

PA/PE复合膜对鲜切莴笋保鲜效果的影响

王 羽, 云雪艳, 李见森, 胡献泽, 张玉琴, 宋树鑫, 呼 和, 董同力嘎*

(内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘 要: 为了验证尼龙-聚乙烯 (polyamide/polyethylene, PA/PE) 复合膜对鲜切莴笋的保鲜效果, 将新鲜莴笋切片真空包装后在4℃条件下冷藏, 不加任何包装的鲜切莴笋同样条件下作空白对照。贮藏期间评价菌落总数、色差、pH值、汁液流失率、VC含量、感官等指标。结果PA/PE组贮藏期达24 d, 而不加包装的对照组只有4 d。可见对于鲜切莴笋的贮藏, PA/PE复合膜结合真空包装可明显延长其贮藏期。

关键词: 包装; PA/PE; 鲜切; 莴笋

Effect of PA/PE Composite Membrane on Preservation of Fresh-Cut Asparagus Lettuce

WANG Yu, YUN Xueyan, LI Jiansen, HU Xianze, ZHANG Yuqin, SONG Shuxin, HU He, DONG Tungalag*

(College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: In order to explore the effect of polyamide/polyethylene (PA/PE) composite membrane on the quality maintenance of fresh-cut stem lettuce, fresh-cut slices of asparagus lettuce were vacuum packaged with PA/PE composite membrane and refrigerated at 4℃ and those not packaged with the composite membrane under the same storage condition were used as blank control. The total bacterial count, color, pH, drip loss, vitamin C, and sensory quality of fresh-cut asparagus lettuce were evaluated during storage. The results showed that the shelf life of fresh-cut asparagus lettuce packaged with PA/PE membrane was 24 days, while that of the blank control was only 4 days. Thus, PA/PE composite membrane combining with vacuum packaging technology could extend the shelf life of fresh-cut asparagus lettuce obviously during refrigerated storage.

Key words: packaging; PA/PE; fresh-cut; asparagus lettuce

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 24-0343-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201524063

鲜切果蔬由于其优越的便利性和营养价值极具市场潜力, 但鲜切果蔬经过加工处理后加速了贮藏过程中的生理恶化, 导致营养价值迅速降低^[1]。其中最易出现的变质现象就是由酶在O₂存在的条件下催化氧化酚类物质产生的褐变, 褐变产生后严重影响鲜切果蔬的商品价值^[2]。多酚氧化酶 (polyphenol oxidase, PPO) 和过氧化物酶 (peroxidase, POD) 是引发鲜切果蔬褐变的重要因素^[3], 针对其褐变的抑制已有很多相关研究, 如次氯酸钠、抗坏血酸、半胱氨酸、柠檬酸、草酸、甲基环丙烯等化学添加剂的应用^[4-5], 以及绿茶提取物、甘露糖醇等新型提取物也被用作鲜切果蔬的褐变抑制剂^[6]。但这些化学褐变抑制剂存在安全隐患或者生产成本高的弊端, 在实际应用中都受到了限制。另外的一些非化学方法, 如热烫、气调、辐照等虽然安全、成本低, 但会影响感官状态及造成营养流失^[7]。莴笋又名千金菜, 营养价值高, 且有一定

的保健功效^[8], 安全高效的保藏方法是提高其鲜切制品商品价值的有效手段。通过包装材料抑制鲜切莴笋品质劣变是一种绿色、安全的方法。阻隔性能优异的包装材料可使鲜切莴笋与O₂隔离, 这样不仅可以减缓酶促褐变, 也可以一定程度上抑制微生物的繁殖。

尼龙-聚乙烯 (polyamide/polyethylene, PA/PE) 复合膜由PA66挤出成膜后与PE复合而成。PA66具有优异的机械性能和较高的冲击韧性, 且其化学稳定性和阻气性也较好, 但其阻湿性较差。PE虽然透气性较高, 但其具有很好的阻湿性, 且其抗拉强度和抗撕裂强度也较高。两者复合后, 可以彼此取长补短, 制备出阻气阻湿同时兼备的包装材料。再加上PE具有良好的热封性能, 热封温度低, 热封性能稳定。作为水分含量较大的鲜切蔬菜, 将PE作为内衬面, 不仅可以有效阻止鲜切蔬菜的水分散失, 且包装封口效果好、能耗低。虽然PA/PE复合膜目前

收稿日期: 2015-04-28

基金项目: 内蒙古农业大学博士启动基金项目 (209-206035);

“十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD38B00; 2012BAD38B01); 内蒙古草原英才基金项目 (108-108037)

作者简介: 王羽 (1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品包装与储运。E-mail: 472701706@qq.com

*通信作者: 董同力嘎 (1972—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品包装与储运。E-mail: dongtlg@163.com

在市场上应用较广,但在鲜切莴笋包装中的应用较少。本实验基于PA/PE实际应用的拓展,选用其进行真空包装贮藏鲜切莴笋片,验证其贮藏期及贮藏期间鲜切莴笋品质的变化。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

莴笋 (*Lactuca psativap* L. var. *asparaginap* Bailey, 正优三号) 购于呼和浩特市华联超市,选取成熟度、大小一致、无病虫害的新鲜莴笋; PA/PE复合膜 厦门长塑实业有限公司; 其余化学试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

LDZX-50KA立式压力蒸汽灭菌器 上海申安医疗器械厂; PHS-2C型pH计 上海三信仪表厂; LRH-70生化培养箱 上海中友仪器设备有限公司; JA-5003B电子天平 上海精天电子仪器有限公司; Permatran-w3/61透湿仪 美国Mocon公司; 8001透氧仪 美国Illinois公司; TCP2色差仪 北京奥依克光电仪器有限公司; UV-2450紫外分光光度计 日本岛津公司; DZ-400单室真空包装机 上海佳诚包装机械装备制造有限公司。

1.3 方法

1.3.1 薄膜阻氧性测试

参考GB/T 19789—2005《氧气透过性的测试》。仪器直接输出的 O_2 透过率 (oxygen transmission rate, OTR), 根据公式 (1) 计算出薄膜的 O_2 透过系数 (oxygen permeability, OP):

$$OP = \frac{OTR \times D}{\Delta P} \quad (1)$$

式中: OP为 O_2 透过系数/($cm^3 \cdot m$)/($m^2 \cdot d \cdot Pa$); OTR为 O_2 透过率/(cm^3 /($m^2 \cdot d$)); D为薄膜平均厚度/m; ΔP 为薄膜两侧 O_2 压差/Pa。

1.3.2 水蒸气阻隔性测试

参考GB/T 26253—2010《水蒸气阻隔性的测试》。相对湿度 (relative humidity, RH) 为65%, 测试温度为25℃, 预热平衡1 h后开始进行透湿性能测定。每组6个平行样, 并根据仪器直接输出水蒸气透过率 (water vapor transmission rate, WVTR) 依据式 (2) 计算出水蒸气透过系数 (water vapor permeability, WVP):

$$WVP = \frac{WVTR \times D}{\Delta P} = \frac{WVTR \times D}{S \times (RH_1 - RH_2)} \quad (2)$$

式中: WVP为水蒸气透过系数/($g \cdot m$)/($m^2 \cdot d \cdot Pa$); WVTR为水蒸气透过率/(g /($m^2 \cdot d$)); D为薄膜厚度/m; ΔP 为薄膜两侧水蒸气压差/Pa; S为测定温度条件下水的饱和蒸气压/Pa; RH_1 为测试腔上部的相对湿度/%; RH_2 为测试腔下部的相对湿度/%。

1.3.3 鲜切莴笋片加工工艺

将新鲜莴笋用自来水清洗干净, 然后用灭菌后的刀具将皮削掉。去皮后的莴笋用灭菌后的蒸馏水漂洗3次, 室温条件下沥干30 min后在超净台中切成厚度为5 mm的莴笋片。将制好的包装袋 (规格15.5 mm×10 mm) 灭菌后真空包装 (真空度-0.08 MPa) 处理好的莴笋片, 每包分装量约35 g。对照组除不加包装外其他处理完全相同, 标记为CK。最后将鲜切莴笋片于(5±2)℃条件下冷藏。每隔1 d测定感官、菌落总数、色差、pH值、汁液流失率和VC含量等指标。

1.3.4 感官评定

感官评分表参照文献[9-10]修改使用, 男女比例相等的10名食品专业研究生依据表1对贮藏期间的鲜切莴笋进行感官评分。

表1 感官品质评分标准

Table 1 Criteria for sensory quality evaluation of asparagus lettuce

得分	品质感受	色泽	腐烂情况	商品价值
8.1~10	非常好	新鲜, 绿色, 无褐变	无	品质完好, 可出售
6.1~8.0	很好	切面轻微暗淡, 无褐变	无	品质较好, 可出售
4.1~6.0	好	切口出现肉眼可见褐变	无	出售受限
2.1~4.0	一般	切口褐变严重	稍有腐烂	食用受限
0~2	差	整体褐变严重	腐烂严重	不可食用

注: 感官评分低于6分则认为失去价值。

1.3.5 菌落总数测定

参照GB 4789.2—2010《菌落总数的测定》。取25 g样品快速打浆后加入到225 mL无菌生理盐水中, 充分振荡后, 梯度稀释, 各梯度分别取1 mL稀释液注入平皿中, 与营养琼脂培养基混匀后, 37℃条件下培养(48±2) h观察菌落总数, 每个稀释度3个重复。

1.3.6 色差测定

应用色差仪进行测定, a^* 值代表绿(一)红(+), 轴色度, 而绿色为新鲜莴笋切片的主色调, 故以 a^* 值代表莴笋颜色变化指标。值越小代表鲜切莴笋越鲜绿, 值越大表明莴笋色泽变化越大。鲜切莴笋片从冰箱中取出在室温条件下平衡1 h后在室温条件下进行颜色的测定^[11]。重复取样3次取平均值。

1.3.7 VC含量测定

参照文献[12-15], 采用紫外分光光度法, 将样品在弱酸环境下研磨、离心, 测定吸光度。根据标准曲线计算相应VC含量。

1.3.8 pH值测定

在无菌环境中, 将待测样 (约30 g) 切碎, 加无菌生理盐水 (300 mL) 浸泡30 min并不时搅拌, 过滤, 用pH计测定滤液的pH值。

1.3.9 汁液流失率计算

参照文献[16-18], 采用质量法测定, 准确称量各个指标的质量, 根据式 (3) 计算出汁液流失率。

$$w/\% = \frac{m_2 - m_3}{m_1 - m_3} \times 100 \quad (3)$$

式中: w 为汁液流失率/%; m_1 为包装袋和莴笋的质量/g; m_2 为含有汁液的包装袋质量/g; m_3 为包装袋的质量/g。

1.4 统计方法

采用SAS 9.0软件进行数据的统计与分析。

2 结果与分析

2.1 PA/PE复合膜阻隔性分析

表2 PA/PE复合膜的水蒸气和O₂透过率

Table 2 Water vapor and oxygen transmission rate of the film

指标	测定值
厚度/ μm	79.87 \pm 0.41
WVTR/(g/(m ² ·d))	2.21 \pm 0.31
WVP/((10 ⁻⁸ g·m)/(m ² ·d·Pa))	9.3 \pm 1.3
OTR/(cm ³ /(m ² ·d))	24.5 \pm 0.02
OP/((10 ⁻⁸ cm ³ ·m)/(m ² ·d·Pa))	1.94 \pm 0.03

由表2可知,实验所用PA/PE复合膜的O₂和水蒸气透过量均较低,可抑制O₂引起的褐变和果蔬水分的丢失,利于鲜切果蔬的包装贮藏。对于进行呼吸作用的生鲜果蔬,少量的O₂透过也可维持其微弱的有氧呼吸,而不至于进行无氧呼吸产生酒精危害果蔬自身组织和细胞。PA虽然具有良好的力学性能和阻隔性能,但其阻隔性受环境的影响较大^[19-20]。而PE具有很好的热封性能和阻湿性能,且阻隔性受环境影响较小,与其复合,作为内封层不仅可以提高包装袋封合牢度,也在一定程度上提高了薄膜的阻隔性^[21]。

2.2 贮藏期间感官评分的变化

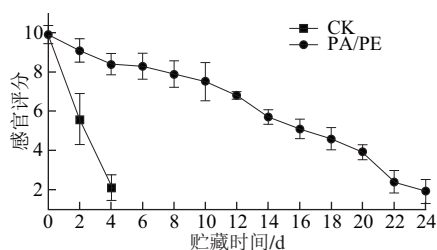


图1 鲜切莴笋感官品质评分

Fig.1 Sensory evaluation of fresh-cut asparagus lettuce as a function of storage time

由图1可以看出,不加包装的鲜切莴笋即使在冷藏条件下,其感官变化也极其迅速。第2天莴笋的品相已经不可让人接受,与包装组相比较差异极为显著($P<0.05$)。到第4天时彻底失去食用价值。而用PA/PE复合膜真空包装的莴笋片,在第18天时颜色才略显暗淡,其中第4~8天感官变化不显著($P>0.05$)。到第24天腐败时仍保持了一定的绿色。对照组由于未加任何

包装,感官的变化主要源于水分大量的流失和切面氧化褐变。表面空气的流速和O₂接触量都远远大于包装组,水分在空气流动的状态下加大了蒸发速率,水分迅速散失,同时与O₂充分接触迅速褐变,导致对照组的莴笋感官品相迅速下降。而包装组由于复合膜的阻隔作用,莴笋表面的空气流动甚微,且包装袋内的环境湿度迅速与莴笋平衡,湿度梯度的消除和蒸发作用的弱化,使莴笋的水分一直保持在较高的状态。再加之PA/PE优良的阻氧作用,氧化褐变的速率大大变慢,故较长时间保持了较好的感官品相。

2.3 贮藏期间菌落总数的变化

表3 鲜切莴笋菌落总数在贮藏期间的变化

Table 3 Changes in microbial counts of fresh-cut asparagus lettuce during storage

时间/d	CK组	PA/PE组
0	1.60 \pm 0.24 ^{Ac}	1.60 \pm 0.24 ^A
2	3.76 \pm 0.32 ^{Ab}	3.16 \pm 0.20 ^{Ac}
4	5.91 \pm 0.12 ^{Aa}	4.24 \pm 0.18 ^{Bcd}
6		2.86 \pm 0.06 ^b
8		2.77 \pm 0.36 ^{efg}
10		2.38 \pm 0.79 ^g
12		2.60 \pm 0.15 ^{fg}
14		3.97 \pm 0.01 ^d
16		3.04 \pm 0.07 ^{ef}
18		4.53 \pm 0.29 ^{bc}
20		2.68 \pm 0.01 ^{efg}
22		5.01 \pm 0.01 ^b
24		5.93 \pm 0.02 ^a

注:不同大写字母表示同行差异显著($P<0.05$);不同小写字母表示同列差异显著($P<0.05$)。

由表3可知,对照组的菌落总数呈直线上升趋势,在第4天时上升到约10⁶ CFU/g,与包装组形成显著差异。而包装组的菌落总数在第4天时上升到约10⁴ CFU/g后,在第4~12天维持在较为平稳的状态,在第14天后菌落总数骤然上升,直到失去食用价值。O₂、湿度、营养成分等是决定微生物生长繁殖的重要因素^[22]。空白对照的菌落总数迅速上升主要是因为O₂和营养充足。对照组由于未加任何包装,流动的空气给微生物的繁殖提供了充足的O₂。再者,鲜切莴笋表面水分不断渗出,为微生物的繁殖提供着适宜的水分活度,以及随着水分一并流出的营养物质也进一步维持着微生物的生长繁殖。而PA/PE包装组的菌落总数在开始阶段上升,是因为真空包装后仍有少量的O₂残留,可供微生物繁殖。随着O₂的消耗,微生物繁殖受到限制,薄膜微量的O₂透过维持着一定数量的微生物,故而在这段时期内微生物数量较为稳定。后期微生物数量上升,是因为PA/PE膜中的PA阻隔性受环境影响较大,随着RH的增大阻隔性能下降。贮藏期间薄膜在冷鲜柜中随着时间的延长,阻隔性越来

越差, O_2 透过量增大, 微生物生长繁殖加快, 致使后期菌落总数上升。

2.4 贮藏期间色差的变化

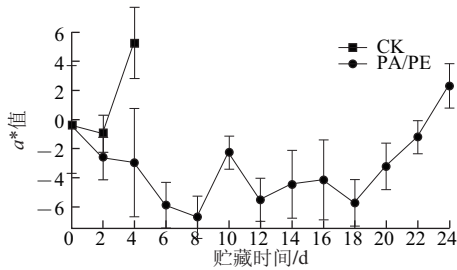


图2 鲜切莴笋的 a^* 值变化

Fig.2 a^* value of fresh-cut asparagus lettuce as a function of storage time

莴笋在贮藏期间的颜色变化主要是由于 O_2 的作用下PPO催化的褐变^[23]。如图2所示, 对照组 a^* 值的上升就是由于其直接暴露在空气中, 氧化褐变不受阻碍造成的。到第4天时与新鲜莴笋相比色差变化极为显著 ($P<0.01$)。PA/PE包装组的莴笋0~18 d处于绿色状态, a^* 值变化也处于水平波动范围内, 第18天后 a^* 值上升显著 ($P<0.01$), 褐变明显加重。这主要是因为PA/PE膜的阻隔性受潮湿环境影响而发生变化, 阻氧性降低, 氧化褐变加剧。

2.5 贮藏期间VC含量的变化

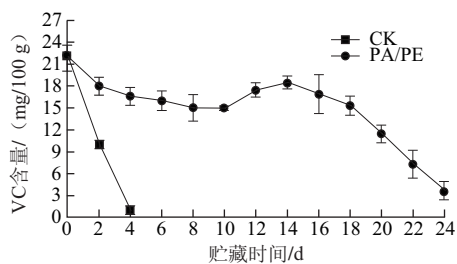


图3 鲜切莴笋的VC含量变化

Fig.3 VC content of fresh-cut asparagus lettuce as a function of storage time

如图3所示, 贮藏期间无包装的对照组与PA/PE膜包装组莴笋的VC含量变化趋势明显不同, 在第2天时对照组的VC含量与包装组形成显著差异 ($P<0.01$)。对照组的VC含量随贮藏时间的延长而下降, 在第2天时其VC含量与新鲜莴笋形成显著差异 ($P<0.01$), 包装组VC的含量则是呈先下降后上升再下降的趋势, 这种变化趋势与文献[24]中果蔬VC含量的变化相似。果蔬中VC主要是因为氧化而含量下降。对照组直接暴露于 O_2 充足的空气中, 故VC含量迅速下降。包装组采用PA/PE真空包装, 初始阶段袋内仍有一定的 O_2 残留, 导致VC因氧化而含量下降。贮藏期间VC含量回升主要原因可能是莴笋的后熟作用。果蔬的呼吸作用持续进行, 呼吸产生热量, 使周围温度升高。温度的升高会促使乙烯的产生, 乙烯对果

蔬有催熟作用, 随着果蔬的进一步成熟VC含量上升^[25]。后期VC含量下降主要原因还是 O_2 的氧化, 因为薄膜在潮湿环境下阻隔性下降, O_2 透过量增加, 进而加速了莴笋VC含量的下降。

2.6 贮藏期间pH值的变化

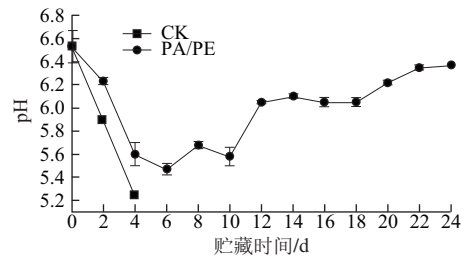


图4 鲜切莴笋的pH值变化

Fig.4 Change in pH of fresh-cut asparagus lettuce during storage

呼吸作用是果蔬采后最活跃的生理活动, 几乎存在于生鲜果蔬整个贮藏期。在 O_2 存在的情况下, 果蔬进行有氧呼吸, 产生 CO_2 , CO_2 溶于水形成碳酸, pH值下降。如图4所示, 在第2天时对照组的pH值便与包装组形成显著差异 ($P<0.01$)。PA/PE包装组pH值变化呈先下降后上升的趋势, 下降是因为在最初袋内有 O_2 残留, 莴笋进行有氧呼吸产生 CO_2 , 导致pH值下降。后来上升是因为袋中残留 O_2 耗尽, 莴笋由有氧呼吸转变为无氧呼吸, 无氧呼吸产物由 CO_2 转变为酒精。酒精呈中性偏弱碱性, 故而pH值上升。

2.7 贮藏期间汁液流失率的变化

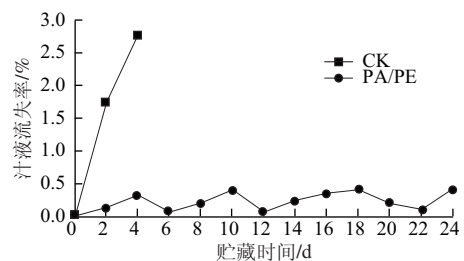


图5 鲜切莴笋的汁液流失率变化

Fig.5 Change in drip loss of fresh-cut asparagus lettuce during storage

如图5所示, 不加包装的对照组暴露在空气中, 空气的流动加速水分蒸发, 水分迅速流失, 汁液流失率上升, 第2天便与包装组形成显著差异 ($P<0.01$)。而包装组在最初阶段由于膜的强阻隔作用, 水分不易流失, 流失率保持在初始状态。后期由于膜在潮湿环境下时间的延长, 阻隔性受水分影响逐渐变差, 水分蒸发加快, 汁液流失率变大; 以及莴笋腐败后组织结构破坏, 持水性下降, 大量水分流出而导致的汁液流失率增大。

3 结 论

对于鲜切莴笋而言,褐变和腐烂是影响其贮藏期的重要因素。通过化学物质的添加来抑制褐变和防腐存在较大的安全隐患,通过热烫、辐照等方法来延长贮藏期效果欠佳,且对鲜切莴笋的感官影响较大。对 O_2 和水分的控制是鲜切莴笋保藏的关键,适当的阻隔性材料不仅可以维持果蔬微弱呼吸所需的 O_2 ,也可以阻止水分的迅速流失。在PA/PE薄膜的包装条件下,不仅 O_2 进入缓慢,鲜切蔬菜自身的水分也不易散失。同时,对 O_2 的阻隔可以很好地抑制鲜切莴笋因氧化而褐变、VC含量因氧化而下降,及抑制好氧微生物的繁殖,从而延长贮藏期。可见,通过高阻隔包装材料限制 O_2 和水分的通透来延缓鲜切果蔬的贮藏期是一种绿色、高效的方法。

参考文献:

- [1] MARTÍN-DIANA A B, RICO D, BARRY-RYAN C. Green tea extract as a natural antioxidant to extend the shelf-life of fresh-cut lettuce[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2008, 9(4): 593-603.
- [2] ALTUNKAYA A, GÖKMEN V. Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*L. sativa*)[J]. Food Chemistry, 2009, 117(1): 122-126.
- [3] DEGL'INNOCENTI E, PARDOSSI A, TOGNONI F, et al. Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in 'lettuce', 'escarole' and 'rocket salad' when stored as fresh-cut products[J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 209-215.
- [4] SALTVEIT M E. Effect of 1-methylcyclopropene on phenylpropanoid metabolism, the accumulation of phenolic compounds, and browning of whole and fresh-cut 'iceberg' lettuce[J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 34(1): 75-80.
- [5] LU S, LUO Y, TURNER E, et al. Efficacy of sodium chlorite as an inhibitor of enzymatic browning in apple slices[J]. Food Chemistry, 2007, 104(2): 824-829.
- [6] KANG H M, SALTVEIT M E. Wound-induced increases in phenolic content of fresh-cut lettuce is reduced by a short immersion in aqueous hypertonic solutions[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 29(3): 271-277.
- [7] CHEN Z, ZHU C, ZHANG Y, et al. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.)[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 58(3): 232-238.
- [8] 戴国辉, 孙志栋, 吴海军, 等. 莴笋的营养保健价值及其加工开发[J]. 农产品加工: 学刊, 2008, 154(11): 43-46.
- [9] 高愿军, 吴炜炜, 孟楠, 等. 包装薄膜对鲜切莴笋品质的影响[J]. 食品科技, 2011, 36(3): 42-45.
- [10] 高愿军, 樊振江, 路源, 等. 清洗方式对鲜切莴笋品质和农残去除的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 159-162.
- [11] HOLCROFT D M, KADER A A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 17(1): 19-32.
- [12] 马宏飞, 卢生有, 韩秋菊, 等. 紫外分光光度法测定五种果蔬中VC的含量[J]. 化学与生物工程, 2012, 29(8): 92-94.
- [13] 何保山, 左春艳, 王丹, 等. VC的紫外分光光度法测定研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2012, 32(4): 25-28.
- [14] 李占清, 魏海英. 分光光度法测定新鲜蔬菜中VC的含量[J]. 中国无机分析化学, 2014, 4(3): 79-81.
- [15] 陈玉锋, 庄志萍. 紫外分光光度法测定橙汁中VC的含量[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(1): 236-237; 240.
- [16] 董同力嘎, 张晓燕, 王立立, 等. PPC/PVA/PPC复合膜制备及其在冷鲜肉包装的应用[J]. 包装工程, 2014(13): 19-23; 55.
- [17] 张晓燕, 云雪艳, 梁敏, 等. 含有海藻糖的生物可降解薄膜对冷鲜肉的保鲜与护色作用[J]. 食品工业科技, 2015, 36(8): 298-303.
- [18] 王立立. 海藻糖对冷鲜肉的保鲜作用[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
- [19] 熊煦, 承民联. 硅烷交联聚乙烯/尼龙6阻隔材料的研究[J]. 塑料科技, 2008, 36(10): 48-51.
- [20] 张良均, 童身毅. PP-g-MAH增容PP/PA66共混物形态结构和性能[J]. 塑料科技, 2004, 11(3): 35-36.
- [21] 任发政. 食品包装学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 37-38.
- [22] 何国庆. 食品微生物[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 77-79.
- [23] CHISARI M, TODARO A, BARBAGALLO R N, et al. Salinity effects on enzymatic browning and antioxidant capacity of fresh-cut baby romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Duende)[J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1502-1506.
- [24] GIL M I, AGUAYO E, KADER A A. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(12): 4284-4296.
- [25] 郑永华. 食品贮藏保鲜[M]. 北京: 中国计量出版社, 2013: 31-58.