文章编号: 1673-1689(2007)01-0016-05

青豌豆气调包装工艺及其质量评价

卢立新^{1,2}, 陶瑛¹

(1. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214036; 2. 国家轻工业包装制品质量监督检测中心, 江苏 无锡 214122)

摘要: 包装内气氛与包装材料选择性透气性是影响果蔬气调包装质量的主要因素。对青豌豆采用6组不同初始气体组分、3种包装材料进行气调包装, 在5℃, 相对湿度85%的环境下贮藏7d后, 测定青豌豆的相关质量指标, 并与未包装产品进行比较, 结果表明气调包装对青豌豆保鲜效果显著; 在此基础上, 用主成分分析法构造了气调包装产品质量的综合评价模型, 对气调包装青豌豆质量进行综合评价, 得出青豌豆气调包装的最佳初始气体组分, 分析了不同包装材料对青豌豆气调包装质量的影响。

关键词: 果蔬; 气调包装; 青豌豆; 质量评价; 主成分分析; 包装材料

中图分类号: TS 255.3

文献标识码: A

Modified Atmosphere Packaging Technology and Quality Evaluation for Pea

LU Li-xin^{1,2}, TAO Ying¹

(1. School of Mechanical Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 2. China National Control and Test Center for Packaging Quality, Wuxi 214122, China)

Abstract: To analysis the effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the quality of the produce, fresh pea were packaged in different initial gas composition, ranging from 9 to 13% O₂, 1 to 7% CO₂ and 80 to 90% N₂, three commercial packaging films (LDPE, CPP and OPP/PE), and stored for seven days at 5℃, 85% relative humidity. A comprehensive evaluation model was developed to evaluate the produce quality of MAP based on the principal component analysis. The quality indexes of packaged and unpackaged peas were determined. The optimum initial gas composition for MAP of pea was determined by the comprehensive evaluation model. The effect of packaging materials on packaging quality was also analyzed.

Key words: fruit and vegetable; MAP; pea; quality evaluation; the principal component analysis, packaging film

气调包装被认为是当前国际上最有效最先进的果蔬保鲜包装方法之一, 其主要机理是选用不同透气率和透湿率的薄膜包装果蔬产品, 自发性调节

密封包装内的不同气体比例, 控制果蔬的呼吸速率, 达到延长果蔬保鲜期的目的。

影响气调包装效果和质量的因素很多。多年

收稿日期: 2006-06-21.

基金项目: 国家“十五”重大科技专项项目(2001BA804A23).

作者简介: 卢立新(1966-), 男, 江苏宜兴人, 教授, 主要从事食品包装机械工程的研究. Email: lulx@sytu.edu.cn

来人们一方面围绕气调包装机理开展了卓有成效的研究,取得了一系列的研究成果^[1-12];另一方面针对具体的果蔬产品进行大量的试验研究,以确定产品适宜的气调包装工艺^[13-18]。其中试验确定适合某一果蔬产品气调包装的最佳初始、平衡气体组分是气调包装工艺的关键技术之一。

果蔬产品气调包装的最佳初始、平衡气体组分确定,需要通过对多组气体组分气调包装后的果蔬质量进行综合评价后才能确定。气调包装后果蔬质量的评价是一个多因素、多层次的复杂系统,果蔬质量是多因素共同作用的结果。为此需要采用新的技术方法对其进行综合、客观的评价。

作者以青豌豆为研究对象,采用 6 组不同初始气体组分、3 种包装材料进行气调包装试验,测定了包装后青豌豆相关质量指标,探讨青豌豆气调保鲜包装工艺;在此基础上,用主成分分析法对气调包装质量进行综合评价,试图更客观全面地反映其保鲜质量状况。

1 材料与方法

1.1 材料

青豌豆 8~9 成熟,采收于无锡市一蔬菜生产基地,当天采收后立刻运到实验室。

采用 3 种包装薄膜材料,经测定其基本特性参数见表 1。

表 1 包装薄膜材料基本特性参数

Tab. 1 Gas permeabilities of films at 5 °C

包装材料	厚度/ mm	O ₂ 透气率/ (mL · cm · h ⁻¹ · cm ⁻² · atm ⁻¹)	CO ₂ 透气率/ (mL · cm · h ⁻¹ · cm ⁻² · atm ⁻¹)
LDPE	0.033	3.52 × 10 ⁻⁵	7.40 × 10 ⁻⁵
CPP	0.035	1.57 × 10 ⁻⁵	3.43 × 10 ⁻⁵
OPP/PE	0.052	0.52 × 10 ⁻⁵	2.41 × 10 ⁻⁵

1.2 试验设计方法

1.2.1 不同初始气体组成的硬质容器气调包装 将大小基本一致,无明显损伤的青豌豆洗净吹干,冷处理后,采用托盘式 PE 硬质盒盛装,采用 OPP/PE 复合膜进行封合包装。

6 组气调包装的初始气体组成和比例分别为(均为体积分数):PEAMAP1(9% O₂/1% CO₂/90% N₂), PEAMAP2(9% O₂/4% CO₂/87% N₂), PEAMAP3(9% O₂/7% CO₂/84% N₂), PEAMAP4(13% O₂/4% CO₂/83% N₂), PEAMAP5(13% O₂/7% CO₂/80% N₂), PEAMAP6(11% O₂/1% CO₂/88%

N₂)。

对照组:未气调包装。

贮藏温度 5 °C,相对湿度 85%。

每组试样准备 5 个包装单元。

1.2.2 不同包装材料的袋式气调包装 将青豌豆用 OPP/PE、LDPE、CPP 薄膜分别包装,袋内气体组分为 9% O₂/1% CO₂/90% N₂。

贮藏温度 5 °C,相对湿度 85%。

每型试样准备 5 个包装单元。

1.3 主要仪器与设备

MAP350 型气体自动混合机,6600 型气体测定仪,BTY 材料透气率测定仪,TG51 型标准天平,THS 恒温恒湿机,WSC-S 色差计。

1.4 质量评价指标与测试

确定青豌豆包装质量评价指标为失重率、V_C 含量、叶绿素含量、色差、感观评价等。其测试方法为:

(1)失重率 称重法,即试样包装贮藏前后的质量之差除以贮藏前质量所得之商的百分数;

(2)VC 含量 二氯酚靛酚滴定法^[19];

(3)叶绿素含量 硫酸酮滴定法^[20];

(4)色差 色差计测定;

(5)感观评价:豆荚肥厚多汁,色绿青脆,评分为 8~10 分;荚肉较厚,汁多,色黄绿,评分为 4~7 分;豆荚瘦弱,汁少,色黄,评分为 0~3 分。

2 结果与分析

2.1 不同初始气体组成对气调包装产品质量的影响

2.1.1 青豌豆气调包装质量评价指标的测试 完成 6 组试样气调包装一周后进行相应指标的测定与评价。统计平均后的结果,见表 2。

(1)失重率

失重是青豌豆在贮藏过程中导致品质降低的重要因素之一,通常低温下失重比较严重。试验结果表明气调包装贮藏可有效地防止青豌豆在低温贮藏时的失重。未气调包装试样失重率达到了 7.6%,而气调包装最大失重率(PEAMAP2)仅为 1.37%。同时发现气调包装贮藏的初始气体浓度对果蔬的失重影响差异不明显。

(2)VC 质量

从表 2 可以看出,未气调包装青豌豆 VC 含量下降幅度为 50.0%,经气调处理过的青豌豆 VC 含量的下降幅度为 10.2%~40.8%。可见气调包装能一定程度上减缓青豌豆 VC 含量的降低,其中

PEAMAP3 组气调包装最大程度地保存了青豌豆的 VC 含量。

(3) 叶绿素质量

青豌豆在贮藏过程中,其表皮叶绿素逐渐分解,颜色发生了改变。结果发现,贮藏过程中青豌豆的叶绿素含量变化呈现不同程度的下降,其中 PEAMAP2、PEAMAP3 组包装中叶绿素含量下降较小,分别为 10.1%、6.1%。未气调包装对照组试样叶绿素含量下降达到 48.1%。结果表明气调包装能有效抑制采后青豌豆叶绿素的降解,延缓褪绿。

(4) 色差

试验发现各种气调包装工况对青豌豆色差影响差异较大。与新鲜产品的色泽(绿色)对比,PEAMAP2~4 3 组包装产品感官质量保持较好,PEAMAP1、PEAMAP5 组包装的较差,而 PEAMAP6 组包装产品已严重变色。同时发现未气调包装产品的色泽变化也不大。由此可知,气调包装初始气体的组分对产品的色泽影响较大。

(5) 感官评价

感官评价是影响果蔬销售的重要指标。试验发现未气调包装产品品质严重下降,并出现了冻伤现象,而气调包装产品都出现了不同程度的品质下降,其中 PEAMAP2~4 3 组包装产品感官质量保持较好。

表 2 不同初始气体组分对气调包装青豌豆品质的影响

Tab.2 Effect of initial gas composition on the pea quality of MAP

工况	失重率/%	VC 质量分数/(mg/100g)	叶绿素质量分数/(mg/100g)	色差	感官值
原始值	/	0.004 9	4.76	9.69	10
PEAMAP 1	1.10	0.003 3	3.23	8.57	5.2
PEAMAP 2	1.37	0.004 1	4.28	9.54	7.0
PEAMAP 3	0.80	0.004 4	4.47	9.37	7.8
PEAMAP 4	1.30	0.002 9	3.26	9.34	6.8
PEAMAP 5	1.23	0.003 7	3.81	8.68	5.8
PEAMAP 6	1.51	0.003 5	3.17	6.94	5.0
未气调包装	7.61	0.002 5	2.47	9.46	3.8

2.1.2 青豌豆气调包装质量综合评价及最佳初始气调组合的确定 采用主成分分析法对青豌豆气调包装质量进行综合评价。其基本思路是:首先求出原始 m 个评价指标的 m 个主成分,然后依据相关原则如累积方差贡献率等方法选取少数几个主成分来代替原始指标,再将所选取的主成分用适当形

式综合,得到一个综合评价指标,依据综合评价指标对被评价对象进行排序比较。具体技术过程见文献 [21]。

使用 SAS 统计软件对表 1 中 6 组青豌豆气调包装质量进行主成分分析,得到相关系数矩阵 R 。其中与第 1、第 2 主成分相对应的特征值和特征向量分别为:

$$\lambda_1 = 2.561, \alpha_1 = (0.000\ 214\ 0.287\ 497, 0.736\ 112, 0.596\ 179, 0.141\ 593)^T$$

$$\lambda_2 = 0.211, \alpha_2 = (-0.000\ 588, -0.331\ 896, -0.523\ 527, 0.761\ 013, 0.191\ 373)^T$$

第一和第二主成分占总方差的相对贡献率为:

$$l = (\lambda_1 + \lambda_2) / \sum_{i=1}^5 \lambda_i = 94.3\% \text{ , 故取第 1、第 2 主成分为公共因子。}$$

为了进一步评价样本的质量差异,可对 2 个主成分计算因子得分,同时对 6 组青豌豆气调包装质量进行综合评价,选取 6 组实验中较理想的组合。以主成分的贡献率加权均值为权数求得综合得分值 F :

$$F = 0.92F_1 + 0.08F_2$$

计算结果见表 3。结果表明 PEAMAP3 组青豌豆气调包装综合质量最好,即在本次试验研究中,青豌豆的最佳初始气调组合为 9% O_2 / 7% CO_2 / 84% N_2 。

表 3 青豌豆气调包装质量综合评价

Tab.3 The comprehensive evaluation on the pea quality of MAP

编号	F_1	F_2	F	位次
PEAMAP1	9.847 3	3.006 4	9.300 0	5
PEAMAP2	12.174 2	2.314 6	11.385 4	2
PEAMAP3	13.133 9	1.949 2	12.239 1	1
PEAMAP4	11.767 4	2.508 5	11.026 7	3
PEAMAP5	10.781 7	2.328 1	10.105 4	4
PEAMAP6	8.776 1	1.674 8	8.20805	6

2.2 不同包装材料对气调包装产品质量的影响

包装材料的气体透过率是影响果蔬气调包装质量的关键因素之一。它是指包装材料对 CO_2 与 O_2 的透过率的比值。对于一具体产品包装,包装材料的气体透过率决定了包装内 CO_2 与 O_2 的成分含量,而只有当包装内 CO_2 与 O_2 的成分含量符合产品气调包装的要求时,气调包装才能有效地保证产品的保鲜质量。

试验中采用 3 种膜对青豌豆进行包装,一周后

进行测定 结果见表 4。结果表明,OPP/PE 复合膜包装的青豌豆品质最差,而 LDPE 和 CPP 包装的青豌豆品质较好且相差不大。这主要是由于 3 种膜不同的气体透过率引起的。对于青豌豆,其气调包装所需的薄膜气体透过率为 2.36^[22]。而本研究中 OPP/PE 复合膜、LDPE、CPP 膜的气体透过率分别为 4.63%、2.10%、2.18%,故相对地 LDPE 和 CPP 膜更适合于青豌豆气调包装。

表 4 不同薄膜对气调包装青豌豆品质的影响(初始气体 9% O₂/1% CO₂/90% N₂)

Tab.4 Effect of film type on the pea quality of MAP

薄膜类型	失重率/ %	VC 质量分数/ (mg/100g)	叶绿素 质量分数/ (mg/100g)	色差	感官值
OPP/PE	1.30	0.003 8	3.17	7.26	5.2
LDPE	1.04	0.004 1	4.08	8.06	6.8
CPP	1.09	0.004 0	3.84	8.23	7.0

3 结 论

作者采用 6 组不同初始气体组分、3 种包装薄膜对青豌豆进行气调包装试验,测定了包装一周后青豌豆产品的失重率、VC 含量、叶绿素含量、色差、以及感官质量等指标,并与未包装产品进行比较;在此基础上,用主成分分析法构造了气调包装产品质量的综合评价模型,并对 6 组气调包装质量进行综合评价。结果表明:

(1)气调包装对青豌豆保鲜效果显著;

(2)气调包装初始气体的组分、包装材料透气率显著影响青豌豆产品包装质量。

(3)采用主成分分析法对产品气调包装质量进行综合评价,得到本试验条件下,青豌豆的最佳初始气调组合为 9% O₂/7% CO₂/84% N₂。

参考文献(References):

- [1] Hayakwa K, Henig YS, Gilbert SG. Formulae for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film package[J]. **Journal of Food Science**, 1975, 40: 186 - 191.
- [2] Yang C C, Chinnan M S. Modeling the effect of O₂ and CO₂ on respiration and quality of stored tomatoes[J]. **Transaction of the ASAE**, 1988, 31: 920 - 925.
- [3] Lee DS, Hagggar PE, Lee J, et al. Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics[J]. **Journal of Food Science**, 1991, 56: 1580 - 1585.
- [4] Fishman S, Rodov V, Peretz J and Ben-Yehoshua S. Model for gas exchange dynamics in modified atmosphere packages of fruits and vegetables[J]. **Journal of Food Science**, 1995, 60: 1078 - 1083.
- [5] Fonseca SC, Oliveria FAR, Brecht JK. Modeling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review[J]. **Journal of Food Engineering**, 2002, 52(2): 99 - 119.
- [6] Zhu M, Chu CL, Wang SL, Lencki RW. Predicting oxygen and carbon dioxide partial pressures within modified atmosphere packages of cut rutabaga[J]. **Journal of Food Science** 2002, 67(2): 714 - 720.
- [7] Salvador ML, Jaime P, Orla R. Modeling of O₂ and CO₂ exchange dynamics in modified atmosphere packaging of burlat cherries [J]. **Journal of Food Science**, 2002, 67(1): 231 - 235.
- [8] 雷桥,徐文达. 新鲜番茄主动气调包装[J]. **食品工业**, 2002(5): 39 - 41.
Lei Qiao, Xu Wenda. Active MAP of Fresh Tomato[J]. **Food Industry**, 2002(5): 39 - 41. (in Chinese)
- [9] 卢立新,王志伟. 气调包装果蔬贮藏寿命预测[J]. **食品科学**, 2004(6): 179 - 181.
Lu Lixin, Wang Zhiwei. Estimation of Shelf Life of Fruits and Vegetables in Modified Atmosphere Packaging[J]. **Food Science**, 2004(6): 179 - 181. (in Chinese)
- [10] 刘颖,李云飞,王如竹,等. 基于 Michaelis—Menten 型呼吸速率模型的实验研究[J]. **上海交通大学学报**, 2004, 38(7): 1170 - 1173.
Liu Ying, Li Yunfei, Wang Ruzhu, et al. Experimental Study on Michaelis-Menten Type Respiration Model[J]. **Journal of Shanghai Jiaotong University**, 2004, 38(7): 1170 - 1173. (in Chinese)
- [11] 徐步前,余小林. 薄膜包装中果蔬呼吸强度的测定[J]. **农业工程学报**, 2000, 16(5): 110 - 113.
Xu Buqian, Yu Xiaolin. Measurement of Respiration Rate of Fruits and Vegetables in Modified Atmosphere Packaging[J]. **Transaction of CSAE**, 2000, 16(5): 110 - 113. (in Chinese)

- [12] 卢立新. 果蔬气调包装理论研究进展[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 175 - 180.
Lu Lixin. Theoretical Research Advances on Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables[J]. **Transaction of CSAE**, 2005, 21(7): 175 - 180. (in Chinese)
- [13] Exama A , Arul J , Lencki RW , et al. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables[J]. **Journal of Food Science** ,1993 ,58 :1365 - 1370.
- [14] Barth MM and Zhuang H. Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during post-harvest storage[J]. **Post-harvest Biol Technol** ,1996 ,9(2) :141 - 150.
- [15] Roy S , Anantheswaran RC , Beelman RB. Fresh mushrooms quality as affected by modified atmosphere packaging[J]. **Journal of Food Science** ,1993 ,60 :334 - 340.
- [16] Marzena U. The interrelation of changes in oxygen content and produce quality on modified atmosphere packages of peanuts[J]. **Packaging Technology and Science** ,2001 ,14 :249 - 252.
- [17] 沈莲清, 黄光荣. 杨梅的 MAP 气调保鲜技术研究[J]. 浙江科技学院学报, 2003, 15(4) :232 - 235.
Shen Lianqing , Wang Guangrong. Study on Modified Atmosphere Packaging of Myrica Rubra[J]. **Journal of Zhejiang University of Science and Technology** 2003 ,15(4) :232 - 235. (in Chinese)
- [18] 肖功年, 张愨, 彭建等. 气调包装对草莓保鲜的影响[J], 食品工业科技, 2003, 24(6) :68 - 71.
Xiao Gongnian , Zhang Ming , Peng Jian. Effect of MAP on Preservation of Strawberry[J]. **Science and Technology of Food Industry** ,2003 ,24(6) :68 - 71. (in Chinese)
- [19] 鲁长豪. 食品理化检验学[M]. 北京 : 人民卫生出版社, 1987.
- [20] 潘增光, 王国宾, 李奎明. 新红星苹果果实着色期几种色素含量变化及其相关性[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(5) : 347 - 349.
Pan Zenguang , Wang Guobing , Li Kuiming. Change of Some Pigment Contents and Their Correlation During Skin Coloring Stage in ' StarKrimson ' apple[J]. **Plant Physiology Communications** ,1996 ,32(5) :347 - 349. (in Chinese)
- [21] 陶瑛, 卢立新. 主成分分析法在气调包装后果蔬质量评价中的应用[J]. 包装工程, 2005(1) :8 - 9, 16.
Tao Ying , Lu Lixin. The Application about the method of the principal component analysis in evaluating the quality of vegetables and fruits on modified atmosphere packaging[J]. **Packaging Engineering** ,2005(1) :8 - 9, 16. (in Chinese)
- [22] 陶瑛. 番茄与青豌豆气调包装的试验与理论研究[D], 无锡 : 江南大学, 2005.
Tao Ying. Experimental and Theoretical Research on Modified Atmosphere Packaging of Tomato and pea[D]. Wuxi : Southern Yangtze University 2005. (in Chinese)

(责任编辑 杨萌)