

高氧气调包装对金针菇保鲜品质的影响

王洪霞, 张敏

(西南大学, 农业部农产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室(重庆), 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

摘要: 研究了不同气体配比条件对金针菇保鲜效果的影响。分别用 3% O₂+97% N₂, 80% O₂+20% N₂, 80% O₂+10% N₂+10% CO₂, 80% O₂+20% CO₂ 气体配比充气包装金针菇, 空气包装为对照组。评定其水分损失率、呼吸强度、色差、相对电导率、多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)和感官指标等。结果表明, 80% O₂+20% CO₂ 组水分损失、颜色变化最少, PPO 酶活力、呼吸强度最低, POD 酶活力较高, 感官变化最小, 贮藏保鲜效果好。

关键词: 金针菇; 气调包装; 保鲜

中图分类号: TB487; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)09-0018-06

Influence of High Concentration Oxygen Modified Atmosphere Packaging on Flammulina Velutipes Preservation Quality

WANG Hong-xia, ZHANG Min

(Chongqing Engineering Research Center for Special Foods, Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Agro-products on Storage and Preservation (Chongqing), Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: The preservative effect of different gas ratio on fresh-keeping of Flammulina velutipes was studied. Flammulina velutipes were packaged in atmospheres with different oxygen contents, i. e., 3% O₂+97% N₂, 80% O₂+20% N₂, 80% O₂+10% N₂+10% CO₂, 80% O₂+20% CO₂, and air as control group. Water loss, respiratory intensity, color, relative conductivity, polyphenol oxidase (PPO) activity, peroxidase (POD) activity, and sensory index were determined every three days. Results showed that water loss, color change, PPO activity, respiratory intensity, and sensory change were the lowest in package with gas ratio of 80% O₂+20% CO₂; also, the gas ratio of 80% O₂+20% CO₂ treatment can maintain high levels of POD activity and prolong storage period of Flammulina velutipes.

Key words: flammulina velutipes; modified atmosphere packaging; fresh-keeping

金针菇呼吸作用旺盛, 极易开伞、褐变、腐烂, 常温下仅能保存 1~2 d, 其生产、运输和销售因此受到了很大限制^[1]。目前食用菌的保鲜技术主要有冷藏保鲜、速冻保鲜、臭氧(O₃)保鲜、气调保鲜、辐射保鲜、化学保鲜等^[2-5]。气调包装保鲜技术发展迅速^[6-7], 高氧(HOAP)气调包装是近几年发展起来的果蔬采后包装技术之一, 国内外有关 HOAP 在果蔬贮藏保鲜中的应用研究也逐渐增多^[8-11]。1996 年, Day^[12]首次将高氧应用于鲜切果蔬贮藏, 实验发现高氧(大于 70% O₂)能抑制蔬菜的酶促变化, 阻止厌氧

性发酵, 有效抑制微生物生长。陈学红^[13]等人研究表明, 高氧气调可以抑制鲜切莴苣抗氧活性的下降。涂宝军^[14]研究了 4℃下不同体积分数的高氧和高二氧化碳(20%)气调对绿芦笋嫩茎的影响, 发现在 20% CO₂ 比例下高氧 80% O₂ 的保鲜效果更佳。高氧可以降低无氧呼吸, 影响乙烯释放量, 抑制酶促褐变, 也会抑制病原微生物的生长, 有效减少果蔬采后腐烂^[15]。二氧化碳具有抗菌活性, 它在所用混合气体中占很重要的成分, Tian 等人^[16]认为高浓度 CO₂ 处理甜樱桃能减少由病原真菌引起的腐烂。Devlieghere

收稿日期: 2013-03-01

基金项目: 重庆市科技攻关(应用技术研发类重点项目 cstc2012gg-yyjsB80003); 国家级大学生创新创业训练计划(201210635026)

作者简介: 王洪霞(1991-), 女, 西南大学本科生, 主攻食品包装技术。

通讯作者: 张敏(1975-), 男, 硕士, 西南大学副教授, 主要研究方向为食品包装材料及技术。

等人^[17]提出,在调节气体中,微生物生长的抑制作用取决于水中溶解二氧化碳的浓度。Gil 等人^[18]研究也表明,高二氧化碳能减少草莓的腐烂,延长采后货架期。

目前有关高氧包装保鲜金针菇的研究极少,笔者旨在探讨高氧及高二氧化碳对金针菇保鲜效果的影响,以延长其货架期,为金针菇的物流保鲜提供理论依据。

1 实验

1.1 材料及处理

新鲜金针菇(重庆市批发市场市售金针菇,当天采摘,立即运回实验室);CPE(流延聚乙烯)塑料袋(30 cm×30 cm,袋厚约为 30 μm)。

1.2 试剂

邻苯二酚,愈创木酚,PEG(聚乙二醇),PVPP(聚乙烯吡咯烷酮),Triton X-100(聚乙二醇辛基苯基醚),冰醋酸,无水醋酸钠,30% 双氧水,均为分析纯。

1.3 仪器与设备

MAP-500D 气调包装机,上海炬钢机械制造有限公司;UV-2450PC 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;UltraScan[®] PRO 测色仪,美国 HunterLab 公司;1-15 PK SIGMA 冷冻离心机,德国 SIGMA 公司;DDS-11A 数字电导率仪,上海大普仪器有限公司。

1.4 方法

1.4.1 实验设计与分组

选择无虫害,无机械损伤,色泽好,未开伞同一批次的金针菇,称重,取 100 g 金针菇放入托盘并进行气调包装,气体比设置见表 1,空气包装的金针菇为对照

表 1 MAP 气体组成及比例

Tab.1 Gas composition of modified atmosphere packaging

处理组	体积分数/%		
	O ₂	CO ₂	N ₂
MAP1	3	0	97
MAP2	80	0	20
MAP3	80	10	10
MAP4	80	20	0

组 CK,在室温 20 ℃ 下贮藏。每 3 天抽样评定与检测一次。

1.4.2 指标测定

1.4.2.1 水分损失率

金针菇含水量参照 GB 12100《淀粉水解产品含水量测定方法》测定。

$$\text{水分损失率 } I = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

式中: m_1 为入库时金针菇含水量; m_2 为取样时金针菇含水量。

1.4.2.2 呼吸强度测定

碱液吸收法^[19],以每千克香菇每小时释放的 CO₂ 质量表示,即 mg/(kg·h)。

1.4.2.3 菌盖颜色测定

采用色差仪测定^[20]。 $\Delta E = [(L^* - 69)^2 + (a^*)^2 + (b^* - 28.5)^2]^{1/2}$ 。以 ΔE 表示菌盖的整体颜色变化。其中, L^* 表示亮度, a^* 正值表示偏红,负值表示偏绿; b^* 正值表示偏黄,负值表示偏蓝;测定结果与标准颜色($L^* = 69, a^* = 0, b^* = 28.5$)进行比较。

1.4.2.4 相对电导率测定

采用曹建康^[21]的方法用电导仪测定。取 2.0 g 金针菇,加 50 mL H₂O,1 h 后测定电导率 P_1 ,溶液煮沸 5 min,冷却至室温,加水至 50 mL 刻度,测定电导率 P_2 。

$$\text{相对电导率: } I = \frac{P_1}{P_2} \times 100\%$$

1.4.2.5 多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)活性测定

参考朱广廉等人的^[22]方法。酶液提取:2 g 样品,5 mL 0.1 mol/L pH 为 8.7 缓冲液冰浴研磨,于 4 ℃ 下 10 000 r/min 离心 15 min,上清液即为酶提取液。POD 反应体系:0.5 mL 上清液加入 2 mL 0.05 mol/L pH 为 5.4 的缓冲液,再加入 1 mL 质量分数 0.25% 愈创木酚溶液和 0.2 mL 体积分数 0.75% 的 H₂O₂ 溶液,测定反应体系在波长为 470 nm 处的吸光度值。PPO 反应体系:1 mL 上清液中加入 4 mL 0.05 mol/L pH 为 5.4 的缓冲液,再加入 1 mL 50 mmol/L 邻苯二酚,最后加入 1 mL 酶提取液,测定反应体系在波长为 420 nm 处的吸光度值。

1.4.2.6 感官品质

参考肖功年^[23]的方法,根据包装袋表面的冷凝水、外形、色泽、气味、硬度进行打分评定,每项 3 分,满分 15 分,见表 2。每 3 d 评定一次。6 人进行评分,计算平均值。

表 2 感官品质评定标准

Tab.2 Sensory quality standard of Flammulina velutipes

分值	包装袋表面 冷凝水(3分)	外形 (3分)	色泽 (3分)	气味 (3分)	硬度 (3分)
3	无冷凝水	无萎缩、无开裂、表面完整光滑	乳白色,有光泽	正常	弹性好
2	稍有冷凝水	稍萎缩、无开裂、表面较完整光滑	暗乳白色,较有光泽	稍差	弹性较好
1	有部分冷凝水	较萎缩、稍开裂、表面不完整光滑	黄色,尚有光泽	酸臭味	软化
0	大面积水珠	明显萎缩、部分开裂、表面明显不完整光滑、菌盖有的脱落	暗褐色,无光泽	刺鼻气味	严重软化

2 结果与分析

2.1 水分损失率

金针菇含水率高,失水快,其水分损失与呼吸作用及蒸腾作用有密切关系。由图 1 知,水分损失率随

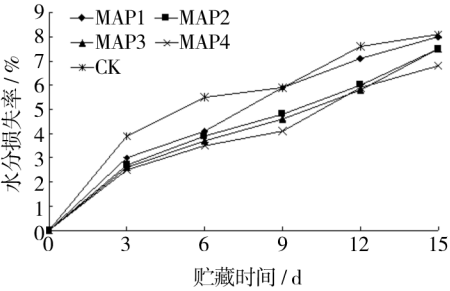


图 1 金针菇贮藏过程中的水分损失率

Fig.1 Water loss of Flammulina velutipes during fresh-keeping storage under different experimental conditions

时间的延长逐渐增大。贮藏前 6 天,CK 组金针菇水分损失率大于其他实验处理组,高氧组 MAP2,MAP3,MAP4 配比的金针菇水分损失率相对较低。贮藏至第 15 天,CK 组水分损失最高,为 8.1%,MAP1 水分损失为 7.9%,高氧气调水分损失相对较少,其中 MAP4 组金针菇水分损失最低,为 6.6%。80% O₂ + 20% CO₂ 能显著抑制金针菇水分损失($P<0.05$)。这说明高氧气调处理在一定程度上能有效地降低金针菇的呼吸速率和蒸腾作用,防止水分散失,这与王成涛等人^[24]的研究基本一致。

2.2 呼吸强度

果蔬采收后仍会进行呼吸作用,它是果蔬生命存在的重要标志^[25],呼吸作用越旺盛,金针菇品质下降越明显,货架寿命就越短。室温下,各组整体呼吸速率变化趋势为:采后金针菇呼吸强度先增加,出现呼

吸峰,后降低。贮藏至第 3 天,CK 组和 MAP1 均出现呼吸峰,分别为 237.6,193.6 mg/(kg·h),其他实验组呼吸速率相对较低。贮藏至第 6 天,MAP2,MAP3,MAP4 出现呼吸峰,最高为 158.8 mg/(kg·h),但呼吸速率仍然较 CK 组(170.6 mg/(kg·h))低。贮藏至第 15 天,CK 组呼吸速率最高,高氧气调组呼吸速率相对较低。其中 MAP4 组能显著抑制金针菇的呼吸作用($P<0.05$)。有研究表明高氧可以抑制苹果的呼吸作用^[26]。

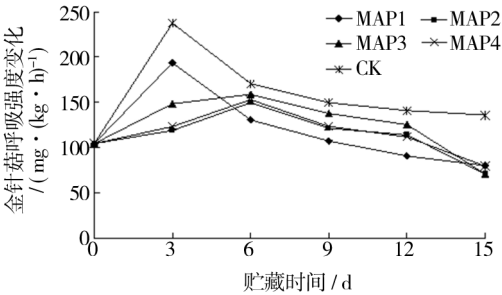


图 2 金针菇贮藏过程中的呼吸强度变化

Fig.2 Change of respiratory intensity of Flammulina velutipes during fresh-keeping storage under different experimental conditions

2.3 菌盖颜色

随着贮藏时间的延长,金针菇颜色逐渐变黄,甚至变成褐色,并出现褐色斑点,最后会变黑色。金针菇色差变化见图 3,同感官观察的结果一致。贮藏第 6 天,各组色差缓慢上升,贮藏至第 15 天时,CK 组和 MAP1 组,色差陡增,菌盖整体为褐色,有较多深褐色斑点。高氧气调组色差变化缓和,其中 MAP4 色差最小,菌盖光滑、有光泽,几乎没有褐色斑点。结果表明高氧气调护色效果较好,可有效抑制颜色变化。Jacxsens 等人^[27]研究也发现高氧能减少或抑制蘑菇、根芹和菊苣的褐变。邓云等人^[28]研究了高氧对葡萄的影响,认为高氧可以保持葡萄组织细胞膜的完整性,

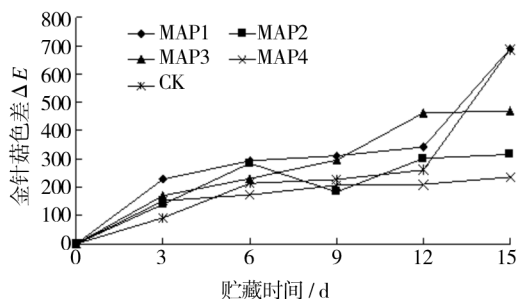


图3 金针菇贮藏过程中的色差变化

Fig. 3 Change of color of *Flammulina velutipes* during fresh-keeping storage under different experimental conditions

让多酚氧化酶和酚类底物接触的机会降低,从而抑制褐变。

2.4 相对电导率

植物细胞膜起调节控制细胞内外物质交换的作用。植物器官衰老时,往往发生膜脂过氧化作用,质膜的选择透性被破坏,细胞内电解质(主要是 K^+)外渗,加速了金针菇的衰老和变质。相对电导率可以反映其膜脂过氧化的程度。

贮藏过程中,各组相对电导率都持续上升,见图4,CK组相对电导率由25.67%上升至47.01%。贮藏

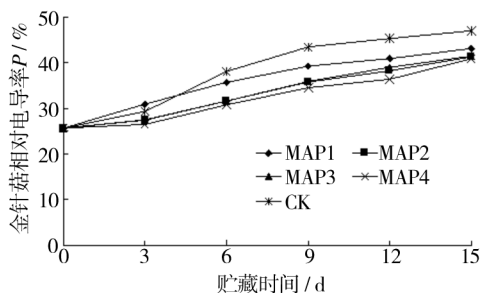


图4 金针菇贮藏过程中相对电导率的变化

Fig. 4 Change of relative conductivity of *Flammulina velutipes* during fresh-keeping storage under different experimental conditions

至第15天时,MAP4组相对电导率最低,为40.86%,表明该种处理可以有效减少细胞膜脂的过氧化,减轻细胞膜的伤害。 $80\% O_2 + 20\% CO_2$ 能显著抑制相对电导率升高($P < 0.05$)。刘战丽等人^[29]用高氧处理双胞蘑菇,也发现高氧可以抑制相对电导率的升高,有效保持细胞膜的稳定性。

2.5 PPO

PPO是引起果蔬褐变的主要酶类^[30],一类含铜的氧化还原酶,它可以催化氧化邻位二元酚和三元酚化合物,导致酶促褐变,产生暗褐色黑色素。因此多

酚氧化酶活性反映了金针菇贮藏保鲜过程中的衰老程度。酶活性高,衰老快,褐变快。

由图5可知,贮藏前3天,各组酶活性均稍增,并

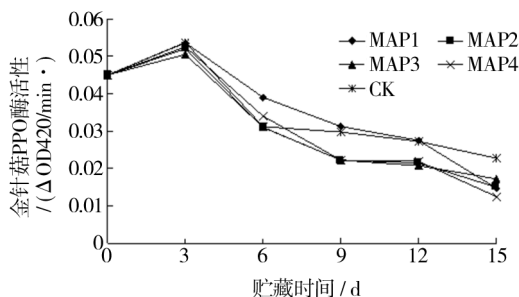


图5 金针菇贮藏过程中PPO活性的变化

Fig. 5 PPO activity of *Flammulina velutipes* during fresh-keeping storage under different experimental conditions

在第3天,酶活性达最大值,随后一直降低。贮藏至15天,各组PPO酶活性降至最低,CK组PPO酶活性最高,褐变衰老快,很快失去商品食用价值。MAP2, MAP3能显著抑制PPO酶活性的升高($P < 0.05$),而MAP4($80\% O_2 + 20\% CO_2$)组能极显著抑制PPO酶活性升高($P < 0.01$),说明高氧气调处理可有效抑制PPO酶的活性上升。Heimdal等人^[31]研究也表明, $80\% O_2 + 20\% CO_2$ 可以显著抑制鲜切莴苣中PPO酶活性。

2.6 POD

POD是氧自由基的清除剂,可以催化 H_2O_2 变成 H_2O ^[32],从而降低其对膜的伤害作用,是防止膜脂过氧化的主要酶,其活性的大小可以反映细胞内氧自由基的多少。

贮藏期间,POD酶活呈下降趋势(见图6)。贮藏

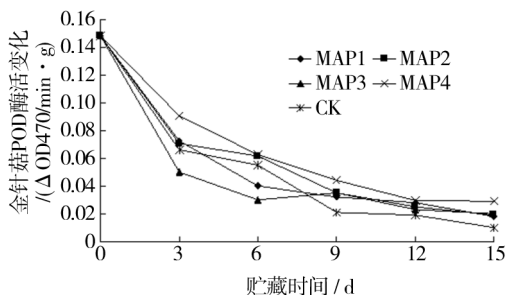


图6 金针菇贮藏过程中POD活性的变化

Fig. 6 POD activity of *Flammulina velutipes* during fresh-keeping storage under different experimental conditions

至第3天,各组POD酶活迅速下降,随后下降趋势比较缓和。贮藏至第15天,CK组POD酶活性最低,

MAP4 酶活是对照组的 2.9 倍,相对于其他实验组,MAP4 可以维持较高 POD 活性,金针菇的品质较好。

2.7 感官品质

贮藏期间金针菇的感官评分见图 7,贮藏至第 6

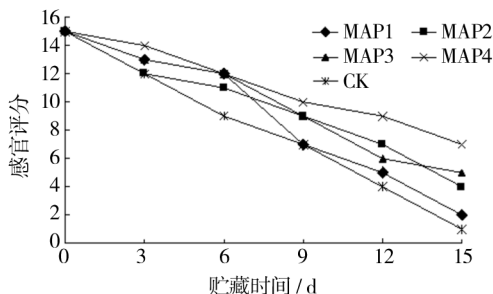


图 7 金针菇贮藏过程中感官评分的变化

Fig. 7 Sensory score change of Flammulina velutipes during fresh-keeping storage under different experimental conditions

天,对照组品质明显下降,冷凝水增多,部分菌盖菌柄褐变,气调组相差不大,感官品质无明显变化。随着时间延长,金针菇菌柄伸长,菌盖张大,菌盖出现斑点且颜色逐渐变深,黏性增加,菌柄菌盖变软。贮藏至 12 天时,CK 组金针菇大部分腐烂。贮藏至第 15 天,CK 组金针菇色泽最差,有深褐色斑点,菌盖开裂有脱落,菌盖菌柄几乎为褐色,软化腐烂严重,有刺鼻气味,完全失去商品食用价值。MAP1 菌盖有深褐色斑点,菌柄伸长,有酸臭味。MAP2, MAP3, MAP4 实验组,光泽度高,未出现明显褐色。其中 MAP4 组,感官品质最好,色泽好,菌盖完整光滑,菌柄硬度较好,能较好地保持香菇的商品食用价值。

3 结论

在室温 20 ℃ 下,由于呼吸作用和蒸腾作用旺盛,CK 组金针菇贮藏期间酶活性高,失水、褐变快,迅速老化变质,从而腐败。相比高氧气调组而言,低氧气调组金针菇会进行无氧酵解过程,其积累的乙醛、乙醇会对金针菇本身产生毒害,影响金针菇食用风味及其安全,且水分损失较大,菌盖褐变快,贮藏至第 15 天,已经完全失去商业食用价值。高氧气调有效地抑制了金针菇 PPO 酶的活力,推迟呼吸峰,抑制呼吸速率、水分散失及色差变化,从而抑制金针菇的衰老进程。贮藏至 15 天时,仍有较好的商品品质。

高氧气调包装中,80% O₂+20% CO₂ 气体配比组

可有效抑制采后金针菇的呼吸作用,水分损失最少,减小金针菇颜色的变化,保持较好的品质特征,感官评分最高;同时抑制细胞膜透性增加,抑制 PPO 酶活性,维持较高的 POD 酶活性,延缓褐变衰老,延长贮藏期。

参考文献:

- [1] 陈蔚辉,刘伟玉,张福平. 套袋包装对采后金针菇耐藏性的影响[J]. 中国食用菌,2004(4):57-58.
CHEN Wei-hui, LIU Wei-yu, ZHANG Fu-ping. Effects of Packaging on Storability of Postharvest Flammulina velutipes [J]. Edible Fungi of China, 2004(4):57-58.
- [2] TAO Fei, ZHANG Min, HANG Q Y. Effects of Different Storage Conditions on Chemical and Physical Properties of white Mushrooms after Vacuum Cooling [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77:545-549.
- [3] 朱东红,王昊. 草菇气调保鲜包装研究[J]. 包装工程, 1999, 20(1):23-25.
ZHU Dong-hong, WANG Hao. Research of the CAP Technology for Keeping fresh of Mushroom [J]. Packaging Engineering, 1999, 20(1):23-25.
- [4] OMS-OLIU G, RAYBAUDI-MASSILIA R M. Effect of Super Atmospheric and Low Oxygen Modified Atmospheres on Shelf-life Extension of Fresh-cut Melon [J]. Food Control, 2008, 19:191-199.
- [5] CHARLES F, SANCHEZ J, GONTARD N. Absorption Kinetics of Oxygen and Carbon Dioxide Scavengers as Part of Active Modified Atmosphere Packaging [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72:1-7.
- [6] 周晓庆,胡蓉,邹凯,等. MAP 技术在新鲜食用菌包装保鲜中的研究进展[J]. 包装工程, 2010, 31(15):117-121.
ZHOU Xiao-qing, HU Rong, ZOU Kai, et al. Research Progress of MAP Technology on Fresh-keeping Packaging of Fresh Edible Fungi [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(15):117-121.
- [7] 朱东红,陈宁,夏艳. 食用菌保鲜包装呼吸动态平衡方程的研究[J]. 包装工程, 2005, 26(6):19-21.
ZHU Dong-hong, CHE Ning, XIA Yan. Research on Respiration Kinetic Equation of Mushroom Fresh-keeping Packaging [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(6):19-21.
- [8] CHARLES F, SANCHEZ J, GONTARD N. Absorption Kinetics of Oxygen and Carbon Dioxide Scavengers as Part of Active Modified Atmosphere Packaging [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72:1-7.
- [9] WICKLUND R A, PAULSON D D, TUCKER E M. Effect of

- Carbon Monoxide and High Oxygen Modified Atmosphere Packaging and Phos-phate Enhanced, Case-ready Pork Chops[J]. Meat Science, 2006, 74: 704-709.
- [10] VICTOR H E, BERT E V. Changes in Respiration of Fresh-cut Butter Head Lettuce under Controlled Atmospheres Using Low and Super Atmospheric Oxygen Conditions with Different Carbon Dioxide Levels[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 39: 48-55.
- [11] WICKLUND R A, PAULSON D D, TUCKER E M. Effect of Carbon Monoxide and High Oxygen Modified Atmosphere Packaging and Phos-phate Enhanced Case - ready Pork Chops[J]. Meat Science, 2006, 74: 704-709.
- [12] DAY B P F. High Oxygen Modified Atmosphere Packaging for Fresh Prepared Produce[J]. Postharvest News Inform, 1996, 7(3): 31N-34N.
- [13] 陈学红, 秦卫东, 马利华, 等. 高氧气调包装对鲜切莴苣抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 313-317.
- CHEN Xue-hong, QIN Wei-dong, MA Li-hua, et al. Effect of High Oxygen Modified Atmosphere Packaging on Antioxidant Activities in Fresh-cut Lettuce[J]. Food Science, 2011, 32(8): 313-317.
- [14] 涂宝军. 高氧和高二氧化碳处理对绿芦笋采后衰老的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 305-309.
- TU Bao-jun. Effect of High Oxygen and High Carbon Dioxide Atmosphere Treatment on Senescence of Postharvest Green Asparagus[J]. Food Science, 2011, 32(2): 305-309.
- [15] LU C W, Toivonen P M. Effect of 1 and 100 kPa O₂ Atmospheric Pretreatments of Whole Spartan Apples on Subsequent Quality and Shelf Life of Slices Stored in Modified Atmosphere Packages[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000(18): 99-107.
- [16] TIAN S P, FAN Q, XU Y, et al. Evaluation the Use of High CO₂ Concentrations and Cold Storage to Control of Monilinia Fructicola on Sweet Cherries[J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, (22): 53-60.
- [17] DEVLIEGHERE F, DEBEVERE J, VAN IMPE J. Concentration of Carbon Dioxide in the Water-phase as a Parameter to Model the Effect of a Modified Atmosphere on Microorganisms[J]. International Journal of Food Microbiology, 1998, 43: 105-113.
- [18] GIL M I, HOLCROFT D M, KADER A A. Changes in Strawberry Anthocyanins in Response to Carbon Dioxide Treatments[J]. J Agric Food Chem, 1997, 45(5): 1662-7.
- [19] 南京大学. 无机及分析化学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- Nanjing University. Inorganic and Analytical Chemistry Experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [20] ARES G, PARENTELLI C, G AMBARO A, et al. Sensory Shelf Life of Shiitake Mushrooms Stored under Passive Modified Atmosphere[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006(4): 191-197.
- [21] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅, 等. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei, et al. Experience Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [22] 朱广廉, 钟海文. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 5.
- ZHU Guang-lian, ZHONG Hui-wen. Plant Physiology Experiment[M]. Beijing: Beijing University Press, 1990: 5.
- [23] 肖功年, 张敏, 彭建, 等. 平菇气调包装保鲜[J]. 无锡轻工大学学报, 2002, 21(6): 592-596.
- XIAO Gong-nian, ZHANG Min, PENG Jian, et al. Study on Modified Atmosphere Package of Fresh Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) [J]. Journal of Wuxi University of Light Industry, 2002, 21(6): 592-596.
- [24] 王成涛, 王昌涛, 刘柳, 等. 不同氧分压对金针菇贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 385-389.
- WANG Cheng-tao, WANG Chang-tao, LIU Liu, et al. Effect of Oxygen Pressure on Fresh-keeping of Needle Mushroom[J]. Food Science, 2010, 31(18): 385-389.
- [25] CLIFFE-BYRNES V, O BEIRNE D. Effects of Gas Atmosphere and Temperature on the Respiration Rates of Whole and Sliced Mushrooms (*Agaricus Bisporus*) - Implications for Film Permeability in Modified Atmosphere Packages[J]. Food Science, 2007, 72: 197-204.
- [26] SOLOMAS T, WHITAKER B, LU C. Deleterious Effects of Pure Oxygen on 'Gala' and 'GrannySmith' Apples[J]. Hort-Science, 1997, 32: 458.
- [27] JACXSENS L, DEVLIEGHERE F, VAN DER STEEN C, et al. Effect of High Oxygen Modified Atmosphere Packaging on Microbial Growth and Sensorial Qualities of Fresh-cut Produce[J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 71: 197-210.
- [28] DENG Y, WU Y, LI Y F, et al. Studies of Postharvest Berry Abscission of 'Kyoho' Table Grapes during Cold Storage and High Oxygen Atmospheres[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43: 95-101.

4 结语

在设计过程中通过计算分析,使凸轮与不完全齿轮机构谐调运动实现砖块分离,通过改变不完全齿轮的齿数实现不同厚度瓷砖的分离要求,在瓷砖包装线上有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 陈勇亮,张国全.全自动瓷砖包装机翻砖机理研究[J].包装学报,2009(1):49-52.
CHEN Yong-liang, ZHANG Guo-quan. Research on Overturning Tile Mechanism of Automatic Ceramic Tile Packaging Machine[J]. Packaging Journal, 2009(1):49-52.
- [2] 王北海.瓷砖包装线自动翻砖机构设计[J].包装工程,2009,30(11):53-55.

- WANG Bei-hai. Development of Ceramic Tile Auto-turning Machine[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(11):53-55.
- [3] 俞高红,陈志威,叶秉良,等.一种新型非匀速间歇机构的研究[J].中国机械工程,2012,23(23):2779-2787.
YU Gao-hong, CHEN Zhi-wei, YE Bing-liang, et al. Study on a New Non-uniform and Intermittent Mechanism[J]. China Mechanical Engineering, 2012, 23(23):2779-2787.
- [4] 郑文纬,吴克坚.机械原理[M].北京:高等教育出版社,1996.
ZHENG Wen-wei, WU Ke-jian. Theory of Machines[M]. Beijing: Higher Education Press, 1996.
- [5] 徐智跃.组合式不完全齿轮传动机构的设计及应用[J].机械设计与制造,2012(11):86-88.
XU Zhi-yue. Design and Application of Modular Non-Circular Gear Transmission Mechanism[J]. Machinery Design & Manufacture, 2012(11):86-88.

(上接第9页)

- WANG Ying, ZHAO Zhen, SONG Wei. Design of Virtual Ceramic Product Based on VR Technology[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(12):209-211.
- [5] 胡其立,杜宝江,吴恩启,等.虚拟培训中的虚实联动技术[J].计算机应用,2011,31(增刊2):195-196.
HU Qi-li, DU Bao-jiang, WU En-qi, et al. Linkage of Virtual Reality in Virtual Training[J]. Journal of Computer Applications, 2011, 31(Suppl. 2):195-196.
- [6] 牛丽,王勤宏,丁海波.虚拟PLC仿真系统的开发与应用[J].机床与液压,2008,36(8):160-162.
NIU Li, WANG Qin-hong, DING Hai-bo. Development and Application of Virtual PLC Simulation System[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2008, 36(8):160-162.

- [7] 上海西重所重型机械成套有限公司.一种喷印机械装置:中国,200920072235.6[P].2010-02-03.
Registered in Shanghai by Xi'an Heavy Machinery Research Institute. A Spray Printing Machinery: China, 200920072235.6[P].2010-02-03.
- [8] 赵千川,王达,薛文轩.PLC程序测试与验证的研究进展[J].清华大学学报(自然科学版),2011,51(11):1527-1533.
ZHAO Qian-chuan, WANG Da, XUE Wen-xuan. Testing and Validation of Programmable Logic Controller Programs[J]. J Tsing Univ (Sci & Tech), 2011, 51(11):1527-1533.

(上接第23页)

- [29] 刘战丽,王相友,朱继英,等.高氧气调贮藏下双孢蘑菇品质和抗性物质变化[J].农业工程学报,2010,26(5):361-366.
LIU Zhan-li, WANG Xiang-you, ZHU Ji-ying, et al. Effects of High Oxygen Atmosphere on Quality and Resistant Substance of Mushroom[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(5):361-366.
- [30] DING C K, CHACHIN K, UEDA Y, et al. Changes in Polyphenol Concentrations and Polyphenol Oxidase Activity of Loquat Fruits in Relation to Browning[J]. J Japan Soc Hort Sci, 1998, 67(3):360-366.

- [31] HEIMDAL H, KUHN B F, POLL L. Biochemical Changes and Sensory Quality of Shredded and MA-packaged Iceberg Lettuce[J]. Food Science, 1995, 60:1265-1268.
- [32] 吴炫柯,李永健,李杨瑞.不同木薯品种生长后期衰老生理特性研究[J].中国农学通报,2006,22(11):182-184.
WU Xuan-ke, LI Yong-jian, LI Yang-rui. Study on Physiology Characters of Senescence in Different Cassava Varieties[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(11):182-184.