

# 红富士苹果自发气调保鲜技术研究

关文强<sup>1,2</sup>, 陈 丽<sup>1</sup>, 李喜宏<sup>1</sup>, 胡云峰<sup>1</sup>

(1. 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300384; 2 天津大学化工学院绿色合成与转化教育部重点实验室, 天津 300072)

**摘 要:** 采用 5 种不同保鲜膜包装, 在 0 和 10 条件下, 研究不同改性聚乙烯保鲜膜和聚氯乙烯保鲜膜, 包装量对红富士苹果自发气调贮藏保鲜效果与原理, 为红富士苹果冷藏保鲜和保鲜膜筛选提供依据。结果表明: 不同红富士苹果保鲜膜包装内 10 d 左右 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度达平衡值。0 条件下不同包装的 O<sub>2</sub> 平衡值为 12% ~ 19%, CO<sub>2</sub> 为 1.8% ~ 5.0%, 10 条件下不同包装的 O<sub>2</sub> 平衡值为 5% ~ 16%, CO<sub>2</sub> 为 3.5% ~ 8.0%。同样条件下 2# 保鲜膜包装内 O<sub>2</sub> 最低, CO<sub>2</sub> 最高。各保鲜袋内虎皮病发生率高低顺序为: 2# > 1# > 3# > 5#。包装量越大, 温度越高, 虎皮病发生率越大, 乙醇和乙醛含量越高。利用富士专用保鲜膜和适宜的 PE 保鲜膜包装贮藏 7 个月, 红富士苹果质量商品价值基本不变。

**关键词:** 红富士苹果; 自发气调; 保鲜膜; 贮藏保鲜

中图分类号: S379.2; TS205.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0218-04

## 0 引言

红富士是中国苹果主栽品种, 生产中主要采用机械气调贮藏(controlled atmosphere storage, 简称 CA)或自发气调贮藏(modified atmosphere storage, 简称 MA)两种贮藏方式。CA 贮藏投资高, 操作技术要求严格, 而 MA 贮藏利用果实自身呼吸与薄膜的选择透气性产生一定的气调环境, 既能起到气调作用又避免了建造气调库的高昂费用, 比较适合中国国情<sup>[1]</sup>。由于 MA 保鲜技术的优势, 近年来国内外果蔬 MA 保鲜技术研究日益增多, 研究内容主要集中于保鲜膜的筛选及 MA 包装内气体变化与薄膜透气性的关系<sup>[1-3]</sup>。

红富士苹果贮藏过程中对 CO<sub>2</sub> 敏感, 气调贮藏的最佳气体条件为 5% O<sub>2</sub>, 2% CO<sub>2</sub>, MA 包装薄膜透气性差容易造成 CO<sub>2</sub> 伤害, 引起果肉褐变, 透气性太大则达不到气调效果<sup>[4,5]</sup>。中国的郭远新等对比了聚乙烯(简称为 PE)薄膜包装和大帐的保鲜效果<sup>[4]</sup>, Maarten 等系统研究了 MA 条件对 'Braeburn' 苹果的呼吸和品质的影响<sup>[6]</sup>, 但关于不同包装量和温度条件下保鲜膜对红富士苹果 MA 包装内气体浓度及品质变化的研究尚未见报道。本文重点研究红富士苹果的 MA 包装机理与保鲜效果并筛选出最合适的保鲜膜, 为红富士的 MA 保鲜技术提供借鉴。

## 1 料与方法

### 1.1 材料

红富士苹果采自山东沂蒙, 均为套袋果, 采后及时运回天津, 经 0 预冷 12 h 后挑选大小均匀的苹果, 分别装入内衬保鲜袋的纸箱中, 然后保鲜袋扎口, 纸箱不密封直接上架贮藏。

### 1.2 方法

1) 保鲜膜设计: 采用 5 种保鲜膜, 其中 1#、2#、3# 为 3 种不同配方 0.03 mm 改性 PE 膜, 4# 为 0.04 mm 未改性 PE 保鲜膜, 5# 为 0.03 mm 红富士专用聚氯乙烯(简称为 PVC)保鲜膜。保鲜袋尺寸与容积通过装入不同质量的苹果后扎实袋口自动调整。

2) 温度: 0、10。

3) 包装量: 分别采用不同大小的保鲜袋装入 5、10、20 kg 苹果, 每处理 3 个重复。其中, 为了与生产实际相结合, 仅在 10 kg 包装量的处理中加入了采用普通 0.04 mm 厚的 PE 塑料薄膜包装处理, 在 10 kg 和 10 kg 包装量的处理中加入了采用 0.03 mm 红富士专用 PVC 保鲜膜包装处理。另外, 也采用了生产中常用的 7.5 kg 包装量作为对照。

4) 贮藏: 0 条件下贮藏 210 d 调查, 10 条件下贮藏 100 d 后转入 0 贮藏至 210 d 调查。定期取样测定袋内 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度, 贮藏结束时测定主要品质指标。

5) 测试指标

O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 含量: 定期从各种保鲜膜包装袋内取气, 采用 CY-II 型便携式 O<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 分析仪测定。

硬度: 用手持硬度计测定。

可溶性固形物含量: 用手持糖度计测定。

乙醇含量: 氧化还原滴定法<sup>[7]</sup>, 取 20 g 果肉, 研磨后用 150 mL 蒸馏水转入蒸馏瓶中, 100 恒温蒸馏, 蒸出 100 mL 蒸馏液。取乙醇蒸馏液 5 mL 缓缓加入内置 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 和浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的三角瓶中, 循环蒸馏 20 min, 冷却后, 用 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 滴定, 计算乙醇含量。

乙醛含量: 对羟基联苯比色法<sup>[7]</sup>, 取乙醇蒸馏液 20 mL 于试管中, 加入 0.2 g 亚硫酸钠, 完全溶解后摇匀, 取 2 mL 置于 50 mL 大小的试管中, 并加入 0.05 mL 硫酸铜溶液, 然后将试管置于水浴中, 缓慢加入 8 mL 浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 摇匀后加入 0.2 mL 0.1% 的对羟基联苯, 并摇匀于 30 恒温箱保持 30 min (中间轻轻摇动试管数次), 然后将试管移入沸水内加热 30 s, 再经流水冷却后

收稿日期: 2003-09-24 修订日期: 2004-07-09

基金项目: 国家科技攻关计划(2003BA537C); 天津市自然科学基金项目(013615011)

作者简介: 关文强(1974-), 男, 博士生, 助理研究员, 主要从事农产品保鲜研究。天津市津静公路 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 300384。Email: gwq18@163.com

于 560 nm 波长下比色, 然后根据标准曲线与公式计算。

2 结果与分析

2.1 不同包装不同条件下贮藏过程中包装内 O<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 含量变化

2.1.1 0 条件下, 不同包装内 O<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 含量变化

由图 1 可以看出, 贮藏前期各包装袋中 O<sub>2</sub> 浓度下降较快, CO<sub>2</sub> 浓度则迅速升高, 在 10 d 时, 袋内 O<sub>2</sub> 浓度达到最低值, CO<sub>2</sub> 升至最大。然后 O<sub>2</sub> 浓度略有回升, CO<sub>2</sub> 浓度略有下降, 可能是因为包装内的气体环境抑制了果实的呼吸造成的。然后在整个贮藏过程中 O<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 基本保持稳定。

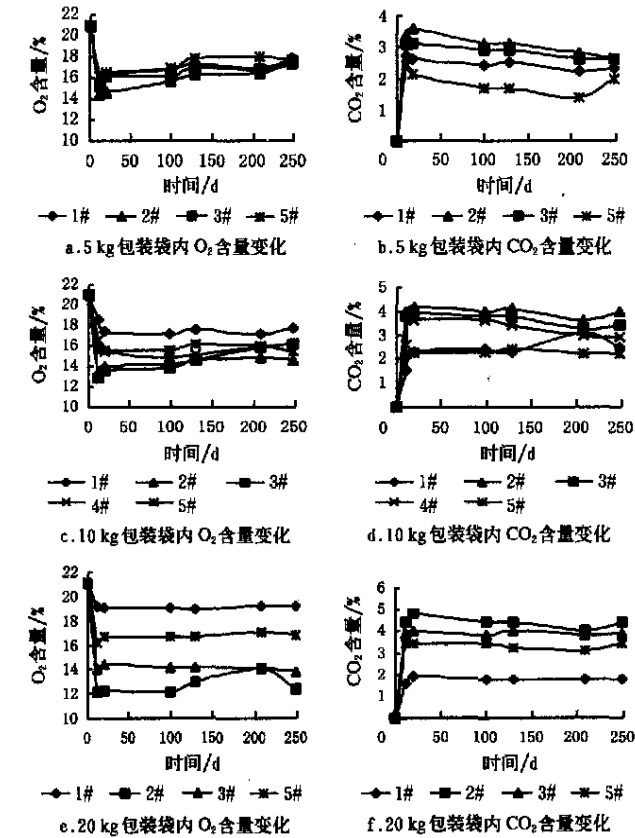


图 1 0 条件下不同包装内 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 含量在贮藏期间的变化

Fig 1 Changes of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration inside different Fuji apple packages during the storage at 0

各包装在贮藏 10 d 时均达到平衡值, 不同包装袋内 O<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 的平衡值不一致, 同一种配方的保鲜袋, 包装苹果量越多, 稳定时包装内 O<sub>2</sub> 浓度越低, CO<sub>2</sub> 浓度越高。5 kg 包装内气体达到平衡时各保鲜袋内 O<sub>2</sub> 为 14.5%~18.0%, 含量由高到低顺序为 5#、1#、3#、2#, 但差异较小; CO<sub>2</sub> 为 1.8%~3.5%, 含量由高到低顺序与 O<sub>2</sub> 相反。10 kg 包装内达到平衡时各包装内 O<sub>2</sub> 为 13.0%~17.5%, 含量由高到低顺序为 1#、5#、4#、3#、2#; CO<sub>2</sub> 为 2%~4%, 含量由高到低顺序为 5#、1#、4#、3#、2#。20 kg 包装内气体达到平衡时各包装内 O<sub>2</sub> 为 12%~19%, CO<sub>2</sub> 为 1.8%~5.0%, 各

保鲜袋内气体大小变化规律与 10 kg 包装一致。可以看出与 PE 保鲜膜相比, PVC 保鲜膜透 CO<sub>2</sub> 能力较强。

2.1.2 10 条件下贮藏 100 d 转入 0 , 不同包装内 O<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 含量变化

为了模拟北方地区利用自然冷源降温贮藏, 先将不同包装富士苹果于 10 条件下贮藏 100 d, 然后转入 0 继续贮藏至 210 d 时调查贮藏效果, 结果见图 2。

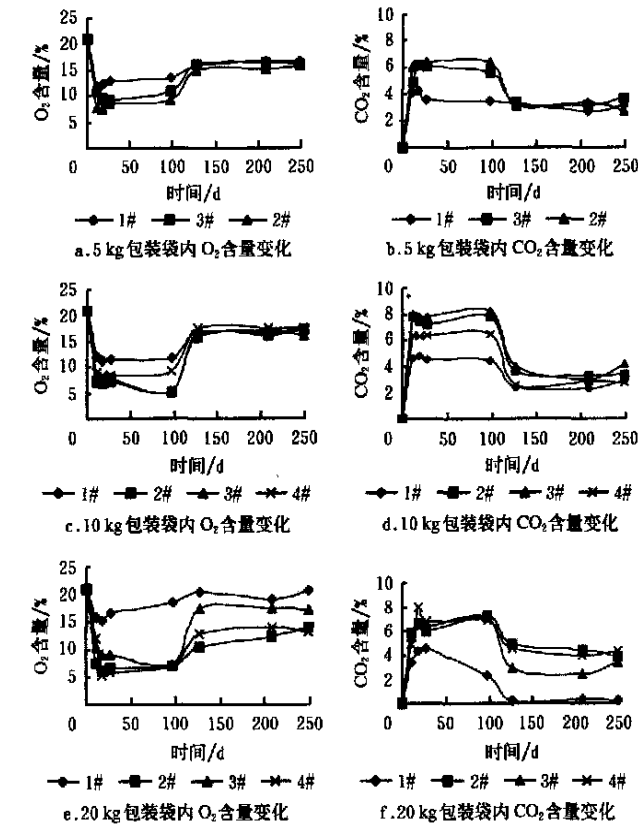


图 2 10 条件下不同包装内 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度在贮藏期间的变化

Fig 2 Changes of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration inside different Fuji apple packages during the storage at 10

由图 2 可以看出, 10 条件下 10 d 时不同包装中 O<sub>2</sub> 浓度即达到最低值, CO<sub>2</sub> 升至最大, 而且与 0 贮藏相似, 随后 O<sub>2</sub> 浓度略有回升, CO<sub>2</sub> 浓度略有下降, 然后在整个贮藏过程中 O<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 基本保持稳定。与 0 贮藏相比, O<sub>2</sub> 浓度更低, CO<sub>2</sub> 浓度更高, 不同包装内气体浓度大小顺序一致, 但差异变大。5 kg 包装内气体达到平衡时, O<sub>2</sub> 为 7.5%~14.0%, CO<sub>2</sub> 为 3.5%~6.5%; 10 kg 包装内 O<sub>2</sub> 为 5%~12%, CO<sub>2</sub> 为 4.4%~8.0%; 20 kg 包装内 O<sub>2</sub> 为 5.4%~16.0%, CO<sub>2</sub> 为 3.5%~7.5%。

转入 0 后各包装内 O<sub>2</sub> 浓度上升, CO<sub>2</sub> 浓度下降, 逐渐接近一直在 0 贮藏的包装内气体浓度。

2.2 贮藏 210 d 后, 不同包装红富士苹果的贮藏结果

2.2.1 0 贮藏 210 d 苹果中乙醇和乙醛含量的变化

乙醇与乙醛是无氧呼吸的产物, 也是判断气体伤害的主要参考指标。为了确定不同保鲜袋内气体成分对红富士苹果无氧呼吸的影响程度, 比较不同配方保鲜膜的

气调效应,对0 贮藏210 d时不同包装量2号保鲜袋中苹果,以及生产实际常用苹果包装量(7.5 kg)的0.04 mm PE保鲜袋、PVC保鲜袋内的苹果中乙醇和乙醛含量进行了测定,结果见表1。

表1 0 贮藏210 d不同包装袋内苹果乙醇和乙醛含量  
Table 1 Ethanol and acetaldehyde content of Fuji apple inside different packages after 210 days storage at 0

包装条件	乙醛/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	乙醇/%
2# 20 kg	2.68	0.22
2# 10 kg	2.29	0.19
2# 5 kg	1.37	0.11
4# 7.5 kg	1.65	0.11
5# (PVC) 7.5 kg	1.005	0.05

由表1可以看出,同一保鲜袋内乙醇和乙醛含量均随包装量的增加而增大。PVC保鲜袋内的苹果中乙醇和乙醛含量低于PE保鲜袋内苹果中乙醇和乙醛含量。

2.2.2 不同包装对苹果贮藏210 d质量的影响

从表2看出,与贮藏开始时相比,各保鲜袋包装内苹果硬度下降并不多,说明利用保鲜袋包装贮藏对保持红富士苹果果实硬度十分有利,但SSC含量均低于入贮时的含量。综合比较,不同温度与包装量对苹果硬度、SSC的影响规律不明显,这可能与温度、气体成分、保鲜袋内不良气体的积累等综合因素有关。

表2 贮藏210 d不同包装袋内红富士苹果品质变化  
Table 2 Quality of Fuji apple inside different packages after storage for 210 days

温度/ /℃	包装量/ /kg	保鲜袋	硬度/ $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$	可溶性固形物含量/%	好果率/%	虎皮病发病率/%
0	20	1#	7.06	13.56	97.59	27
		2#	7.5	14.1	99.32	32
		3#	7.42	13.02	92.2	15
		5#	8.24	13.86	98.78	10
	10	1#	7.96	13.5	97.88	7.5
		2#	7.8	14	96.35	9.3
		3#	7.48	13.42	96.45	4.5
		5#	7.16	12.85	95.62	2.5
	5	1#	7.86	14.2	96.45	0
		2#	6.79	13.39	98.45	0
		3#	7.24	12.42	92.2	0
		5#	7.39	13.5	100	0
	20	1#	6.66	13.72	82.15	50
		2#	7.01	13.94	85.4	60.4
		3#	6.7	14.67	85.38	43.6
		5#	7.85	14.75	95.85	33.3
10	10	1#	7.11	13.57	84.55	42.3
		2#	7.12	13.5	96.55	48.3
		3#	7.58	14.25	97.35	30
	5	1#	7.25	14.77	83.4	30
		2#	6.45	15.5	4.6	37.5
		3#	7.17	11.5	88.7	18.2

注:初值:硬度7.09 kg/cm<sup>2</sup>,可溶性固形物(SSC)14.05。

温度包装对苹果的好果率和虎皮病发生率关系很大。温度越高,虎皮病发生率也越高,好果率也越低。温度一致时,同一配方保鲜膜包装内,包装苹果量越大,虎

皮病发生率越高。0 条件下,不管哪种保鲜膜,5 kg 包装内果实没有虎皮病发生,20 kg 包装内果实虎皮病发生率均高于10 kg 与5 kg 包装。各保鲜袋内苹果虎皮病发生率由高到低顺序为:2#、1#、3#、5# 袋,说明保鲜袋透气性越低,虎皮病发生率越高。总的来说,红富士苹果自发气调贮藏时,不论采用哪种保鲜袋,包装量不宜过大,以10 kg 以下为宜。

另外,各种处理中均未发现果肉褐变现象,重复试验也证明了这一点,说明这几种保鲜袋在20 kg 以下包装量于0 条件下贮藏均不会造成气体伤害,在北方利用自然冷源条件贮藏时则需要根据温度变化情况决定。

3 讨论

1) 与元帅系、金冠等苹果品种对气调贮藏的反应不同,红富士苹果对CO<sub>2</sub>很敏感,贮藏环境中CO<sub>2</sub>超过5%贮藏2~3个月即会产生CO<sub>2</sub>伤害,造成果肉褐变。红富士苹果的最佳贮藏条件为-0.5~0.5,相对湿度93%~98%,(2%~3%)O<sub>2</sub>,(1%~3%)CO<sub>2</sub><sup>[5,8-10]</sup>。本试验包装中CO<sub>2</sub>含量超过5%时未出现果肉褐变情况,可能有两个原因:一是较高的O<sub>2</sub>浓度(大于10%)减轻了CO<sub>2</sub>的伤害作用,另外可能是不同产地和品质的苹果对气体的敏感程度不同引起的。

2) 采用冷库结合保鲜袋包装贮藏时,红富士苹果可能出现CO<sub>2</sub>伤害、虎皮病发生或气调效果不佳的情况。试验中几种包装内O<sub>2</sub>浓度均较高,随包装量增大,苹果的虎皮病发生率和腐烂率也增大。所以,研究如何在不提高CO<sub>2</sub>浓度的基础上降低O<sub>2</sub>含量,以及有效除去包装内异味物质的技术具有重要意义<sup>[11,12]</sup>。

3) 目前,生产中常用的果蔬保鲜膜主要是PE和PVC<sup>[2,12,13]</sup>,PVC保鲜膜表面极性分子多,能透析排除有害代谢产物如醇、醛、乙烯等,具有较高的CO<sub>2</sub>透过率。本实验可以看出,PVC保鲜膜的贮藏效果好于PE保鲜膜,红富士苹果中乙醇与乙醛含量低,好果率高,虎皮病发生率低。本试验中的PE保鲜膜特性有待进一步研究。另外本文仅对袋口扎紧不留空隙的MA保鲜效果进行了研究,关于保鲜膜内空间体积与保鲜效果的关系尚需进一步研究。

4 结论

1) 利用PVC专用保鲜膜和适宜的PE保鲜膜包装在0 条件及模拟北方自然冷源条件下贮藏7个月,红富士苹果能保持其本身质量,不影响其商品价值。

2) 不同保鲜膜MA包装内10 d左右气体达平衡值。0 条件下不同包装的O<sub>2</sub>平衡值为12%~19%,CO<sub>2</sub>为1.8%~5.0%,10 条件下不同包装的O<sub>2</sub>平衡值为5%~16%,CO<sub>2</sub>为3.5%~8.0%。

3) 包装量越大,温度越高,保鲜膜透气性越低,虎皮病发生率越大,乙醇和乙醛含量越高。PVC保鲜膜保鲜效果优于PE膜保鲜效果。

[参考文献]

[1] 高福成 现代食品工程高新技术[M] 北京:中国轻工业出

- 版社, 1998
- [2] 关文强, 胡云峰, 李喜宏 果蔬气调贮藏研究与应用进展[J] 保鲜与加工, 2003, 4(6): 3- 50
- [3] Beaudry R M. Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 15: 293- 303
- [4] 郭元新 PE 袋包装富士苹果贮藏效果研究[J] 安徽农业技术师范学院学报, 1998, 12(4): 16- 19
- [5] 石建新, 赵 猛, 赵迎丽, 等. 气调贮藏对富士苹果采后生理及果肉褐变的影响[J] 果树科学, 1999, 16(1): 14- 171
- [6] Maarten L A, Hertog T M, Sue E Nicholson, et al Effect of modified atmosphere on the ratio of firmness change in 'Braeburn' apple[J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, 23: 175- 184
- [7] 刘兴华, 寇利萍 果蔬贮运学实验指导[Z] 西北农业大学编印, 1998
- [8] Yearsley C W, Banks N H, Ganesh S Temperature effects on the internal lower oxygen limits of apple fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 1997, 11: 73- 83
- [9] Siddiqui S, Brackmann A, Streif J, et al Controlled atmosphere storage of apples: cell wall composition and fruit softening[J]. Journal of Horticultural Science, 1996, 72: 613- 620
- [10] 王春生, 石建新, 赵 猛, 等. 红富士苹果气调贮藏参数的研究[J] 华北农学报, 2002, 17(4): 100- 103
- [11] Devon Zagoy, Adel A. Kader Modified atmosphere packaging of fresh produce[J]. Food Technology, 1998, 9: 70- 74
- [12] 傅志红 新鲜果蔬包装[J] 中国包装工业, 1997, 5: 23- 25

## Effect of modified atmosphere packaging on the quality of Fuji apple

Guan Wenqiang<sup>1,2</sup>, Chen Li<sup>1</sup>, Li Xihong<sup>1</sup>, Hu Yunfeng<sup>1</sup>

(1. National Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Freshness Protection, Tianjin 300384, China; 2. Key Laboratory for Green Chemical Technology, Ministry of Education, School of Chemical Engineering and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** Effect of modified atmosphere packaging films on the quality of Fuji apples was determined. Fuji apples (5, 7.5, 10, 20 kilogram per package) were packaged in 5 types of plastic film bags and kept at 0 °C and 10 °C (transferred to 0 °C after 100 days) for 7 months. At both temperatures, an equilibrium atmosphere was developed during 10 days, the equilibrium content of CO<sub>2</sub> reached 1.8% ~ 5.0%, whereas the equilibrium content of O<sub>2</sub> reached 12% ~ 19% at 0 °C, and the atmosphere contained 3.5% ~ 8.0% CO<sub>2</sub> and 5% ~ 16% O<sub>2</sub> at 10 °C. Under the same conditions, the atmosphere in 2# package had a maximum of CO<sub>2</sub> and a minimum of O<sub>2</sub>. The great-to-little sequence of apple scald rate was 2# > 1# > 3# > 5#. Scald rate, ethanol and acetaldehyde content increased with packaging quantity and temperature became greater. Fuji apples in optimal modified atmosphere package had good quality after storage for 7 months.

**Key words:** Fuji apple; modified atmosphere; plastic packaging films; storage and preservation