

# 不同温度和包装材料对荷叶离褶伞的贮藏效果

韩菊学<sup>1</sup>, 汤琴文<sup>2</sup>, 杨雪涛<sup>2</sup>, 李汶玲<sup>2</sup>, 臧容宇<sup>1,3</sup>, 宋利茹<sup>1,3</sup>

(1. 河西学院甘肃省应用真菌工程实验室 甘肃张掖 734000; 2. 河西学院农业与生态工程学院 甘肃张掖 734000; 3. 河西学院甘肃省食用菌遗传育种重点实验室 甘肃张掖 734000)

**摘要:** 荷叶离褶伞(*Lyophyllum decastes*)作为食药兼用的珍稀食用菌,采后因高水分含量及缺乏保护结构,易发生褐变、失水、微生物侵染等品质劣变,导致货架期短。以荷叶离褶伞为供试材料,不包装为对照(CK),探究PE(聚乙烯)、PVC(聚氯乙烯)和PMP(聚4-甲基-1-戊烯)3种贮藏膜结合不同贮藏温度(2、4、6℃)对贮藏品质的影响,通过感官评价、外观品质及生理指标综合评价贮藏效果。结果表明,不同贮藏膜包装的荷叶离褶伞感官品质、外观品质和生理指标均优于对照组;4℃条件荷叶离褶伞感官品质最佳,失重率下降最少,丙二醛含量较低,还原糖含量降幅最小。综上所述,4℃条件下PE贮藏膜包装的荷叶离褶伞贮藏效果最好,可作为今后荷叶离褶伞贮藏的温度和包装方式。

**关键词:** 荷叶离褶伞; 温度; 包装材料; 贮藏

中图分类号: S646.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2026)03-165-08

## Effects of different temperature and packaging materials on the storage quality of *Lyophyllum decastes*

HAN Juxue<sup>1</sup>, TANG Qinwen<sup>2</sup>, YANG Xuetao<sup>2</sup>, LI Wenling<sup>2</sup>, ZANG Rongyu<sup>1,3</sup>, SONG Liru<sup>1,3</sup>

(1. Gansu Engineering Laboratory of Applied Mycology, Hexi University, Zhangye 734000, Gansu, China; 2. College of Agriculture and Ecological Engineering, Hexi University, Zhangye 734000, Gansu, China; 3. Gansu Key Laboratory of Genetics and Breeding of Edible Mushroom, Hexi University, Zhangye 734000, Gansu, China)

**Abstract:** *Lyophyllum decastes*, a rare edible and medicinal mushroom, is prone to quality deterioration after harvest due to its high moisture content and lack of protective structures, leading to browning, water loss, and microbial infection, which resulted in a shortened shelf life. Using *L. decastes* as the test material, this study investigated the effects of three different packaging materials - polyethylene (PE), polyvinyl chloride (PVC), and poly(4-methyl-1-pentene) (PMP), combined with different storage temperatures (2, 4 and 6 °C) on its storage quality. The storage effects were comprehensively evaluated through sensory assessment, appearance analysis, and physiological indicators. The results showed that *L. decastes* packaged with each storage film exhibited superior sensory quality, appearance quality and physiological indicators compared to the control group. Under the condition of 4 °C, *L. decastes* demonstrated the best sensory quality, the lowest decrease in mass loss rate, lower MDA content, and the smallest reduction in reducing sugar content. In conclusion, *L. decastes* packaged with PE storage film at 4 °C showed the best storage effect, suggesting this temperature and packaging method can be used as suitable for the future storage of *L. decastes*.

**Key words:** *Lyophyllum decastes*; Temperature; Packaging material; Storage

荷叶离褶伞 *Lyophyllum decastes* 子实体菌盖外观与鹿茸相似,故俗称鹿茸菇,是一类药食同源的大型真菌<sup>[1]</sup>,主要分布于我国中南部<sup>[2]</sup>。该菌味道鲜美,菌肉肥厚细腻,富含粗蛋白、氨基酸和微量元素铜、锌、硒以及维生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>6</sub>、B<sub>12</sub> 和烟酸等<sup>[3-4]</sup>,其子实体多糖具有降血脂、免疫调节等功效,是一种

具有较高商业价值和应用前景的食药兼用的珍稀食用菌<sup>[5-8]</sup>。鲜菇采后会持续进行呼吸作用、蒸腾作用、组织褐变等生理生化反应,还易受微生物侵染和机械损伤,从而使菇体出现褐变、失水、菌柄伸长、菌盖开伞及软化等品质劣变现象,极大地降低了其食用和商品价值<sup>[9]</sup>。为了保持食用菌风味和营

收稿日期:2025-06-15;修回日期:2025-09-25

基金项目:张掖市科技计划项目(ZY2024RC03);甘肃省重点研发计划(23YFNG0004);甘肃省自然科学基金基础研究计划(25JR-RG011)

作者简介:韩菊学,男,助理农艺师,研究方向为菌物种质资源。E-mail:h15309362539@163.com

通信作者:宋利茹,女,教授,研究方向为菌物种质资源。E-mail:songliru2006@126.com

养价值,减少水分散失,抑制微生物活动,对食用菌进行贮藏处理具有重要的现实意义。目前,针对食用菌低温贮藏<sup>[10-11]</sup>、气调贮藏<sup>[12-15]</sup>、化学贮藏<sup>[16-17]</sup>等贮藏技术做了大量研究。但关于荷叶离褶伞贮藏效果的研究相对较少。因此,笔者以荷叶离褶伞为供试材料,以不包装为对照(CK),采用PE(聚乙烯)、PVC(聚氯乙烯)和PMP(聚4-甲基-1-戊烯)进行包装,分别置于不同温度(2、4、6℃)条件下,在0、2、4、6、8 d对感官品质、外观品质以及生理指标进行测定,以期筛选出最适贮藏方式,为荷叶离褶伞的贮藏提供切实可行的方案,延长其货架期,提高市场竞争力,满足消费者对新鲜、安全和营养食品的需求,还将为后续相关研究提供重要的理论依据,助力荷叶离褶伞产业的健康发展。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料处理

供试材料荷叶离褶伞由甘肃省应用真菌工程实验室提供。试验于2024年6—7月在甘肃省应用真菌工程实验室开展。选择同批大小均匀的新鲜荷叶离褶伞,将其随机分成同等的12份(每份约200 g),用聚乙烯(PE、10 μm)、聚氯乙烯(PVC、10 μm)和聚4-甲基-1-戊烯(PMP、10 μm)进行包装后分别置于2、4和6℃的冰箱中,同等条件下不进行包装的作为对照(CK)。在0、2、4、6、8 d取样并进行指标测定,3次重复。

### 1.2 指标测定

1.2.1 感官品质的测定 参照石建春等<sup>[16]</sup>的方法,感官评定小组由10名专业学生组成,分别对不同条件下的荷叶离褶伞的色泽、质地、开伞和异味指标进行评定。颜色洁白,几乎无褐变,质地坚挺有弹性,无发黏,未开伞,无异味的为1级;颜色较洁白,稍有褐变,质地较坚挺,稍有弹性,轻微发黏,轻微开伞(菌伞呈斗笠形),轻微有异味的为2级;颜色有明显褐变,质地轻微变软,有明显发黏现象,明显开伞(菌伞趋于平展),有明显异味的为3级;颜色严重褐变,质地明显变软,发黏现象严重,严重开伞(菌伞边缘向上卷曲),异味严重的为4级。

1.2.2 外观品质的测定 对荷叶离褶伞的菌柄基部直径和菇高分别进行测定;根据杨柳青等<sup>[17]</sup>的方法测定失重率;根据田双等<sup>[18]</sup>的方法对褐变程度进行测定;称取样品5 g于研钵中捣碎,加入100 mL沸水,自然冷却,10 000 r·min<sup>-1</sup>离心10 min后取上清液,在410 nm处测定吸光度A<sub>410</sub>,3次重复。

1.2.3 生理指标的测定 参照贾乐等<sup>[19]</sup>的硫代巴比妥酸比色法测定丙二醛(MDA)含量;参照吴松霞等<sup>[20]</sup>的3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定还原糖含量;参照王长文<sup>[21]</sup>的考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量。

取荷叶离褶伞约5 g,加入少量磷酸缓冲液(pH 6.4)研磨成匀浆,转移至25 mL容量瓶中,用同一缓冲液定容,在高速冷冻离心机中以4000 r·min<sup>-1</sup>离心15 min,取上清液作为待测粗酶液。参照王富民等<sup>[22]</sup>的愈创木酚法测定过氧化物酶活性;参考曹建康等<sup>[23]</sup>的方法测定多酚氧化酶活性。

### 1.3 数据处理

采用Excel 2010进行数据处理,采用Origin 2025作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官品质

由表1可知,不同温度条件下,对照组的荷叶离褶伞到第2天均开始发生褐变,有稍微发黏现象,出现轻微异味、开伞等情况。2℃条件下褐变程度明显,4和6℃出现轻微褐变,但2℃条件下至第6天褐变程度未加剧,4和6℃第6天出现严重褐变。4℃条件下至第8天荷叶离褶伞均表现为稍微变软、有明显发黏现象;2和6℃至第8天表现明显变软、发黏现象严重。4℃至第4天表现轻微开伞,2和6℃表现明显开伞。4℃至第8天有轻微异味,2和6℃有明显异味。

6℃条件下由PMP包装的荷叶离褶伞色泽最好,第8天,子实体颜色洁白,几乎无褐变;6℃条件下PE包装和2℃条件下PMP包装的荷叶离褶伞色泽次之,第8天,子实体颜色较洁白,轻微褐变。6℃条件下PE包装的荷叶离褶伞质地最好,第8天,质地有弹性,无发黏现象;PE包装4℃条件下、PVC包装2和4℃条件下以及PMP包装2和6℃条件下的荷叶离褶伞质地次之,第8天,质地较坚挺,稍微发黏。PE包装4℃条件下、PVC包装4℃条件下以及PMP包装6℃条件下的荷叶离褶伞开伞情况较少,第8天,轻微开伞。PE包装供试温度下的荷叶离褶伞均无异味;PVC包装以及PMP包装4和6℃条件下保藏的荷叶离褶伞也均无异味。综合分析表明,经包装材料包装后的荷叶离褶伞在6℃条件下的感官品质优于2℃,可能是由于2℃条件下包装内结露现象较明显,导致荷叶离褶伞吸水变软,感官品质更差,而6℃条件下,包装内湿度

表1 荷叶离褶伞感官品质  
Table 1 Sensory quality of *Lyophyllum decastes*

感官品质 Sensory quality	时间 Time/d	CK			PE			PVC			PMP		
		2 °C	4 °C	6 °C	2 °C	4 °C	6 °C	2 °C	4 °C	6 °C	2 °C	4 °C	6 °C
色泽 Colour	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	3	3	3	1	1	1	1	2	2	1	2	1
	6	3	4	4	2	2	1	2	2	2	1	2	1
	8	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	1
质地 Texture	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
	6	4	3	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1
	8	4	3	4	2	2	1	2	2	2	2	2	2
开伞 Pileus opening	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	3	2	3	1	1	2	2	1	1	1	2	1
	6	3	3	3	2	1	2	2	1	2	2	2	1
	8	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
异味 Odor	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	6	3	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
	8	3	2	3	1	1	1	2	1	1	2	1	1

更稳定,结露少,从而更好地保持了其感官品质。

### 2.2 外观品质

2.2.1 外观变化 由图1可知,随着贮藏时间的延长,荷叶离褶伞出现明显萎蔫、褐变现象。对照组萎蔫、褐变现象极其明显,由PE、PVC、PMP包装的荷叶离褶伞变褐、萎蔫速度较对照组缓慢。

2.2.2 菇高变化 由图2-A可知,对照组较处理组的菇高下降较明显。对照组6 °C时菇高下降最明显,2 °C条件下菇高从第0天的11.33 cm降为第8天的7.47 cm,下降了34.1%;4 °C条件下菇高下降了30.9%;6 °C条件下菇高下降了38.8%。综合分析表明,4 °C条件下菇高变化最小。

由PE包装的荷叶离褶伞在供试温度条件下均表现优异,菇高变化较小,4 °C条件下菇高从11.83 cm降为10.27 cm,仅下降了13.2%;2 °C条件下菇高下降了22.8%;6 °C条件下菇高下降了14.0%。PVC包装的荷叶离褶伞在供试温度条件下菇高下降均较快,6 °C菇高从12.00 cm降为9.37 cm,下降了21.9%;2 °C条件下菇高下降了22.3%;4 °C条件下菇高下降了21.1%。PMP包装的荷叶离褶伞在6 °C条件下菇高变化最小,由11.50 cm降为10.30 cm,仅下降了10.4%;2 °C条件下菇高下降了16.8%;4 °C条件下菇高下降了14.5%。因此,PMP包装的荷叶离褶伞在6 °C条件下菇高变化最小,贮藏效果

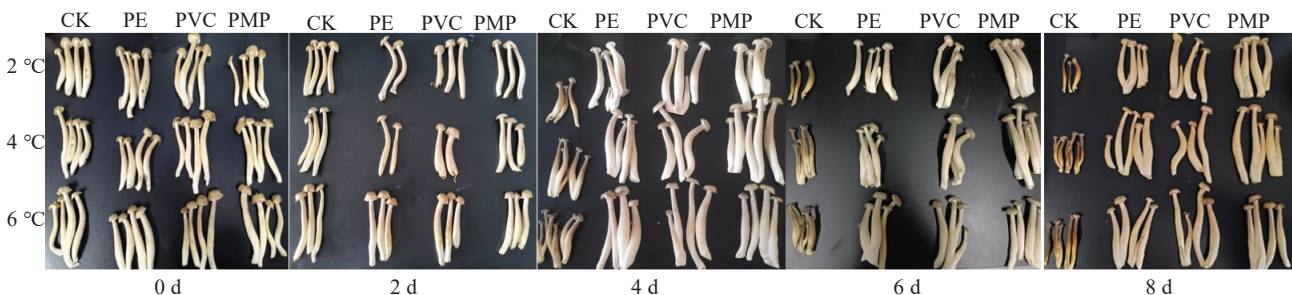


图1 荷叶离褶伞的外观变化  
Fig. 1 Appearance changes of *Lyophyllum decastes*

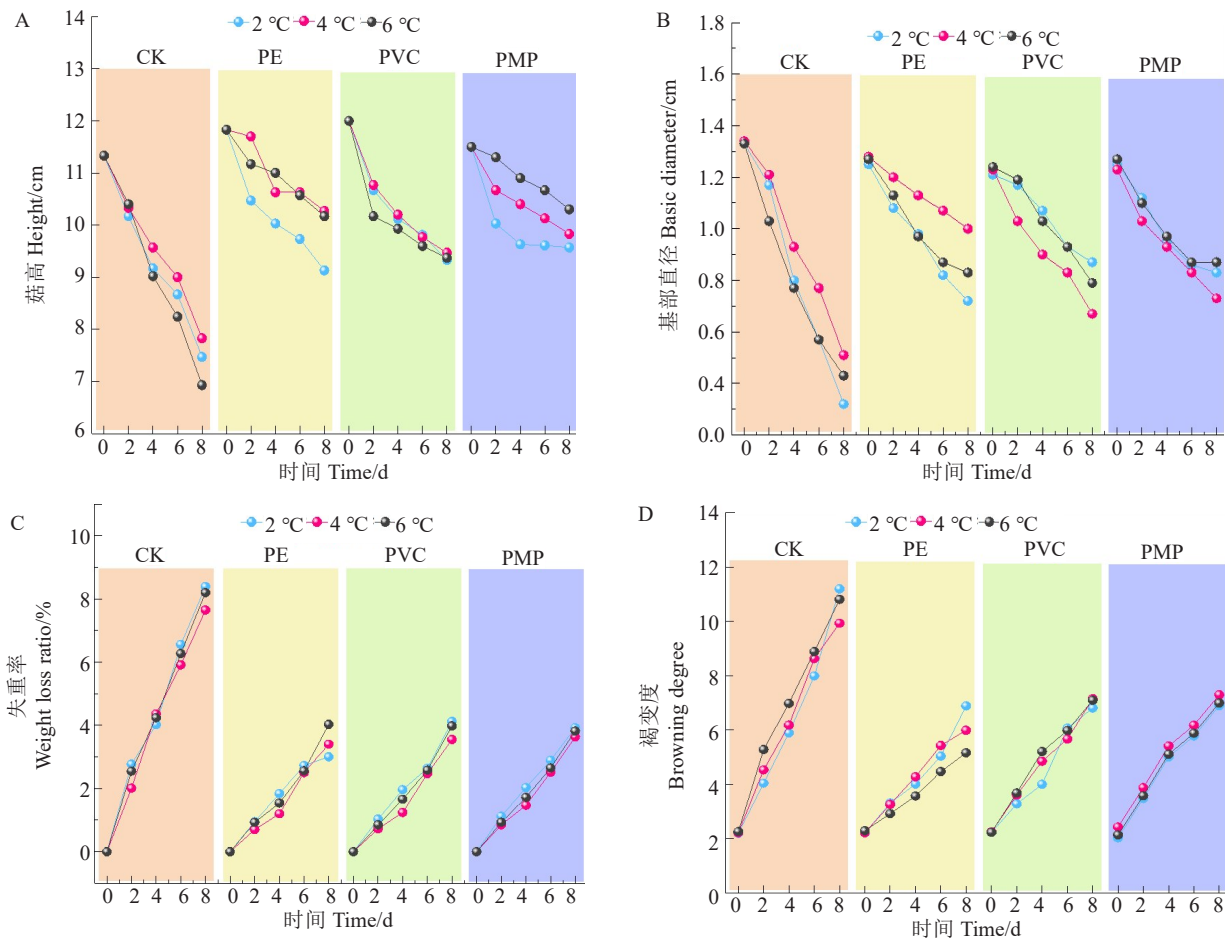


图2 不同包装材料在不同条件下对荷叶离褶伞外观品质的影响

Fig. 2 Effects of different packaging materials on the appearance quality of *Lyophyllum decastes* under different conditions

最好;4℃条件下PE包装荷叶离褶伞菇高下降幅度次之,PMP包装的6℃条件下菇高下降最小,可能是子实体的进一步后熟造成的。

**2.2.3 基部直径变化** 由图2-B可知,荷叶离褶伞在不同包装材料和温度条件下基部直径均随贮藏时间的延长呈下降趋势,但下降速率存在差异,对照组较处理组的菇体基部直径下降明显。对照组在2℃条件下基部直径下降最明显,从第0天的1.33cm下降到第8天的0.32cm,下降率为75.9%;4℃和6℃分别下降61.9%和67.7%。由PE包装的荷叶离褶伞在4℃条件下表现最稳定,基部直径在第0天为1.28cm,第8天为1.00cm,下降率仅为21.9%,但在2℃和6℃下降较4℃快。由PVC包装的荷叶离褶伞在4℃时下降速率达36.3%;由PMP包装的荷叶离褶伞基部直径变化差异不大。因此,4℃下PE包装贮藏效果最好。

**2.2.4 失重率** 由图2-C可知,不同温度条件下对照组荷叶离褶伞的自然失重(水分蒸发或代谢)最明显,到第8天时为8%~9%,不同温度条件下的失

重率相近。由PE包装的荷叶离褶伞失重率最低,趋势平缓,由PVC包装的荷叶离褶伞失重率与PMP相近,失重率在3%~4%。

**2.2.5 褐变度** 由图2-D可知,对照组和处理组在不同温度下的褐变度均随贮藏时间的延长而明显增大,不同贮藏膜包装的荷叶离褶伞褐变度整体低于对照组;由PE包装的荷叶离褶伞在第8天6℃条件下褐变度仅为5.16,而对照组为10.81;由PVC包装的荷叶离褶伞褐变度高于PE;由PMP包装的荷叶离褶伞褐变度与PVC包装处理差异不大。

### 2.3 生理指标

**2.3.1 丙二醛含量** 由图3-A可知,对照组和处理组在不同温度下的丙二醛(MDA)含量均随贮藏时间的延长而明显增加。对照组在2℃条件下,MDA含量(*b*,后同)从第0天的0.41 μmol·g<sup>-1</sup>上升至第8天的2.87 μmol·g<sup>-1</sup>,增幅达7倍。MDA含量的变化与贮藏温度呈正相关,同一包装材料下,6℃条件下的MDA含量普遍高于2和4℃。相同温度下PE包装膜荷叶离褶伞MDA含

量最低。

2.3.2 还原糖含量 由图 3-B 可知,对照组和处理组在不同温度下的还原糖含量均随贮藏时间的延长呈现逐渐下降趋势,对照组随温度的升高还原糖的降幅呈逐渐增大趋势,而处理组荷叶离褶伞随温度的升高还原糖的降幅较平缓;对照组在 6 °C 条件下,还原糖含量( $w$ ,后同)从第 0 天的  $17.80 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  下降至第 8 天的  $3.93 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,降幅达 77.9%。不同包装材料对还原糖的贮藏效果存在差异,PE 包装的荷叶离褶伞在 2 °C 条件下还原糖含量降幅较小,为

26.2%。由 PVC 和 PMP 贮藏膜包装的荷叶离褶伞还原糖含量降幅相近。

2.3.3 可溶性蛋白含量 由图 3-C 可知,对照组和处理组在不同温度下的可溶性蛋白含量均随贮藏时间的延长呈逐渐下降趋势。对照组在不同温度条件下可溶性蛋白含量下降幅度明显高于处理组,对照组在供试温度条件下可溶性蛋白含量降幅介于 42.8%~43.8%;不同包装材料对荷叶离褶伞贮藏效果存在明显差异,由 PMP 包装 2 和 4 °C 及 PVC 包装 2 °C 条件下贮藏效果较好,可溶性蛋白含量降

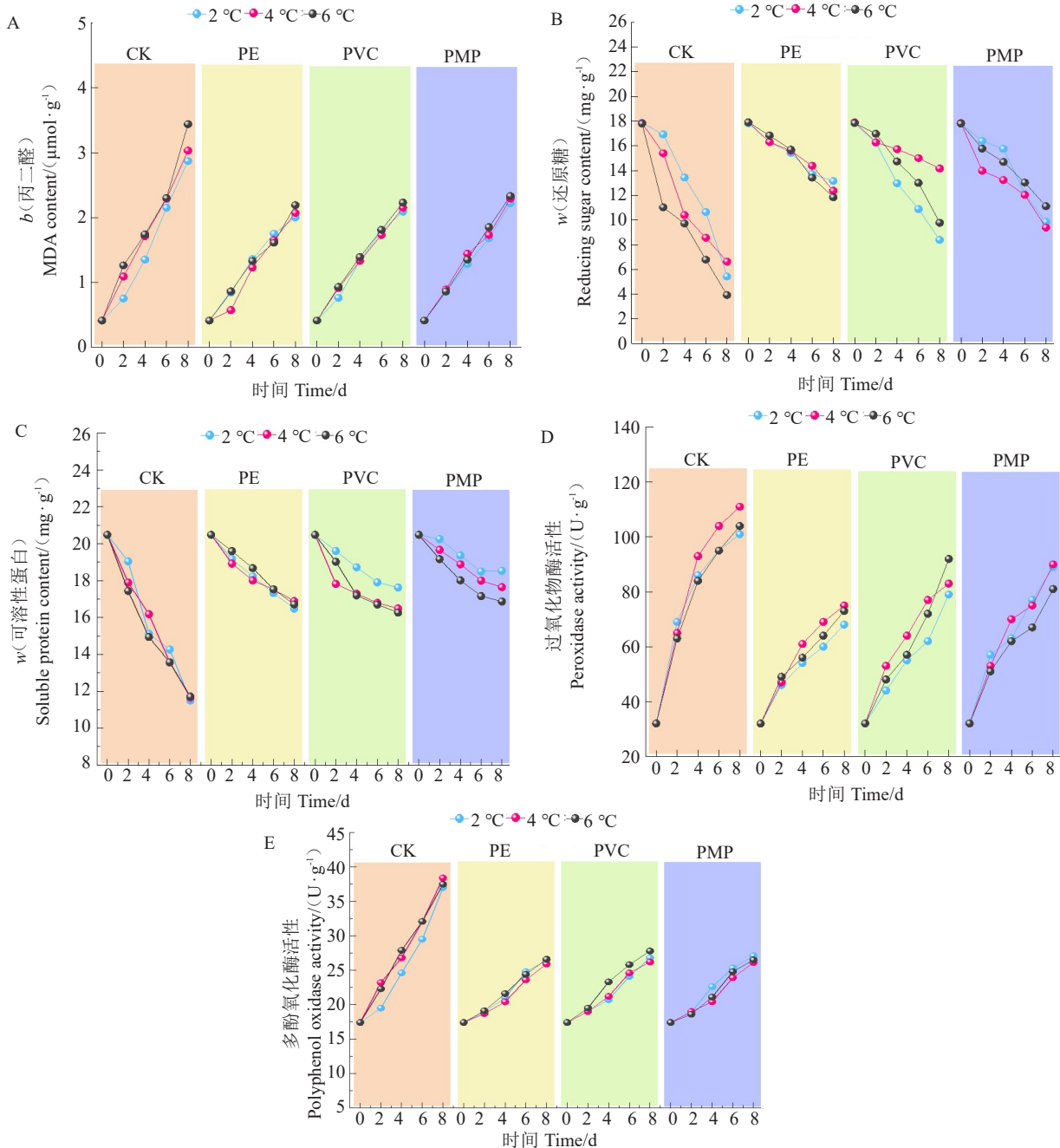


图 3 不同包装材料在不同条件下对荷叶离褶伞生理指标的影响

Fig. 3 Effects of different packaging materials on the physiological index of *Lyophyllum decastes* under different conditions

幅分别为 9.5%和 13.9%和 14.0%;由 PE 包装 4 °C 和 PMP 包装 6 °C 条件下的荷叶离褶伞贮藏效果次之,可溶性蛋白含量降幅分别为 17.5%和 17.6%;PVC 贮藏膜包装 6 °C 条件下的贮藏效果相对较差。

对照组可溶性蛋白含量降幅均超 40%,而处理组可溶性蛋白含量降幅均未超过 20%,对照组贮藏效果较差,PMP 包装 2 和 4 °C 及 PVC 包装 2 °C 条件下效果最好,PE 包装 4 °C 和 PMP 包装 6 °C 条件下效果次之。

2.3.4 过氧化物酶活性 由图 3-D 可知,荷叶离褶伞在不同温度(2、4、6 °C)及不同处理下(CK、PE、PVC、PMP)过氧化物酶活性随贮藏时间的延长而上升,但对对照组的上升速率最快,而处理组的上升趋势较缓。

对照组在 2 °C 条件下过氧化物酶活性为 32~101 U·g<sup>-1</sup>,4 °C 条件下酶活性为 32~111 U·g<sup>-1</sup>,6 °C 条件下酶活性为 32~104 U·g<sup>-1</sup>,4 °C 时酶活性最高;PE 包装的荷叶离褶伞过氧化物酶活性增幅最小,在 2 °C 条件下酶活性为 32~68 U·g<sup>-1</sup>;由 PVC 贮藏膜包装的荷叶离褶伞与 PE 组类似,但供试温度下酶活性后期(6~8 d)高于 PE 组,在 4 °C 条件下第 8 天由 PVC 包装的荷叶离褶伞过氧化物酶活性为 83 U·g<sup>-1</sup>,PE 包装的荷叶离褶伞过氧化物酶活性为 75 U·g<sup>-1</sup>;PMP 包装的荷叶离褶伞酶活性与

PVC 相近。

2.3.5 多酚氧化酶活性 由图 3-E 可知,荷叶离褶伞在不同温度(2、4、6 °C)及不同处理下(CK、PE、PVC、PMP),多酚氧化酶活性均随贮藏时间的延长而上升;但处理组多酚氧化酶活性均低于对照组。

PE 包装的荷叶离褶伞在 4 °C 条件下多酚氧化酶活性增幅为 48.9%,明显低于对照组在 4 °C 条件下的多酚氧化酶活性增幅 120.7%;6 °C 条件下不同包装的荷叶离褶伞多酚氧化酶活性差异不大。

2.4 相关性分析

为进一步探究贮藏期间荷叶离褶伞各指标之间的相关性,对贮藏期间荷叶离褶伞的感官品质、外观品质、生理指标等 3 类指标进行相关性分析。由图 4 可知,贮藏期间荷叶离褶伞的 13 个指标之间的相关性存在差异。在感官品质中,色泽、质地、开伞以及异味之间呈极显著正相关。在外观品质中,菇高和基部直径呈极显著正相关,与失重率、褐变度呈极显著负相关。在生理指标中,还原糖和可溶性蛋白含量呈极显著正相关,与 MDA 呈极显著负相关;POD 活性与 PPO 活性呈极显著正相关。以上结果表明,经不同温度和包装材料进行贮藏处理的 13 个荷叶离褶伞品质指标之间的相关性极为密切和复杂,说明荷叶离褶伞的贮藏指标间的关系存在不同程度的交叉和重叠。

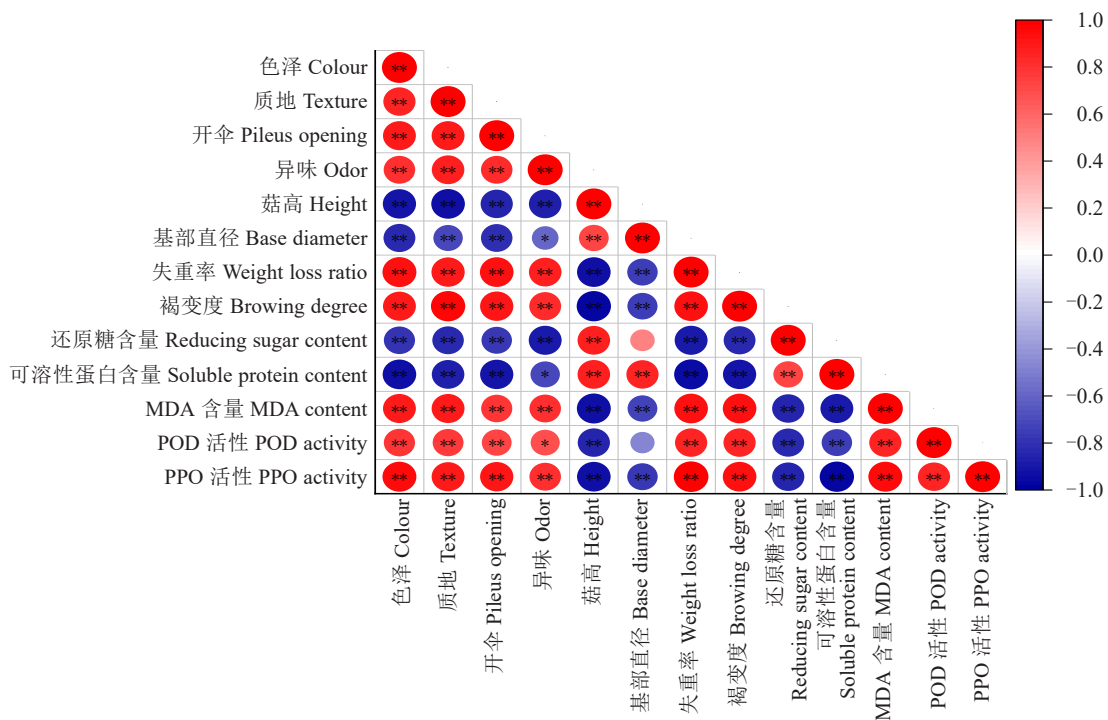


图 4 相关性分析

Fig. 4 Correlation analysis

## 2.5 主成分分析

为了更好地比较不同温度和包装材料处理对荷叶离褶伞贮藏效果的影响,对荷叶离褶伞贮藏过程中的相关指标进行主成分分析。由图5可知,第1、第2主成分贡献率分别为85.9%和5.8%,累计贡献率达到91.7%,可以反映荷叶离褶伞在贮藏过

程中品质的变化情况,符合主成分分析的基本要求。在PC1中,感官品质、失重率、褐变度、MDA含量、POD和PPO活性的贡献最大,与PC1呈正相关,因此PC1主要反映荷叶离褶伞失重、感官评分、酶活性等指标。在PC2中,可溶性蛋白含量和基部直径的贡献最大,与PC2呈高度正相关。

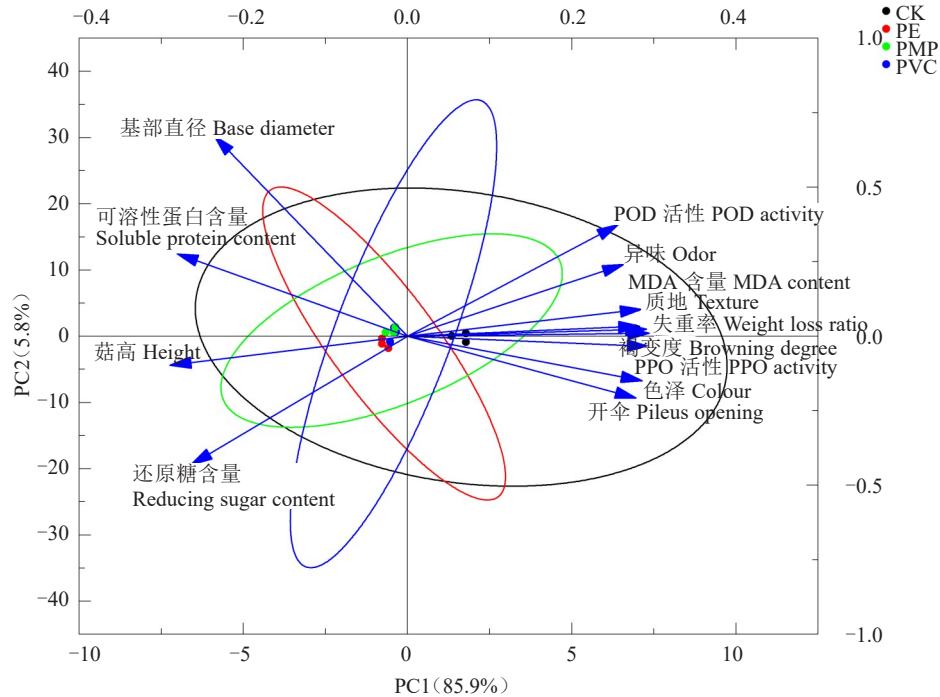


图5 PCA分析

Fig. 5 PCA analysis

## 3 讨论与结论

荷叶离褶伞采后极易发生软化、失水、褐变和可溶性蛋白降解或转化等现象,降低其食用和商品价值<sup>[24]</sup>。

在不同温度条件下,荷叶离褶伞采后由于新陈代谢和自身生命活动需要,随着贮藏时间的延长,其感官品质、外观品质等一系列指标均发生变化<sup>[25]</sup>。通过对感官品质和外观品质分析表明,荷叶离褶伞在4℃条件下感官品质最好,菇高、基部直径、失重率降幅最小,褐变程度最小;在低温条件下(2和4℃)MDA含量较低、还原糖含量较高;可溶性蛋白含量差异不大。因此,低温条件更适合荷叶离褶伞的贮藏。这与刘国花<sup>[26]</sup>在双孢蘑菇货架期模型中的发现一致,温度是影响食用菌贮藏稳定性的关键因素。此外,低温对MDA积累的抑制明显,在2和4℃条件下可有效减轻细胞膜脂过氧化损伤,与张海军<sup>[27]</sup>在杏鲍菇贮藏中提出的低温保护膜完整性的机制相吻合,表明荷叶离褶伞在贮藏过程中细胞膜脂过氧化

程度加剧,MDA作为脂质过氧化的终产物,其积累反映了细胞膜的氧化损伤程度。然而,在6℃条件下MDA含量普遍高于2和4℃,荷叶离褶伞可能与白灵菇一样,对温度较敏感,贮藏温度的适应范围较窄,温度过高会加速自由基生成和微生物活动,需严格控制温度波动<sup>[28]</sup>。细胞膜被破坏后细胞内酚类物质与多酚氧化酶(PPO)接触产生酶促褐变反应,由此产生褐变<sup>[29]</sup>。在本研究中,随着贮藏时间的延长,PPO活性逐渐升高,子实体褐变加剧。过氧化物酶(POD)是食用菌体内主要的抗氧化酶,在食用菌贮藏中发挥着重要的保护作用,主要通过清除活性氧(ROS)和减缓脂质氧化应激反应,从而达到保护细胞结构,减缓衰老的作用<sup>[30]</sup>。随着贮藏温度和贮藏时间的延长,POD活性逐渐升高。

不同包装材料对荷叶离褶伞的贮藏效果显著优于对照组,这与阎瑞香等<sup>[31]</sup>对双孢蘑菇的研究结果一致,即薄膜包装可通过阻隔外界环境、调节微氧环境抑制微生物繁殖与生理代谢,延长货架期。通过对不同包装材料的荷叶离褶伞感官品质进行分析,结果表

明,PMP、PE 包装材料在 6℃下荷叶离褶伞色泽和质地较好,PE 包装材料在 4℃下开伞情况较好且无异味。

荷叶离褶伞的失重率、褐变度、MDA 含量、POD 活性、PPO 活性均随贮藏时间的延长逐渐上升,菇高、基部直径、可溶性蛋白含量、还原糖含量均随贮藏时间的延长逐渐下降,且 4℃条件下综合性状优于其他条件,因此,PE 贮藏膜在 4℃条件下综合贮藏效果最优。感官品质和生理指标间的差异以及不同包装材料的差异可能与包装材料的透性有关。贮藏膜的透性是影响水分和包装内外气体交换的主要因素<sup>[22]</sup>,4、6℃条件下温度更恒定,而 PMP 的高透性能快速平衡包装内外的气体,避免了 CO<sub>2</sub> 的过度积累,因此,此条件下的感官品质更好。但荷叶离褶伞采后生命代谢活动仍然不断消耗其自身的营养物质<sup>[24]</sup>,PMP 包装膜透气性和透湿性均较高,因此,贮藏过程中代谢活动较为旺盛;而 PVC 透气性和透湿性均较低,荷叶离褶伞代谢活动受到抑制,而 PE 透气性中等,因此,其可溶性蛋白和还原性糖含量相对较高,消耗较少。不同包装膜的荷叶离褶伞 POD 活性均呈逐渐升高的趋势,但酶活性均低于对照组,PE 包装组中 POD 活性均低于 PVC 和 PMP 包装组,可能与不同条件下荷叶离褶伞的代谢活动不同有关。

综上所述,PE 贮藏膜包装在 4℃条件下可最大程度维持荷叶离褶伞菇体形态和硬度,使其可以保持较好的品质,这一组合通过双重机制(物理阻隔与代谢抑制)实现贮藏优化。

### 参考文献

- [1] 杨永佳,孔凡,景赛,等.食用菌采后品质变化及物理贮藏技术研究进展[J].包装工程,2024,45(1):139-147.
- [2] 戴玉成,杨祝良.中国药用真菌名录及部分名称的修订[J].菌物学报,2008,27(6):801-824.
- [3] REN Y L, GENG Y, DU Y, et al. Polysaccharide of *Hericium erinaceus* attenuates colitis in C57BL/6 mice via regulation of oxidative stress, inflammation-related signaling pathways and modulating the composition of the gut microbiota[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2018, 57:67-76.
- [4] FERNANDES A, ANTONIO A L, OLIVEIRA M B P P, et al. Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: A review[J]. Food Chemistry, 2012, 135(2):641-650.
- [5] 席亚丽,王治江,王晓琴,等.荷叶离褶伞子实体、菌丝体和发酵液营养成分比较分析[J].食品科学,2010,31(6):155-157.
- [6] UKAWA Y, HISAMATSU M, ITO H. Antitumor effects of (1→3)-β-D-glucan and (1→6)-β-D-glucan purified from newly cultivated mushroom, Hatakeshimeji (*Lyophyllum decastes* Sing.) [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000, 90(1):98-104.
- [7] 贾宁.荷叶离褶伞多糖对小鼠免疫功能影响和抗氧化作用研究[C]//中国畜牧兽医学学会兽医病理学分会,中国病理生理学会动物病理生理专业委员会.中国畜牧兽医学学会兽医病理学分会第十六次学术研讨会,中国病理生理学会动物病理生理专业委员会第十五次学术研讨会论文集.兰州:甘肃农业大学动物医学院,2009.
- [8] PUSHPA H D, PURUSHOTHAMA K B. Antimicrobial activity of *Lyophyllum decastes* an edible wild mushroom[J]. World Journal of Agricultural Sciences, 2010, 6(5):506-509.
- [9] 王晓琴,曹礼,郑秀芳,等.荷叶离褶伞多糖的提取工艺及其抑菌作用的研究[J].中国食品工业,2009(12):51-53.
- [10] 何政宇,彭郁,王坤立,等.速冻方式对杏鲍菇品质特性的影响[J].食品工业,2019,40(7):143-146.
- [11] 张毅航,方东路,仲磊,等.热风干燥和真空冷冻干燥对猴头菇不同部位风味物质的影响[J].食品工业科技,2022,43(8):58-67.
- [12] 韩春然,鲁焱兴,黄赫雁.两种包装材料结合氩气贮藏对香菇品质的影响[J].包装工程,2019,40(11):52-57.
- [13] 张沙沙,周镭,罗晓莉,等.气调贮藏对兰茂牛肝菌采后生理生化及品质的影响[J].中国食用菌,2022,41(6):75-81.
- [14] LYNF H F, MARYAMA Z A, NOR-KHAIZURA M A R, et al. Application of modified atmosphere and active packaging for oyster mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) [J]. Food Packaging and Shelf Life, 2020, 23:100451.
- [15] POGORZELSKA N E, HANULA M, WOJTASIK K I, et al. Packaging in a high O<sub>2</sub> or air atmospheres and in microperforated films effects on quality of button mushrooms stored at room temperature[J]. Agriculture, 2020, 10(10):1-19.
- [16] 石建春,冯翠萍,常明昌,等.不同包装材料对货架期杏鲍菇贮藏品质的影响[J].食品工业,2017,38(5):102-105.
- [17] 杨柳青,郑润敏,王储炎,等.不同包装方式对蓝莓月饼储藏品质的影响[J].贮藏与加工,2021,21(7):17-24.
- [18] 田双,孙菲宇,袁梦晗,等.一种平菇复合保鲜剂的研制及其保鲜效果研究[J].南京师范大学学报(工程技术版),2025,25(1):55-64.
- [19] 贾乐,韩延超,房祥军,等.褪黑素处理对香菇采后品质及活性氧代谢的影响[J].食品科学,2021,42(23):229-236.
- [20] 吴松霞,郝海燕,韩延超,等.基于主成分分析的不同品种茭白品质评价[J].中国食品学报,2019,19(7):241-250.
- [21] 王长文.袋栽银耳栽培关键技术研究[D].福州:福建农林大学,2017.
- [22] 王富民,宫秀荣,高君辉,等.草菇保鲜技术及有关生理变化[J].上海农业学报,1992(3):60-66.
- [23] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
- [24] 刘培培,黄惠芸,周天峰,等.荷叶离褶伞保鲜方法及其贮藏效果[J].菌物学报,2023,42(5):1203-1218.
- [25] 黄颖.MAP 和贮藏温度对香菇采后品质及挥发性风味物质的影响[D].合肥:安徽农业大学,2019.
- [26] 刘国花.双孢蘑菇采后品质变化及货架期预测模型研究[D].天津:天津科技大学,2015.
- [27] 张海军.杏鲍菇采后生理生化变化规律及保鲜方法研究[D].长沙:湖南农业大学,2014.
- [28] 熊巧玲.白灵菇采后生理生化及保鲜技术研究[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [29] 亢瑞琪.气调复合保鲜技术对杏鲍菇和羊肚菌采后品质的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2024.
- [30] 罗卢弟,陆承锐,邓云丹,等.不同保鲜处理对红托竹荪采后贮藏品质的影响[J].北方园艺,2025(13):89-99.
- [31] 阎瑞香,李宁,朱志强,等.不同贮藏膜包装对双孢蘑菇采后贮藏品质影响[J].中国食用菌,2010,29(4):46-48.
- [32] 李学龙,宋莹,刘国丽,等.不同透性包装膜对金针菇主要酶活性及营养成分的影响[J].北方园艺,2023(13):94-102.