测器（HPLC-RID）：2695型，美国Thermol Fisher Scientific公司；灭菌锅：YXQ-100Sll型，上海博迅实业有限公司医疗设备厂；超净台：KLCZ-880A型，北

京亚泰克隆仪器技术有限公司；恒温水浴锅：HWS-12型，上海一恒科学仪器有限公司；培养箱：DWP-9052型，上海精宏实验设备有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 霉菌、菌落总数和嗜渗酵母数量测定

霉菌、菌落总数和嗜渗酵母数量的测定分别按照GB 4789.15—2016、GB 4789.2—2022和GB 14963—2011的方法测定。每个样品平行测定2次。

1.3.2 品质指标测定

气味和水分质量分数的测定参照SN/T 0852—2012中的方法。水分活度的测定参照郭娜娜等[17]的方法，采用水分活度仪测定。pH的测定参照Klutse等[18]的方法，采用pH计测定。酚酸质量分数的测定参照师丰丰等[19]的方法，采用紫外分光光度计测定。甘油的测定参照GB/T 18932.6—2002中的方法。糖类物质（果糖、葡萄糖和蔗糖）质量分数的测定参照GB 5009.8—2023的方法。每个样品平行测定3次，取平均值。

1.4 数据处理

采用IBM SPSS 26.0软件分析嗜渗酵母与品质指标的相关性，$P<0.01$表示变量之间极显著相关，$P<0.05$表示变量之间显著相关。用Origin 2022和Excel 2019软件绘制相应散点图、相关性热图和柱形图。

2 结果与讨论

2.1 中蜂蜜的微生物测定结果

2.1.1 霉菌结果

霉菌是各类食品中常见的污染微生物，广泛分布于土壤、水和大气中，在适宜条件下会产生具有生物毒性的次级代谢产物[20]。在105个中蜂蜜样品中，有56个样品检出霉菌，检出率为53.3%，其中仅有1个样品霉菌数量超出GB 14963—2011中规定的限值（≤200 CFU/g）。样品中霉菌的检出可能与蜂箱和蜂蜜的生产环境有关。另外，105个中蜂蜜样品的平均水分活度为0.629±0.028，这一条件不利于霉菌的生长，因为大多数霉菌在水分活度低于0.650的环境中几乎无法生存[21]。结果表明，中蜂蜜的霉菌污染给消费者带来的潜在风险较小。

2.1.2 菌落总数结果

菌落总数可用于评价食品的污染程度，也能反映食品中细菌的生长状况[22]。多数细菌的最适生长温度在37 ℃左右。在105个中蜂蜜样品中，91个样品有菌落生长，其中仅有1个样品的菌落总数超出GB 14963—2011中规定的限值（≤1 000 CFU/g）。表明中蜂蜜中存在细菌污染，但由于蜂蜜本身含有对微生物（大肠杆菌和痢疾杆菌等）起抑制作用的物质[23]，且其渗透压较高，平均水分活度及pH较低均不适宜细菌生长。此外，中蜂蜜样品中存在的酚酸物质平均质量分数为（138.39±31.60）mg/kg，也可能对细菌有抑制作用。结果表明，该研究中105个中蜂蜜样品的卫生状况良好。

2.1.3 嗜渗酵母结果

嗜渗酵母是一类能在水分活度小于0.7的环境中正常生长繁殖的微生物[24]。在105个中蜂蜜样品中，87个样品中检出嗜渗酵母，其中有67个样品的嗜渗酵母数量高于GB 14963—2011规定的限值（≤200 CFU/g）。样品中嗜渗酵母的污染可能与蜜蜂和蜂巢中的环境等因素有关。然而，由于酵母菌可在酸性环境中生长，且能通过产生海藻糖和甘油等物质在高渗透压环境中存活[25]，导致此次105个中蜂蜜样品中嗜渗酵母数量超标率较高。

2.2 中蜂蜜品质指标测定结果

由于本研究中蜂蜜的嗜渗酵母检出量较高，作者进一步探究了影响嗜渗酵母生长的中蜂蜜品质指标。

2.2.1 气味和水分质量分数结果

根据GH/T 18796—2012《蜂蜜》中的要求，单一花种蜂蜜应具有该蜜源植物的花的气味，不得有酸、乙醇或其他异味。在105个中蜂蜜样品中，有27个样品符合标准，具有蜜源植物花的气味，其余78个样品带有酸味、乙醇味或其他异味，不符合标准。

水分质量分数是判断蜂蜜成熟度的主要指标，水分质量分数越高越利于微生物的生长[26]。根据GH/T 18796—2012《蜂蜜》中的规定，蜂蜜水分质量分数≤20%为一级品，水分质量分数≤24%为二级品。105个中蜂蜜样品的平均水分质量分数为20.76%，其中48个为一级品，48个为二级品，9个超出二级品限值。

2.2.2 pH结果

尽管尚无相关标准规定蜂蜜的pH范围，但pH是评价蜂蜜质量的重要指标[27]。105个中蜂蜜样品的平均pH为3.90，与其他蜂蜜pH（3.2~4.5）

一致。该酸度环境不利于多数细菌生长（细菌最适pH为6.5~7.5）。

2.2.3　水分活度结果

食品中低水分活度通常指水分活度低于0.7的状态，此环境下多数微生物无法生长繁殖。如大多数细菌和霉菌分别在水分活度低于0.9和0.8时不能生长繁殖[28]。105个中蜂蜜样品的水分活度为0.578~0.739，表明部分样品的水分活度条件可抑制霉菌和细菌的生长。

2.2.4　酚酸质量分数结果

酚酸物质是蜂蜜的重要组成成分，具有抗氧化、抗菌等生物活性。其抗氧化能力主要表现为清除DPPH自由基、ABTS阳离子自由基和羟基自由基等[29-30]；抗菌机制是通过影响细胞膜流动性和稳定性等方式来干扰膜功能[31]。所有中蜂蜜样品均检测到酚酸，其质量分数为52.87~230.70 mg/kg，平均质量分数为（138.39±31.60）mg/kg，表明中蜂蜜可能具有抗氧化和抗菌活性。

2.2.5　甘油质量分数结果

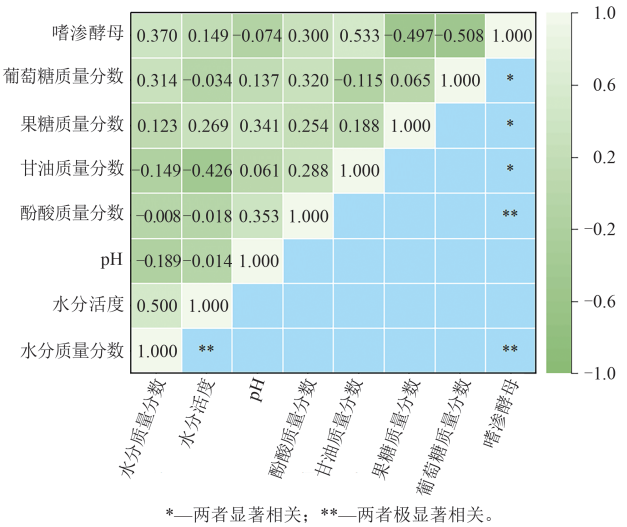
当蜂蜜被嗜渗酵母污染时，酵母会产生甘油以保护细胞免受脱水损害。欧盟和我国蜂产品协会均规定，蜂蜜和特级蜂蜜（水分质量分数低于19%）中甘油质量分数应不超过300 mg/kg。作者检测了18个嗜渗酵母污染的中蜂蜜样品，其甘油质量分数为41.3~861.8 mg/kg，平均质量分数为（343.3±191.6）mg/kg，其中10个样品的甘油质量分数超过标准限值。

2.2.6　糖类物质结果

糖类物质（果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖等）是蜂蜜的主要成分[32]。GH/T 18796—2012规定蜂蜜中果糖和葡萄糖的质量分数总和应≥60%；除桉树蜜、柑橘蜂蜜、紫苜蓿蜂蜜、荔枝蜂蜜和野桂花蜜外，其他蜂蜜中的蔗糖质量分数应<5%。作者检测了18个不同嗜渗酵母数量的中蜂蜜样品，发现其果糖和葡萄糖的质量分数总和均>60%，且所有样品均未检出蔗糖。

2.3　中蜂蜜中嗜渗酵母与品质指标相关性分析

运用SPSS 26.0软件对中蜂蜜样品中嗜渗酵母与品质指标进行斯皮尔曼相关性分析。结果表明，嗜渗酵母与水分质量分数和酚酸质量分数存在极显著相关，与甘油、果糖和葡萄糖质量分数呈显著相关，见图1。



*—两者显著相关；**—两者极显著相关。

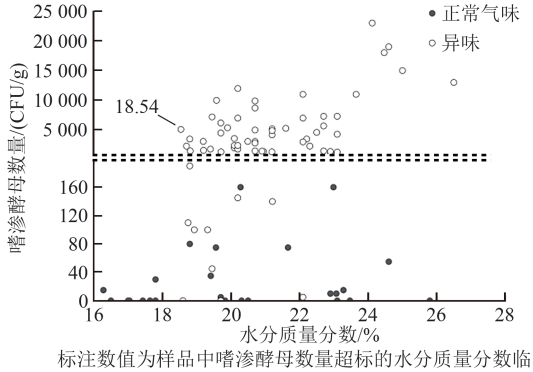
图1　中蜂蜜中嗜渗酵母与品质指标相关性热图

Fig. 1　Heatmap of correlations between osmophilic yeasts and quality parameters of *Apis cerana* honey

2.3.1　嗜渗酵母与气味和水分质量分数相关性分析

在105个中蜂蜜样品中，27个有正常气味的样品中嗜渗酵母数量均未超标；而78个带有酸味、乙醇味或其他异味的样品中，有67个样品嗜渗酵母数量超标，且其水分质量分数均高于18.54%，见图2。由此可见，嗜渗酵母数量与蜂蜜气味变化存在关联。

中蜂蜜中嗜渗酵母与水分质量分数的关系见图2。当样品中水分质量分数高于20.00%时，嗜渗酵母数量的超标率为76.6%；水分质量分数为18.54%~20.00%时，嗜渗酵母数量超标率为60.0%；而当水分质量分数低于18.54%时，嗜渗酵母数量均未超标。这表明该值可能是判断中蜂蜜中嗜渗酵母数量是否超标的潜在指标。



标注数值为样品中嗜渗酵母数量超标的水分质量分数临界值。

图2　中蜂蜜中嗜渗酵母数量与气味和水分质量分数分布情况（n=105）

Fig. 2　Distribution of osmophilic yeasts with odor and moisture mass fraction in *Apis cerana* honey samples（n=105）

2.3.2 嗜渗酵母与甘油质量分数相关性分析

中蜂蜜样品中甘油质量分数随嗜渗酵母数量增加呈上升趋势，见图3。当嗜渗酵母数量较高时，中蜂蜜的甘油质量分数相对较低，这可能与嗜渗酵母在低水分活度下将甘油保留在细胞内有关；而嗜渗酵母数量较低的样品，甘油质量分数相对较高，这可能是由于嗜渗酵母产生甘油后，因细胞膜高通透性将其释放到细胞外，从而增加了蜂蜜中的甘油质量分数。此外，当中蜂蜜嗜渗酵母数量高于200 CFU/g时，甘油质量分数为186.0~861.8 mg/kg。

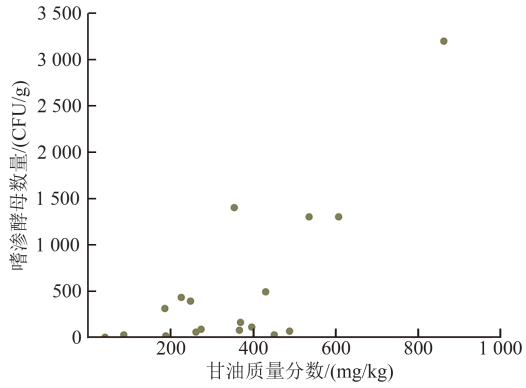


图3 中蜂蜜中嗜渗酵母与甘油质量分数分布情况(n=18)

Fig. 3 Distribution of osmophilic yeasts with glycerol mass fraction in *Apis cerana* honey samples (n=18)

2.3.3 嗜渗酵母与酚酸质量分数相关性分析

中蜂蜜样品中酚酸质量分数随嗜渗酵母数量增加呈微弱上升趋势，见图4。当嗜渗酵母数量在200 CFU/g时，酚酸质量分数为52.87~230.70 mg/kg，两者呈正相关。这可能是由于酚酸作为含有酚羟基和羧酸的有机酸，对蜂蜜的酸性环境有贡献，有利于酵母菌生长[33]。

2.3.4 嗜渗酵母与糖类物质相关性分析

中蜂蜜中嗜渗酵母与果糖、葡萄糖质量分数呈负相关。由于蜂蜜中蔗糖质量分数极低，未能明确嗜渗酵母与蔗糖的关系。嗜渗酵母数量与果糖、葡萄糖质量分数呈负相关，可能是由于酵母生长优先利用葡萄糖作为碳源，其次是其他碳源（如在葡萄酒酿造过程中，酵母菌先分解葡萄糖，后分解果糖）[34-35]。当样品中果糖和葡萄糖质量分数分别低于36.75 g/100 g和40.65 g/100 g时，嗜渗酵母数量超过国家标准限值，见图5。

2.4 中蜂蜜在贮藏过程中嗜渗酵母变化分析

作者选择了13个嗜渗酵母初始数量不同的样品进行贮藏试验，在贮藏过程中嗜渗酵母数量变化见图6。

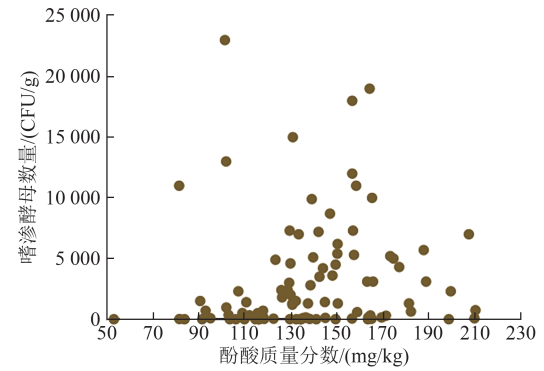
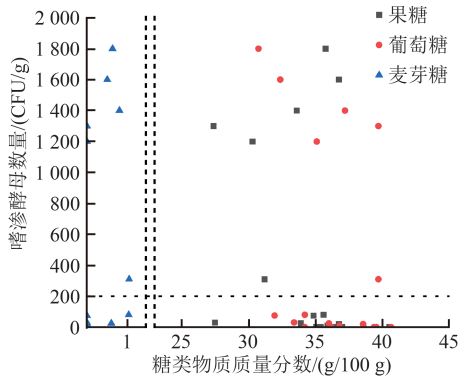


图4 中蜂蜜中嗜渗酵母与酚酸质量分数分布情况(n=98)

Fig. 4 Distribution of osmophilic yeasts with mass fraction of phenolic acids in *Apis cerana* honey samples (n=98)



图中虚线为蜂蜜中嗜渗酵母数量的国家标准限值200 CFU/g。

图5 中蜂蜜样品中嗜渗酵母与糖类物质分布情况(n=18)

Fig. 5 Distribution of osmophilic yeasts with carbohydrates in *Apis cerana* honey samples (n=18)

由图6(a)可知，在4~7 ℃贮藏温度下，除嗜渗酵母初始数量为160 CFU/g的样品未明显降低外，其余样品在贮藏210 d时，嗜渗酵母的数量均低于25 CFU/g，表明4~7 ℃可抑制嗜渗酵母生长。由图6(b)可知，在15~20 ℃贮藏时，仅初始数量为100 CFU/g的样品中嗜渗酵母数量呈增长趋势，其余样品在贮藏210 d时嗜渗酵母数量均降至75 CFU/g以下，说明该温度也会抑制嗜渗酵母生长。相比之下，29~31 ℃贮藏时，多数样品的嗜渗酵母数量呈明显上升趋势，在贮藏30 d时嗜渗酵母开始超过国家标准限值，见图6(c)。由于嗜渗酵母的最适生长温度为25~37 ℃[36]，因此29~30 ℃左右的贮藏温度利于其生长，而4~7 ℃和15~20 ℃则抑制其生长。然而，低温仅能抑制嗜渗酵母生长，无法将其杀灭，这表明中蜂蜜中可能存在杀死嗜渗酵母的物质。

作者进一步探究了较高贮藏温度对样品中嗜渗酵母生长的影响，见图6(d)。在31~38 ℃贮藏时，所有样品的嗜渗酵母数量均呈上升趋势。贮藏1 d时，所有样品的嗜渗酵母数量均未超过国家标准限值；而在贮藏至5、14、24 d的样品中，多数样品中的嗜渗酵母数量超出国家标准限值。

综上所述，在4~7 ℃贮藏时，样品中嗜渗酵母数量较低，对样品品质的影响较小；而在29~38 ℃贮藏时，多数样品的嗜渗酵母数量会超过国家标准限值，且可能导致样品品质劣变[37]。

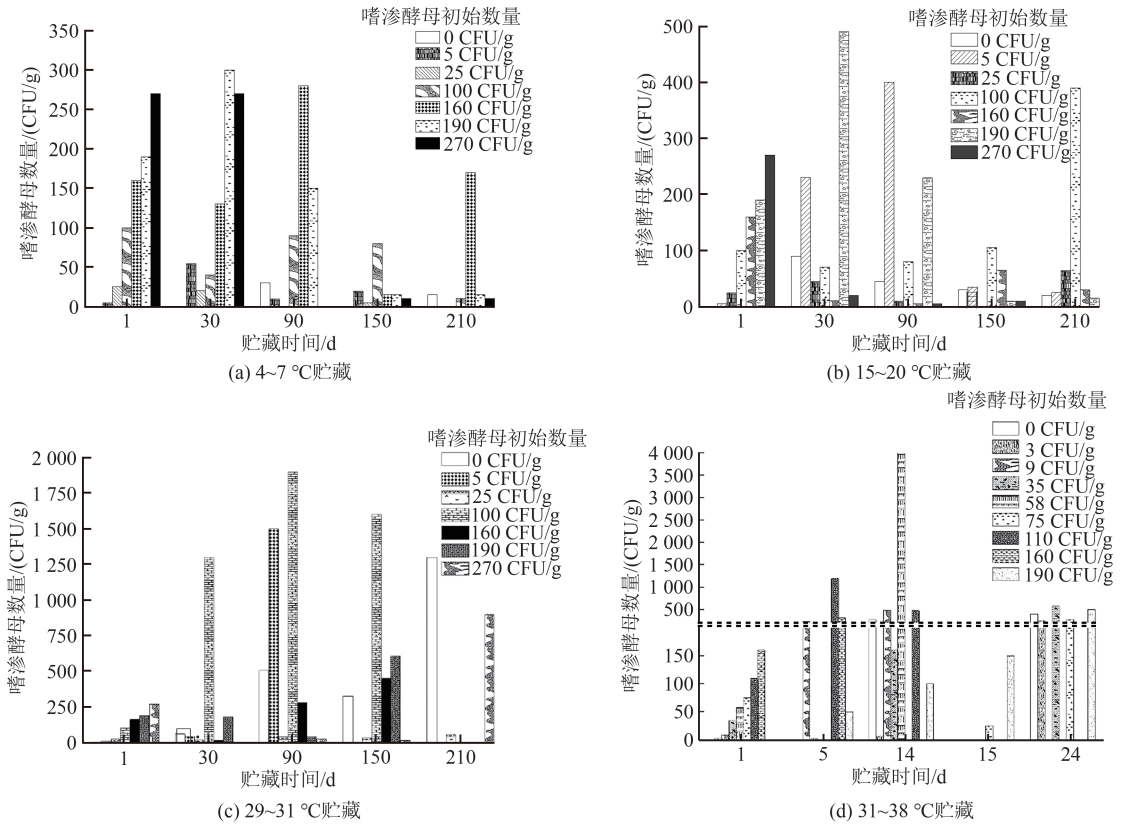


图6　不同贮藏温度下中蜂蜜样品中嗜渗酵母数量的分布

Fig. 6　Regular distribution of osmophilic yeasts in *Apis cerana* honey samples during storage at different temperatures

3　结论

作者对不同地区的中蜂蜜微生物污染状况进行了调查，分析了中蜂蜜样品中嗜渗酵母与品质指标的相关性及其在贮藏过程中的变化规律。结果表明，中蜂蜜样品受霉菌和菌落总数污染情况较轻，而嗜渗酵母的污染问题较为突出。虽然热处理可杀灭嗜渗酵母，但会破坏蜂蜜中的营养成分，并可能产生有害副产物，因此监控中蜂蜜中嗜渗酵母的变化尤为重要。通过嗅闻中蜂蜜气味可初步判断样品中嗜渗酵母是否超过国家标准限值。另外，当样品中水分质量分数低于18.54%时，嗜渗酵母均未出现超过国家标准限值的现象，表明该值可能是判断中蜂蜜中嗜渗酵母是否超过国家标准限值的潜在指标。中蜂蜜样品中甘油、酚酸、果糖和葡萄糖等质量分数与嗜渗酵母数量密切相关，且贮藏温度和贮藏时间也可显著影响嗜渗酵母的生长。综上所述，中蜂蜜中嗜渗酵母污染问题不容忽视，建议采收成熟度较高(水分质量分数较低)的中蜂蜜，并在低温条件下贮藏，以降低嗜渗酵母污染风险。该研究为中蜂蜜的生产、贮藏及品质提升提供了科学依据。

参考文献

[1] ALQARNI A S，OWAYSS A A，MAHMOUD A A，et al. Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia[J]. Journal of Saudi Chemical Society，2014，18(5)：618-625.

[2] AL-WAILI N S，AL-WAILI F S，AKMAL M，et al. Effects of natural honey on polymicrobial culture of various human pathogens[J]. Archives of Medical Science，2014，10(2)：246-250.

[3] ALVAREZ-SUAREZ J M，GIAMPIERI F，CORDERO M，et al. Activation of AMPK/Nrf2 signalling by Manuka honey protects human dermal fibroblasts against oxidative damage by improving antioxidant response and mitochondrial function promoting wound healing［J］. Journal of Functional Foods，2016，25：38-49.

[4] SNOWDON J A，CLIVER D O. Microorganisms in honey［J］. International Journal of Food Microbiology，1996，31（1/2/3）：1-26.

[5] 蒋波，李琼琼，张芝华，等. 市售蜂蜜中污染微生物的调查分析[J]. 上海预防医学，2022，34（1）：77-80.
JIANG B，LI Q Q，ZHANG Z H，et al. Analysis of contaminated microorganisms in commercial honey［J］. Shanghai Journal of Preventive Medicine，2022，34（1）：77-80.（in Chinese）

[6] NZEH J，DUFAILU O A，et al. Microbial and antibiotic contaminants in imported and locally produced honey in the Tamale metropolis of the northern region of Ghana[J]. African Journal of Food，Agriculture，Nutrition and Development，2020，20（6）：16779-16792.

[7] KIŠ M，FURMEG S，TKALEC V J，et al. Characterisation of Croatian honey by physicochemical and microbiological parameters with mold identification［J］. Journal of Food Safety，2018，38（5）：e12492.

[8] HOSSAIN M L，LIM L Y，HAMMER K，et al. A review of commonly used methodologies for assessing the antibacterial activity of honey and honey products［J］. Antibiotics，2022，11（7）：975.

[9] KARABAGIAS I K，VAVOURA M V，NIKOLAOU C，et al. Floral authentication of Greek unifloral honeys based on the combination of phenolic compounds，physicochemical parameters and chemometrics[J]. Food Research International，2014，62：753-760.

[10] ALMEIDA DA SILVA I A，DA SILVA T M S，CAMARA C A，et al. Phenolic profile，antioxidant activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas，Northern Brazil[J]. Food Chemistry，2013，141（4）：3552-3558.

[11] GRABEK-LEJKO D，JUSTYNA SŁOWIK，KASPRZYK I. Activity of selected honey types against *Staphylococcus aureus* methicillin susceptible（MSSA）and methicillin resistant（MRSA）bacteria and its correlation with hydrogen peroxide，phenolic content and antioxidant capacity[J]. Farmacia，2018，66（1）：37-43.

[12] CEBRERO G，SANHUEZA O，PEZOA M，et al. Relationship among the minor constituents，antibacterial activity and geographical origin of honey：a multifactor perspective[J]. Food Chemistry，2020，315：126296.

[13] 蔡雨娇，孙丽萍，张雪琦. 神农架林区中蜂蜜理化指标及抗氧化活性分析[J]. 食品研究与开发，2020，41（14）：183-187.
CAI Y J，SUN L P，ZHANG X Q. Analysis of physicochemical characterization and antioxidant activity of honey produced by *Apis cerana* in Shennongjia forestry district［J］. Food Research and Development，2020，41（14）：183-187.（in Chinese）

[14] 张言政. 中蜂蜂蜜与意蜂蜂蜜蜂种来源真实性研究[D]. 杭州：浙江大学，2019.

[15] 钟泳. 南方气候条件下的港口粮食露天堆存研究[J]. 现代食品，2016，22（8）：93-97.
ZHONG Y. Research on grain storing on port's open yard under southern climate conditions［J］. Modern Food，2016，22（8）：93-97.（in Chinese）

[16] 李家勤. 浅说中蜂巢框与蜂箱的关系[J]. 蜜蜂杂志，2022，42（10）：48-49.
LI J Q. On the relationship between beehive frame and beehive in China[J]. Journal of Bee，2022，42（10）：48-49.（in Chinese）

[17] 郭娜娜，米鑫，罗其花，等. 洋槐蜜和椴树蜜结晶前后的主要物质组成和热力学性质变化研究[J]. 中国农业科技导报，2020，22（6）：130-137.
GUO N N，MI X，LUO Q H，et al. Changing Patterns of Composition and Thermodynamic Property of locust and linden honey after crystallization[J]. Journal of Agricultural Science and Technology，2020，22（6）：130-137.（in Chinese）

[18] KLUTSE C K，LARBI D A，ADOTEY D K，et al. Assessment of effect of post-harvest treatment on microbial quality of honey from parts of Ghana［J］. Radiation Physics and Chemistry，2021，182：109368.

[19] 师丰丰，周金慧，孙丽萍，等. 尼勒克县不同产区的新疆黑蜂蜂蜜理化性质与营养成分分析[J]. 食品工业科技，2021，42（13）：66-73.
SHI F F，ZHOU J H，SUN L P，et al. Physicochemical properties and nutritional components of Xinjiang black bee honey in Nilka county[J]. Science and Technology of Food Industry，2021，42（13）：66-73.（in Chinese）

[20] 王双霞，唐晓阳，范艳红，等. 食品及其生产环境和包装材料中分离霉菌的形态与分子鉴定[J]. 食品与生物技术学报，2019，38（6）：49-55.
WANG S X，TANG X Y，FAN Y H，et al. Morphological and molecular identification of molds isolated from food and their production environments and packaging materials［J］. Journal of Food Science and Biotechnology，2019，38（6）：49-55.（in Chinese）

[21] 陈小聪. 浅析固体饮料的水分活度与霉菌生长的控制[J]. 企业科技与发展，2008（18）：126-127.

CHEN X C. The analysis on A_w of solid beverage and the control of the growth of moulds[J]. Enterprise Science and Technology & Development, 2008(18): 126-127. (in Chinese)

[22] 宋夏，徐碧瑶，蔡华，等. 2016—2020年上海市市售即食食品微生物污染状况分析及评价[J]. 中国食品卫生杂志，2022，34(4)：767-772.
SONG X, XU B Y, CAI H, et al. Analysis and evaluation of microbial contamination of retail ready-to-eat foods in Shanghai from 2016 to 2020[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(4): 767-772. (in Chinese)

[23] 韩惠丽，蔡宇杰，管政兵，等. 蜂蜜中细菌的筛选、鉴定及其抑菌作用[J]. 食品与生物技术学报，2013，32(2)：148-154.
HAN H L, CAI Y J, GUAN Z B, et al. Screening and identification and study on antimicrobial activity of bacterial isolates from honey[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2013, 32(2): 148-154. (in Chinese)

[24] 胡海霞. 蜂蜜高渗酵母菌分离及大蒜汁对其抑制作用研究[D]. 西安：陕西师范大学，2009.

[25] 王凯，胡福良. 蜂蜜中嗜渗酵母的来源及其与蜂蜜品质的关系[J]. 蜜蜂杂志，2012，32(11)：9-10.
WANG K, HU F L. Source of osmophilic yeast in honey and its relationship with honey quality[J]. Journal of Bee, 2012, 32(11): 9-10. (in Chinese)

[26] BECKH G, WESSEL P, LÜLLMANN C. A contribution to yeasts and their metabolisms products as natural components of honey-Part 2: moisture content and water activity as quality parameters[J]. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 2004, 100: 14-17.

[27] FERNÁNDEZ-TORRES R, PÉREZ-BERNAL J L, BELLO-LÓPEZ M Á, et al. Mineral content and botanical origin of Spanish honeys[J]. Talanta, 2005, 65(3): 686-691.

[28] 黄晓燕，刘铖珺，李长城，等. 低水分活度食品微生物控制技术研究现状[J]. 食品与发酵工业，2020，46(23)：286-292.
HUANG X Y, LIU C J, LI C C, et al. Research progress in microbiological control of food with low water activity[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(23): 286-292. (in Chinese)

[29] 刘明艳. 柃木蜜和盐肤木蜜的理化性质、化学组成、抗氧化和抗菌活性研究[D]. 南昌：南昌大学，2023.

[30] 罗仕琼. 蜂蜜的体外抗氧化研究[D]. 广州：暨南大学，2017.

[31] 欧凯玉，逄建龙，张一敏，等. 天然酚类化合物的抑菌作用及在肉与肉制品中的应用研究进展[J]. 食品科学，2023，44(9)：358-366.
OU K Y, PANG J L, ZHANG Y M, et al. A review of the antimicrobial activity of natural phenolic compounds and their applications in meat and meat products[J]. Food Science, 2023, 44(9): 358-366. (in Chinese)

[32] 王婷，赵洋，周欣蕊，等. 吉林省市售蜂蜜中果糖、葡萄糖以及蔗糖含量的测定及分析[J]. 食品安全导刊，2017(36)：91-92.
WANG T, ZHAO Y, ZHOU X R, et al. Determination and analysis of fructose, glucose and sucrose in honey sold in Jilin province[J]. China Food Safety Magazine, 2017(36): 91-92. (in Chinese)

[33] 袁文芹，玄红专，王凯. 蜂蜜中抗菌活性物质及其抑菌作用机理研究进展[J]. 食品工业科技，2023，44(4)：438-446.
YUAN W Q, XUAN H Z, WANG K. Research progress of the antibacterial active substances from honey and their antibacterial mechanisms[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(4): 438-446. (in Chinese)

[34] 吴迪，程艺超，姜娇，等. 酵母中葡萄糖阻遏作用机制研究进展[J]. 微生物学报，2023，63(9)：3409-3427.
WU D, CHENG Y C, JIANG J, et al. Mechanism of glucose repression in yeast[J]. Acta Microbiologica Sinica, 2023, 63(9): 3409-3427. (in Chinese)

[35] 高晓航，李雪雁，孙春丽. 贺兰山东麓葡萄酒产区酿酒酵母的分离及其主要特性研究[J]. 食品与发酵工业，2016，42(6)：62-66.
GAO X H, LI X Y, SUN C L. The isolation and main characteristics of *Saccharomyces cerevisiae* in East Helan mountain wine-producing regions[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(6): 62-66. (in Chinese)

[36] 苏华，罗兆飞，覃艳淑，等. 倾注法与涂布法对蜂蜜中嗜渗酵母计数的比较分析[J]. 福建畜牧兽医，2017，39(2)：9-12.
SU H, LUO Z F, QIN Y S, et al. Comparative analysis of the osmophilic yeast counting in honey by pouring method and coating method[J]. Fujian Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2017, 39(2): 9-12. (in Chinese)

[37] 朱丹实，张慜. 不同温度、湿度条件对蜂王浆及蜂蜜贮藏的影响[J]. 食品与生物技术学报，2005，24(2)：78-84.
ZHU D S, ZHANG M. Effect of different temperature and humidity conditions on preservations of honey and royal jelly[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2005, 24(2): 78-84. (in Chinese)

（责任编辑：刘冬梅）