

壳聚糖复合涂膜对板栗保鲜效果的影响研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2017.01.014

兰霜¹ 黎厚斌¹
吴习宇²

1. 武汉大学
印刷与包装系
湖北 武汉 430079
2. 西南大学
食品科学学院
重庆 400715

摘要: 运用 $L_9(3^4)$ 正交试验方法, 以壳聚糖溶液为主剂、茶多酚和海藻酸钠为助剂, 配制壳聚糖复合溶液, 对板栗进行涂膜保鲜处理, 测定并分析不同处理组板栗的呼吸强度、亮度 L^* 值、失重率、还原糖含量、淀粉含量以及感官品质。通过研究不同配比壳聚糖复合涂膜对板栗保鲜效果的影响, 确定壳聚糖复合涂膜保鲜板栗的最佳配比方案。结果表明, 在 $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏条件下, 壳聚糖复合涂膜处理组能较好地保持板栗的亮度, 抑制其呼吸强度, 减缓其营养物质的消耗, 延缓板栗质变, 且以质量分数为 1.5% 的壳聚糖 + 质量分数为 2.0% 的茶多酚 + 质量分数为 0.2% 的海藻酸钠复合涂膜对板栗进行处理, 其保鲜效果最好, 贮藏 170 d 后, 板栗失重率为 14.379%, 比空白组降低了 7.589%; 各因素对板栗贮藏过程中品质变化的影响顺序为壳聚糖 > 海藻酸钠 > 茶多酚。壳聚糖复合涂膜处理能有效提高板栗的贮藏质量, 延长板栗的贮藏期。

关键词: 板栗; 壳聚糖; 复合涂膜; 保鲜效果

中图分类号: TB487

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2017)01-0085-08

0 引言

板栗营养价值高, 富含维生素、微量元素以及人体必需的氨基酸。研究发现, 在相同热量的条件下, 板栗所含的 Mn、Cu 等元素比牛奶、鸡蛋、猪后肘等更丰富, 因此, 板栗拥有“千果之王”的美称^[1]。医学研究表明, 板栗味甘, 性温, 有补肾壮腰、健脾止泻、活血止血的功能, 板栗中富含的不饱和脂肪酸和维生素对高血压和冠心病等具有一定的预防和辅助治疗作用^[2]。

我国板栗品种优良, 资源丰富, 种类达 300 多种^[3]。我国是板栗生产大国, 在世界板栗生产总量中占据绝对优势。自 1985 年以来, 中国板栗产业呈现直线上升的发展趋势, 从 2000 年至 2011 年底, 我国板栗栽培面积由 $11 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 扩至 $31 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 年产量由 60 万 t 增至 1 700 万 t, 占世界总产量的

85%^[4]。板栗含水量高, 呼吸强度大, 采后生理代谢旺盛, 极易霉烂变质。据统计, 由于采后贮藏运输不当, 板栗因失水、霉烂、虫害等造成的损失达 50%。板栗的这种特质制约了其运输、销售与加工^[5], 严重影响了板栗的市场价值。

目前, 绿色食品包装受到广泛关注, 可食性包装作为一种无污染的绿色包装, 越来越受到消费者的青睐。壳聚糖是一种非常有价值的天然高分子材料, 具有可食用性、良好的成膜性和抑菌抗菌性能^[6]。壳聚糖膜可使果实内部形成高 CO_2 低 O_2 的微环境, 同时抑制乙烯气体的释放^[7], 在一定程度上延缓果蔬衰老, 维持果蔬品质, 延长其贮藏期。杨娟侠等人^[8]研究发现, 在 $-1 \sim 1^\circ\text{C}$ 贮藏条件下, 以质量分数为 1.5% 的壳聚糖对板栗进行包装处理, 能明显抑制淀粉酶和过氧化物酶 (peroxidase, POD) 活性的下降, 降低板栗的腐烂率和失重率, 延长其

收稿日期: 2016-05-23

作者简介: 兰霜 (1993-), 女, 四川广安人, 武汉大学硕士生, 主要研究方向为绿色包装材料,

E-mail: 1022136789@qq.com

贮藏期。茶多酚是茶叶中多酚类物质的总称，具有抗氧化能力强、无毒副作用、无异味等特点，是一种新型安全的天然食品抗氧化剂，目前主要应用于肉制品的保鲜包装，在果蔬保鲜中应用较少。研究表明，经质量分数为2%的茶多酚溶液处理后的板栗，能有效降低其贮藏过程中产生的活性氧，抑制“石灰化”发生。壳聚糖具有脆性大、易龟裂等缺点，通过添加海藻酸钠可提高壳聚糖膜的力学性能^[9]。祝美云等人^[10]研究发现，添加海藻酸钠的壳聚糖复合膜能够更有效地贮藏猕猴桃。

本研究采用向成膜物质壳聚糖中添加抑菌抗氧化物质茶多酚，并添加海藻酸钠助剂，通过正交试验的方法，研究复合涂膜保鲜剂对板栗的保鲜效果，确定壳聚糖复合膜的最佳配比方案，以期对板栗涂膜保鲜的研究应用提供参考。

1 实验

1.1 材料

板栗，山东泰安泰山有机板栗，购自山东生态农家店；

壳聚糖，食品级，脱乙酰度为93%；

茶多酚，食品级(98%)，陕西西安润雪生物科技；

海藻酸钠，食品级(99%)，河南柘城县耕道贸易有限公司；

网眼袋(0.5 kg装)及网扣，山东临沂隆达塑编网眼袋厂。

1.2 试剂

乙酸、氢氧化钠、草酸、氯化钡、酚酞指示剂、乙醚、盐酸、甲基红、醋酸铅、硫酸钠、菲林试剂、次甲基蓝、乙酸锌、亚铁氰化钾，均为分析纯，购自黄树村药品店。

1.3 仪器

pH-3C型pH计，上海仪电科学仪器股份有限公司生产；

HH-S6数显恒温水浴锅，常州普天仪器制造有限公司生产；

JJ-1精密增力电动搅拌器，常州博远实验分析仪器厂生产；

UltraScanPRO色差仪，由美国HunterLab公司生产。

1.4 方法

1.4.1 实验设计

在60℃条件下，以质量分数为1%的乙酸为溶

剂，将壳聚糖搅拌至溶解，在搅拌过程中缓慢加入海藻酸钠，继续搅拌直至完全溶解。将溶解后的茶多酚缓慢加入涂膜液中搅拌均匀。溶液放置于小盆中冷却待用。为达到更好的保鲜效果，在实验前通过大量查阅文献，并参考相关研究数据^[11-13]，分析并确定各因素的质量分数水平，分别为：壳聚糖质量分数为1.5%，茶多酚质量分数为2.0%，海藻酸钠质量分数为0.4%。根据确定的最佳质量分数以及上下两个比邻质量分数，设置3个质量分数水平，设计L₉(3⁴)正交试验，按照表1配制复合膜，正交试验因素水平见表2。

表1 壳聚糖复合膜配方

Table 1 The chitosan blend liquid film formula %

水平	因素质量分数		
	壳聚糖(A)	茶多酚(B)	海藻酸钠(C)
1	1.0	1.0	0.2
2	1.5	2.0	0.4
3	2.0	3.0	0.6

表2 正交试验因素水平表

Table 2 The factor level of the orthogonal experiment %

分组号	因素质量分数		
	壳聚糖(A)	茶多酚(B)	海藻酸钠(C)
1	1.0	1.0	0.2
2	1.0	2.0	0.4
3	1.0	3.0	0.6
4	1.5	1.0	0.4
5	1.5	2.0	0.6
6	1.5	3.0	0.2
7	2.0	1.0	0.6
8	2.0	2.0	0.2
9	2.0	3.0	0.4

挑选成熟度一致、无病虫害和机械损伤的板栗，清洗干净后以20个每组，分别在不同配比的壳聚糖复合溶液中浸泡5 min后取出，通风自然晾干，装入网眼袋中并封紧。将在质量分数为1.5%的壳聚糖溶液中浸泡的实验组作为#1组，在蒸馏水中浸泡的实验组作为对照CK组。所有处理组均置于(0±1)℃条件下冷藏^[14]，贮藏期间定期取样，进行相关生理指标的测定，且每处理重复3次。

1.4.2 指标测定

1) 呼吸强度。参照杨振生等人^[15]的方法，采用静置法测定。

2) L*值。参照D. M. Holcroft^[16]的方法，采用色差仪进行测定，将随机挑选的板栗切开并测量栗仁中间果肉的色差，计算L*值并对比。

3) 失重率。称重法测定, 失重率 (%) = (贮前质量 - 贮后质量) / 贮前质量 × 100%。

4) 还原糖含量。参照 GB/T 5009.8—2008《食品中蔗糖的测定》中的方法, 采用斐林试剂还原法测定^[17]。

5) 淀粉含量。参照 GB/T 5009.9—2008《食品中淀粉的测定》, 采用酸水解法测定^[18]。

6) 感官评价。参照李艳^[19]的方法并进行改进, 对色泽、气味、组织、口感等进行评定, 总体感官品质得分为色泽、气味、组织、口感分数之和, 总分 15~10 分为板栗感官品质佳, 10~5 为一般, 5 分以下失去板栗商品价值。6 人进行评分, 取平均值。感官品质评定标准如表 3 所示。

表 3 板栗感官品质评分标准

Table 3 Sensory quality standard of chestnuts

分值	色 泽	组 织	口 感
5	栗壳褐红, 鲜艳发亮, 果仁洁白有光泽	组织坚硬, 果肉饱满	清脆香甜, 有板栗特有风味
4	栗壳棕褐色, 颜色变暗, 果肉洁白无光泽	稍有失水, 轻微软化	脆性降低, 特有风味减少
3	栗壳呈现少量黄色斑纹, 果仁变黄	果肉软化、皱缩	甜度增加, 有轻微异味, 放置后消失
2	栗壳约 1/2 面积出现黄色斑纹, 果仁灰白色	果肉组织变干, 稍有石灰化	甜度变淡, 酒味较浓, 有异味
1	栗壳大面积出现黄色斑纹, 果仁出现灰黑色	干硬萎缩, 石灰化	有明显的蒸煮味或其他异味

1.4.3 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS statistics 17.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 呼吸强度

呼吸强度的强弱是板栗生理状态的重要指标, 呼吸强度越小, 果实营养物质消耗越慢, 贮藏期越长。板栗贮藏期间的呼吸强度如图 1 所示。

由图 1 分析可知: 在贮藏初期 (0~60 d), 各组板栗的呼吸强度逐步增大, 到 60 d 时均出现呼吸峰, 之后进入休眠状态; 贮藏 60~90 d 期间呼吸强度明显下降; 在贮藏后期 (90~170 d), 板栗休眠解除, 种子开始萌芽, 所以贮藏 90 d 后板栗的呼吸强度迅速上升。在整个贮藏期间, 与 CK 组相比, 涂膜组的呼吸强度均呈现一定程度的下降, 各组呼吸峰值均小于 CK 组, 复合涂膜组抑制效果要优于壳

聚糖单因素处理组, 各组之间差异不显著 ($P > 0.05$), 其中, 第 6 组效果最好, 在贮藏 170 d 后, 呼吸强度最低, 仅为 $38.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 比 CK 组的呼吸强度低 18.0%。结果表明, 壳聚糖复合涂膜能一定程度抑制板栗的呼吸强度, 有利于板栗的贮藏和营养成分的保持。对贮藏期间板栗的呼吸强度进行 K 值分析得出, 最优水平为 A2B2C1, 各因素主次顺序为 $C > B > A$ 。

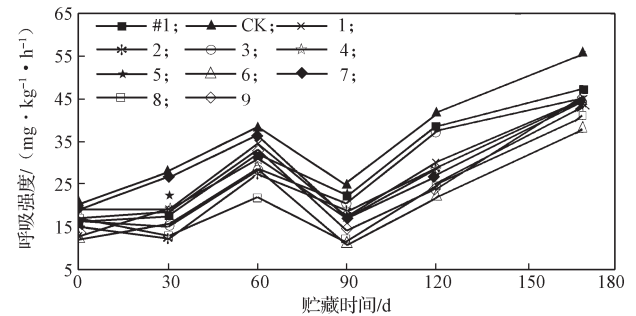


图 1 板栗贮藏过程中的呼吸强度

Fig. 1 Respiratory intensity of chestnut during preservation

2.2 L^* 值

L^* 值是衡量果实色泽的重要指标^[20]。板栗贮藏过程中 L^* 值的变化如图 2 所示。

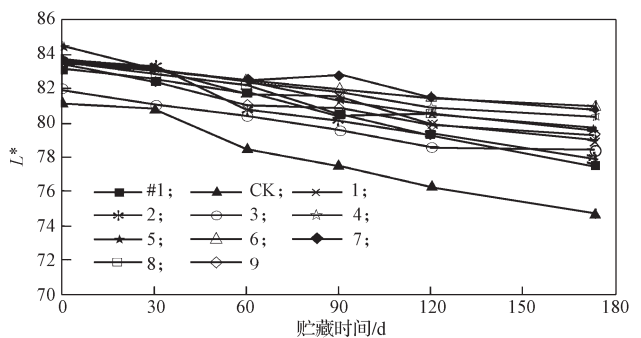


图 2 板栗贮藏过程中 L^* 值的变化

Fig. 2 Change of L^* value of chestnuts during preservation

图 2 反应了板栗贮藏过程中果肉表面亮度的变化趋势。整个贮藏期间, 栗仁表面亮度持续下降, 其中, CK 组 L^* 值下降最快, 各涂膜组亮度下降速率相对缓慢。贮藏 0~30 d 期间, CK 组 L^* 值下降缓慢, 30 d 后, L^* 值下降明显加快, 板栗表面褐变明显; 与 CK 组相比, 涂膜组 L^* 值下降速率平缓, 壳聚糖涂膜组 L^* 值下降速率在复合涂膜组和 CK 组之间。贮藏结束时, CK 组 L^* 值最低, 为 74.75, 壳聚糖涂膜组的 L^* 值为 77.57, 复合涂膜组的 L^* 值均高于 CK 组和壳聚糖

组, 其中, 第6组效果最好。与CK组相比, 第6组能显著抑制栗仁表面亮度的下降 ($P < 0.01$), 但各涂膜组之间 L^* 值差距不大。这表明壳聚糖复合涂膜能有效保持栗果表面的亮度和色泽, 抑制板栗褐变, 维持板栗的感官品质。对贮藏期间板栗的 L^* 值进行 K 值分析得出, 最优水平为 A2B1C1, 各因素主次顺序为 $A > B > C$ 。

2.3 失重率

失重率主要反映板栗贮藏过程中的失水情况, 是衡量果实保鲜效果的一项重要指标^[21]。板栗贮藏过程中的失重率如图3所示。

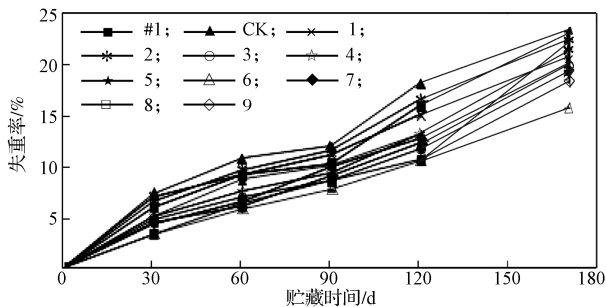


图3 板栗贮藏过程中的失重率

Fig. 3 Water loss of chestnuts during perservation

由图3可以看出, 整个贮藏期间, 涂膜组的失重率明显低于CK组的, 这是因为涂膜处理在板栗表面形成一层薄膜, 减少了水分的蒸发, 这一结果与A. Asgar等人^[22]的研究一致。复合涂膜组板栗的失重率以第1组的为最大, 复合涂膜组之间的失重率差异不显著 ($P > 0.05$)。贮藏结束时, CK组失重率最大, 达21.968%, 复合涂膜组的失重率均低于壳聚糖单一涂膜组, 第6组的失重率最小, 在贮藏结束时其失重率仅为14.379%, 板栗保持良好的感官品质。这表明壳聚糖涂膜处理能够降低果实中水分的蒸发, 减少水分散失, 且添加海藻酸钠和茶多酚的复合涂膜比单一壳聚糖涂膜处理效果更好。对贮藏期间板栗的失重率进行 K 值分析得出, 最优水平为 A2B3C1, 各因素主次顺序为 $A > C > B$ 。

2.4 还原糖含量

板栗贮藏过程中的还原糖质量分数如图4所示。从图4中可以看出, 在贮藏期间, 各组还原糖质量分数均呈现先降后升的趋势。这是因为, 在贮藏初期, 板栗自身生命活动需要糖类提供能量, 此时还原糖质量分数减少, 随着贮藏期延长,

果实中的糖类供能不足, 淀粉等储能物质开始大量分解供能, 所以贮藏30d后, 还原糖质量分数开始回升。在果蔬贮藏过程中, 还原糖含量上升越慢, 含量变化越小, 表明保鲜效果越好, 谭正林等人^[23]在保鲜板栗时也得到与本研究相一致的结果。在整个贮藏期间, CK组的还原糖质量分数始终高于涂膜组的。贮藏结束时, CK组和壳聚糖涂膜组还原糖质量分数分别为4.198%和3.920%, 复合涂膜处理组的还原糖质量分数均小于壳聚糖涂膜组的, 说明复合涂膜处理能抑制还原糖的消耗, 其中, 第6组的还原糖质量分数最低, 为3.460%, 与对照组之间存在极显著差异 ($P < 0.01$)。对贮藏期间板栗的还原糖质量分数进行 K 值分析得出, 最优水平为 A3B2C1, 各因素的主次顺序为 $A > C > B$ 。

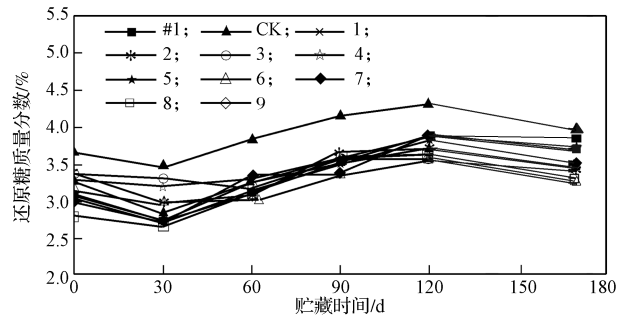


图4 板栗贮藏过程中的还原糖质量分数

Fig. 4 Revertose content of chestnut during preservation

2.5 淀粉含量

淀粉是板栗的主要成分。在贮藏期间, 由于呼吸作用, 板栗中的淀粉不断被水解, 含量降低。测量淀粉含量可以推测贮藏期间淀粉的生理活性状态。板栗贮藏过程中的淀粉质量分数如图5所示。

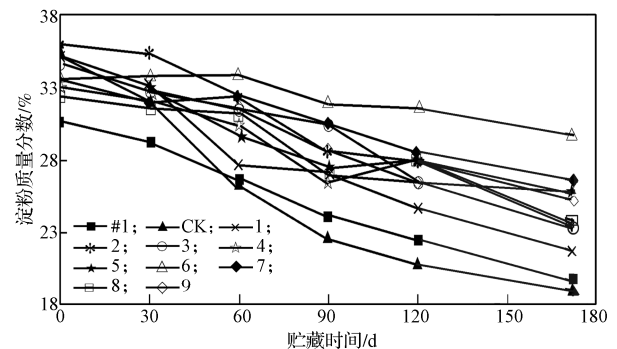


图5 板栗贮藏过程中的淀粉质量分数

Fig. 5 Amyllum content of chestnut during preservation

由图5分析可知, 贮藏前期, 板栗中的淀粉含量

下降速率较缓, 贮藏 30 d 后, 各组淀粉含量下降速率加快, 这一结果与呼吸强度、还原糖含量测定结果一致。整个贮藏期间, CK 组的淀粉含量下降速率明显快于涂膜组的, 各涂膜组之间淀粉含量差异不显著 ($P>0.05$)。贮藏结束时, CK 组淀粉质量分数最低, 为 19.896%, 下降了 15.363%。壳聚糖单一涂膜组淀粉含量的降低介于复合涂膜组和 CK 组之间, 复合涂膜组中, 以第 6 组涂膜处理的板栗保鲜效果最好, 淀粉分解速率最慢, 在贮藏 170 d 后, 淀粉质量分数为 30.563%, 下降 3% 左右, 与 CK 组差异显著 ($P<0.05$)。这表明涂膜处理能有效抑制板栗中淀粉的分解, 且壳聚糖复合涂膜处理组的保鲜效果优于壳聚糖单一因素处理组的。对贮藏期间板栗淀粉含量进行 K 值分析得出, 最优水平为 A2B3C1, 各因素主次顺序为 $A>C>B$ 。

2.6 感官评价

板栗贮藏期间的感官品质变化如图 6 所示。

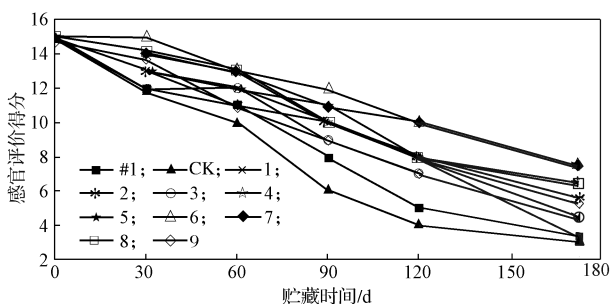


图 6 板栗贮藏过程中的感官评价得分

Fig. 6 Sensory score of chestnut during preservation

感官品质影响着消费者对产品的第一印象。新鲜板栗果皮呈褐红光泽, 栗仁洁白饱满, 口感清脆香甜。在贮藏 60 d 后, CK 组果仁开始出现小面积褐变现象, 有轻微异味, 各涂膜组感官品质保持较好, 得分均在 11 分以上, 保鲜效果均较好, 第 6、7、8 组感官品质相对较佳, 感官得分为 13 分。贮藏结束时, CK 组栗仁大面积褐变, 组织干硬萎缩, 口感不佳, 得分为 3 分; 相比之下, 壳聚糖复合涂膜组保鲜效果均较好, 在贮藏结束时, 复合涂膜组果实商品价值均保持较好, 其中第 6、7 组板栗表面极少出现褐变现象, 组织保持脆性, 仍保持板栗的特有风味。由此可见, 壳聚糖复合涂膜能较好地维持板栗贮藏期间的感官品质。对贮藏期间板栗的感官品质评价进行 K 值分析得出, 最优水平为 A2B1C1, 各因素主次顺序为 $A>C>B$ 。

3 多指标正交试验结果综合分析

采用综合平衡分析法^[24-25], 对正交试验结果进行综合分析, 确定壳聚糖复合涂膜保鲜板栗的最佳配比。综合平衡分析表如表 4 所示。

表 4 综合平衡分析表

Table 4 Comprehensive balance analysis table

指标	极差 R			最优方案
	A	B	C	
呼吸强度	2.060	3.713	4.094	A2B2C1
L^* 值	1.290	0.724	0.317	A2B1C1
失重率	1.950	1.137	1.540	A2B3C1
还原糖质量分数	0.893	0.062	0.145	A3B2C1
淀粉质量分数	0.990	0.787	0.980	A2B3C1
感官评价	0.947	0.114	0.784	A2B1C1

1) 壳聚糖

从表 4 可以看出, 除呼吸强度以外, 壳聚糖对失重率、淀粉质量分数、还原糖质量分数、感官评价以及 L^* 值 5 个指标而言, 极差值都是最大, 表明壳聚糖的质量分数是影响板栗保鲜的最大因素。除还原糖质量分数以外, 其余各指标均以 A2 水平处理效果为最好, 即壳聚糖质量分数为 1.5%。还原糖质量分数指标取 A3 水平为最好, 但 K2 与 K3 相差较小, 仅相差 0.014, 所以综合各个指标分析考虑, 壳聚糖质量分数取 A2 水平, 即其质量分数为 1.5%。

2) 茶多酚

从表 4 可以看出, 对各指标而言, 茶多酚的极差都不是最大, 且有 4 个指标茶多酚的极差最小, 这表明茶多酚对板栗贮藏品质变化影响较小。在 6 个指标中, 茶多酚质量分数对呼吸强度和 L^* 值影响相对稍大; 还原糖质量分数、呼吸强度 2 个指标以 B2 水平为最佳; 失重率、淀粉质量分数 2 个指标取 B3 水平最好, 但茶多酚对其影响最小, 且 B3 水平均值仅次于 B2; L^* 值与感官评价均以茶多酚为 B1 水平最佳, 但 K 值差距较小, 且还原糖质量分数、呼吸强度指标更为重要。综合考虑 6 个指标, 茶多酚质量分数取 B2 水平, 即其质量分数为 2.0%。

3) 海藻酸钠

从表 4 可以看出, 海藻酸钠的极差基本小于壳聚糖而大于茶多酚, 所以, 海藻酸钠对板栗贮藏过程中的品质变化影响小于壳聚糖而大于茶多酚。各指标均以海藻酸钠质量分数取 C1 水平为最佳, 所以一致得出海藻酸钠最佳质量分数取 C1 水平, 即其质量分数

为 0.2%。

根据综合平衡法分析,确定各因素主次顺序为 A>C>B,最优组合为 A2B2C1。

4 结语

1) 板栗在 $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下贮藏时,CK 组在贮藏过程中失水严重,淀粉糊化现象明显,呼吸强度较大,生理代谢消耗营养物质较多。在贮藏结束后,其失重率达 21.968%,感官品质不佳。实验结果表明,壳聚糖及壳聚糖复合涂膜处理均能不同程度延缓果实衰老,延长果实贮藏时间,且壳聚糖复合涂膜处理组的保鲜效果优于壳聚糖处理组。

2) 壳聚糖复合涂膜能有效降低板栗的失重率,抑制果实的呼吸强度,减少果实营养物质的消耗,维持果实较好的感官品质,延长板栗的贮藏期。经质量分数为 1.5% 的壳聚糖 + 质量分数为 2.0% 的茶多酚 + 质量分数为 0.2% 的海藻酸钠复合涂膜处理的板栗保鲜效果最好,贮藏 170 d 后,板栗的失重率为 14.379%,而 CK 组失重率为 21.968%,壳聚糖涂膜组失重率为 20.989%。

3) 正交试验数据分析结果表明,各因素对于板栗贮藏过程中品质变化的影响顺序为:壳聚糖 > 海藻酸钠 > 茶多酚,推论出最优水平组合为:质量分数为 1.5% 的壳聚糖 + 质量分数为 2.0% 的茶多酚 + 质量分数为 0.2% 的海藻酸钠。

参考文献:

- [1] 陈洁,汪浩明,张丛兰,等. 板栗的营养成分及加工特性研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(4): 725-728, 736.
CHEN Jie, WANG Haoming, ZHANG Conglan, et al. Nutrient Components and Processing Adaptability of Chinese Chestnut[J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(4): 725-728, 736.
- [2] 张瑞菊,孙强,张洪坤. 板栗的营养、生产现状及前景展望[J]. 山东商业职业技术学院学报, 2014, 14(4): 106-107.
ZHANG Ruiju, SUN Qiang, ZHANG Hongkun. Nutrition, Production Status and Prospect of Chinese Chestnut[J]. Journal of Shandong Institute of Commerce and Technology, 2014, 14(4): 106-107.
- [3] 鄢丰霞,陈俊红. 国内外的栗产业[J]. 落叶果树, 2013, 45(3): 23-26.
YAN Fengxia, CHEN Junhong. The Industry of Chestnut at Home and Abroad[J]. Deciduous Fruits, 2013, 45(3): 23-26.
- [4] 朱灿灿,耿国民,周久亚,等. 21世纪栗属植物产业发展及贸易格局分析[J]. 经济林研究, 2014, 32(4): 184-191.
ZHU Cancan, GENG Guomin, ZHOU Jiuya, et al. Analysis of Chestnut Industry Development and Trade Patterns in the 21st Century[J]. Nonwood Forest Research, 2014, 32(4): 184-191.
- [5] 伍玉菡,程华平,殷俊峰. 板栗产业的发展及贮藏保鲜综述[J]. 现代农业科技, 2009, 15(11): 111-112.
WU Yuhuan, CHENG Huaping, YIN Junfeng. The Review of the Development and Fresh-Keeping of Chinese Chestnut[J]. Modern Agricultural Science Technology, 2009, 15(11): 111-112.
- [6] 周园园,舒祖菊,马楠,等. 壳聚糖浓度对改性无纺布草莓包装保鲜效果的影响[J]. 包装学报, 2016, 8(2): 28-33.
ZHOU Yuanyuan, SHU Zuju, MA Nan, et al. Effects of Chitosan Concentration on Preservation of Strawberry in Modified Non-Woven Packages[J]. Packaging Journal, 2016, 8(2): 28-33.
- [7] 刘建志,杨晓清,张师,等. 马铃薯废渣复合涂膜剂保鲜性能研究[J]. 包装工程, 2015, 36(11): 55-60.
LIU Jianzhi, YANG Xiaoqing, ZHANG Shi, et al. Composite Coating Agent Preservation of Potato Waste[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(11): 55-60.
- [8] 杨娟侠,田守乐,张坤鹏,等. 壳聚糖对低温冷藏“红栗2号”板栗防腐保鲜效果的影响[J]. 安徽农学通报, 2013, 19(12): 108-110.
YANG Juanxia, TIAN Shoule, ZHANG Kunpeng, et al. Effects of Chitosan Treatments on the Storage and Preservation of “Red-Chestnut No.2” Kernel[J]. Agricultural Science Bulletin, 2013, 19(12): 108-110.
- [9] 张颖豪,顾采琴,张倩,等. 茶多酚对板栗“石灰化”及活性氧代谢的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(5): 1000-1005.
ZHANG Yinghao, GU Caiqin, ZHANG Qian, et al. Effects of Tea Polyphenol on Calcification and Reactive Oxygen Metabolism of Chestnuts[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(5): 1000-1005.
- [10] 祝美云,党建磊. 壳聚糖复合膜涂膜保鲜猕猴桃的研

- 究[J]. 果树学报, 2010, 27(6): 1006-1009.
- ZHU Meiyun, DANG Jianlei. Effect of Chitosan Composite Coating on Storage Quality of Kiwifruit[J]. Journal of Fruit Science, 2010, 27(6): 1006-1009.
- [11] SUN Tong, HAO Wenting, LI Jianrong, et al. Preservation Properties of in Situ Modified CaCO₃-Chitosan Composite Coatings[J]. Food Chemistry, 2015, 183: 217-226.
- [12] PRIYA D S, SURIYAPRABHA R, RUVAKKUMAR R, et al. Chitosan-Incorporated Different Nanocomposite HPMC Films for Food Preservation[J]. Journal of Nanoparticle Research, 2014, 2: 1-16.
- [13] 祝美云, 党建磊, 魏 征, 等. 壳聚糖复合涂膜保鲜鲜切莲藕的研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(1): 145-147.
- ZHU Meiyun, DANG Jianlei, WEI Zheng, et al. Research of Chitosan Compound Film on Fresh-Cutting Lotus Root[J]. Food and Machinery, 2010, 26(1): 145-147.
- [14] 段飞霞. 板栗贮藏保鲜影响因素及其控制技术研究[D]. 成都: 四川大学, 2006.
- DUAN Feixia. Study on Affecting Factors and Control Technologies of Chestnut Preservation[D]. Chengdu: Sichuan University, 2006.
- [15] 杨振生, 袁 唯. 果蔬呼吸强度测定方法[J]. 保鲜与加工, 2003, 15(2): 24-25.
- YANG Zhensheng, YUAN Wei. Method for Determining Respiration Intensity of Fruit and Vegetable[J]. Storage and Process, 2003, 15(2): 24-25.
- [16] HOLCROFT D M. Controlled Atmosphere-Induced Changes in pH and Organic Acid Metabolism May Affect Color of Stored Strawberry Fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 1997, 17: 19-32.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.8—2008 食品中还原糖的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009: 1-16.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China(AQSIQ), Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.8—2008 Determination of Reducing Sugar in Foods[S]. Beijing: China Standards Press, 2009: 1-16.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.9—2008 食品中淀粉的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-12.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China(AQSIQ), Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.9—2008 Determination of Starch in Foods[S]. Beijing: China Standards Press, 2009: 1-12.
- [19] 李 艳. 臭氧处理对板栗采后生理效应研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2006.
- LI Yan. Influence of Treatments on Postharvest Physiology and Storage Effect of Chestnut[J]. Xi'an: Shanxi Normal University, 2006.
- [20] 张迎娟, 樊彩虹, 张 敏. 热水处理对预包装鲜切马铃薯品质的影响[J]. 包装工程, 2014, 35(17): 1-5, 32.
- ZHANG Yingjuan, FAN Caihong, ZHANG Min. Effects of Hot Water Treatment on Quality of Pre-Packaged Fresh-Cut Potatoes[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(17): 1-5, 32.
- [21] 王思梦, 任艳芳, 何俊瑜, 等. 壳聚糖单一及复合涂膜对葡萄保鲜效果的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(5): 46-50.
- WANG Simeng, REN Yanfang, HE Junyu, et al. Effects of Single and Complex Chitosan Coating on Grape Preservative[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(5): 46-50.
- [22] ASGAR A, MAHMUD T M M, KAMARUZAMAN S, et al. Effect of Chitosan Coatings on the Physicochemical Characteristics of Eksotika II Papaya (*Carica Papaya* L.) Fruit During Cold Storage[J]. Food Chemistry, 2011, 124: 620-626.
- [23] 谭正林, 王清章, 吴谋成. 板栗冷藏和沙藏处理中蛋白质、水分、糖和淀粉含量的变化[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 109-111.
- TAN Zhenglin, WANG Qingzhang, WU Moucheng. Changes of Protein, Sugar, Water and Starch in the Chestnut Stored in the Sand and Refrigerator[J]. Food Science, 2006, 27(10): 109-111.
- [24] 苑玉凤. 多指标正交试验分析[J]. 湖北汽车工业学院学报, 2005, 19(4): 53-56.
- YUAN Yufeng. The Analysis of Multi-Target Orthogonal Test[J]. Journal of Hubei Automotive Industries, 2005, 19(4): 53-56.
- [25] WU Shilin, ZHANG Qi, XIONG Jiulong. Optimizing the Design Parameters of Spherical-Cymbal Transducer Based on Comprehensive Point-Rating Method[J]. Ecological Engineering, 2016, 88: 64-76.

Research on Preservation of Chestnut with Chitosan Blend Liquid Film Treatment

LAN Shuang¹, LI Houbin¹, WU Xiyu²

(1. School of Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

2. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Chitosan combined with tea polyphenols (TP) and sodium alginate (SA) was prepared for blend liquid film with orthogonal test method ($L_9(3^4)$). With different chitosan blend liquid film treatment, the respiratory intensity, L^* value, weight loss rate, revertose content, amylum content, and sensory evaluation were periodically determined and comparatively analyzed during storage. According to analysis of different preservation effects with different ratio of chitosan blend liquid film, the optimal composition of the blend film was determined. The results showed that chitosan blend liquid film treatment could relatively well keep the quality of chitosan in the process of storage at $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ with the whiteness well kept. The respiration intensity and the consumption of nutrient were effectively inhibited, which slowed down the mildew of chestnut, and the optimal combination performed best with the mass fraction 1.5 % chitosan +2.0 % TP+0.2 % SA. After 170 days of storage, the weight loss rate was 14.380%, which was 7.588% lower than the weight loss rate of CK. According to the comprehensive balance analysis, the sequence of the influence of each factor made on chestnut during storage was chitosan>TP>SA. By comparison, chitosan blend liquid film could effectively improve the postharvest quality during storage, and prolong the storage period of chestnuts.

Keywords: chestnut; chitosan; blend coating; preservation



(上接第 65 页)

Research on Bonding Performance of Acrylate Modified EVA Emulsion Adhesive

ZENG Guangsheng, ZHONG Heng, CHEN Yi, LIU Wenyong

(School of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: By adopting the single variable method, the vinegar acrylic emulsion, pure acrylic emulsion, styrene-acrylic emulsion and silicone acrylic emulsion were chosen to modify EVA emulsion adhesives. The effects of acrylate emulsion and the EVA emulsion blend were explored with the influence of different types of acrylate emulsion on the bonding performance of EVA emulsion adhesives. The analysis of thermodynamic criterion, differential scanning calorimetry (DSC) and infrared spectra analysis (FT-IR) suggested that acrylate emulsion displayed the miscibility with EVA emulsion. The implementation of adhesive peel strength test, high temperature bonding performance test and low temperature bonding performance test indicated the overall bonding performance of the modified EVA emulsion adhesive was enhanced. The EVA emulsion adhesive modified by vinegar acrylic emulsion demonstrated the optimal comprehensive performance to satisfy the operating requirements.

Keywords: EVA emulsion adhesives; acrylate emulsion; blending effect; adhesives performance