

纤维素可食性膜对番茄保鲜贮藏中硬度和色泽的影响

庄荣玉

(宁波大学食品科学与工程系 , 宁波 315211)

摘 要 用于食品包装的绿色包装材料之一的可食性包装已逐渐地取代容易产生“白色污染”的不可降解性塑料薄膜。本研究采用羟丙基甲基纤维素(HPMC)可食性膜 , 将之涂于番茄上 , 然后贮藏于 20℃ 下达 18 d , 研究其对番茄硬度和色泽的影响。在贮藏期间 , 所有处理组的番茄的硬度都随着贮藏时间的延长而下降。但是 , 施用 HPMC 可食性膜可以延缓番茄变软。在贮藏日的第 7、13 和 18 d , 观察到以 HPMC 涂膜的番茄的硬度都显著性地($P \leq 0.05$) 比未涂膜的番茄的硬度大。本研究还证实了 HPMC 可食性膜可以显著性地($P \leq 0.05$) 延缓番茄在 20℃ 贮藏时色泽的变化 , 延迟了番茄从粉红色到红色阶段的后熟。因此 , HPMC 可食性膜可以有效地减慢番茄后熟 , 延长番茄的保存期。同时番茄硬度损失率的减慢 , 可以减少番茄果实运输时因机械损伤导致果实腐败而造成的经济损失。

关键词 可食性膜 , 羟丙基甲基纤维素 , 番茄 , 保鲜 , 贮藏

不可降解性塑料薄膜被广泛地用做食品包装材料 , 然而它们对环境却容易产生“白色污染”。近年来在发达国家 , 塑料食品包装袋已被限制或禁止使用^[1]。因此“绿色包装” , 包括可食性包装材料和可降解绿色包装材料 , 因无污染而受到重视和迅速发展 , 目前塑料食品包装袋已逐渐被可食性包装袋和新型纸质包装袋取代。

可食性膜是通过包裹、浸渍、涂布、喷洒覆盖在食品表面或异质食品内部界面上的一层由可食物质组成的薄层^[2]。可食性膜作为一种选择性屏障 , 可以阻碍气体、水蒸气和溶质的渗透 , 并可提高食品表面机械强度。与塑料膜相比 , 可食性膜通常有较低的氧气和二氧化碳渗透性^[3]。因此 , 可食性膜和涂层已成功地用于保藏新鲜蔬菜和水果农产品。通过阻止水分损失和控制氧气和 CO₂ 迁移的速率 , 可食性膜可使农产品质量得到保持并延长其保存期。可食性膜还可用来抑制挥发性风味和芳香物质的损失 , 延缓质构特性的变化。

可食性膜的另一个作用是用来做抗菌剂

的载体。通过在膜中添加抗菌剂 , 可抑制微生物的生长 , 从而延长水果和蔬菜的保存期。Torres 和 Karel 在涂有玉米醇溶蛋白的奶酪表面上喷洒质量分数 10% 的山梨酸 , 可使金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 致死^[4]。Vojdani 和 Torres 观察到甲基纤维素 (MC)、羟丙基甲基纤维素 (HPMC)、MC 和 HPMC 的混和物、及壳多糖可以阻止山梨酸钾从食物表面扩散到食品内部 , 其渗透率的大小顺序为 MC < (MC + HPMC) < HPMC < 壳多糖^[5]。这些膜(厚 0.5 mm) 涂于中湿度的食物上时可增加微生物的稳定性 , 延长水果和蔬菜的保存期。

Kester, Fennema^[6]和 Guilbert^[7]综述了以蛋白质、碳水化合物和脂类为基质所配成的可食性膜的应用和特性。用蜡和脂类复盖新鲜果蔬以阻止其脱水早已是可接受的实用方法之一 , 早在 12 世纪 , 中国人的祖先就已懂得用蜡涂在柑橘果实上以减少水分的损失^[8,9]。例如 , 用蜡处理苹果和梨可以大大地减慢果实的呼吸速率 , 进而延长其保质期^[10]。以脂肪酸糖酯混合物做涂层 , 可通过

减慢果蔬后熟生理活动速率来延迟果蔬色泽和硬度的变化,进而延长果蔬保质期^[11~13]。蛋白质和多糖构成的涂层可形成阻碍氧气和CO₂穿透的良好屏障,但对水分迁移的阻碍性较差^[6]。

Park 等人以玉米醇溶蛋白可食性膜涂于番茄上,观察到该膜可以减慢番茄的呼吸速率,延缓番茄的后熟,并保持番茄的硬度^[14],可使番茄保质期延长6d^[3]。MC的衍生物 HPMC 和羟丙基纤维素(HPC)具有极好的成膜特性。将 MC 和 HPMC 涂在挤压成形并冷冻的马铃薯和洋葱圈上可使在油炸时减少其对油的吸收^[15]。Rico-Pena 和 Torres 使用 MC 和棕榈酸构成的二层膜作为氧气的穿透屏障^[16],还用来作为不渗水屏障涂在托冰淇淋球果用的华夫锥上,可使华夫保持脆性口感^[17]。

半熟期至坚熟期的番茄可鲜食,但这时的果实已处于呼吸跃变期,很难贮藏,即使在0℃的低温下也难于长时间贮藏。故在生产上,用于贮藏和运输的番茄应在绿熟期采收,此时番茄已完成成长过程转入成熟,体内物质已积累完毕,果实的组织还很坚硬,耐贮藏和处理,抗病性较强。通过一段时间的贮藏和运输之后,绿熟期番茄即可完成后熟过程,品质接近树上成熟^[18]。由于 HPMC 可食性膜比 HPC 膜更容易制备,因此本研究选用 HPMC 可食性膜对绿熟期番茄进行涂膜,考察 HPMC 可食性膜对番茄在保鲜贮藏中硬度和色泽变化的影响。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

番茄 (*Lycopersicon esculentum*, cv, Sunny):绿熟期番茄在佛罗里达州 Homestead 市种植园中以手工摘采,重量为120~150g/个,并在48h内运到佐治亚大学食品安全与质量增强研究中心。番茄在涂膜之前于30℃下放置10~12h。

HPMC 美国威斯康辛州 Aldrich 化学公

司提供。

1.2 主要仪器与设备

搅拌器:T-Line 型号105,美国新泽西州 Talboy 仪器公司;

比色计:Gardner XL-845,美国马里兰州 Gardner 实验器材公司;

硬度机:Instron Universal Testing Machine 型号1122,美国 Canton 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 羟丙基甲基纤维素可食性膜的制备

HPMC 易溶于醇溶液,取9g的 HPMC 分别溶于300mL的体积分数为63.3%或72%的乙醇中,并分别加1mL的聚乙烯乙二醇400做为塑化剂。将溶液置于50℃的水浴中用 T-Line 搅拌器1550r/min 搅拌20min,得到均质的膜溶液。在涂果之前膜溶液置于20℃密封保存。

1.3.2 番茄的涂膜及硬度的测定

番茄被分成3批,每批10只,分别浸于2L20℃的2种可食性膜溶液、体积分数63.3%或72%的乙醇溶液中2min,取出后室温22℃下自然干燥4h。以不涂膜并未经其他处理的番茄作为对照组。各组番茄均置于20℃下贮藏18d。在每个样品测定日,每种处理的10个番茄都用 Instron Universal Testing Machine 测定硬度,测定方法采用由 Chinnan 和 Pendalwar^[19]所发明的非破坏技术法,此法也被收录在 Bourne 所写的书中^[20]。

1.3.3 色泽的测定

在每个样品测定日,测定了硬度之后的番茄还被用来测色泽。各种处理的番茄取10只用 Gardner XL-845 比色计进行表面色泽(Hunter L*, a*, b*)的测定。每个番茄圆周取4个不同点用以测定平均的 L*, a* 和 b* 坐标值。以标准粉红色校准瓷板(L* = 69.1, a* = 23.4, b* = 9.3)作为色泽测定的基准,测得的 L*, a* 和 b* 的坐标值用来转换成色彩角度值(hue angle)。此外还用另一批不作为贮藏研究用的番茄进行色泽的测

量,以获得抵消可食性膜对仪器测量读数的影响的校正因子^[21]。校正因子的获得是选几个带有可食性膜的番茄先进行色泽测定,然后用水洗去涂着的可食性膜,再进行色泽测定,这样在番茄洗前和洗后所测得的值用来计算 L^* 、 a^* 和 b^* 值的校正因子。

1.3.4 统计分析法

每个实验都做 3 批平行样。获得的数据做方差分析、Duncan 氏多重值域分析和线性回归分析^[22]。

2 结果与讨论

2.1 硬度测定

番茄成熟时会发生果实软化等变化,因此硬度的测定可以了解果实后熟程度。

本研究的不同浸洗或涂膜处理与贮藏时

间没有相互作用。表 1 列出了在各贮藏日中,测得的硬度平均值及线性回归分析和 Duncan 氏多重试验统计分析。 R^2 值较低是因为硬度值之间变差较大。在果实贮藏期间,所有处理组番茄的硬度都随着贮藏时间的递增而下降,然而涂有可食性膜的 2 组番茄在 18 d 的贮藏期间硬度下降速度减慢。在贮藏日第 7、13 和 18 d,用含体积分数 63.3% 或 72% 乙醇的 HPMC 作涂层的番茄的硬度,显著性地 ($P \leq 0.05$) 大于对照组番茄的硬度。HPMC 涂膜液中所含的不同体积分数的乙醇对番茄硬度变化没有显著影响。在贮藏了 13 d 后,对照组番茄的梗洼周围和果肩的外表皮开始皱缩,果实已失去新鲜状态。而涂了 HPMC 膜的番茄却未有上述现象产生。

表 1 涂膜和未涂膜的番茄贮存于 20℃ 下的硬度变化

处 理	力/N					回归分析		
	贮藏时间/d					截 距	斜 率	R^2_{adj}
	0	4	7	13	18			
对 照	5.35 ^a	3.54 ^a	2.43 ^b	1.28 ^b	0.87 ^C	4.759	-0.246	0.612
体积分数 63.3% 乙醇	5.54 ^a	4.50 ^a	2.87 ^b	1.28 ^b	0.81 ^{bc}	5.321	-0.276	0.712
体积分数 72% 乙醇	5.73 ^a	4.56 ^a	2.96 ^{ab}	1.28 ^b	0.74 ^b	5.480	-0.289	0.733
HPMC(含体积分数 63.3% 乙醇)	6.07 ^a	4.00 ^a	4.31 ^a	2.20 ^{ab}	1.43 ^a	5.717	-0.250	0.534
HPMC(含体积分数 72% 乙醇)	5.49 ^a	4.47 ^a	3.97 ^a	2.89 ^a	1.79 ^a	5.395	-0.199	0.604

注:同一列中的力的平均值后所跟的英文字母不相同表示有显著差异 ($P \leq 0.05$); $n = 18$ 。

从表 1 结果可见,使用 HPMC 膜涂于番茄上可以减慢番茄呼吸速率,阻碍果实蒸腾作用,减少水分丧失,从而可减慢番茄的后熟和硬度下降。经 HPMC 涂膜的番茄,果皮表面光洁,富有弹性。

2.2 颜色测定

番茄外表面的着色程度最能代表其果实的成熟度。根据色泽的变化,番茄成熟度可分成绿熟期、微熟期、半熟期、坚熟期、完熟期和过熟期几个阶段,其相应于上述各阶段的色泽状态从绿色,顶部为白色变至顶部开始橙红色,橙红色逐渐向果腹部扩展,至全身橙红色、粉红色、红色、深红色。

在颜色测定中, Hunter 颜色参数值 L^* 、 a^* 、 b^* 分别代表着: L^* , 白色至黑色(为 100

至 0); a^* , 绿色(-)至红色(+); b^* , 蓝色(-)至黄色(+)。色彩角度值(hue angle)代表着不同的色泽,其变化为: 绿色 = 120, 黄色 = 90, 桔红色 = 60, 红色 = 30。

HPMC 膜在番茄果实表面形成的是一层无色透明光滑的薄膜。由表 2 可以得出,抵消可食性膜对仪器测量读数的影响的 Hunter L^* 、 a^* 和 b^* 的校正因子(由回归分析的截距和斜率值得出),此校正因子可以用来计算以 HPMC 涂膜处理的番茄的 Hunter 颜色坐标。

表 3 中所列的用 HPMC 涂膜处理的番茄的 Hunter 颜色坐标是通过表 2 中得出的相应的校正因子而求得的。不同的浸泡处理与贮藏时间没有相互作用。在番茄后熟期

表2 以 HPMC 涂膜的番茄的 Hunter 颜色坐标线性回归分析

处理条件	颜色坐标	截 距	斜 率	R^2_{adj}
HPMC (含体积分数 63.3%乙醇)	L*	-1.843	1.025	0.804
	a*	-0.440	1.028	0.986
	b*	6.114	0.733	0.625
HPMC (含体积分数 72%乙醇)	L*	0.779	0.979	0.906
	a*	-0.355	1.067	0.990
	b*	7.890	0.704	0.777

间,果实的叶绿素含量在减少,类胡萝卜素尤其是番茄红素在增加^[23]。由表3中的色彩角度值的下降变化可看出,绿熟期的番茄经

历了从绿色到浅绿、浅粉红、浅红色再到红色几个阶段的变化^[24]。未涂膜的番茄和浸于体积分数63.3%或72%乙醇的番茄的色彩角度值都显著地($P \leq 0.05$)比涂了 HPMC 膜的番茄的色彩角度值变化快。未涂膜的番茄在20℃下贮藏到第13d时颜色已变成红色(hue angle=38)。而涂了可食性膜的番茄贮藏到第18d时颜色才变为粉红色或浅红色。HPMC膜中的体积分数63.3%或72%乙醇含量并没有影响番茄色彩角度值的变化。

表3 未涂膜和涂 HPMC 膜的番茄在20℃下贮藏18d中的色彩角度值(hue angle)和 Hunter L* 值的变化

处 理	色彩角度值					回归分析		
	贮藏时间/d					截 距	斜 率	R^2_{adj}
	0	4	7	13	18			
对 照	112 ^b	67 ^b	54 ^b	38 ^b	32 ^b	94.453	-4.335	0.624
体积分数63.3%乙醇	112 ^b	84 ^b	57 ^b	38 ^b	32 ^b	102.309	-4.511	0.697
体积分数72%乙醇	112 ^b	88 ^b	56 ^b	38 ^b	34 ^b	102.651	-4.411	0.723
HPMC(含体积分数63.3%乙醇)	112 ^b	104 ^a	96 ^a	65 ^a	50 ^a	118.033	-4.233	0.806
HPMC(含体积分数72%乙醇)	115 ^a	111 ^a	108 ^a	75 ^a	48 ^a	125.001	-4.091	0.825
Hunter L* 值								
对 照	64 ^a	57 ^b	52 ^b	47 ^c	46 ^b	61.542	-1.003	0.727
体积分数63.3%乙醇	61 ^b	57 ^b	54 ^b	45 ^c	46 ^b	60.204	-0.918	0.701
体积分数72%乙醇	62 ^b	57 ^b	53 ^b	45 ^c	44 ^b	61.573	-0.978	0.728
HPMC(含体积分数63.3%乙醇)	64 ^a	62 ^a	59 ^a	51 ^b	48 ^a	64.902	-1.030	0.823
HPMC(含体积分数72%乙醇)	63 ^{ab}	62 ^a	60 ^a	54 ^a	49 ^a	64.175	-0.784	0.744

注:同一列中的平均值后所跟的英文字母不相同表示有显著差异($P \leq 0.05$), $n=18$ 。

表示着颜色的深浅程度的 Hunter L* 值,不受浸泡于体积分数63.3%或72%乙醇液的影响。2组以 HPMC 作涂膜保鲜的番茄在贮藏日第4、7、13和18d的颜色都显著性地($P \leq 0.05$)比未涂膜的番茄颜色要浅。

上述的研究结果证实了 HPMC 可食性膜可以有效地延缓贮藏于20℃的番茄的颜色变化。

3 结 论

以羟丙基甲基纤维素可食性膜涂于绿熟期的番茄上,然后将番茄在20℃下贮藏18d。在贮藏期间,所有处理组的番茄的硬度都随着贮藏时间的延长而下降。但是,使用

HPMC可食性膜可以延缓番茄变软。在贮藏日的第7、13和18d,观察到以 HPMC 涂膜的番茄的硬度都显著性地($P \leq 0.05$)比未涂膜的番茄的硬度大。HPMC涂膜液中所含的不同体积分数的乙醇对番茄硬度变化没有显著影响。本研究还证实了 HPMC 可食性膜可以显著性地($P \leq 0.05$)延缓番茄在20℃贮藏时色泽的变化,延迟了番茄从粉红色到红色阶段的后熟。因此,HPMC可食性膜可以有效地减慢番茄后熟,延长番茄的保存期。

参 考 文 献

- 1 罗学刚.中国包装,1999,19(5):102~103
- 2 Donhowe G, Fennema O R. Edible Films and

- Coatings Characteristics, Formation Definitions and Testing Methods. In Krochta J M, Baldwin E A, Nisperos-Carriedo M O, ed. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Lancaster, PA: Technomic Publishing Co. Inc. ,1994. 1~24
- 3 Park H J, Chinnan M S, Shewfelt R L. J. Food Sci. ,1994 ,59 :568~570
 - 4 Torres J A, Karel M. J. Food Process. Preserv. , 1985 ,9 :107~119
 - 5 Vojdani F, Torres J A. J. Food Process Eng. , 1990 ,12 :33~48
 - 6 Kester J J, Fennema O. Food Technology ,1986 , 40 :47~59
 - 7 Guilbert S. Technology and Application of Edible Protective Films. In Mathalouthi M, ed. Food Packaging and Preservation. London :Elsevier Applied Science publishers Ltd ,1986. 371~394
 - 8 Hardenberg R E. Wax and Related Coatings for Horticultural Products-a Bibliography. Agricultural Research Service Bulletin. New York :Cornell University Ithaca ,1967. 965
 - 9 Labuza T P Contreras-Medellin R. Cereal Food Worlds ,1981 ,26 :335~339
 - 10 Smock R M. Soc. Hort. Sci. ,1935 ,33 :284~289
 - 11 Banks N H. J. Exp. Bot. ,1984 ,35 :127~137
 - 12 Santerre C R, Leach T F, Cash J N. J. Food Process Preserv. ,1989 ,13 :293~305
 - 13 Smith S M, Stow J R. Ann. Appl. Biol. ,1984 , 104 :383~391
 - 14 Park H J, Chinnan M S, Shewfelt R L. Coating Tomatoes with Edible Films. Prediction of Internal Oxygen Concentration and Effect on Storage Life and Quality. Ann. Mtg. ,Inst. Food Technol. ,New Orleans ,LA. ,1992 ,6 :20~24
 - 15 Gold W L. U.S. Patent ,3 ,424 ,591. 1969-07
 - 16 Rico-Pena D C, Torres J A. J. Food Process Eng. ,1990 ,13 :125~133
 - 17 Rico-Pena D C, Torres J A. J. Food Sci. ,1990 , 55 :1468~1469
 - 18 叶兴乾编. 番茄贮藏保鲜与加工. 北京 :农业出版社 ,1992
 - 19 Chinnan M S, Pandalwar D S. Modeling Modified Atmosphere Packaging of Tomatoes. In Spiess W E L and Schubert H, ed. Engineering and Food(Vol. 2). London :Elsevier Applied Science Publishers Ltd. ,1990. 349~361
 - 20 Bourne M C. Food Texture and Viscosity :Concept and Measurement. New York :Academic Press ,1982
 - 21 Yang C C, Chinnan M S. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. ,1987 ,30 :548~55
 - 22 SAS Institute Inc. SAS User 's Guide :Statistics , Version5. Cary ,NC. ,1985
 - 23 Khudairi A K. Sci. ,1972 ,60 :696~707
 - 24 Cheng T S, Shewfelt R L. J. Food Sci. ,1988 , 53 :1160~1162

Effects of Cellulose-Based Edible Film on Firmness and Color of Mature-green Tomato during Storage

Zhuang Rongyu

(Department of Food Science and Engineering ,Ningbo University ,Ningbo 315211)

ABSTRACT The effects of applying edible cellulose-based film ,hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) ,to mature-green tomatoes on the firmness and color were investigated. Tomatoes were stored at 20℃ for up to 18 days. During the storage firmness decreased as storage time increased in all treatment process. However application of edible HPMC coating delayed softening of tomatoes during 18 days of storage at 20℃ . At 7 ,13 ,and 18 days ,the firmness of tomatoes coated with HPMC was significantly($P \leq 0.05$)greater than the firmness of uncoated tomatoes. The study also confirms that HPMC coating could significantly($P \leq 0.05$)delay the changes in color of tomatoes stored at 20℃ . The ripening of tomatoes from the pink stage to red stage were successfully be retarded. HPMC coating could extend the shelf life of fresh tomato. The retardation of the of loss rate of the firmness would reduce the economic loss that may be caused by spoilage resulting from mechanical injury during transportation of tomatoes.

Key words edible coating ,hydroxypropyl methylcellulose ,tomato ,fresh keeping ,storage