

张 颖. 魔芋葡甘聚糖复合涂膜对蓝莓保鲜效果的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(11): 146–149.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.11.040

魔芋葡甘聚糖复合涂膜对蓝莓保鲜效果的影响

张 颖

(贵阳学院, 贵州贵阳 550005)

摘要:以鲜蓝莓为原料,以魔芋葡甘聚糖(KGM)、壳聚糖、蓝莓叶多酚为膜制剂材料,以质量损失率、叶绿素含量、维生素 C 含量、丙二醛(MDA)含量、衰老指数为评价指标,研究 KGM 复合涂膜对蓝莓保鲜效果的影响。通过响应面分析法确定了 KGM 复合涂膜组合,即 KGM 用量为 16 g/L、壳聚糖用量为 5 g/L、蓝莓叶多酚用量为 0.4 g/L;同时, KGM 复合涂膜能降低蓝莓叶绿素、维生素 C 含量损失,延缓蓝莓衰老,有效抑制蓝莓 MDA 的生成和积累。

关键词:魔芋葡甘聚糖(KGM);复合涂膜;蓝莓;保鲜效果

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)11-0146-04

随着社会经济的发展,人们的生活质量不断提高,蓝莓及其制品市场需求也在不断扩大。新鲜蓝莓保鲜期较短,采摘后要立即处理,否则容易腐烂变质,内部包含的营养物质也会快速流失,严重影响蓝莓口感和食用健康,会对蓝莓产业造成巨大的经济损失。因此,蓝莓保鲜以及延长保鲜期是当前亟须解决的技术问题^[1-2]。

目前,水果保鲜技术十分多样化,比较常见的保鲜方法有冷藏法、辐照保鲜法、气调保鲜法、臭氧处理保鲜法、涂膜保鲜法等。物理保鲜方法效果较好,但需要投入大量的专业设备和人员,操作流程比较繁琐,生产成本较高^[3]。近年来,多糖涂膜因有较高的安全性,生产成本相对较低,在水果保鲜中被广泛使用,特别是在浆果类水果保鲜中取得了不错的经济效益。本研究采用魔芋葡甘聚糖(KGM)复合涂膜,将其用

于蓝莓的保鲜处理,以观察保鲜效果,为蓝莓保鲜提供新的操作理论指导。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

蓝莓购自贵州省贵阳市当地蓝莓生产基地。

蓝莓叶多酚、魔芋葡甘聚糖:由笔者所在实验室提取制备;壳聚糖:食品级,西安裕华生物科技有限公司;乙醇、氢氧化钠等均为分析纯。

1.2 试验仪器与设备

BLXK-JA3003B 型电子天平(上海精科实业有限公司);TG16-WS 台式高速离心机(上海美伊设备公司);UV-160A 型紫外分光光度计(日本岛津公司);DZF-6030A 真空干燥箱(天津通净仪器设备有限公司)等。

1.3 试验方法

1.3.1 KGM 复合涂膜对保鲜效果影响的单因素试验 选取 5、10、15、20、25、30 g/L 6 个水平的 KGM 用量,设定其他各因

研究进展[J]. 山西农业科学, 2016, 44(1): 110–114, 122.

[6] 李粉玲, 蔡汉权, 林泽平. 红豆多糖抗氧化性及还原能力的研究[J]. 食品工业, 2014, 35(2): 190–194.

[7] 徐怀德, 秦盛华. 超声波辅助提取光皮木瓜多糖及其体外抗氧化性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 106–111.

[8] 朱秀灵, 戴清源, 冯宏波. 超声辅助提取银杏叶多糖工艺研究[J]. 安徽工程科技学院学报, 2010, 25(3): 6–8.

[9] 刘春兰, 杨逸, 何林, 等. 植物多糖抑菌作用研究方法进展[J]. 时珍国医国药, 2013, 24(7): 1725–1727.

[10] 刘琴, 张薇娜, 朱媛媛. 不同产地苦荞籽粒中多酚的组成、分布及抗氧化活性比较[J]. 中国农业科学, 2014, 47(14): 2840–2852.

[11] 魏爱春, 杨修仕, 么杨, 等. 藜麦营养成分及生物活性研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(15): 272–276.

[12] Yokozawa T, Dong E, Natagawa T, et al. *In vitro* and *in vivo* studies on the radical scavenging activity of tea[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(6): 2143–2150.

收稿日期: 2016-03-01

基金项目: 贵州省科技计划(编号: 黔科合 LH[2014]7183)。

作者简介: 张颖(1976—), 女, 山东滨州人, 硕士, 副教授, 主要从事食品工程研究。E-mail: anyanerer@163.com。

藜麦种子在料液比为 1 g : 10 mL 时多糖提取率最高, 且偏关县藜麦的多糖提取率(2 094.5 μg/g)显著高于静乐县藜麦的多糖提取率(1 781.5 μg/g)。藜麦多糖对 DPPH 自由基有清除能力, 且清除率随着多糖体积的增加而呈现增大趋势。藜麦多糖对大肠杆菌有较强抑菌效果, 但对金黄色葡萄球菌抑菌性较弱。

参考文献:

[1] 王黎明, 马宁, 李頌, 等. 藜麦的营养价值及其应用前景[J]. 食品应用科技, 2014, 35(1): 381–384, 389.

[2] 董晶, 张焱, 曹赵茹, 等. 藜麦总黄酮的超声波法提取及抗氧化活性[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 267–269.

[3] 袁俊杰, 蒋玉蓉, 孙雪婷, 等. 藜麦多糖提取工艺的响应面法优化及其品种差异[J]. 食品科技, 2016, 41(1): 154–159.

[4] 孙雪婷, 袁俊杰, 蒋玉蓉, 等. 藜麦种子总黄酮提取及其抗氧化性[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 355–358.

[5] 陈树俊, 胡洁, 庞震鹏, 等. 藜麦营养成分及多酚抗氧化活性的

素条件,观察各个水平下魔芋葡甘聚糖复合涂膜对蓝莓的保鲜效果。选取 2、4、6、8、10、12 g/L 6 个水平的壳聚糖用量,设定其他各因素条件,观察各个水平下魔芋葡甘聚糖复合涂膜对蓝莓保鲜效果。选取 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 g/L 6 个水平的壳聚糖用量,设定其他各因素条件,观察魔芋葡甘聚糖复合涂膜对蓝莓保鲜效果。

1.3.2 KGM 复合涂膜组合筛选 以单因素试验为基础,选取 KGM 用量为 10、15、20 g/L,壳聚糖用量为 4、6、8 g/L,蓝莓叶多酚用量为 0.3、0.4、0.5 g/L,采用响应面分析法优化 KGM 复合涂膜组合,因素和水平见表 1。

表 1 KGM 复合膜正交试验因素和水平

水平	因素		
	A:KGM 用量 (g/L)	B:壳聚糖用量 (g/L)	C:蓝莓叶多酚用量 (g/L)
-1	10	4	0.3
0	15	6	0.4
1	20	8	0.5

1.3.3 指标测定 本研究中相应指标测定方法见表 2。

表 2 指标测定方法

指标	测定方法
质量损失率 ^[4]	(贮藏前质量 - 贮藏后质量)/贮藏前质量 × 100%
叶绿素含量 ^[5]	双波长分光光度法
维生素 C 含量 ^[6]	采用 2,6 - 二氯靛酚法
丙二醛(MDA)含量 ^[7]	硫代巴比妥酸法
衰老指数 ^[8]	参照 Krarup 的方法将蓝莓分为 5 个等级,衰老指数 = Σ(级数 × 该级蓝莓数量)/(最高级数 × 蓝莓总数量)

2 结果与分析

2.1 KGM 复合涂膜组合优化试验

2.1.1 KGM 用量对蓝莓保鲜效果的影响 由图 1 可以看出,KGM 用量为 15 g/L 时,KGM 复合涂膜对蓝莓保鲜效果较好。

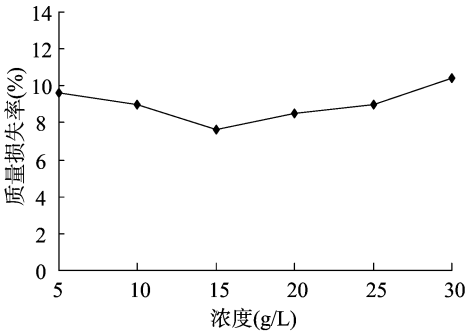


图 1 KGM 用量对保鲜效果的影响

2.1.2 壳聚糖用量对蓝莓保鲜效果的影响 由图 2 可以看出,壳聚糖用量为 6 g/L 时,KGM 复合涂膜对蓝莓蓝莓保鲜效果较好。

2.1.3 蓝莓叶多酚用量对保鲜效果的影响 由图 3 可以看出,蓝莓叶多酚为 0.4 g/L 时,KGM 复合涂膜对蓝莓保鲜效果较好。

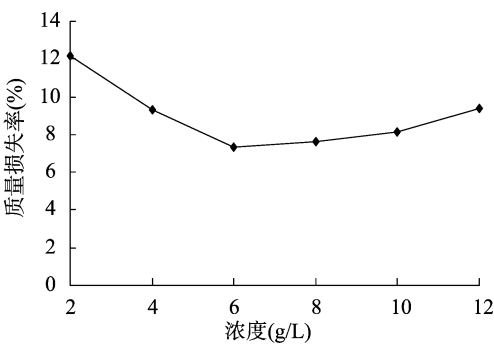


图 2 壳聚糖用量对保鲜效果的影响

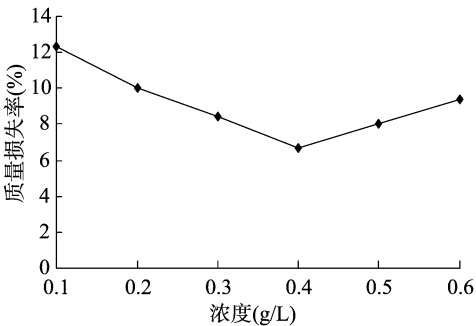


图 3 蓝莓叶多酚用量对保鲜效果的影响

2.1.4 KGM 复合涂膜组合优化 以涂膜后蓝莓的保鲜效果为指标,采用响应面分析法对 KGM 复合涂膜工艺进行优化,试验结果见表 3。

表 3 KGM 复合涂膜组合优化试验结果

序号	因素			质量损失率(%)
	A:KGM 用量(g/L)	B:壳聚糖用量(g/L)	C:蓝莓叶多酚用量(g/L)	
1	15	6	0.4	6.3
2	20	8	0.3	10.6
3	10	4	0.3	8.5
4	15	3	0.4	6.9
5	15	6	0.5	7.1
6	15	9	0.4	9.4
7	15	6	0.3	9.9
8	8	6	0.4	7.8
9	10	8	0.5	9.0
10	15	6	0.4	6.3
11	22	6	0.4	7.2
12	15	6	0.4	6.3
13	15	6	0.4	6.2
14	20	4	0.5	8.0
15	15	6	0.4	6.3

分析 KGM 复合涂膜组合可知,KGM 用量、壳聚糖用量、蓝莓叶多酚用量这 3 个因素都是极显著因素(表 4)。KGM 复合涂膜组合的二次回归拟合方程如下:质量损失率(%) = 6.27 - 0.21 × A + 0.88 × B - 0.99 × C - 0.46 × A × B + 0.11 × A × C - 0.49 × B × C + 0.63 × A² + 0.96 × B² + 1.13 × C² (其中:A 为 KGM 用量,B 为壳聚糖用量,C 为蓝莓叶多酚用量)。

由表 4 可知,KGM 复合涂膜组合优化试验模型的 P 值 < 0.000 1,但失拟项的 P 值是 0.070 5,说明 KGM 复合涂膜组合优化试验模型和实际情况拟合度比较好,所以能对 KGM

表 4 回归方程各项的方差

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	29.880	9	3.32	830.11	<0.000 1	极显著
A(KGM 用量)	0.180	1	0.18	45.00	0.001 1	极显著
B(壳聚糖用量)	3.130	1	3.13	781.25	<0.000 1	极显著
C(蓝莓叶多酚用量)	3.920	1	3.92	980.00	<0.000 1	极显著
AB	0.430	1	0.43	108.09	0.000 1	极显著
AC	0.024	1	0.024	5.93	0.059 0	不显著
BC	0.470	1	0.47	118.65	0.000 1	极显著
A ²	3.090	1	3.09	773.57	<0.000 1	极显著
B ²	7.080	1	7.08	1 771.21	<0.000 1	极显著
C ²	9.910	1	9.91	2 477.14	<0.000 1	极显著
残差	0.020	5	4.00 × 10 ⁻³			
失拟项	0.012	1	0.012	6.00	0.070 5	不显著
纯误差	8.000 × 10 ⁻³	4	2.00 × 10 ⁻³			
总差	29.900	14				

注: $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 分别表示研究的因素是显著、极显著因素。

复合涂膜组合优化进行预测。得到 KGM 复合涂膜组合为 KGM 用量 16 g/L、壳聚糖用量 5 g/L、蓝莓叶多酚用量 0.4 g/L。各因素及其相互作用对响应值的影响可以通过各图直观反映出来。Design - Expert 8.0.6 软件处理后三维响应面和等高线见图 4、图 5、图 6。

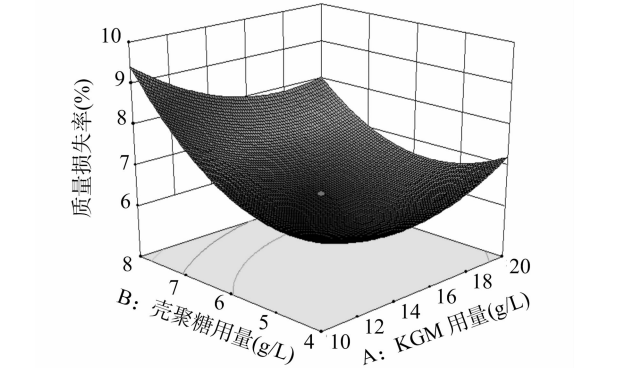


图4 KGM 用量和壳聚糖用量相互作用对保鲜效果的影响

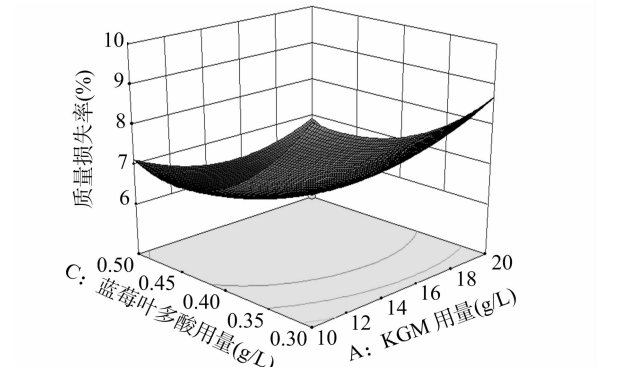


图5 KGM 用量和蓝莓叶多酚用量相互作用对保鲜效果的影响

2.1.5 验证试验 依据表 5 设计进行验证试验,以验证试验得到的 KGM 复合涂膜组合的可靠性。从表 5 中可以看出,试验 4 的质量损失率最低,因此 KGM 复合涂膜组合为 KGM 用量 16 g/L、壳聚糖用量 5 g/L、蓝莓叶多酚用量 0.4 g/L。

2.2 KGM 复合涂膜对蓝莓的保鲜作用

2.2.1 KGM 复合涂膜对蓝莓叶绿素含量的影响 由图 7 可

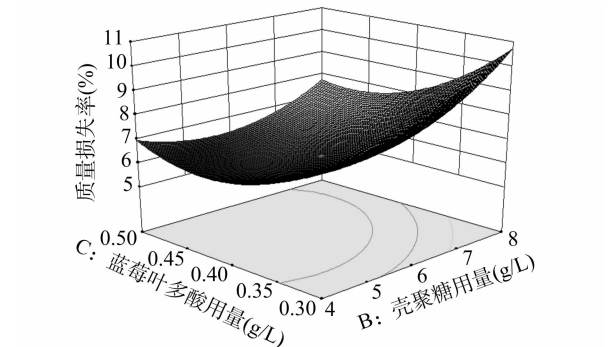


图6 壳聚糖用量和蓝莓叶多酚用量相互作用对保鲜效果的影响

表 5 验证试验设计

序号	因素			质量损失率(%)
	A:KGM 用量(g/L)	B:壳聚糖 用量(g/L)	C:蓝莓叶多酚 用量(g/L)	
1	15	6	0.4	6.2
2	15	3	0.4	6.8
3	15	6	0.5	7.0
4	16	5	0.4	6.0

见,新鲜蓝莓叶绿素含量为 0.11 mg/g,叶绿素含量在贮藏过程中会不断降低,其变化与贮存时间呈负相关关系,KGM 复合涂膜可以有效延缓叶绿素含量下降速度。贮藏 4 d 时,经过 KGM 复合涂膜处理、对照处理的叶绿素含量分别为初样

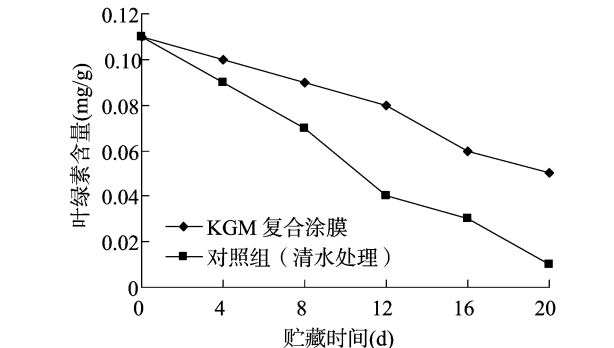


图7 KGM 复合涂膜对叶绿素含量的影响

的 93.2%、67.4%。贮藏 8 d 开始,蓝莓叶绿素含量开始加速下降。试验证明,KGM 复合涂膜处理能有效抑制蓝莓叶绿素含量的减少速度。

2.2.2 KGM 复合涂膜对蓝莓维生素 C 含量的影响 维生素 C 含量是评价蓝莓营养价值高低的重要尺度,由图 8 可以看出,蓝莓在贮存过程中维生素 C 含量会不断降低,前 12 d 下降速度相对较快,后 8 d 下降速度相对较慢。KGM 复合涂膜处理组贮藏 12 d 的维生素 C 含量与 16 d 的维生素 C 含量相差不多;贮藏期结束后,KGM 复合涂膜处理组维生素 C 含量是对照组的 3.3 倍。采用 KGM 复合涂膜处理蓝莓,维生素 C 含量明显高于对照组,可以看出 KGM 复合涂膜有利于延缓蓝莓维生素 C 含量下降速度。

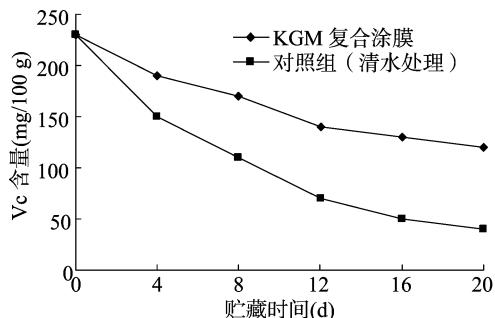


图8 KGM涂膜对维生素C含量的影响

2.2.3 KGM 复合涂膜对衰老指数的影响 从图 9 中可以看出,蓝莓贮藏期间衰老指数在不断提高,对照组增加速度较快,KGM 复合涂膜处理组速度较慢。贮藏 12 d 时,涂膜组衰老指数为 0.15,比对照组明显要低得多;贮藏 20 d 时,对照组衰老指数达到 0.80,这几乎没有食用价值了,而 KGM 复合涂膜处理组衰老指数为 0.41,只有对照组的 50% 左右,可见 KGM 复合涂膜处理蓝莓衰老速度减慢,保鲜效果更佳。

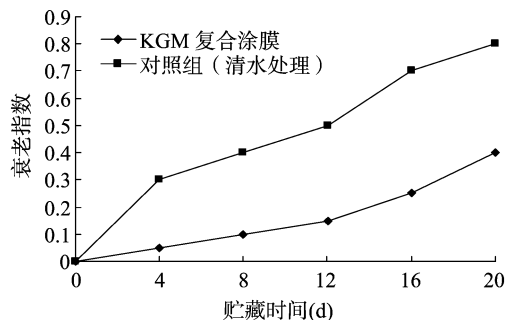


图9 KGM 复合涂膜对衰老指数的影响

2.2.4 KGM 复合涂膜对 MDA 含量的影响 由图 10 可以看出,KGM 复合涂膜处理组和对照组 MDA 含量变化都呈增—降—增趋势。在贮藏 4 d 时,对照组达到阶段性峰值,KGM 复合涂膜处理组变化速度较慢,贮藏 8 d 达到阶段性峰值,峰值比对照组低 21.3%,贮藏 20 d 时比对照组低 34.2%。可以看出,KGM 复合涂膜处理有效抑制了 MDA 的生成和积累。

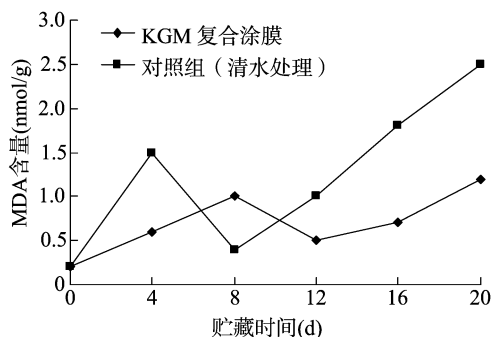


图10 KGM 复合涂膜对 MDA 含量的影响

3 结论与讨论

蓝莓作为一种浆果类水果,其水分挥发较快、易腐化,对保鲜技术要求相对较高。KGM 复合涂膜有良好的固水作用,它可以将水果表皮中的气孔堵塞,从而减少水果内部水分的挥发速度,并将外部气体有效阻止在水果外部,避免将病菌带入蓝莓内部产生腐化作用,这就是 KGM 复合涂膜的保鲜原理。KGM 复合涂膜有良好的抑菌功能,能有效防止细菌繁殖,提高蓝莓保鲜度。另外,KGM 复合涂膜通过将水果表皮气孔包裹,形成缺氧环境,延缓蓝莓水分和营养元素流失速度,从而有效提高蓝莓的保鲜周期。

本研究 KGM 复合涂膜的最佳涂膜剂组合为 16 g/L KGM、5 g/L 壳聚糖、0.4 g/L 蓝莓叶多酚,KGM 复合涂膜处理蓝莓能降低蓝莓叶绿素、维生素 C 含量损失,延缓蓝莓衰老,有效抑制蓝莓 MDA 的生成和积累。

参考文献:

- [1] Tsang C, Higgins S, Duthie G G, et al. The influence of moderate red wine consumption on antioxidant status and indices of oxidative stress associated with CHD in healthy volunteers [J]. British Journal of Nutrition, 2005, 93(2): 233–240.
- [2] 聂飞, 韦吉美, 文光琴. 蓝莓的经济价值以及其在我国产业化发展中的前景探讨[J]. 贵州农业科学, 2007, 35(1): 117–119.
- [3] Yang Z D, Zhai W W. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L) [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(1): 169–176.
- [4] 张忠, 李静, 花旭斌. 葡甘聚糖涂膜对甜椒保鲜效果影响的研究[J]. 食品科技, 2007, 32(3): 246–248.
- [5] 王华林, 王寒. 改性魔芋精粉对樱桃保鲜性能的研究[J]. 食品工业科技, 2010(2): 311–313.
- [6] 许牡丹, 刘艳, 刘青. 正交设计法优化魔芋精粉涂膜保鲜木枣[J]. 食品科技, 2010, 35(12): 48–51.
- [7] 陈佩华. 魔芋葡甘聚糖/壳聚糖可食性复配膜性质及其应用研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011: 22–23.
- [8] 董文明, 焦凌梅, 董坤. 蜂胶/魔芋涂膜酸石榴保鲜技术研究[J]. 食品科技, 2006, 31(12): 154–157.