

F-MAP保鲜过程中草莓果实质地的变化

贾玲¹, 张先^{1*}, 李范洙^{1*}, 金永杰²

(1. 延边大学, 吉林 延吉 133000; 2. 延吉园艺有限公司, 吉林 延吉 133000)

摘要:利用 F-MAP 技术在低温条件下对草莓进行保鲜试验, 分析了果实质构指标和细胞壁成分。结果表明: F-MAP、PE 袋和一次性保鲜盒包装保鲜过程中草莓果实的硬度、内聚性、弹性、咀嚼性均呈下降趋势, 其中 F-MAP 处理组的指标约在保鲜 2 d 开始显著高于 PE 袋组和对照组。保鲜过程中草莓果实的原果胶、半纤维素和木质素含量呈下降趋势, 纤维素含量呈先上升后下降趋势, F-MAP 处理组果实中的含量在保鲜 2 d 开始显著高于 PE 袋组和/或对照组, 草莓果实中可溶性果胶含量呈上升趋势, 但是保鲜第 3 d 起 F-MAP 组显著低于 PE 袋组。研究结果说明 F-MAP 处理能够延缓草莓果实质地的变化, 有利于草莓的保鲜。

关键词:草莓; F-MAP; 质地

Changes of Texture of Strawberry During the F-MAP Fresh-keeping

JIA Ling¹, ZHANG Xian^{1*}, LI Fan-zhu^{1*}, JIN Yong-jie²

(1. Yanbian University, Yanji 133000, Jilin, China; 2. Yanji Gardening Ltd., Yanji 133000, Jilin, China)

Abstract: The F-MAP technology was used for the fresh-keeping experiment of strawberry in the condition of low temperature, the fruit texture and cell wall composition were analyzed. The results showed that the strawberry packed by F-MAP, PE bag and disposable fresh-keeping box during the fresh-keeping, the hardness, cohesiveness, springiness, and chewiness decreased and the F-MAP group was significantly higher than that of PE group and control group since two days. The strawberry fruit protopectin, hemicellulose and lignin content decreased during the fresh-keeping, cellulose content showed downward trend after rising, F-MAP group were significantly higher than that of PE group and / or the control group since two days, the soluble pectin content of strawberry fruit increased, however, F-MAP group was significantly lower than that of PE group after about third day. The results indicated that the changes of strawberry fruit texture were delayed by F-MAP treatment, and it is conducive to strawberry fresh-keeping.

Key words: strawberry; F-MAP; texture

草莓 (*Fragaria ananassa* Duch) 属蔷薇科草莓属 (*Fragaria* L) 多年生常绿草本植物。草莓果实色泽鲜风味独特, 营养丰富, 素有“水果皇后”的美誉, 他所含的钙、磷、铁比苹果和葡萄多 2 倍~3 倍, 维生素 C 的含量比苹果高 10 倍以上, 还有消暑解热、生津止渴利尿止泻之功效, 并在抗菌、抗肿瘤、抗病毒等方面也具有一定的效果, 深受人们的喜爱^[1]。但草莓收获时间集中,

且含水量大, 果皮薄, 组织娇嫩, 柔软多汁, 缺乏坚硬外皮保护, 在收获和运输过程中极易受损伤和遭受微生物侵染, 导致腐烂而失去商品价值, 采后寿命很短, 在常温下仅可保存 1 d~2 d^[2]。

F-MAP (Functional-modified atmosphere packaging) 技术是近年来逐渐兴起的一种利用功能性塑料薄膜包装的保鲜技术, 它利用果疏的呼吸代谢和功能性薄膜的选择性透气作用, 通过调节包装袋内的气体成分来降低果蔬的呼吸作用与水分蒸腾, 减少营养损耗, 抑制果实的生理代谢和病原微生物的生长繁殖, 从而延长保鲜寿命^[3]。F-MAP 主要是在低密度聚乙烯薄膜中添加沸石、陶瓷和活性炭、抗菌剂、吸附剂和表

项目资助: 韩国食品研究院与延边大学国际合作项目[项目名称: 中国北方地区食品包装产业的调查(413090033)]

作者简介: 贾玲(1991—), 女(汉), 硕士, 研究方向: 果实采后生理与贮藏加工。

* 通信作者

面活性剂等物质,从而改善和提高薄膜的气体透过性、吸附能力和抗菌能力等,制作出适合不同种果蔬贮藏保鲜的薄膜^[4]。Hyung-Woo Park 等^[5-6]利用 F-MAP 技术对冬枣及富士苹果的保鲜进行试验,并得到了很好的效果。

本试验采用 F-MAP 技术在低温条件下对草莓进行保鲜,并对草莓果实质地及其相关化学成份进行了研究,希望将 F-MAP 技术应用到草莓保鲜中,为草莓的保鲜及货架期的延长提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用的草莓为红熟期丰香草莓 (*Fragaria ananassa Duchesne*),于 2014 年 5 月 29 日采自吉林省龙井市东盛勇镇仁化村。果实经过选果冷却分别用 F-MAP 包装袋(保鲜袋由韩国食品研究院提供,厚度 0.03 mm,以下简称 F-MAP),聚乙烯包装袋(保鲜袋厚度 0.06 mm,以下简称 PE 袋),一次性包装盒(以下简称对照组)进行包装。随机取果实装入包装袋中,扎紧袋口,对照组放入一次性保鲜盒,用保鲜膜覆盖,在低温(0℃~3℃)中保鲜,从处理当天开始,每天对果实的质地指标及细胞壁成分进行测定。

1.2 仪器设备

质构仪(TMS-PRO):Food Technology Corporation, FTC, 美国;分光光度计(U-53900):Hitachi High-Technology Corporation;电子天平(JA10003N):民桥精密科学仪器有限公司,上海,中国;组织捣碎匀浆机(JJ-2):金坛中大仪器厂,江苏,中国;电热恒温鼓风干燥箱(DHG-9143BS-III):上海新苗医疗器械制造有限公司;循环水多用真空泵(SHB-III):上海于康科教仪器设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 草莓果实质地的测定

使用质构仪对草莓果实进行测定,每次分别取 10 个大小及形状基本一致的果实,用切分宽度 7.5 mm 的双刀切取果实居中部位,再用内径 14 mm 的打孔器取样。参数设置为:检测速度 30 mm/min,试样受压变形 50%,起始力 0.5 N。将试样置于质构仪探头下做 TPA 实验。果实质地状况的评价参数为硬度(Hardness)、黏附性(Adhesiveness)、内聚性(Cohesiveness)、弹性(Springiness)、咀嚼性(Chewiness)。

1.3.2 果胶含量的测定

提取可溶性果胶和原果胶,采用咔唑比色法测定,以半乳糖醛酸为标准样^[7]。

1.3.3 木质素含量的测定

木质素的含量,采用称重法测定^[8]。

1.3.4 纤维素、半纤维素含量的测定

纤维素、半纤维素由以下公式计算得出

$$\text{半纤维素}/\% = \text{NDF}/\% - \text{ADF}/\%$$

$$\text{纤维素}/\% = \text{ADF}/\% - \text{木质素}/\%$$

其中 NDF 为中性洗涤纤维,ADF 为酸性洗涤纤维,分别用中性洗涤法和酸性洗涤法测定^[9]。

1.3.5 数据分析

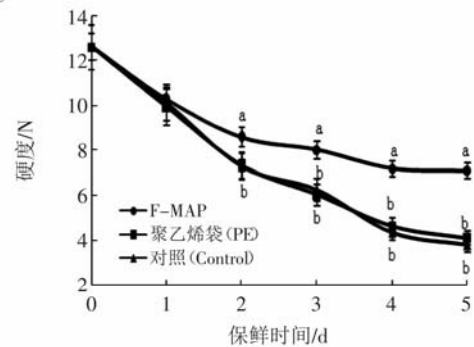
试验数据采用 Excel 和 SPSS11.5 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 在 F-MAP 保鲜过程中草莓质构指标的变化

2.1.1 草莓果实硬度的变化

硬度反映的是果实在外力的作用下发生形变所需的屈服力的大小。草莓在保鲜期间硬度变化如图 1 所示。



不同处理之间不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

图 1 草莓在 F-MAP 保鲜过程中硬度的变化

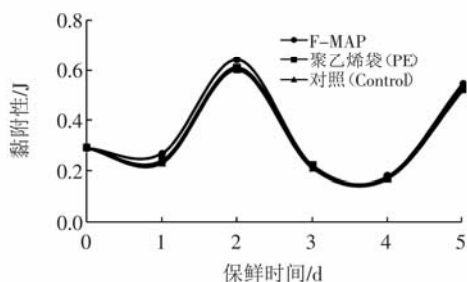
Fig.1 Changes of hardness of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

草莓的硬度随保鲜时间的延长呈下降趋势,F-MAP 组草莓的硬度在保鲜过程中下降趋势较 PE 袋组和对照组缓慢。在保鲜第 5 天,果实硬度由 12.58 N 下降到 7.06 N,下降幅度为 44%,PE 袋组下降到 4.08 N,下降幅度为 68%,对照组下降到 3.76 N,下降幅度为 70%。在保鲜第 2 d 开始 F-MAP 组的硬度与其它两组差异显著($P < 0.05$),F-MAP 组在保鲜第 5 d 的硬度与其他两组保鲜 2 d 的硬度接近。

2.1.2 草莓果实黏附性变化

粘附性是指咀嚼果实时,上颚、牙齿、舌头等克服表面吸引力所需的能量。草莓在保鲜期间黏附性变化如图 2 所示。

在 0.17 J 到 0.64 J 范围内呈先下降后上升,又下降后上升的曲线变化趋势。但是 3 种处理之间黏附性



不同处理之间不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

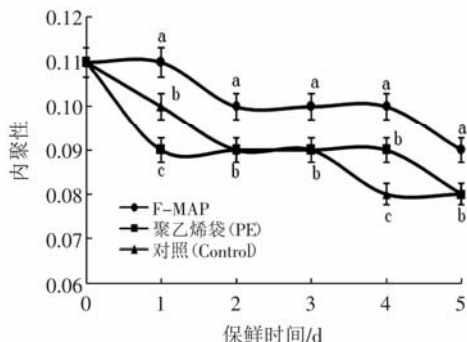
图2 草莓在 F-MAP 保鲜过程中粘附性的变化

Fig.2 Changes of adhesiveness of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

的大小没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.1.3 草莓内聚性变化

内聚性反映了咀嚼果肉时,果粒抵抗受损并紧密连接,使果实保持完整的性质,它反映了细胞间结合力的大小。草莓在保鲜期间内聚性变化如图3所示。



不同处理之间不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图3 草莓在 F-MAP 保鲜过程中内聚性的变化

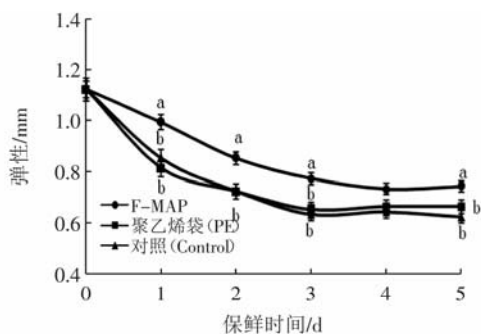
Fig.3 Changes of cohesiveness of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

草莓的咀嚼性随保鲜时间的延长呈下降趋势。其中 F-MAP 组草莓在保鲜 5 d 后内聚性由 0.11 下降到 0.09, 下降幅度为 18%。PE 袋组和对照组下降到 0.08, 下降幅度为 27%。在保鲜过程中, F-MAP 组草莓的咀嚼性始终大于 PE 袋组和对照组并差异显著 ($P < 0.05$)。

2.1.4 草莓果实弹性变化

弹性表示果实经第 1 次压缩后恢复的程度,弹性越大表示果实质地越紧密。草莓果实保鲜期间弹性变化如图4所示。

草莓的弹性随保鲜时间的延长呈下降趋势,其中 F-MAP 组弹性前 4 d 缓慢下降达到最低点为 0.73 mm, 相当于 PE 袋组和对照组保鲜 2 d 后的弹性,之后基本保持稳定。PE 袋组和对照组前 3 天急速下降,分别降到 0.65、0.63 mm,之后趋于平缓。F-MAP 组草莓果实保鲜过程中从处理后第 1 天开始其弹性显著大于其他两组。



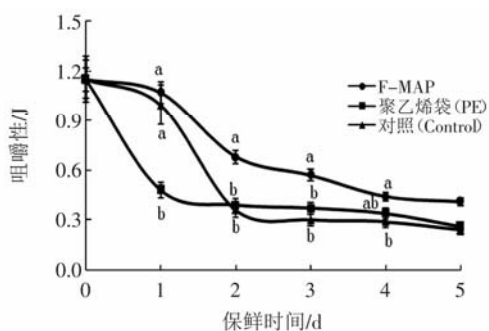
不同处理之间不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图4 草莓在 F-MAP 保鲜过程中弹性的变化

Fig.4 Changes of springiness of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

2.1.5 草莓果实咀嚼性变化

咀嚼性参数为硬度、内聚性和弹性三者乘积,它综合反映了果实对咀嚼过程中所产生外力的持续抵抗作用。草莓的咀嚼性变化如图5所示。



不同处理之间不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图5 草莓在 F-MAP 保鲜过程中咀嚼性的变化

Fig.5 Changes of chewiness of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

草莓的咀嚼性随保鲜时间的延长呈下降趋势, F-MAP 组在保鲜处理后到第 2 d 急速下降,之后缓慢下降,最后下降到 0.41 J, 而 PE 袋组和对照组分别处理后第 1 天和第 2 天急速下降到 0.39、0.36 J, 之后基本稳定, F-MAP 组草莓保鲜 5 d 的咀嚼性大于 PE 袋组和对照组保鲜 2 d 的咀嚼性。

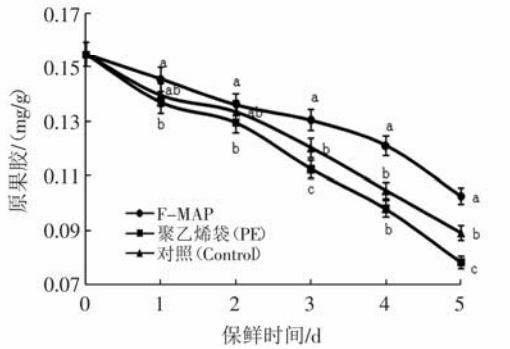
2.2 在 F-MAP 保鲜过程中草莓细胞壁成分的变化

2.2.1 草莓果实果胶含量的变化

果胶存在于高等植物的细胞壁中,对维持植物的结构和硬度起到至关重要的作用。在植物细胞壁中果胶与纤维素、半纤维素、木质素等共价结合形成原果胶^[10]。

草莓果实果胶含量变化见图6、图7。

如图6所示,草莓在保鲜过程中随着保鲜时间的延长,果实中的原果胶呈下降的趋势,3种处理中 F-MAP 组下降幅度较其它两组缓慢,保鲜 5 d 后, F-MAP 组草莓的原果胶含量由 0.155 mg/g 下降到 0.102 mg/g, PE

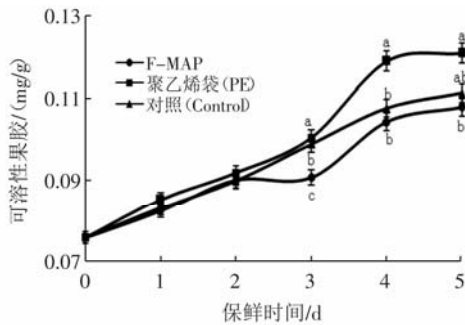


不同处理之间不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图6 草莓在 F-MAP 保鲜过程中原果胶含量的变化

Fig.6 Changes of protopectin content of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

袋组和对照组分别下降到 0.078 mg/g 和 0.089 mg/g。草莓保鲜的整个过程中 PE 袋组原果胶含量最低。



不同处理之间不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图7 草莓在 F-MAP 保鲜过程中可溶性果胶含量的变化

Fig.7 Changes of soluble pectin content of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

由图7可知,草莓在保鲜过程中随着时间的延长,可溶性果胶的含量呈上升趋势,3种处理中F-MAP组可溶性果胶含量上升趋势较缓慢,尤其是保鲜第3d开始其含量显著低于PE袋组,PE袋组的可溶性果胶含量最多。以上可以看出,原果胶含量下降速度快,随之可溶性果胶含量增加速度也大。

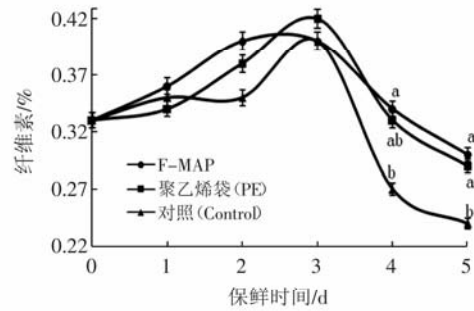
2.2.2 草莓果实纤维素含量的变化

木质素、半纤维素、纤维素是形成植物骨架的主要成分。草莓果实纤维素含量的变化见图8。

由图8可以看出,随着保鲜时间的延长纤维素含量呈先上升后下降趋势。F-MAP组在保鲜前2天呈缓慢上升趋势,到第3天趋于平稳,之后缓慢下降,PE袋组在保鲜前3天极速上升,之后急速下降,对照组在前2天趋于平稳,到第3天急速上升,之后极速下降。F-MAP组草莓纤维素含量除第3天低于PE袋组外,其它时间都高于其它两组。

2.2.3 草莓果实半纤维素含量的变化

半纤维素指在植物细胞壁中与纤维素共生、可溶于碱溶液,遇酸后远较纤维素易于水解的那部分植物

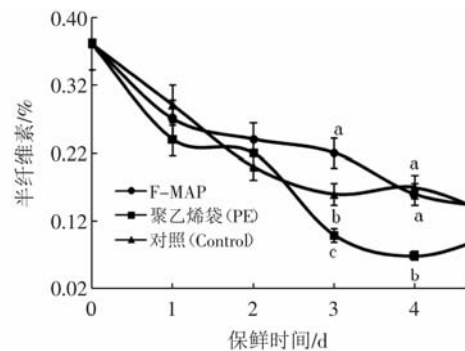


不同处理之间不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图8 草莓在 F-MAP 保鲜过程中纤维素含量的变化

Fig.8 Changes of cellulose content of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

多糖。如图9所示。



不同处理之间不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

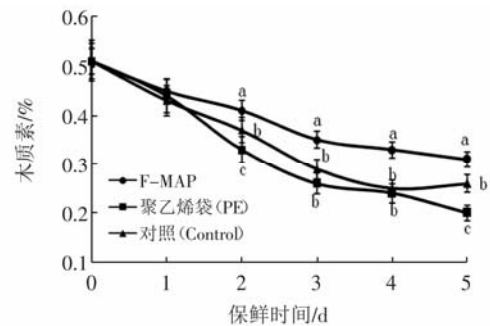
图9 草莓在 F-MAP 保鲜过程中半纤维素含量的变化

Fig.9 Changes of hemicellulose content of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

随着保鲜时间的延长半纤维素的含量呈下降趋势,F-MAP组在保鲜第1天半纤维素含量急速下降,之后两天趋于平缓,保鲜3d之后又呈缓慢下降趋势。F-MAP组保鲜3d之后半纤维素含量为0.22%,相当和大于PE袋组和对照组保鲜2d的半纤维素含量。

2.2.2 草莓果实木质素含量的变化

木质素是构成植物细胞壁的成分之一,具有使细胞相连的作用。如图10所示。



不同处理之间不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图10 草莓在 F-MAP 保鲜过程中木质素含量的变化

Fig.10 Changes of lignin content of Strawberry during the F-MAP fresh-keeping

随着保鲜时间的延长,木质素含量呈下降趋势,其中F-MAP组比其它两组下降趋势缓慢,保鲜5 d以后F-MAP组木质素含量为0.31%,类似于PE组和对照组各保鲜2 d和3 d的木质素含量。在保鲜的第2天起,F-MAP组与其他两组间有显著性差异($P<0.05$)。

2.3 在F-MAP保鲜过程中草莓各项质地指标的相关性分析

2.3.1 草莓果实各项质构指标相关性分析

保鲜过程中草莓果实各项质构参数间的相关性如表1所示。

表1 草莓果实各项质地指标参数相关性分析

Table 1 Correlation among textural parameters of the TPA test

项目	包装方式	硬度	黏附性	内聚性	弹性
粘附性	F-MAP	-0.191			
	PE袋	-0.166			
	对照	-0.198			
内聚性	F-MAP	0.852*	-0.488		
	PE袋	0.848*	-0.319		
	对照	0.993**	-0.216		
弹性	F-MAP	0.992**	-0.130	0.850*	
	PE袋	0.925**	-0.133	0.906*	
	对照	0.946**	-0.156	0.936**	
咀嚼性	F-MAP	0.962**	-0.200	0.910*	0.978**
	PE袋	0.886*	-0.206	0.959**	0.981**
	对照	0.949**	-0.302	0.932**	0.937**

注:*表示 $P<0.05$ 显著水平,**表示 $P<0.01$ 极显著水平。

F-MAP组草莓果实各项质构参数间的相关性与PE袋组和对照组的相关性基本一致。草莓果实的硬度与内聚性、弹性、咀嚼性均具有显著的正相关($R=0.852\sim 0.993$),说明果实的硬度越大,其内聚性、弹性、咀嚼性也大。草莓果实的黏附性与其他质构指标无显著的相关。综合分析,果实硬度、内聚性、弹性、咀嚼性均能很好地反映草莓果实的质地。

2.3.2 草莓果实硬度与细胞壁成分的相关性

由于草莓果实的硬度能够很好的反映果实质地,所以只对硬度与细胞壁成分之间的相关性进行了分析。

表2 草莓果实硬度与细胞壁成分的相关性

Table 2 Correlation among hardness and the cell wall composition

项目	包装方式	硬度/N
纤维素	F-MAP	-0.037
	PE袋	0.035
	对照	0.48
半纤维素	F-MAP	0.977**
	PE袋	0.962**

续表2 草莓果实硬度与细胞壁成分的相关性

Continue table 2 Correlation among hardness and the cell wall composition

项目	包装方式	硬度/N
木质素	对照	0.971**
	F-MAP	0.973**
	PE袋	0.993**
可溶性果胶	对照	0.985**
	F-MAP	-0.921**
	PE袋	-0.951**
原果胶	对照	-0.980**
	F-MAP	0.889*
	PE袋	0.949**
	对照	0.953**

注:*表示 $P<0.05$ 显著水平,**表示 $P<0.01$ 极显著水平。

由表2可知,3种处理的草莓果实硬度与细胞壁成分的相关性基本一致,其中F-MAP组果实硬度与半纤维素、木质素和原果胶的相关系数分别为0.977、0.973、0.889,呈显著正相关,与可溶性果胶呈显著负相关($R=-0.921$)。硬度与纤维素含量的相关性不显著。

3 讨论

草莓在保鲜过程中,随着保鲜时间的延长,草莓的硬度、弹性、咀嚼性均呈下降趋势,粘附性呈波浪型趋势变化,草莓的硬度与内聚性、弹性、咀嚼性呈显著的正相关。这种变化趋势和结果与对葡萄、杨梅等浆果类果实^[11-14]质地指标的研究结果基本一致,并且通过相关性分析可以确定草莓果实的弹性、内聚性和咀嚼性也能够很好地反映果实质地。

果实细胞壁成分的降解是果实软化的主要因素,试验过程中对草莓的细胞壁成分进行了分析。本试验中F-MAP、PE袋和一次性保鲜盒包装处理保鲜过程中,果实的半纤维素、木质素、原果胶含量呈下降趋势,纤维素呈先上升后下降的趋势,可溶性果胶含量呈上升趋势。并对草莓硬度与细胞壁成分的相关性进行分析,硬度与原果胶、半纤维素和木质素呈显著正相关,与可溶性果胶呈显著负相关,与纤维素没有显著的相关性。本实验结果与李丽梅等^[15]对钙和热预处理的草莓和赵青华^[16]在草莓成熟过程中研究细胞壁成分的结果相比除了纤维素含量变化趋势外基本一致,纤维素含量出现不同的变化趋势,可能是由于草莓果实的采收时期和品种特性不同所导致。本次试验结果说明草莓果实随着原果胶、半纤维素和木质素含量的下降,可溶性果胶含量的升高,硬度下降果实变软。

在3种保鲜处理过程中,F-MAP组草莓果实的质

构指标约在保鲜 2 d 开始显著优于 PE 袋组和对照组,细胞壁成分中原果胶和纤维素、半纤维素和木质素含量在保鲜 2 d 开始显著高于 PE 袋组和/或对照组,保鲜 3 d 起可溶性果胶含量显著低于 PE 组。从而说明 F-MAP 处理对草莓果实有较好的保鲜效果,这种保鲜效果可能来自于 F-MAP 的选择性透气作用,通过调节包装袋内的气体成分,抑制果实的呼吸作用,减少营养损耗,抑制果实的生理代谢和酶的活性,抑制原果胶的降解和可溶性果胶的增加^[5-6]。关于草莓 F-MAP 保鲜过程中袋内气体成分及其品质的变化将在下一篇文章中做详细介绍。

4 结论

采用 F-MAP 技术在低温条件下对红熟期草莓进行 5 d 保鲜,结果为果实的质构指标均优于 PE 袋组和对照组,并且保鲜时间较 PE 袋组和对照组可延长约 2 d,说明本试验采用的 F-MAP 处理可以延缓草莓果实质地的下降,有利于草莓保鲜时间的延长。

参考文献:

- [1] 章承林,李春民,李万德,等. 草莓的贮藏保鲜技术[J]. 湖南农业科学,2010(5):100-102
- [2] 姚福荣,任燕. 草莓不同采收时期维生素 C 含量的测定[J]. 毕节学院学报,2007,25(4):84-88
- [3] 徐步前,余小林. 几种机性薄膜包装对香蕉贮藏效果的影响[J]. 园艺学报,2003,30(2):169-170
- [4] 李海林. 果蔬包装与保鲜[J]. 中国果菜,2004(2):40-41
- [5] Hyung W P,Na H R. Freshness of 'Fuji' Apples Packed MA Film Treated with Acid and Anti-fogging Agents[J]. Korea J Packaging Sci Technol,2013,19(1):43-50
- [6] Hyung W P, Jun F G. Development of Functional Modified Atmosphere Film for Winter Date[J]. Korea J Food Preserv, 2006, 13(2):125-130
- [7] 罗自生. 1-MCP 对柿果实软化及果胶物质代谢的影响[J]. 果树学报,2004,21(3):229-232
- [8] 苏同福,高玉珍,刘霞,等. 木质素的测定方法研究进展[J]. 河南农业大学学报,2007,41(3):356-362.
- [9] 杨斌,殷引,张浩博,等. 洗涤剂法测定烟草及烟草制品中中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、酸性洗涤木质素的研究. 中国烟草学会 2012 年学术年会论文集[C]. 中国烟草会,2012:7
- [10] 谢明勇,李精,聂少平. 果胶研究与应用进展[J]. 中国食品学报,2013,13(8):1-14
- [11] 张昆明,张平,李志文,等. 葡萄贮藏期间果肉质地参数变化规律的 TPA 表征[J]. 食品与生物技术学报,2011,30(3):353-358
- [12] 徐志斌,励建荣,陈青. 杨梅果实采摘后品质变化规律的 TPA 表征[J]. 食品研究与开发,2009,30(2):114-117
- [13] 吴旻丹,陈瑜,金邦荃. 储藏期猕猴桃质构变化的研究及人工咀嚼的建立[J]. 食品工业科技,2010,31(12):146-148,152
- [14] 郑铁松,李雪枝. 草莓 1-MCP 保鲜过程中质构性能的研究[J]. 食品科学,2006,27(11):41-44
- [15] 李丽梅,关军锋,及华,等. 钙和热预处理对草莓保鲜的生理效应[J]. 食品科学,2008,29(3):478-480
- [16] 赵青华. 草莓果实成熟过程中细胞壁组分变化的研究[J]. 食品与药品,2007,9(6):27-28

收稿日期:2015-03-03

社会主义核心价值观

【国家】富强 民主 文明 和谐

【社会】自由 平等 公正 法治

【公民】爱国 敬业 诚信 友善