

食品包装安全研究

涂膜处理对氩气气调包装的鲜切香菇品质的影响

赵春霞, 胡蓉, 冯丽萍, 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: 采用海藻酸钠和壳聚糖涂膜处理并结合氩气气调, 对鲜切香菇进行包装, 检测了鲜切香菇在贮藏中的呼吸强度、失重率、硬度、白度、PPO 活性以及感官评定等指标, 研究了不同配比复合液对鲜切香菇贮藏保鲜效果的影响。结果表明, 0.5% 壳聚糖+1.5% 海藻酸钠处理组, 能有效地抑制鲜切香菇的呼吸速率和失重率, 并维持最高的硬度值, 且在贮藏后期, 其白度值明显高于其他处理组, 更易让消费者接受。

关键词: 鲜切香菇; 海藻酸钠; 壳聚糖; 涂膜; 氩气气调包装

中图分类号: TS485.2; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)05-0014-06

Effect of Coating on Quality of Fresh-cut Lentinus Edodes with Argon MAP

ZHAO Chun-xia, HU Rong, FENG Li-ping, ZHANG Min

(Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Argo-products on Storage and Preservation(Chongqing) of the Ministry of Agriculture, Chongqing Special Food Programme and Technology Research Centre, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Fresh-cut lentinus edodes were coated with mixed solutions containing different concentrations of sodium alginate and chitosan, and then packaged with argon MAP. The effects of sodium alginate and chitosan concentration on the qualities of fresh-cut lentinus edodes were studied by measuring the respiration rate, weight loss rate, hardness, whiteness, PPO, and sensory evaluation. Results indicated that the 0.5% chitosan +1.5% sodium alginate can inhibit effectively the respiration rate and weight loss rate of fresh-cut lentinus edodes; it can also maintain the highest hardness value; and in the later storage period, the whiteness value is significantly higher than other treatment groups, so it is more acceptable for consumer.

Key words: fresh-cut lentinus edodes; sodium alginate; chitosan; coating; argon MAP

香菇味道鲜美, 含有多种氨基酸、维生素和矿物质^[1], 同时具有较好的抗氧化活性和丰富的膳食纤维^[2], 是一种人们非常喜爱的营养食品。然而由于香菇鲜切造成了一定程度的机械损伤, 细胞呼吸作用加快, 失水率增加, 酶促褐变加剧^[3], 导致香菇品质下降, 商业价值降低。

气调包装是一种常用的果蔬保鲜技术^[4-5], 而将氩气(Ar)用于果蔬气调保鲜包装是近年来果蔬贮藏的一种有效方法^[6-7]。单一的气调包装容易使果蔬

脱水, 在膜内壁形成凝结水, 容易滋生细菌。而涂膜可以减少鲜切果蔬的水分散失, 抑制呼吸作用, 阻止微生物的入侵和酶促褐变, 改善产品的外观品质, 从而达到保鲜效果^[8]。海藻酸钠(SA)是从海带、菌类和藻类植物中提取的一种多糖类化合物, 具有分散性、成膜性、保湿性和抗菌性等优点, 广泛用于果蔬、水产、肉类的包装。Olivas 等人^[9]用海藻酸钠与氯化钙涂膜 GALA 苹果, 显著减缓了其硬度的降低和褐变的发生。刘嘉俊^[10]研究了不同浓度的海藻酸钠对芒

收稿日期: 2013-01-09

基金项目: 重庆市科技攻关(应用技术研发类重点项目 cstc2012gg-yyjsB80003)

作者简介: 赵春霞(1989-), 女, 山东人, 西南大学硕士生, 主攻食品包装材料及技术。

通讯作者: 张敏(1975-), 男, 湖南人, 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。

果的保鲜效果,结果表明2%的海藻酸钠能有效减少其失重率,延长货架期。而壳聚糖(CS)是从虾蟹的甲壳中提取的一种氨基类多糖,具有良好的成膜性、极强的杀菌性和生物相容性^[11]。Moreira 等人^[12]研究了壳聚糖对鲜切绿花椰菜保鲜品质的影响,结果表明,壳聚糖能有效抑制细菌的生长,提高其感官品质。

实验结合氩气气调包装,采用壳聚糖和海藻酸钠复合液涂覆于鲜切香菇上,以呼吸强度、失重率、硬度、白度、PPO 活性和感官评定作为评定指标,研究不同配比的复合液对氩气气调包装的鲜切香菇品质的影响。

1 实验

1.1 材料与试剂

新鲜香菇,购于北碚天生农贸市场,选择同批采收香菇,要求菇体成熟度、颜色和菇体大小基本均匀一致。海藻酸钠(分析纯)、壳聚糖,重庆川东化工集团有限公司。

1.2 仪器与设备

MAP-500D 型气调包装机,上海炬钢机械制造有限公司;TA.XT2i 型物性测定仪,英国 Stable Micro Systems 公司;UltraScan[®] PRO 型测色仪,美国 HunterLab 公司。

1.3 方法

1.3.1 涂膜复合液的制备

将海藻酸钠(2% w/v)溶于蒸馏水,并于 70 ℃ 水中搅拌溶解,同时加入 2% 的甘油和 0.025% 的葵花油,直至溶液变清;然后取壳聚糖(2% w/v)在醋酸中完全溶解,配成不同浓度的复合液:A,2% 壳聚糖;B 1.5% 壳聚糖+0.5% 海藻酸钠;C 1% 壳聚糖+1% 海藻酸钠;D 0.5% 壳聚糖+1.5% 海藻酸钠;E 2% 海藻酸钠;CK 为对照组。混合均匀后贴上标签备用。

1.3.2 样品处理

香菇用清水冲洗后,在 200 μL/L 的次氯酸钠溶液中浸泡 2 min,用蒸馏水漂洗 2 次,自然晾干。用消毒过的不锈钢刀将香菇均匀切成约 4 mm 厚的片状,放入复合液中浸 1 min,冷风风干后放入托盘用 30 μ 的 PE 袋包装,每组的 25 g 样品。以 80% Ar/10% CO₂/10% O₂ 进行气调包装,于 23 ℃ 下保存。对照组 CK 无涂膜处理。每天测定一次指标。

1.3.3 呼吸强度的测定

参照 LI 等人^[13]的方法,吸取 0.4 mol/L 的 NaOH

共 10 mL 于培养皿中,放于干燥器底部,放入隔板,装入待测香菇 25 g 左右,密闭 0.5 h 后将培养皿中的碱液移入三角瓶(冲洗 3~4 次),加入 5 mL 饱和 BaCl₂ 溶液和 2 滴酚酞指示剂,再用 0.2 mol/L 的草酸标准溶液滴定;以同样的方法做空白滴定。呼吸强度以每小时每千克果蔬释放的 CO₂ 的质量表示。

1.3.4 失重率的测定

参照 Conte 等人^[14]方法,失重率 = $(w_0 - w_1) / w_0 \times 100\%$ (w_0 为原始质量, w_1 为测得质量)。

1.3.5 硬度的测定

参照 Grau 等人^[15]的方法,采用 TA.XT2i 型物性测力仪测定。测试模式:挤压;测前、测中及测后均为 5 mm/s,选取直径 5 mm 不锈钢探头,下压距离为 50%;触发力为 5.0 g。重复 8 次取平均值。

1.3.6 白度的测定

参照 JAWORSKA 等人^[16]的方法,采用 UltraScan[®] PRO 测色计测量香菇切面的白度值。用 L^* 表示。 $L^* = 0$ 为黑色, $L^* = 100$ 为白色。 L^* 值越大,表示颜色越白。

1.3.7 PPO 活性的测定

参照 Jiang^[17]的方法。称取 5.0 g 待测样品,置于研钵中,加入 5.0 mL 提取缓冲液,在冰浴条件下研磨成浆,于 4 ℃ 下 12 000×g 离心 30 min,收集上清液即为酶提取液。往试管中加入 4.0 mL 浓度为 0.1 mol/L, pH = 5.5 的乙酸-乙酸钠缓冲液和 1.0 mL 的 50 mmol/L 邻苯二酚溶液和 100 μL 酶提取液。在反应 15 s 时,记反应体系在波长 420 nm 处吸光度值为初始值,每隔 1 min 记录一次,获取 6 个点的数据,重复 3 次。制作 OD₄₂₀ 值随时间变化的曲线。

以每克鲜切香菇每分钟吸光度变化值增加 0.01 为一个活性单位,单位是 $\Delta OD_{420} / (\text{min} \cdot \text{g})$ 。计算公式为:

$$U = 100 \times (\Delta OD_{420} \times V) / (V_s \times m)$$

式中: V 为样品提取液总体积(mL); V_s 为测定时所取样品提取液体积(mL); m 为样品质量(g)。

1.3.8 感官评定

由 6 人组成评定小组,参照 Massilia 等人^[18]方法,对鲜切香菇的气味、色泽、霉变情况及其组织形态进行感官评价,消费者可接受度按 9 点评分法进行打分:9 = 极好,8 = 很好,7 = 好,6 = 次好,5 = 一般,4 = 一般以下,3 = 差,2 = 较差,1 = 极差,实验取 5 分以上(包含 5 分)为消费者可接受。

1.3.9 数据分析

采用 SPSS 13.0 对数据进行显著性检测。

2 结果与分析

2.1 呼吸强度的变化

各处理组对鲜切香菇呼吸强度的影响见图 1。

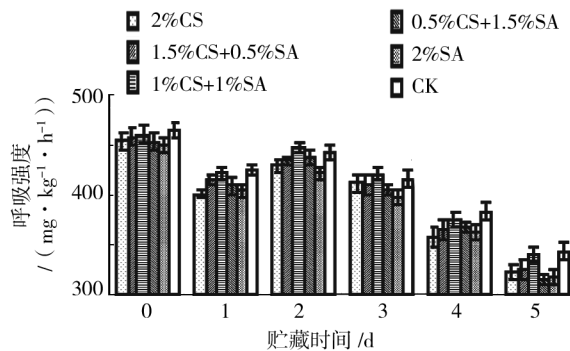


图 1 涂膜预处理结合氩气 MAP 对鲜切香菇呼吸强度的影响

Fig. 1 Effect of coating pretreatment combined with argon MAP on the firmness of the sliced *Lentinus edodes*

在贮藏期,各组的变化趋势一致。由于鲜切导致组织结构破坏,因此初始的呼吸强度较高,需要增强呼吸强度来修复组织损伤^[19]。在第 1 天,各处理组呼吸强度有不同程度的下降,可能是在高浓度氩气气调包装中,氩气透过复合膜后与鲜切香菇表面的水接触,形成“笼型”化合物,限制了水和与呼吸有关酶的活性,从而抑制了呼吸作用^[20]。在第 2 天,各处理组达到呼吸高峰。其中,2% SA 的呼吸强度最低,与 2% CS 处理组差异性不显著($P>0.05$),这是由于壳聚糖和海藻酸钠都具有良好的成膜性,能在香菇表面形成一层薄膜,该膜具有选择透过性,形成一个低 O_2 高 CO_2 的微环境,抑制呼吸作用^[21]。而对比组与其他 3 组差异性不显著($P>0.05$),其中 1.5% CS+0.5% SA, 0.5% CS+1.5% SA 处理组的峰值对比比组的略低。这可能是由于海藻酸钠的羧基和壳聚糖中的一 NH_3^+ 发生静电相互作用,形成聚电解质复合物^[22],这种复合物对水溶性小分子有高透过性^[23]。而在高浓度氩气气调包装中,氩气的溶解度比氧气的大,在包装体系中以氩气为主导。所以 1% CS+1% SA 处理组与对比组无明显差异,而 1.5% CS+0.5% SA, 0.5% CS+1.5% SA 处理组因其阴阳离子中和度不完全,所以呼吸峰值比对照组低。在第 5 天,对比组与 0.5% CS+

1.5% SA 处理组差异性显著($P<0.05$),且其呼吸强度最低。从整个贮藏期来看,壳聚糖和海藻酸钠涂膜处理能有效抑制鲜切香菇的呼吸强度。这与祝美云等人^[24]采用海藻酸钠和壳聚糖的复合涂膜液处理猕猴桃,显著抑制了猕猴桃呼吸速率的结论相同。

2.2 失重率的变化

各处理组对鲜切香菇硬度的影响见图 2。随着

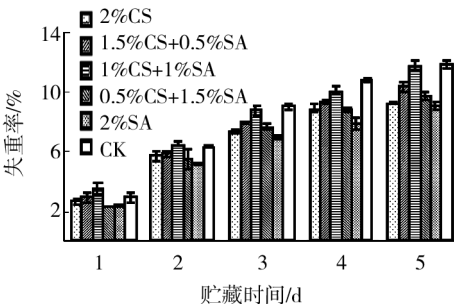


图 2 涂膜预处理结合氩气 MAP 对鲜切香菇失重率的影响

Fig. 2 Effect of coating pretreatment combined with argon MAP on the weight loss of the sliced *Lentinus edodes*

时间的增长,失重率逐渐增大。鲜切香菇的失重主要由呼吸作用消耗细胞内的干物质和蒸腾作用丧失水分引起^[25-26]。从第 3 天开始,2% SA, 0.5% CS+1.5% SA, 1.5% CS+0.5% SA, 2% CS 处理组增长趋势逐渐变缓,这可能由于鲜切香菇呼吸强度在第 3 天后开始下降(见图 1),细胞内代谢减缓,多糖分解速率降低,导致失重率增长变缓。在第 5 天,对比组与 2% CS, 1.5% CS+0.5% SA, 0.5% CS+1.5% SA, 2% SA 壳聚糖处理组差异性极显著($P<0.01$),且 2% SA 处理组失重率最低。这是因为海藻酸钠和壳聚糖具有很强的保水性能。海藻酸钠分子上的羧基负电荷相互排斥,使分子空间加大,同时由于亲水基团的作用,使其对水分子有很强的吸附作用^[21]。这样减缓了水分子的流失,减少了质量损失。Tapia 等人^[19]研究表明,将海藻酸钠涂膜包裹鲜切木瓜,有效增加了薄膜对水蒸气的阻隔性。所以与对比组相比,2% SA, 0.5% CS+1.5% SA, 1.5% CS+0.5% SA, 2% CS 处理组涂膜处理有效抑制了鲜切香菇的失重。

而对比组与 1% CS+1% SA 处理组在第 5 天差异性不显著($P>0.05$)。可能原因是 1% CS+1% SA 处理组因形成聚电解质复合物,使其对水有很强的通过性,但不溶于水^[23],所以 1% 壳聚糖+1% 海藻酸钠处理组对失重率的影响不明显。总的来说,2% SA, 0.5% CS+1.5% SA, 1.5% CS+0.5% SA, 2% CS 处理组

能有效抑制鲜切香菇的失重,其中 2% SA 处理组效果最好。这与 Oms-Oliu 等人^[27]用 2% 的海藻酸钠作鲜切梨和鲜切甜瓜的涂膜材料,增加了水蒸气的阻隔性,而降低了鲜切产品的脱水现象的结果相似。

2.3 硬度的变化

果蔬变软主要是由于细胞壁中果胶的水解和细胞不断的失水^[28]。此外,微生物侵染也会破坏香菇的细胞结构和液泡,导致细胞萎缩,硬度下降^[29]。由图 3 可知,各处理组在贮藏期间硬度呈下降趋势。在

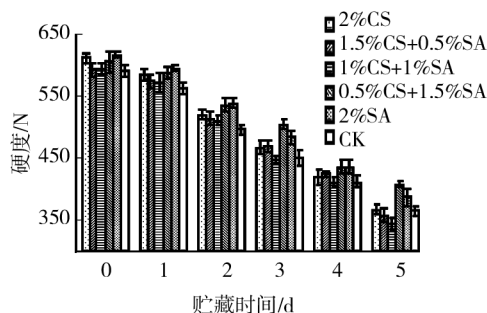


图 3 涂膜预处理结合氩气 MAP 对鲜切香菇硬度的影响

Fig. 3 Effect of coating pretreatment combined with argon MAP on the firmness of the sliced *Lentinus edodes*

前 3 天,2% SA 处理组的硬度值最高,但在第 3 天以后,0.5% CS+1.5% SA 处理组比 2% SA 处理组硬度值稍高,并在第 5 天差异性显著 ($P < 0.05$)。可能是由于 2% SA 处理组发生霉变(见表 1),有细菌侵染,影响了香菇细胞组织结构,从而使硬度值比 0.5% CS+1.5% SA 处理组低。对比组与 1% CS+1% SA 处理组在第 5 天硬度最低,这可能是由于在贮藏期间失水率最高(见图 2),导致香菇细胞质内液泡的萎缩,硬度下降。而 1.5% CS+0.5% SA,2% CS 处理组在贮藏期与对比组差异性不显著 ($P > 0.05$),说明壳聚糖涂膜处理对鲜切香菇的硬度没有明显影响。Xiao 等人^[30]采用壳聚糖处理鲜切梨也得到了相同的结论。总的来说,在贮藏期 0.5% CS+1.5% SA 处理组对硬度的保持效果最好。Tapia 等人^[19]的研究也表明,海藻酸钠涂膜处理能在贮藏期内有效保持鲜切木瓜的硬度。

2.4 白度值的变化

各处理组对鲜切香菇白度值的影响见图 4。在贮藏期各处理组白度值逐渐下降。在贮藏的前 2 天,2% SA 处理组的白度值保持较好,这是因为其成膜阻隔性较好,能够降低氧气的透过量。但在第 3 天以后,2% SA 处理组白度值迅速降低,而 2% CS,0.5%

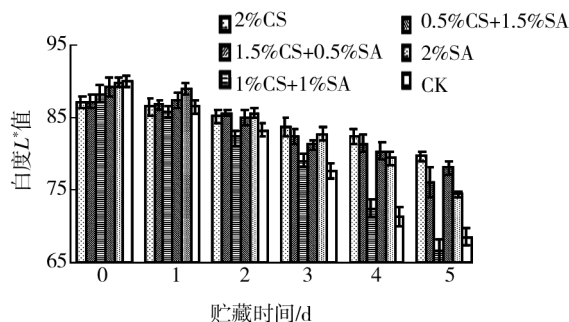


图 4 涂膜预处理结合氩气 MAP 对鲜切香菇白度的影响

Fig. 4 Effect of coating pretreatment combined with argon MAP on the browning of the sliced *Lentinus edodes*

CS+1.5% SA 处理组效果较好。Pen 等人^[31]采用 0.5% ~ 2% 的壳聚糖对鲜切荸荠进行涂膜处理,结果表明,壳聚糖涂膜能延缓褐变。这可能是由于壳聚糖有极强的抑菌作用,防止细菌破坏膜的完整性,阻止氧气的进入,抑制了褐变反应。

1% CS+1% SA 处理组 and 对比组差异性不显著 ($P > 0.05$),对鲜切香菇的白度没有起到抑制作用,从第 2 天开始,褐变值迅速下降。这可能是由于在贮藏期间,1% CS+1% SA 处理组的呼吸强度较高,有较多氧气进入细胞内。同时,在第 2 天以后,1% CS+1% SA PPO 活性逐渐增加(见图 5),并且比其他涂膜处理组活性值较高。而氧气和多酚氧化酶将酚类化合物氧化成不稳定的醌类化合物,醌类化合物进一步聚合成黑褐色物质^[29]。所以 1% CS+1% SA 对抑制香菇白度无明显作用。实验结果表明,在贮藏后期 2% CS,0.5% CS+1.5% SA 处理组能有效维持鲜切香菇白度值。

2.5 PPO 活性的变化

各处理组对香菇 PPO 活性的影响见图 5。从整体上可知,涂膜后各组的 PPO 活性均有所降低,特别

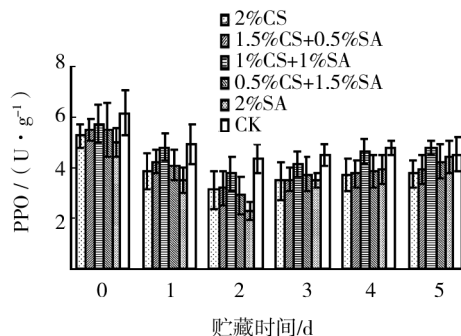


图 5 涂膜预处理结合氩气 MAP 对鲜切香菇 PPO 活性的影响

Fig. 5 Effect of coating pretreatment combined with argon MAP on the PPO activity of the sliced *Lentinus edodes*

是在第2天各组的PPO活性出现显著下降,2%SA组的PPO活性最低。其原因是第2天出现了呼吸高峰,而涂膜形成了阻隔气体自由交换的屏障,因此在涂膜层内的鲜切香菇气体环境是O₂急剧下降而CO₂迅速增加,从而抑制了PPO的活性^[31]。而在第5天,2%CS,1.5%CS+0.5%SA壳聚糖处理组PPO活性最低,这可能由于PPO是一种含Cu的蛋白质。有研究表明,PPO的活性是由铜离子的化学价决定的,即Cu²⁺

与Cu⁺之间的转换,而壳聚糖是一种金属螯合剂,可以与金属离子Cu²⁺结合成螯合物^[22],从而抑制了PPO的活性。总的来说,在贮藏前期,海藻酸钠含量较高时,PPO活性较低,而在贮藏后期,随着壳聚糖浓度增大,对PPO活性的抑制效果越明显。

2.6 感官品质的变化

表1可知,在氩气MAP包装的条件下,2%CS,1.5%CS+0.5%SA,1%CS+1%SA三组出现不同程度

表1 贮藏第5天时对鲜切香菇的感官评价

Tab.1 Sensory evaluation of fresh-cut mushrooms on the 5th day of the storage

处理组	评价指标			
	气味	色泽	形态组织	消费者可接受度
2% CS	无异味	白色	微软	5.6±0.2
1.5% CS+0.5% SA	无异味	白色	微软	5.4±0.15
1% CS+1% SA	无异味	严重褐变	变软,有水浸现象	3.2±0.02
0.5% CS+1.5% SA	无异味	白色	完整有弹性	7.3±0.1
2% SA	略有异味	灰白色	微软,表面干燥无水浸现象	4.7±0.12
CK1	异味严重	严重褐变	微软,表面干燥无水浸现象	3.8±0.07

的水浸、变软现象,可能是因为壳聚糖具有亲水性,鲜切香菇呼吸、蒸腾作用产生的水汽被壳聚糖吸收后,在鲜切香菇表面形成一层含水量较高的膜,在渗透差的作用下进入香菇组织中,并破坏细胞中的液泡,导致香菇变软。

相比之下,0.5%CS+1.5%SA和2%SA壳聚糖处理组对香菇形态组织保持的更好。这与海藻酸钠能较好维持鲜切香菇硬度值的结果一致。从消费者可接受度来说,2%CS,1.5%CS+0.5%SA,0.5%CS+1.5%SA处理组在第5天时的消费者可接受度均超过5,均无异味,颜色保持的也较好。综上,1.5%SA+0.5%CS涂膜处理结合氩气MAP对鲜切香菇的保鲜效果最好,消费者可接受度最高。

3 结论

在贮藏期间,0.5%CS+1.5%SA处理组能有效抑制鲜切香菇的呼吸速率和失重率;同时0.5%CS+1.5%SA处理组能维持鲜切香菇最高的硬度值,且与其他组差异性显著($P<0.05$);在贮藏后期0.5%CS+1.5%SA处理组更能抑制鲜切香菇白度值的降低;且鲜切香菇的PPO活性随着壳聚糖浓度的升高而降低。1%CS+1%SA处理组对鲜切香菇的各项指标均没有明显的抑制作用。同时,由消费者可接受度可

知,0.5%CS+1.5%SA处理组因其无异味、无霉变、颜色好、硬挺饱满,更易让消费者接受。

参考文献:

[1] 秦俊哲,吕嘉桢.食用菌贮藏保鲜与加工新技术[M].北京:化学工业出版社,2003:572.
QIN Jun-zhe,LYU Jia-li. Edible Fungipreservation and Processing Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003:572.

[2] MATTILA P,SUONPAA K,PIIRONEN V. Functional Properties of Edible Mushrooms[J]. Nutrition,2000,16:694-696.

[3] BRENNAN M,LEPORT G,GORMLEY R. Post-harvest Treatment with Citric Acid or Hydrogen Peroxide to Extend the Shelf Life of Fresh Sliced Mushrooms[J]. Lebensm-Wiss Technol,2000,33(4):285-289.

[4] 刘晓蓉.气调包装对黄藤笋贮藏品质的影响[J].包装工程,2011,32(15):9-13.
LIU Xiao-rong. Effects of Modified Atmosphere Package on Storage Quality of Daemonorops Mar-garitae Shoots[J]. Packaging Engineering,2011,32(15):9-13.

[5] 张敏.气调包装对超市常温销售的鲜切芹菜品质影响研究[J].包装工程,2007,28(3):48-50.
ZHANG Min. Study on the Influence of MAP on Quality of

- Fresh-cut Celery at Room Temperature[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(3): 48-50.
- [6] ROCCULI P, ROMANI S, DALLA R M. Effect of MAP with Argon and Nitrous Oxide on Quality Maintenance of Minimally Processed Kiwifruit[J]. Postharvest Biol Tec, 2005, 35(3): 319-328.
 - [7] WU Z S, ZHANG M, WANG S. Effects of High Pressure Argon Treatments on the Quality of Fresh-cut Apples at Cold Storage[J]. Food Control, 2012, 23(1): 120-127.
 - [8] JOLLGWHAN R, NG PERRY K W. Natural Biopolymer-based Nano Composite Films for Packaging Applications[J]. Crit Rev Food Sci, 2007, 47(4): 411-433.
 - [9] OLIVAS G I, MATTINSON D S, BARBOSA-CANOVAS G V. Alginate Coatings for Preservation of Minimally Processed 'Gala' Apples[J]. Postharvest Biol Tec, 2007, 45(1): 89-96.
 - [10] 刘嘉俊. 海藻酸钠保鲜芒果的研究[J]. 现代食品科技, 2009, 25(6): 650-652.
LIU Jia-jun. Preserving Effect of Sodium Alginate on Fresh Mango[J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(6): 650-652.
 - [11] AIDER M. Chitosan Application for Active Bio-based Films Production and Potential in the Food Industry: Review[J]. Lwt-Food Sci Technol, 2010, 43(6): 837-842.
 - [12] MOREIRA M D R, ROURA S I, PONCE A. Effectiveness of Chitosan Edible Coatings to Improve Microbiological and Sensory Quality of Fresh Cut Broccoli[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44: 2335-2341.
 - [13] LI T H, ZHANG M, WANG S J. Effects of Temperature on Agrocybe Chaxingu Quality Stored in Modified Atmosphere Packages with Silicon Gum Film Windows[J]. Lwt-Food Sci Technol, 2008, 41(6): 965-973.
 - [14] CONTE A, SCROCCO C, BRESCIA I, et al. Packaging Strategies to Prolong the Shelf Life of Minimally Processed Lam-pascioni (Muscari Comosum) [J]. Journal of Food Engineering, 2009 90: 199-206.
 - [15] ROJAS-GRAU M A, TAPIA M S, MARTIN-BELLOSO O. Using Polysaccharide-based Edible Coatings to Maintain Quality of Fresh-cut Fuji Apples[J]. Lwt-food Sci Technol, 2008, 41(1): 139-147.
 - [16] JAWORSKA G, BEFNAS E. The Effect of Preliminary Processing and Period of Storage on the Quality of Frozen Bole-tus Edulis (Bull: Fr) Mushrooms[J]. Food Chem, 2009, 113(4): 936-943.
 - [17] JIANG Y M. Purification and Some Properties of Polyphenol Oxidase of Longan Fruit[J]. Food Chemistry, 1999, 66: 75-79.
 - [18] RAYBAUDI-MASSILIA R M, MOSQUEDA-MELGAR J, MARTIN-BELLOSO O. Edible Alginate-based Coating as Carrier of Antimicrobials to Improve Shelf-life and Safety of Fresh-cut Melon[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 121(3): 313-327.
 - [19] TAPIA M S, ROJAS-GRAU M A, CARMONA A, et al. Use of Alginate- and Gellan-based Coatings for Improving Barrier, Texture and Nutritional Properties of Fresh-cut Papaya [J]. Food Hydrocolloid, 2008, 22(8): 1493-1503.
 - [20] SCHOBER H, ITOH H, KLAPPROTH A, et al. Guest-host Coupling and Anharmonicity in Clathrate Hydrates[J]. Eur Phys J E, 2003, 12(1): 41-49.
 - [21] 胡晓亮, 周国燕. 海藻酸钠和溶菌酶复合涂膜对马陆葡萄贮藏的保鲜效果[J]. 食品科学, 2011(20): 271-276.
HU Xiao-liang, ZHOU Guo-yan. Fresh-keeping Effect of Compound Sodium Alginate-Lysozyme Coating on Malu Grapes[J]. Food Science, 2011(20): 271-276.
 - [22] MUZZARELLI R A A, MUZZARELLI C. Chitosan Chemistry: Relevance to the Biomedical Sciences[J]. Advances in Polymer Science, 2005, 186: 151-209.
 - [23] 孟欣. 壳聚糖-海藻酸钠聚电解质膜的制备及性能调控研究[D]. 天津: 中国人民解放军军事医学科学院, 2010.
MENG Xin. The Preparation and Mechanical Properties of Chitosan-alginate PEC Membranes[D]. Tianjin: The Academy of Military Medical Sciences of the Chinese PLA, 2010.
 - [24] 祝美云, 党建磊. 壳聚糖复合膜涂膜保鲜猕猴桃的研究[J]. 果树学报, 2010(6): 1006-1009.
ZHU Mei-yun, DANG Jian-lei. Effect of Chitosan Composite Coating on Storage Quality of kiwifruit[J]. Journal of Fruit Science, 2010(6): 1006-1009.
 - [25] ANTMANN G, ARES G, LEMA P, et al. Influence of Modified Atmosphere Packaging on Sensory Quality of Shiitake Mushrooms[J]. Postharvest Biol Tec, 2008, 49(1): 164-170.
 - [26] GUILLAUME C, SCHWAB I, GASTALDI E, et al. Biobased Packaging for Improving Preservation of Fresh Common Mushrooms (Agaricus Bisporus L) [J]. Innov Food Sci Emerg, 2010, 11(4): 690-696.
 - [27] OMS-OLIU G, SOLIVA-FORTUNY R, MARTIN-BELLOSO O. Using Polysaccharide-based Edible Coatings to Enhance Quality and Antioxidant Properties of Fresh-cut Melon[J]. LWT- Food Science and Technology, 2008, 41(10): 1862-1870.

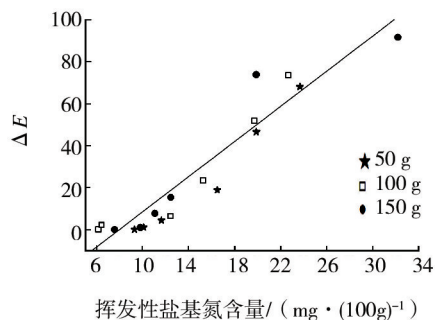


图5 贮存期间包装中指示卡 ΔE 值
与猪肉挥发性盐基氮含量的关系

Fig.5 Correlation between ΔE value of the indicators
and TVB-N content of pork

而逐渐改变,且受猪肉质量影响较小。这是因为猪肉腐败是从表面开始的,腐败后产生的腐败气体在包装内由高浓度向低浓度处扩散,这一扩散过程缓慢。相比之下,与指示卡距离最近的单位猪肉面积上腐败气体会较快地与指示卡接触→反应→显色,而猪肉的量对指示卡颜色变化影响不大。由回归方程计算可知,当猪肉挥发性盐基氮含量达到 $15 \text{ mg}/(100\text{g})$ 时,指示卡 ΔE 值为 29.43。

3 结论

添加溴甲酚紫浓度为 0.5%、羟丙基甲基纤维素质量分数为 0.7% 的气敏性薄膜制作的指示卡(A4),颜色变化与猪肉新鲜度变化较一致,当猪肉发生腐败时,指示卡由黄色变为绿色,随着腐败的加深,继而变为蓝色,可以通过颜色变化反映猪肉的新鲜度。指示卡颜色变化不受猪肉量的影响。因此,该指示卡应用于猪肉包装中,可以帮助普通消费者简单、方便地判断猪肉是否新鲜。

(上接第 19 页)

[28] MARTINEZ-FERRER M, HARPER C, PEREZ-MU O Z F, et al. Modified Atmosphere Packaging of Minimally Processed Mango and Pineapple Fruits[J]. J Food Sci, 2002, 67:3365-3371.

[29] OMS-OLIU G, SOLIVA-FORTUNY R, MARTIN-BELLOSO O. Edible Coatings with Antibrowning Agents to Maintain Sensory Quality and Antioxidant Properties of Fresh-cut Pears[J]. Postharvest Biol Tec, 2008, 50(1):87-94.

参考文献:

- [1] 陈新. 智能包装技术特点研究[J]. 包装工程, 2004, 25(3):40-42.
- CHEN Xin. Study of the Characteristics of Intelligent Packaging Technology[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(3):40-42.
- [2] RUKCHON Chompoonoot, TREVANICH Sudsai, JINKARN Tunyarut, et al. Volatile Compounds as Quality Indicators of Fresh Chicken and Possible Application in Intelligent Packaging[A]. The 12th ASEAN Food Conference, 2011.
- [3] PACQUIT Alexis, FRISBYA June, DIAMOND Danny, et al. Development of a Smart Packaging for the Monitoring of Fish Spoilage[J]. Food Chemistry, 2007, 102(2):466-470.
- [4] PACQUIT Alexis, KING Tong Lau, McLAUGHLIN Henry, et al. Development of a Volatile Amine Sensor for the Monitoring of Fish Spoilage[J]. Talanta, 2006, 69:515-520.
- [5] ATCHAREEYA Nopwinyuwong, SUDSAI Trevanich, PANUWAT Suppakul. Development of a Novel Colorimetric Indicator Label for Monitoring Freshness of Intermediate-moisture Dessert Spoilage[J]. Talanta, 2010, 81:1126-1132.
- [6] 黄蓉, 刘敦华. 猪肉新鲜度评价指标、存在问题及应对措施[J]. 肉类工业, 2010(6):43-46.
- HUANG Rong, LIU Dun-hua. Freshness Evaluation of Pork as Well as Its Problems and Countermeasures[J]. Meat Industry, 2010(6):43-46.
- [7] GB/T 5009 · 44—2003, 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S].
- GB/T 5009 · 44—2003, Method for Analysis of Hygienic Standard of Meat and Meat Product[S].
- [8] 夏天兰. 天然保鲜剂对冷却猪肉保鲜效果的研究[D]. 成都:西华大学, 2009.
- XIA Tian-lan. Study of Refreshing Effect on Chilled Pork by Natural Preservative[D]. Chengdu: Xihua University, 2009.
- [30] XIAO Z L, LUO Y C, LUO Y G, et al. Combined Effects of Sodium Chlorite Dip Treatment and Chitosan Coatings on the Quality of Fresh-cut D'Anjou Pears[J]. Postharvest Biol Tec, 2011, 62(3):319-326.
- [31] PEN L T, JIANG Y M. Effects of Chitosan Coating on Shelf Life and Quality of Fresh-cut Chinese Water Chestnut[J]. Lebensm-Wiss U-Technol, 2003, 36:359-364.