

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.03.026

包装与贮藏温度对蚕豆采后品质的影响

Effects of different packaging and temperature on quality
of broad bean (*Vicia faba* L.)

朱麟^{1,2} 凌建刚^{1,2} 李伟荣³

ZHU Lin^{1,2} LING Jian-gang^{1,2} LI Wei-rong³

陈国宝³ 林旭东^{1,2} 陈曙颖^{1,2}

CHEN Guo-bao³ LIN Xu-dong^{1,2} CHEN Shu-yin^{1,2}

(1. 宁波市农业科学研究院农产品加工研究所, 浙江 宁波 315040; 2. 宁波市农产品保鲜工程重点实验室, 浙江 宁波 315040; 3. 丽水市农业科学研究院农产品加工研究所, 浙江 丽水 323000)

(1. Institute of Agricultural Products Processing, Ningbo Academy of Agricultural Science, Ningbo, Zhejiang 315040, China; 2. Ningbo Key Laboratory for Preservation Engineering of Agricultural Products, Ningbo, Zhejiang 315040, China; 3. Lishui Academy of Agriculture Science, Lishui, Zhejiang 323000, China)

摘要:为明确适宜于鲜食蚕豆采后贮藏的温度与自发气调包装材料,以无保鲜膜包装的蚕豆为对照,研究了(1.0±0.5)℃下聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)、微孔(W)3种保鲜膜包装和(5±1)℃PE保鲜膜包装对蚕豆硬度、色泽、水分含量等品质指标的影响。结果表明,(1.0±0.5)℃下采用PVC保鲜膜包装的蚕豆品质优于其它处理,蚕豆贮藏28 d,仍保持较好品质。

关键词:自发气调包装;温度;品质

Abstract: In order to definite the suitable modified atmosphere packaging materials and temperature for postharvest storage of broad bean (*Vicia faba* L.), the effects of polyethylene (PE), polyvinyl chloride (PVC) and micro-porous (W) film packaging on beans which were stored at (1.0±0.5)℃, and PE film packaging stored at (5±1)℃ were investigated. Quality indexes including firmness, colouration and water content, were investigated in this study. The results showed that, quality of beans which stored at (1.0±0.5)℃ and packed with PVC films was better than the other treatments, and the preservation period of beans could be prolonged for 28 days.

Keywords: modified atmosphere packaging; temperature; quality

蚕豆(*Vicia faba* L.)属豆科、蝶形花亚科、野豌豆属,别名罗汉豆、大豆、胡豆等^[1],其营养丰富^[2-4],在全球广

有栽培,其中60%种植于中国^[5]。蚕豆一般成熟于4月下旬及5月中旬,鲜豆采后极易脱水、变老、生成黑斑乃至腐烂^[6],逐渐失去商品性。低温和自发气调包装(Modified atmosphere packaging, MAP)是果蔬保鲜常用的技术方法,在产业中有广泛的应用^[7-8],在鲜食蚕豆保鲜领域已有所涉及^[9-10],但前期研究系统性不够,对温度参数和膜材料保鲜效果研究鲜有涉及,且未涉及不同贮藏温度、不同材料保鲜膜贮藏品质比较的研究。本研究拟选用(1.0±0.5),(5±1)℃2种常用贮藏温度,采用聚乙烯保鲜膜(PE)、聚氯乙烯保鲜膜(PVC)、微孔保鲜膜(W)3种常用保鲜膜,研究不同低温结合不同保鲜膜包装对新鲜蚕豆保鲜效果的影响,以期蚕豆采后贮藏提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

蚕豆:慈蚕1号,2017年5月3日采摘于宁波市象山县,选择大小、成熟度均匀,无锈斑、虫蛀的豆荚,装入分别衬有聚乙烯保鲜膜(PE)、聚氯乙烯保鲜膜(PVC)和微孔保鲜膜(W)的浅边塑料托盘中,每袋约2.5 kg,1 h内运往实验室;

保鲜膜:60 cm×80 cm×0.02 mm,国家农产品保鲜工程技术研究中心,其主要参数为(20℃):PE膜渗透系数为86.45 L O₂/(m²·d·MPa)、210.75 L CO₂/(m²·d·MPa)、透湿率4.1 g/(m²·d),PVC膜渗透系数为54.63 L O₂/(m²·d·MPa)、156.68 L CO₂/(m²·d·MPa)、透湿率6.5 g/(m²·d),微孔保鲜膜的O₂和CO₂渗透系数

基金项目:宁波市山海协作科技项目(编号:2016C10068)

作者简介:朱麟(1984—),男,宁波市农业科学研究院副研究员,硕士。E-mail:zhulin0822@163.com

收稿日期:2018-10-01

约为 2 600.94 L/(m²·d·MPa)、透湿率 23 g/(m²·d)。

1.2 仪器与设备

电子天平:YP5002 型,上海佑科仪器仪表有限公司;

便携式 O₂/CO₂ 气体分析仪:CheckPoint II 型,丹麦 PBI Dansensor 公司;

全自动色差仪:CM-5 型,日本柯尼卡美能达控股株式会社;

质构仪:TA.XT 型,英国 Stable Micro System 公司;

紫外可见分光光度计:UV-1800BPC 型,上海美谱达仪器有限公司;

鼓风干燥箱:HK-350AS+ 型,杭州旭众机械设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 试验处理 试验设 6 个处理组,分别为(1.0±0.5)℃(T1)下 PE、PVC、W 包装和(5±1)℃(T2)下 PE 包装,均设对照(CK),试验组号分别为 T1+CK、T1+PE、T1+PVC、T1+W、T2+CK、T2+PE,每处理 6 个重复。

蚕豆用衬有保鲜膜的塑料筐运回后,按照试验用量放入(5±1)℃预冷库,预冷 12 h;之后扎紧袋口,分别置于(1.0±0.5)、(5±1)℃ 2 个温度的冷库中贮藏,每 2 d 测定各袋中气体浓度、每 7 d 取样测定相关品质指标。

1.3.2 测定指标和方法

(1) 气体成分:采用便携式 O₂/CO₂ 气体分析仪测定。

(2) 果实硬度:蚕豆荚侧面中线位置选择 3 个点,蚕豆粒带皮,利用质构仪测定硬度(选用 Φ 2 mm 的 P2 型探头,深度 5 mm)。

(3) 色泽:采用色差仪测定,每次选择类似位置测定,记录 L* (黑白偏差量)、a* (红绿偏差量)、b* (黄蓝偏差量)。

(4) 水分含量:采用称重法^[11]。

1.4 数据统计与分析

利用 SPSS 20.0 软件进行数据显著性分析(One-Way ANOVA)及因子分析^[12-14],采用 Origin 9.1 软件制图。

2 结果与分析

2.1 不同包装内气体成分变化

如图 1 所示,在贮藏过程中,各组包装内气体呈现相似的变化规律,即 O₂ 逐渐减少,CO₂ 逐渐上升,且贮藏前 8 d,气体变化幅度较大,后期趋于平缓。这是因为在贮藏前期,随着袋内蚕豆呼吸作用,O₂ 被消耗、CO₂ 迅速积累,而随着贮藏时间的延长,膜内外的气体分压趋于平衡,气体浓度变化幅度减少。同时,从图 1 中可以看出,同样的 PE 膜包装下,(5±1)℃ 温度冷藏处理组袋内气体浓度变化幅度显著快于(1.0±0.5)℃ 的,这是因为在较高的冷藏温度下,蚕豆呼吸强度更高,O₂ 的消耗、CO₂ 的积累自然更快;而在同一温度下,不同保鲜袋内气体浓度变化趋势也存在差异,变化幅度依次为:PVC 膜>PE 膜>微孔膜,总体上与各膜的气体通透率呈反比

2.2 包装和温度对蚕豆品质的影响

2.2.1 对硬度的影响 从图 2 中可以看出,蚕豆在冷藏过程中,豆荚和豆粒的硬度总体呈下降趋势。温度是影响贮藏过程中硬度变化的重要因素,(5±1)℃ 温度下蚕豆豆荚和豆粒的硬度下降幅度明显高于(1.0±0.5)℃ 的,这与蚕豆在较高温度下生理代谢速率更快有关。采用保鲜膜可以显著地抑制蚕豆硬度的下降,这可能是保鲜膜抑制了部分的呼吸消耗和蒸腾作用,延缓衰老;另一方面,不同膜之间差异不显著(P<0.05)。

2.2.2 对色泽的影响 从图 3~5 可以看出,随着贮藏时间延长,不同包装蚕豆荚与豆粒 L* 和 b* 值呈递减,而 a* 值逐渐增大的趋势,感官表现为:豆荚和豆粒表面逐渐失去光泽,并由原先的翠绿色向暗绿色转变,豆荚和豆粒表面逐渐发黄,随着贮藏时间的进一步延长,豆荚表面还

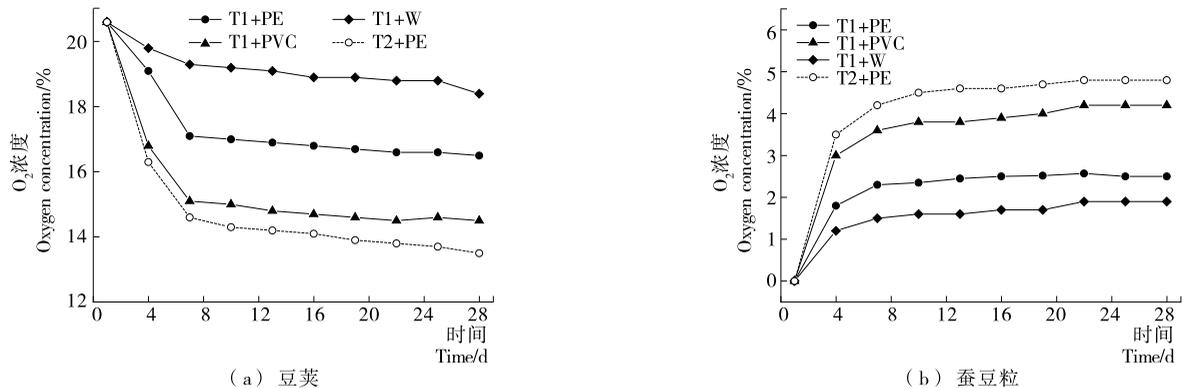
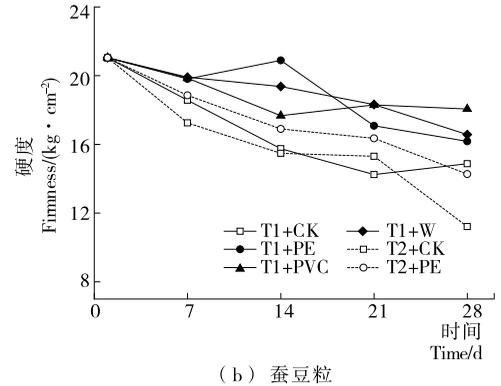
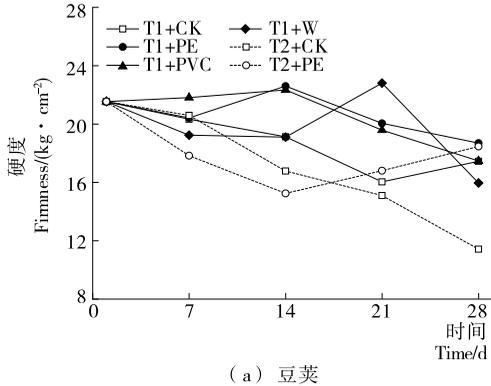


图 1 不同气调包装内气体成分变化趋势图

Figure 1 Changes of air components in different packages during storage

会出现黑斑,且面积逐渐扩大,直至失去商品性。在此过程中,豌豆荚的色泽变化幅度明显高于豆粒,这可能是在贮藏过程中,蚕豆荚对内部的豆粒具有较好的保护作用,一定程度上可以抑制水分的散失、延缓衰老,而蚕豆荚自身因为暴露在空气中,随着失水及衰老加剧,呈现显著的变干、变黑、变黄现象。并且不同包装和温度下的蚕豆色差值变化存在差异,表现为:① 包装相同,温度越高,蚕豆色差变化越快;② 同一温度下,保鲜膜包装处理色差值变

化显著缓于 CK 组($P < 0.05$);③ 同一温度下,不同保鲜膜包装蚕豆色差,存在一定的差异,但差异不显著($P < 0.05$)。2.2.3 不同处理对蚕豆水分含量的影响 如图 6(a)所示,保鲜膜包装可以显著地减少蚕豆荚水分的散失,贮藏 28 d,水分含量变化均在 1% 以内。而 5,1 °C 下,未包装的蚕豆荚水分含量分别下降 13.59% 和 9.74%;而不同保鲜膜之间对蚕豆荚保湿效果差异不显著($P < 0.05$)。由于豆荚的保护,不同处理对豆荚内的蚕豆水分含量变化

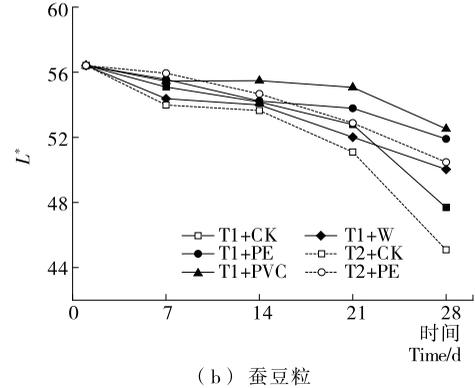
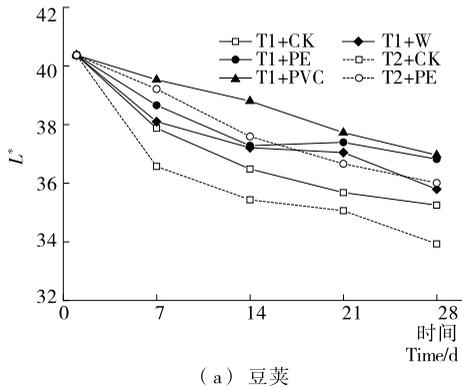


(a) 豆荚

(b) 蚕豆粒

图 2 不同处理对蚕豆硬度变化的影响

Figure 2 Effect of different treatments on firmness of broad bean during storage

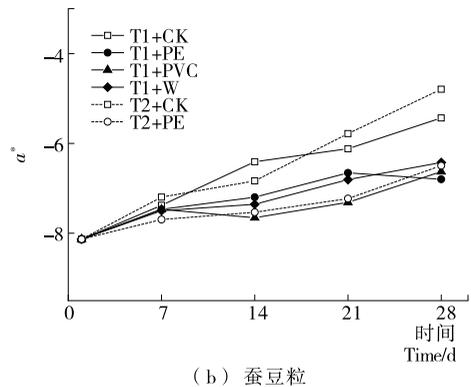
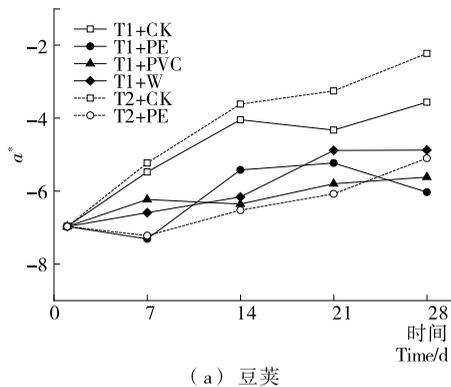


(a) 豆荚

(b) 蚕豆粒

图 3 不同处理对蚕豆 L* 值的影响

Figure 3 Effect of different treatments on L* of broad bean during storage



(a) 豆荚

(b) 蚕豆粒

图 4 不同处理对蚕豆 a* 值的影响

Figure 4 Effect of different treatments on a* of broad bean during storage

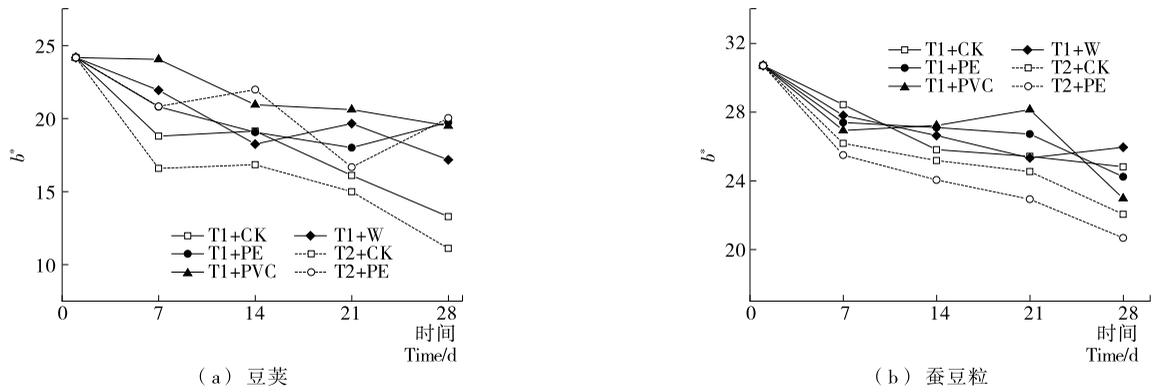


图 5 不同处理对蚕豆 b^* 值的影响

Figure 5 Effect of different treatments on b^* of broad bean during storage

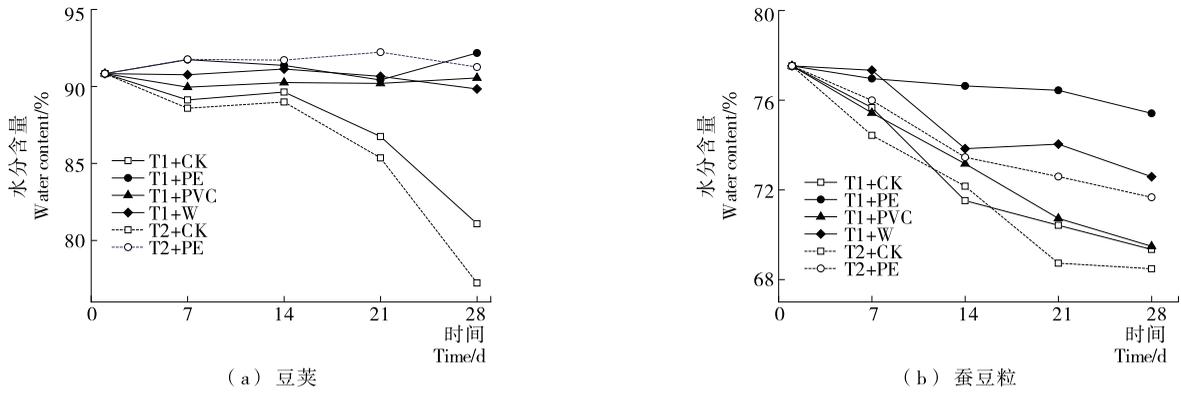


图 6 不同处理对蚕豆水分含量的影响

Figure 6 Effect of different treatments on water content of broad bean during storage

幅度略小于豆荚,但采用保鲜膜包装处理的蚕豆粒水分下降高于豆荚,达到2.05%~4.94%,且不同膜之间水分差异显著($P < 0.05$),保水性从高到低依次为:PE>W>PVC,这与各膜的透性率呈反比。

2.3 不同处理对蚕豆贮藏品质影响的因子分析及综合评价

2.3.1 品质相关性分析 从表 1 中可以看出,各指标间相关性较强,其中电导率、 a^* 与其它指标呈负相关。还对数据进行了 KMO 和 Bartlett 球形度检验,结果显示:数据的 KMO 统计量为 0.826, Bartlett 统计量为 15, $P(\text{Sig.}) < 0.01$,说明本组数据呈显著相关,适合因子分析。

2.3.2 品质指标的因子分析 对不同处理蚕豆的品质指标进行因子分析,得到各因子的方差贡献率(表 2),提取累计贡献率为 86.898% 的 2 个因子代替其它因子对指标进行综合评价,结合因子分析输出的成分得分系数,得出因子 1、2 函数:

$$F_1 = 0.298X_1 + 0.248X_2 - 0.041X_3 - 0.823X_4 - 0.520X_5, \quad (1)$$

$$F_2 = 0.041X_1 + 0.088X_2 - 0.389X_3 - 0.533X_4 + 0.817X_5. \quad (2)$$

表 1 不同处理蚕豆贮藏期间各品质指标相关性分析[†]

Table 1 Correlation analysis among quality indexes of broad bean with different treatments during storage

指标	硬度	L^*	a^*	b^*	水分含量
硬度	1.000				
L^*	-0.783**	1.000			
a^*	-0.839**	-0.911**	1.000		
b^*	0.734**	0.670**	-0.605**	1.000	
水分	0.659**	-0.592**	-0.724**	0.518*	1.000

[†] “*”:在置信度为 0.05 时,显著相关;“**”:表示在置信度为 0.01 时显著相关;因蚕豆荚与豆粒数据相关性较强,为避免重复,以下数据均仅列出豆粒分析数据。

式中:

F_1 、 F_2 ——提取出的综合评价公因子;

X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 ——分别为硬度、 L^* 、 a^* 、 b^* 、水分含量 5 个指标变量值。

图 7 为各原始指标与因子 1、2 相关系数的因子旋转示意图。从图 7 中可以看出,硬度、水分、 L^* 、 b^* 在两个因子正方向有不同数量的载荷,而 a^* 在其负方向有较高

表 2 因子分析得到的方差贡献率
Table 2 The total variance contribution calculated by factor analysis

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%
1	3.832	76.648	76.648	3.832	76.648	76.648	2.185	43.696	43.696
2	0.513	10.250	86.898	0.513	10.250	86.898	2.160	43.202	86.898
3	0.406	8.124	95.022						
4	0.195	3.901	98.923						
5	0.054	1.077	100.000						

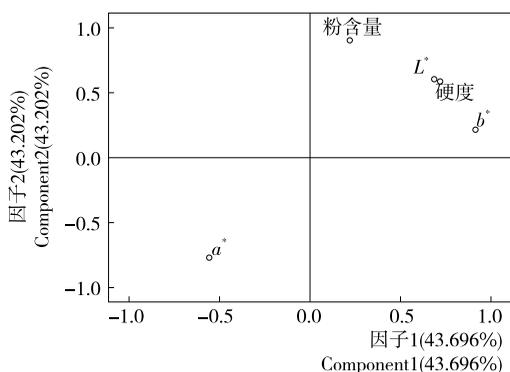
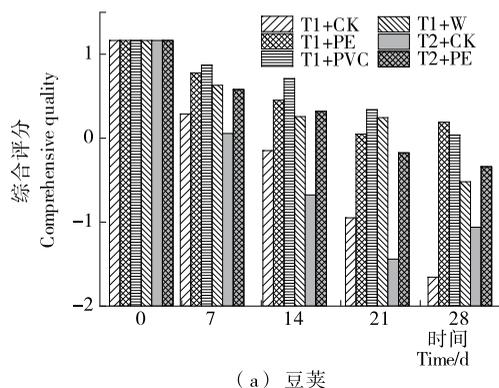
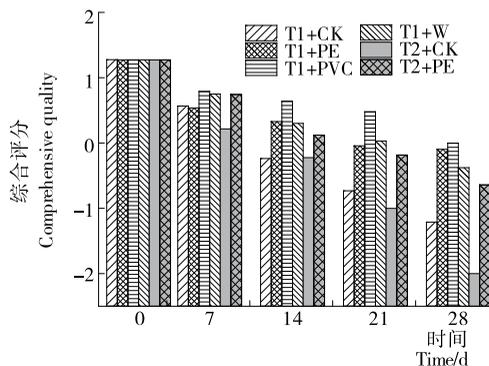


图 7 因子旋转示意图

Figure 7 Biplot of principal component analysis



(a) 蚕豆



(b) 蚕豆粒

图 8 不同处理对蚕豆综合品质评分的影响

Figure 8 Effect of different treatments on comprehensive quality of broad bean during storage

3 结论

通过研究发现,蚕豆在(1.0±0.5)℃冷藏温度下或采用保鲜膜包装的贮藏品质均优于(5±1)℃冷藏;PE、PVC和W3种保鲜膜对蚕豆贮藏都有较好的保鲜效果,其中以PVC效果最佳;通过综合评价,(1.0±0.5)℃结合PVC保鲜膜包装为最优组合,蚕豆保鲜期28d,仍能维持较好的硬度、色泽、水分含量。

由于研究周期及试验条件的限制,本试验所选膜材料的品种有限,且适宜通透率的气调包装设计、新材料材料开发等方面内容也未涉及,这也是课题组后续研究的方向。

载荷,这与其指标代表的品质信息相似,因子1可以理解为以水分、亮度等为主要指标的综合品质指标,因子2则以b*、硬度为主要指标的综合品质指标。

以各公因子对应的方差贡献率为权数,得到蚕豆品质综合得分(F)计算公式:

$$F = \frac{46.696 \times F_1 + 43.202 \times F_2}{86.898} \quad (3)$$

2.3.3 品质指标的综合评价 由图8可知,蚕豆荚与蚕豆粒的总体评价得分类似,总体呈下降其趋势,2个温度下的CK组评分低于保鲜膜包装组,(1.0±0.5)℃组总体优于(5±1)℃处理组的,不同包装间,PVC膜包装优于PE和W,总体上,贮藏效果从好到坏依次为:(T1+PVC)>(T1+W)>(T1+PE)>(T1+CK)>(T2+PE)>(T2+CK)。

参考文献

[1] 郑卓杰. 中国食用豆类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 55, 91.
 [2] EL-ESAWI M A. SSR analysis of genetic diversity and structure of the germplasm of faba bean (*Vicia faba* L.) [J]. Comptes Rendus Biologies, 2017(9): 1-7.
 [3] LIU Yu-jiao, WU Xue-xia, HOU Wan-wei, et al. Structure and function of seed storage proteins in faba bean (*Vicia faba* L.) [J]. 3 Biotech, 2017(7): 74-88.
 [4] MACHIANI M A, JAVANMARD A J, REZA M, et al. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.) [J]. Journal of Cleaner Production, 2017(171): 529-537.

(下转第 208 页)

6 d。该工艺条件下制得的石榴五味子保健酒色泽均匀、艳若朝霞,优雅、澄清无沉淀,药香酒香协调,口味醇厚,石榴滋味突出,整体风格独特,黄酮、总酚含量分别为 13.29,413 mg/L。对产品进行了 DPPH、ABTS、OH 自由基的清除除活性及 FRAP 还原力的测定,结果表明在此工艺下生产制作的石榴五味子保健酒具有较强的抗氧化活性。

参考文献

- [1] 侯争. 药酒文化源远流长[J]. 开卷有益: 求医问药, 2012(8): 5-7.
- [2] 张琛. 保健酒行业机会多 谁能突围成功犹未可知[J]. 中国食品, 2018(1): 80-82.
- [3] 关晓弯. 不同温度贮藏对采后石榴品质的影响及相关基因的表达[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2016: 1-4.
- [4] 邢佳, 陆文娟, 赵云霞. 石榴叶多酚的纯化及抗氧化活性研究[J]. 南京师大学报 自然科学版 2015, 38(3): 84-90.
- [5] 闫恒, 张辉. 石榴化学成分及其药理作用研究进展[J]. 中国处方药, 2016(2): 18-19.
- [6] 谢莉, 田莉. 石榴抗肿瘤有效成分的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016(2): 211-215.
- [7] 曲中原, 王一横, 邹翔. 中药五味子研究进展[J]. 食品与药品, 2018(1): 71-75.
- [8] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 2010 年版. 北京: 医药科技出版社, 2010: 66-66.
- [9] 李兰, 高广西. 石榴酒发酵条件的优化[J]. 酿酒, 2010(6): 82-85.
- [10] 刘亚萍, 楚杰, 何秋霞. 发酵石榴酒澄清剂的筛选及澄清条件优化[J]. 食品工业科技, 2017(3): 175-179,185.
- [11] 张洪亚, 王振国, 刘邦刚. 石榴酒体外及斑马鱼体内抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(19): 18-23.
- [12] ZENGİN G C, SHARIKURKCU A, AKTUMSEK A, et al. A comprehensive study on phytochemical characterization of *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. endemic to Tur-

key and its inhibitory potential against key enzymes involved in Alzheimer, skin diseases and type II diabetes[J]. Industrial Crops & Products, 2015, 53: 244-251.

- [13] 杨岚, 李华峰, 刁海鹏. 蒲公英花中总酚酸和总黄酮含量测定及其抗氧化性能研究[J]. 食品科学, 2011, 32(17): 160-163.
- [14] MOYO B, OYEDEMI S, MASIKA P J, et al. Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake[J]. Meat Science, 2012, 91(4): 441-447.
- [15] RE R, PELLEGRINI N, PROTEGGENTE A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay[J]. Free Radical Biology and Medicine, 1999, 26(9/10): 1231-1237.
- [16] SMIRNOFF N, CUMBES Q J. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes[J]. Phytochemistry, 1989, 28(4): 1 057-1 060.
- [17] AKTUMSEK A, ZENGİN G, GULER G O, et al. Antioxidant potentials and anticholinesterase activities of methanolic and aqueous extracts of three endemic *Centaurea L.* species[J]. Food & Chemical Toxicology, 2013, 55(3): 290-296.
- [18] 刘琪, 黄大川, 袁日. 酥枣高粱复合果酒的工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2015(33): 146-148.
- [19] 田晓菊, 张宝善, 张百刚. 影响石榴酒发酵过程中甲醇和杂醇油生成量的几个工艺因素[J]. 安徽农业科学, 2009(33): 16 705-16 707.
- [20] AL-SHERAJI S H, ISMAIL A, MANAP M Y, et al. Prebiotics as functional foods: A review[J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(4): 1 542-1 553.
- [21] 李明月, 郝雅兰, 樊明涛. 石榴酒酿造过程中的多酚及其抗氧化性[J]. 天津农业科学, 2014(11): 19-23.
- [22] 热娜古丽, 克热木. 加工中石榴汁营养成分及抗氧化活性的变化[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2012: 25-34.

(上接第 148 页)

- [5] SOFI B A, WANI I A, MASOODI F A, et al. Effect of gamma irradiation on physicochemical properties of broad bean (*Vicia faba* L.) starch[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013(54): 63-72.
- [6] NASAR-ABBAS S M, SIDDIQUE K H M, PLUMMER J A, et al. Faba bean (*Vicia faba* L.) seeds darken rapidly and phenolic content falls when stored at higher temperature, moisture and light intensity[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009(42): 1 703-1 711.
- [7] COLES R, KIRWAN M. Food and Beverage Packaging Technology[M]. London: Blackwell Publishing Ltd., 2011: 263-288.
- [8] 李家政. 果蔬自发气调包装原理与应用[J]. 包装工程, 2011, 32(15): 33-38.
- [9] 庄应强, 费伟英, 屠娟丽, 等. 9 个鲜食蚕豆品种低温保鲜比

较试验[J]. 安徽农学通报, 2014, 20(24): 130-131.

- [10] NASAR-ABBAS S M, PLUMMER J A, SIDDIQUE K H, et al. Nitrogen retards and oxygen accelerates colour darkening in faba bean (*Vicia faba* L.) during storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008(47): 113-118.
- [11] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工出版社, 2011: 152-154.
- [12] 朱麟, 凌建刚, 尚海涛, 等. 因子分析法综合评价冰温结合 1-MCP 处理对‘玉露’水蜜桃贮藏品质的影响[J]. 果树学报, 2016, 33(9): 1 164-1 172.
- [13] 朱麟, 凌建刚, 尚海涛, 等. 冰温对湖景蜜露桃贮藏品质影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 115-118.
- [14] 丁晔, 刘敦华, 雷建刚, 等. 不同处理羊羔肉挥发性风味物质的比较及主成分分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 16-20.