

# 壳聚糖与芫荽精油复合涂膜在 草莓常温贮藏中的应用

曲梦锐,刘雨辰,曹恺洋,王东营\*

(河南工业大学 粮油食品学院,河南 郑州 450001)

**摘要:** 该研究以芫荽精油与1%的壳聚糖复合制备不同浓度的保鲜液,对新鲜且品质优良的草莓进行浸泡涂膜保鲜,以超纯水为对照组,通过测定贮藏期间草莓的感官品质以及各理化指标,探究该复合保鲜液对草莓常温贮藏效果的影响。结果表明,与纯水组相比芫荽精油与壳聚糖复合涂膜有利于草莓保鲜,且精油浓度越高保鲜效果也越好。在贮藏第8天时,芫荽精油浓度为0.18%的保鲜组草莓腐烂率低于30%,失重率、丙二醛含量分别比对照组低62.5%和39.7%, $V_C$ 含量与可滴定酸含量分别是对照组的1.9、2.1倍,差异显著,表明较高浓度的芫荽精油涂膜有助于草莓保持良好的感官品质和营养价值。

**关键词:** 芫荽精油;壳聚糖;草莓;涂膜;保鲜

## Application of Chitosan and Coriander Essential Oil Composite Coating in Ambient Storage of Strawberries

QU Mengrui, LIU Yuchen, CAO Kaiyang, WANG Dongying\*

(College of Food Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, Henan, China)

**Abstract:** Coriander essential oil was compounded with 1% chitosan to prepare different concentrations of preservation solution, and the fresh strawberries with good quality were immersed and coated to preserve the freshness. The ultrapure water was used as the control group to investigate the effect of the compound preservation solution on the preservation effect of strawberries in ambient storage by determining the sensory quality and various physicochemical indexes of strawberries during the period of storage. The results showed that compared with the pure water group, the composite coating of coriander essential oil and chitosan was beneficial for strawberry preservation, and the higher the concentration of essential oil, the better the preservation effect. In the 8th day of storage, the decay rate of strawberries in the preservation group with a coriander essential oil concentration of 0.18% was lower than 30%, the weight loss rate and the malondialdehyde content were 62.5% and 39.7% lower than those in the control group, respectively, and the  $V_C$  content and the titratable acid content were 1.9 and 2.1 times higher than those in the control group, respectively, with significant differences, indicating that the high concentration of coriander essential oil coating helps strawberries to maintain good sensory quality and nutritive value.

**Key words:** coriander essential oil; chitosan; strawberries; coating; preservation

引文格式:

曲梦锐,刘雨辰,曹恺洋,等.壳聚糖与芫荽精油复合涂膜在草莓常温贮藏中的应用[J].食品研究与开发,2024,45(6):114-119.

QU Mengrui, LIU Yuchen, CAO Kaiyang, et al. Application of Chitosan and Coriander Essential Oil Composite Coating in Ambient Storage of Strawberries[J]. Food Research and Development, 2024, 45(6): 114-119.

基金项目:国家自然科学基金项目(32001744)

作者简介:曲梦锐(2000—),女(汉),硕士研究生,研究方向:天然产物的提取分离与结构鉴定。

\*通信作者:王东营(1985—),男(汉),副教授,博士,研究方向:调味油的生产工艺与质量控制。

草莓(*Fragaria ananassa* Duch)为蔷薇科(Rosaceae)草莓属(*Fragaria*)多年生草本植物<sup>[1]</sup>,在我国各地均有种植。新鲜的草莓娇嫩多汁,香气浓郁,富含维生素、糖类、有机酸、矿物质等物质,具有生津润肺、消暑解热、促进肠胃消化以及美容抗氧化等功效<sup>[2]</sup>。草莓不属于呼吸跃变型水果,采摘后乙烯含量对其成熟度不会产生较大影响,为了保持较好的色泽、风味及口感,需要在成熟度较高的时期进行采摘<sup>[3]</sup>。然而,成熟的草莓皮薄肉嫩且含有较高的水分,采摘后贮运过程极易受到机械损伤,进而被微生物侵染而腐烂<sup>[4]</sup>,严重影响其营养和商品价值。因此,寻找一种高效节能、绿色环保的保鲜方法至关重要。

目前,关于草莓保鲜技术的研究较多,常用的保鲜方法有物理保鲜(如温度控制、气调保鲜、超声处理等)、化学保鲜、可食性膜保鲜、生物保鲜等<sup>[5-6]</sup>。可食性膜保鲜主要是以多糖、蛋白质、淀粉等天然来源产物为基材,与其他具有抗氧化活性的物质复配而成,制成的膜具有一定的气体阻隔能力,能够有效地降低果蔬的呼吸作用、代谢速率以及减少微生物侵染,因而具有一定的保鲜作用<sup>[7-8]</sup>。

壳聚糖(chitosan)是甲壳素类动物脱乙酰化的产物,表现出良好的抗菌性、成膜性和降解能力<sup>[9]</sup>,是制备保鲜膜的理想材料。Li等<sup>[10]</sup>初步总结了壳聚糖的抑菌机制,主要是电荷相互作用、形成胞外聚集物及破坏细胞膜及DNA损伤等,表现出对真菌、革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌生长的抑制作用。植物精油是从植物中提取出来的一类具有生物活性的芳香物质,芫荽(*Coriandrum sativum* L.)的茎叶、根和果实都可用于提取精油<sup>[11-12]</sup>。Shahwar等<sup>[13]</sup>通过气相色谱法分析了芫荽籽精油的挥发性成分,发现芳樟醇、 $\gamma$ -松油烯、 $\alpha$ -蒎烯、樟脑、乙酸癸香叶、柠檬烯、香叶醇、苜烯和D-柠檬烯等是其主要成分,且表现出显著的自由基清除活性和较强的还原力,具有作为天然抗氧化剂应用的潜力。

因此,本研究将芫荽精油与壳聚糖复合制备保鲜液,对草莓进行浸泡涂膜,通过测定常温密封贮藏期内草莓果实的理化指标的变化,探索该复合保鲜液对草莓保鲜效果的影响,以期工业化草莓保鲜拓展新思路。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与试剂

草莓、芫荽、聚丙烯密封保鲜盒:市售;壳聚糖(生物试剂,脱乙酰度为90%)、吐温80、冰乙酸、甘油、氢氧化钠(均为分析纯):郑州轩之成化工科技有限公司。

### 1.2 仪器与设备

电子天平(ME204E):梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;万能粉碎机(FW-100):北京市永光明医疗

仪器有限公司;数显恒温磁力搅拌器(SN-MS-H280D):上海尚仪仪器设备有限公司;超声波清洗机(GW1530):深圳市冠博科技实业有限公司。恒温磁力电加热套(SZCL-2):巩义市予华仪器有限公司;UV-6000紫外可见分光光度计(UV-6000):上海元析仪器有限公司;氮吹浓缩仪(MTN-2800W):上海屹尧仪器科技发展有限公司;数显高速分散均质机(FJ200-SH):上海沪析实业有限公司。

### 1.3 样品制备

#### 1.3.1 芫荽精油的提取

参考王东营等<sup>[14]</sup>的方法使用水蒸气蒸馏法提取芫荽精油。取新鲜的芫荽剪掉根部,摘掉烂叶清洗干净,在阴凉通风处自然晾干,晾干后经万能粉碎机粉碎后装入密封袋备用。称取100g芫荽粉末装入2000mL圆底烧瓶中,加入1400mL三级水浸泡9.2h,放入水蒸气蒸馏提取装置中连续提取9.2h,取出馏出液加入一定量的正己烷进行萃取,充分萃取后用氮吹浓缩仪去除正己烷即得芫荽精油,芫荽精油得率为0.54%。

#### 1.3.2 壳聚糖-芫荽精油复合涂抹液的制备

参考Wang等<sup>[15]</sup>的制备方法,稍作修改。取1%壳聚糖溶于冰乙酸,放入磁性搅拌器搅拌使壳聚糖充分溶解;依次加入乳化剂吐温80(0.2%)、增塑剂甘油(甘油质量比为0.15g甘油/1g壳聚糖),继续将混合溶液磁力搅拌2h。接着在混合溶液中加入芫荽精油(0.06%、0.12%、0.18%),为了确保芫荽精油均匀分布,所有保鲜液均使用数显高速分散均质机均质化10min,超声波清洗器超声30min以除去气泡,最后得到芫荽精油浓度分别为0.06%、0.12%、0.18%的保鲜液,冰箱密封冷藏备用。

#### 1.3.3 贮藏保鲜试验设计

选成熟度一致、品质优良的草莓600枚,每150枚为一组平均分成4组。将草莓按组分别放进精油浓度为0.06%、0.12%、0.18%的保鲜液中浸泡60s,捞出自然晾干;以超纯水为空白对照组,将剩余一组的草莓放入超纯水浸泡60s,晾干分别放入对应的聚丙烯保鲜盒。

将处理好的草莓在常温25℃下密封贮藏8d,分别在第0、2、4、6、8天取一次样,分别测定其感官品质、腐烂率、失重率、V<sub>C</sub>含量、可滴定酸含量及丙二醛含量,每个指标重复试验3次。

#### 1.3.4 感官品质评分测定

由经过专业训练的10名学生组成感官评价小组,采取9分制评分法,具体评分标准见表1。

#### 1.3.5 腐烂率测定

参考钟秋夏等<sup>[16]</sup>的方法,按草莓果实的腐烂面积分为5个等级:0级无任何腐烂,1级、2级、3级和4级腐烂面积分别占果实面积的0%~<25%、25%~<50%、

表1 草莓感官品质评分标准

Table 1 Sensory quality evaluation criteria of strawberries

评分	外观	气味	色泽	口感
6~9	花萼翠绿,果肉坚挺	香气浓郁,引入食欲	色泽鲜亮,红润	酸甜可口
3~<6	花萼萎蔫,果肉变软	气味怪异,香气减少	红褐色,色泽不均	酸涩异常
0~<3	花萼萎缩泛黄,果肉腐烂汁液外溢	无明显香气,腐败味明显	表面出现褐斑	腐烂变质

50%~<75% 和 75%~<100%。腐烂率公式如下。

$$D = \frac{\sum (m \times n)}{4 \times N} \times 100$$

式中: $D$ 为腐烂率,%; $m$ 为腐烂级数,级; $n$ 为该级别样品个数,个; $N$ 为总样品个数,个;4为最高腐烂级数,级。

### 1.3.6 失重率测定

参考吴子龙等<sup>[17]</sup>的方法,使用称量法计算失重率,公式如下。

$$L = (G_1 - G_2) / G_1 \times 100$$

式中: $L$ 为失重率,%; $G_1$ 为草莓贮藏前质量,g; $G_2$ 为草莓贮藏  $N$  d 时的质量,g。

### 1.3.7 $V_c$ 含量测定

参考 GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》,采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定  $V_c$  含量。

### 1.3.8 可滴定酸含量测定

参考杨蕾<sup>[18]</sup>的方法,采用酸碱滴定法测定可滴定酸含量。取 3 g 草莓样品加入 100 mL 去离子水均质,取上清液加入两滴酚酞指示剂,以 0.1 mol/L 氢氧化钠溶液滴定,记录消耗的氢氧化钠溶液的体积,结果以柠檬酸的量计算。

### 1.3.9 丙二醛含量测定

参考 Yang 等<sup>[19]</sup>的方法,采用分光光度法测定丙二醛含量。取 1 g 草莓样品加入 5 mL 10% 三氯乙酸溶液匀浆,离心(3 500 r/min, 10 min)取 2 mL 上清液,并加入 2 mL 0.67% 硫代巴比妥酸溶液,将混合溶液在 100 °C 加热 20 min,取出并冷却。取上清液并记录其在 450、532、600 nm 处的吸光度,草莓中丙二醛含量以  $\mu\text{mol/g}$  表示,公式如下。

$$C = 6.45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0.56 \times A_{450}$$

式中: $C$ 为丙二醛含量, $\mu\text{mol/g}$ ; $A_{532}$ 、 $A_{600}$ 和  $A_{450}$ 分别为其在 532、600、450 nm 处的吸光度。

## 1.4 数据处理与分析

利用 Excel2016 记录和分析试验数据,使用 Origin2018 进行图表的绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 壳聚糖与茺荜精油复合涂膜对草莓感官品质的影响

草莓的外观、色泽和风味是消费者通过视觉和嗅

觉可以直观感受到的,是激发消费者购买欲的重要因素。草莓贮藏期内感官品质评分变化见图 1。

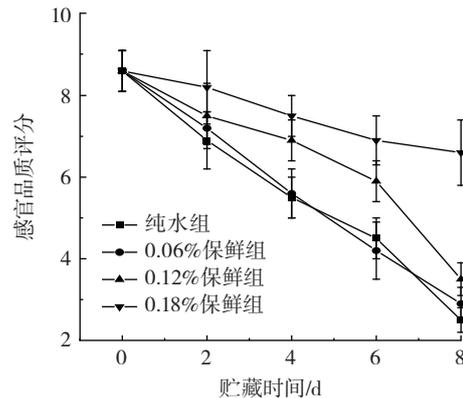


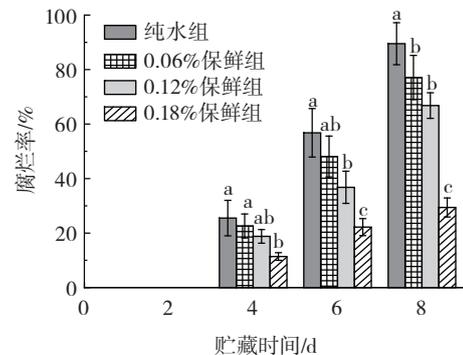
图1 草莓贮藏期内感官品质评分变化

Fig.1 Changes in sensory quality score of strawberries during storage period

由图 1 可知,各组草莓的感官品质评分均随贮藏时间的延长表现出下降的趋势,表明草莓感官品质逐渐降低。当贮藏 8 d 时,添加 0.18% 茺荜精油保鲜组的感官品质评分在 6.6 左右,明显高于其他各处理组,而对照组与低浓度精油处理组几乎全部腐烂变质无法食用。结果表明,0.18% 茺荜精油与壳聚糖复合涂膜处理可以明显提高草莓的感官品质,延长其货架期。

### 2.2 壳聚糖与茺荜精油复合涂膜对草莓腐烂率的影响

草莓在贮藏过程中,极易受到机械损伤和微生物污染如被灰霉菌、根霉菌和炭疽病菌等致病菌感染而出现腐烂变质<sup>[20]</sup>。草莓贮藏期内腐烂率变化见图 2。



小写字母不同表示差异显著, $P < 0.05$ 。

图2 草莓贮藏期内腐烂率变化

Fig.2 Changes in decay rate of strawberries during storage period

由图2可知,草莓在贮藏过程中随着贮藏时间的延长腐烂率也随之增加。当贮藏8d时,纯水组的腐烂率高达89.5%,而同一时期0.18%浓度的芫荽精油处理的保鲜组腐烂率不足30%,存在显著性差异( $P < 0.05$ )。这与Javanmardi等<sup>[21]</sup>以百里香精油、长叶薄荷精油的纳米乳液应用在草莓果实表面研究其对灰霉菌生长影响的结果一致。结果表明芫荽精油在控制草莓果实腐烂方面具有较高的抑菌活性,可以有效降低草莓贮藏期间的腐烂指数。

2.3 壳聚糖与芫荽精油复合涂膜对草莓失重率的影响

草莓是水分含量极高的水果之一,在贮藏过程中进行着强烈的呼吸作用和蒸腾作用,极易出现水分的流失。草莓贮藏期内果实失重率变化见图3。

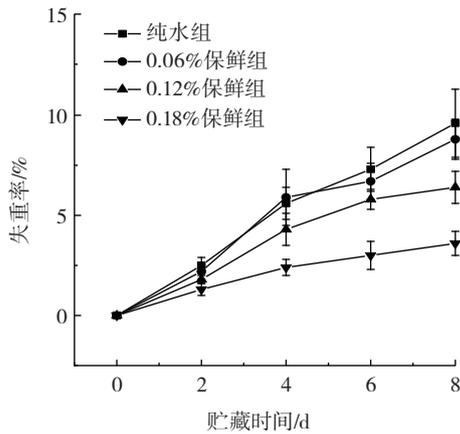


图3 草莓贮藏期内失重率变化

Fig.3 Changes in weight loss rate of strawberries during storage period

由图3可知,各组失重率均随着贮藏时间的延长逐步上升。总体来看,经芫荽精油与壳聚糖复合涂膜的保鲜组的失重率均低于纯水组,其中,经0.18%芫荽精油处理的保鲜组在贮藏第8天时失重率仅为3.6%,而纯水组、0.08%保鲜组的失重率分别高达9.6%和8.8%,说明较低浓度的芫荽精油处理与纯水组对草莓失重率的影响差异不大,这可能是由于芫荽精油浓度过低,不能有效地减缓草莓的呼吸作用和蒸腾作用;而较高浓度的保鲜组可以有效延缓草莓果实的水分流失速度,保鲜效果较好。

2.4 壳聚糖与芫荽精油复合涂膜对草莓V<sub>C</sub>含量的影响

草莓富含丰富的V<sub>C</sub>,其含量是表明草莓新鲜度的重要指标之一。随着贮藏时间的延长,草莓中的V<sub>C</sub>含量逐渐降低。不同贮藏时间草莓V<sub>C</sub>含量变化见图4。

由图4可知,纯水组的V<sub>C</sub>下降最迅速,接着是0.06%保鲜组和0.12%保鲜组,0.18%保鲜组的草莓V<sub>C</sub>下降较为平缓。当贮藏第8天时,纯水组的V<sub>C</sub>低

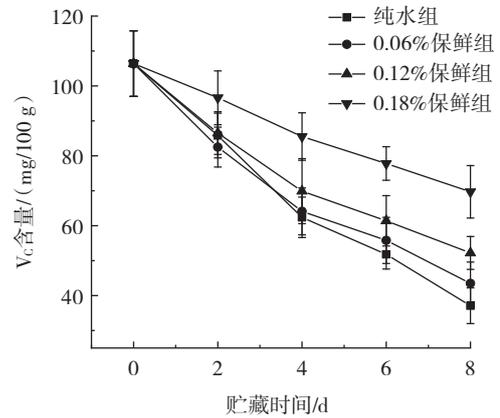


图4 草莓贮藏期内V<sub>C</sub>含量变化

Fig.4 Changes in V<sub>C</sub> content in strawberries during storage period

至37.1 mg/100g,而0.08%、0.12%和0.18%保鲜组的V<sub>C</sub>分别是纯水组的1.2、1.4倍和1.9倍。说明芫荽精油能够较好地延缓草莓V<sub>C</sub>含量的降低速度。

2.5 壳聚糖与芫荽精油复合涂膜对草莓可滴定酸含量的影响

草莓中的可滴定酸主要是苹果酸和柠檬酸等有机酸,其含量是影响草莓风味的重要因素之一。草莓贮藏期内可滴定酸含量变化见图5。

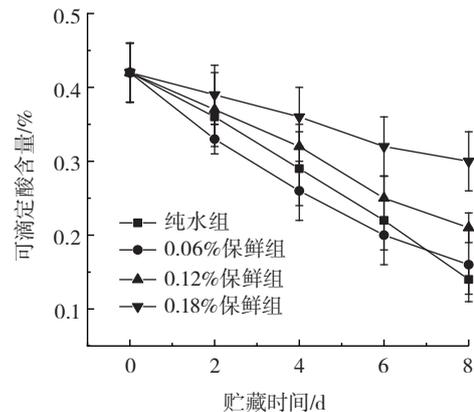


图5 草莓贮藏期内可滴定酸含量变化

Fig.5 Changes in titratable acid content in strawberries during storage period

由图5可知,无论对照组还是不同精油浓度的保鲜组均随着贮藏时间的延长可滴定酸含量降低。在第0天时,草莓的可滴定酸含量为0.42%,而经过8d的贮藏后,纯水组的可滴定酸含量降低了66.7%,而0.18%保鲜组的可滴定酸降低了28.6%,说明较高浓度精油涂膜有利于减缓草莓可滴定酸的下降速度,保鲜效果较好。

2.6 壳聚糖与芫荽精油复合涂膜对草莓丙二醛含量的影响

在贮藏过程果蔬的细胞膜脂质会发生过氧化分解反应,最终产物为丙二醛,丙二醛是一种挥发性有机化

合物,其含量高低反映了果蔬的新鲜度<sup>[22]</sup>。草莓贮藏期内丙二醛含量变化见图6。

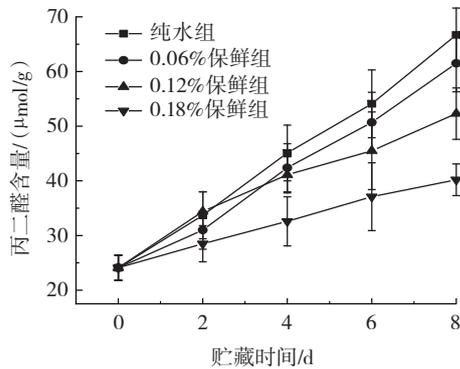


图6 草莓贮藏期内丙二醛含量变化

Fig.6 Changes in malondialdehyde content in strawberries during storage period

由图6可知,纯水组丙二醛含量上升较快,而添加精油的保鲜组能够明显减缓丙二醛的增长速度,且与精油添加浓度呈正相关。在贮藏第8天时,纯水组的丙二醛高达66.7 μmol/g,而0.08%、0.16%保鲜组以及0.18%保鲜组的丙二醛含量分别为61.5、52.3、40.2 μmol/g,说明含有较高浓度芫荽精油保鲜组的草莓品质相对较好。这可能与芫荽精油的抗氧化作用有关,Marangoni等<sup>[23]</sup>通过在香肠中分别添加芫荽精油和二丁基羟甲基苯研究脂质氧化,结果发现芫荽精油抗氧化活性较好,甚至优于合成抗氧化剂二丁基羟甲基苯。

### 3 结论

草莓皮薄肉嫩,在采后在运输、销售、贮藏等过程极易遭受机械损伤和微生物污染。传统的保鲜技术不足以达到更为完备的保鲜效果,因此,寻找一种绿色环保、价格低廉且保鲜效果优异的保鲜技术至关重要。本研究以不同浓度芫荽精油与1%壳聚糖复合制备保鲜液对品质优良的草莓进行浸泡涂膜处理,通过测定常温密封贮藏期间草莓的感官品质以及腐烂率、失重率、V<sub>C</sub>含量、可滴定酸含量和丙二醛含量等理化指标,探究该复合保鲜液浸泡涂膜对草莓保鲜效果的影响。结果表明,与纯水组相比芫荽精油与壳聚糖复合涂膜有利于草莓保持较好的感官品质,且精油浓度越高保鲜效果也越好。贮藏8 d时,芫荽精油浓度为0.18%的保鲜组草莓腐烂率低于30%,失重率、丙二醛含量分别比对照组低62.5%和39.7%,V<sub>C</sub>含量与可滴定酸含量分别是对照组的1.9、2.1倍,差异明显,表明高浓度的芫荽精油涂膜有助于草莓保持良好的感官品质和营养价值。因此,将芫荽精油与壳聚糖复合制备保鲜液浸泡涂膜为草莓保鲜提供了新思路,具有广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 刘畅, 王晓, 李宪松, 等. 我国草莓生产态势及国内外比较分析[J]. 中国果树, 2023(7): 136-140.  
LIU Chang, WANG Xiao, LI Xiansong, et al. Strawberry production situation in China and comparative analysis at home and abroad[J]. China Fruits, 2023(7): 136-140.
- [2] NEWERLI-GUZ J, ŚMIECHOWSKA M, DRZEWIECKA A, et al. Bioactive ingredients with health-promoting properties of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa duchesne*)[J]. Molecules, 2023, 28(6): 2711.
- [3] KIM D S, PARK K J, CHOI J H, et al. Metabolomic analysis of strawberries at different maturities according to postharvest storage period[J]. Scientia Horticulturae, 2023, 321: 112283.
- [4] 张宁, 郜海燕, 房祥军, 等. 草莓采后腐烂真菌病害控制的研究进展[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(3): 396-400.  
ZHANG Ning, GAO Haiyan, FANG Xiangjun, et al. Research progress on control of postharvest rotten fungal diseases of strawberries[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2016, 57(3): 396-400.
- [5] 张金磊, 陈兴煌. 草莓贮藏保鲜方法研究进展[J]. 农产品加工, 2022(4): 59-64.  
ZHANG Jinlei, CHEN Xinghuang. Research progress on storage and fresh-keeping methods of strawberry[J]. Farm Products Processing, 2022(4): 59-64.
- [6] ALWAZEER D, ÖZKAN N. Incorporation of hydrogen into the packaging atmosphere protects the nutritional, textural and sensorial freshness notes of strawberries and extends shelf life[J]. Journal of Food Science and Technology, 2022, 59(10): 3951-3964.
- [7] LI Y, GUO L, YI X H, et al. Fabrication and characterization of *Plumula nelumbinis* extract loaded gelatin/zein films (PNE@GZF) to prolong strawberries shelf-life[J]. Food Control, 2023, 154: 109989.
- [8] 张晓冉, 许凯. 可食性涂膜保鲜技术在易腐食品中的研究进展[J]. 食品工业, 2022, 43(9): 244-248.  
ZHANG Xiaoran, XU Kai. Research progress on edible coating preservation technology of perishable food[J]. The Food Industry, 2022, 43(9): 244-248.
- [9] 原芳. 壳聚糖-没食子酸衍生物可食性膜的制备、性能及其在食品贮藏中应用的研究[D]. 新乡: 河南科技学院, 2022.  
YUAN Fang. Study on preparation, properties and application of chitosan-gallic acid derivative edible film in food storage[D]. Xinxiang: Henan Institute of Science and Technology, 2022.
- [10] LI J H, ZHUANG S L. Antibacterial activity of chitosan and its derivatives and their interaction mechanism with bacteria: Current state and perspectives[J]. European Polymer Journal, 2020, 138: 109984.
- [11] 蔡炳彪, 张凤梅, 吴亿勤, 等. 基于GC-MS和GC-O法分析两种芫荽籽精油特征性香气成分[J]. 香料香精化妆品, 2021(1): 15-18, 21.  
CAI Bingbiao, ZHANG Fengmei, WU Yiqin, et al. Analysis of characteristic aroma components in two kinds of coriander seed essential oils based on GC-MS and GC-O[J]. Flavour Fragrance Cosmetics, 2021(1): 15-18, 21.
- [12] 杨浩铎, 王东营, 王动民, 等. 芫荽精油提取方法、成分分析及生物活性研究进展[J]. 中国调味品, 2022, 47(8): 201-204, 209.  
YANG Haoduo, WANG Dongying, WANG Dongmin, et al. Research progress on extraction methods, component analysis and bioactivities of *Coriandrum sativum* L. essential oil[J]. China Condiment, 2022, 47(8): 201-204, 209.
- [13] SHAHWAR M K, EL-GHORAB A H, ANJUM F M, et al. Charac-

- terization of coriander (*Coriandrum sativum*L.) seeds and leaves: Volatile and non volatile extracts[J]. International Journal of Food Properties, 2012, 15(4): 736-747.
- [14] 王东营,董颖,孟雨东,等. 响应面法优化水蒸气蒸馏提取芫荽精油的工艺研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(5): 183-186, 196.  
WANG Dongying, DONG Ying, MENG Yudong, et al. Optimization of steam distillation extraction of essential oils from *Coriandrum sativum* L. by response surface methodology[J]. China Condiment, 2022, 47(5): 183-186, 196.
- [15] WANG D Y, YANG H D, LU X J, et al. The inhibitory effect of chitosan based films, incorporated with essential oil of *Perilla frutescens* leaves, against *Botrytis cinerea* during the storage of strawberries[J]. Processes, 2022, 10(4): 706.
- [16] 钟秋夏,郑海英,朱燕丽,等. 百里香酚微胶囊的制备及其对草莓的保鲜效果[J]. 食品科学, 2023, 44(11): 167-176.  
ZHONG Qiuxia, ZHENG Haiying, ZHU Yanli, et al. Preparation of thymol-containing microcapsules and its application in strawberry preservation[J]. Food Science, 2023, 44(11): 167-176.
- [17] 吴子龙,张浩,王泽熙,等. 壳聚糖-姜精油涂膜对草莓贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(22): 169-174.  
WU Zilong, ZHANG Hao, WANG Zexi, et al. The storage quality effects of chitosan and ginger essential oil composited coating on strawberry[J]. Food Research and Development, 2018, 39(22): 169-174.
- [18] 杨蕾. 姜叶提取物/壳聚糖在食品包装膜和草莓保鲜涂液中的应用研究[D]. 成都大学, 2023.
- YANG Lei. Application of ginger leaf extract/chitosan composite in food packaging and its preservation coating in strawberry[D]. Chengdu University, 2023.
- [19] YANG X, ZHANG C, LI Q F, et al. Physicochemical properties of plasma-activated water and its control effects on the quality of strawberries[J]. Molecules, 2023, 28(6): 2677.
- [20] 丁华,王建清,王玉峰,等. 4种植物精油对草莓致病菌的抑制作用研究[J]. 包装学报, 2016, 8(3): 1-7.  
DING Hua, WANG Jianqing, WANG Yufeng, et al. Inhibitory effects of four plant essential oils against pathogens of strawberry[J]. Packaging Journal, 2016, 8(3): 1-7.
- [21] JAVANMARDI Z, KOUSHESH SABA M, NOURBAKHS H, et al. Efficiency of nanoemulsion of essential oils to control *Botrytis cinerea* on strawberry surface and prolong fruit shelf life[J]. International Journal of Food Microbiology, 2023, 384: 109979.
- [22] 姜加良,王雪丽,韩颖. 银杏叶提取物/阿拉伯胶复合涂膜对草莓保鲜效果的影响[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(2): 211-218.  
JIANG Jialiang, WANG Xueli, HAN Ying. Effect of *Ginkgo biloba* leaves extract/gum Arabic composite coating on strawberry preservation[J]. China Food Additives, 2023, 34(2): 211-218.
- [23] MARANGONI C, DE MOURA N F. Antioxidant activity of essential oil from *Coriandrum Sativum* L. in Italian salami[J]. Ciência e Tecnologia De Alimentos, 2011, 31(1): 124-128.

加工编辑:王雪

收稿日期:2023-09-19

(上接第89页)

- WANG Mengwei. Study on effects of different treatments on preservation of fresh-cut asparagus[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2022.
- [20] 孙思胜,张晓娟,张岗,等. 不同浓度肉桂丁香提取物结合壳聚糖涂膜对夏黑葡萄采后生理的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(5): 164-168.  
SUN Sisheng, ZHANG Xiaojuan, ZHANG Gang, et al. Influences of chitosan coating and different concentrations of compound *Cinnamomum cassia* Presl and *Eugenia caryophyllata* Thunb. extracts on postharvest physiology of Summer Black grape[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2021, 49(5): 164-168.
- [21] 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.  
CAO Jiankang, JIANG Weibo, ZHAO Yumei. Guidance on postharvest physiological and biochemical experiments of fruits and vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [22] 梁美宜,蔡延渠,董碧莲,等. 不同桃的品种、树龄对桃胶多糖含量影响的研究[J]. 广东药科大学学报, 2019, 35(3): 369-372.  
LIANG Meiyi, CAI Yanqu, DONG Bilian, et al. Study on the effects of Peach varieties and tree ages on polysaccharide contents of the Peach gum[J]. Journal of Guangdong Pharmaceutical University, 2019, 35(3): 369-372.
- [23] 王思滢,寇莉萍,蔚江涛,等. 1-MCP处理对冬枣低温贮藏期间品质变化的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(22): 64-70.  
WANG Siying, KOU Liping, YU Jiangtao, et al. Effect of 1-MCP treatment on quality of winter jujube during low-temperature storage[J]. Food Research and Development, 2021, 42(22): 64-70.
- [24] YUAN L, LAO F, SHI X, et al. Effects of cold plasma, high hydrostatic pressure, ultrasound, and high-pressure carbon dioxide pretreatments on the quality characteristics of vacuum freeze-dried jujube slices[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2022, 90: 106219.
- [25] FAZIO A, LA TORRE C, CAROLEO M C, et al. Effect of addition of pectins from jujubes (*Ziziphus jujuba* mill.) on vitamin C production during heterolactic fermentation[J]. Molecules, 2020, 25(11): 2706.
- [26] WANG Y, SONG G Y, LIANG D, et al. Comparison of ascorbate metabolism in fruits of two jujube species with differences in ascorbic acid content[J]. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2022, 63(5): 759-767.
- [27] WANG C, LI P Y, ZHANG B B, et al. Combining transcriptomics and polyphenol profiling to provide insights into phenolics transformation of the fermented Chinese jujube[J]. Foods, 2022, 11(17): 2546.
- [28] 胡鑫. 干燥方式对脱水红枣产品品质及风味影响的研究[D]. 喀什:喀什大学, 2022.  
HU Xin. Study on the influence of drying methods on quality and flavor of dehydrated jujube products[D]. Kashi: Kashgar University, 2022.

加工编辑:张岩蔚

收稿日期:2022-12-02