

红富士苹果自发气调保鲜技术研究

关文强^{1,2}, 陈 丽¹, 李喜宏¹, 胡云峰¹

(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O₂和CO₂浓度达平衡值。0条件下不同包装的O₂平衡值为12%~19%, CO₂为1.8%~5.0%, 10条件下不同包装的O₂平衡值为5%~16%, CO₂为3.5%~8.0%。同样条件下2#保鲜膜包装内O₂最低, CO₂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^[1]。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^[1-3]。

红富士苹果贮藏过程中对CO₂敏感, 气调贮藏的最佳气体条件为5% O₂, 2% CO₂, MA包装薄膜透气性差容易造成CO₂伤害, 引起果肉褐变, 透气性太大则达不到气调效果^[4,5]。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^[4], Maarten等系统研究了MA条件对'Braeburn'苹果的呼吸和品质的影响^[6], 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O₂和CO₂浓度, 贮藏结束时测定主要品质指标。

5) 测试指标

O₂、CO₂含量: 定期从各种保鲜膜包装袋内取气, 采用CY-II型便携式O₂与CO₂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^[7], 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K₂Cr₂O₇和浓H₂SO₄的三角瓶中, 循环蒸馏20 min, 冷却后, 用Na₂S₂O₃滴定, 计算乙醇含量。

乙醛含量: 对羟基联苯比色法^[7], 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H₂SO₄, 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 O₂ 与 CO₂ 含量变化

2.1.1 0 条件下, 不同包装内 O₂ 与 CO₂ 含量变化

由图 1 可以看出, 贮藏前期各包装袋中 O₂ 浓度下降较快, CO₂ 浓度则迅速升高, 在 10 d 时, 袋内 O₂ 浓度达到最低值, CO₂ 升至最大。然后 O₂ 浓度略有回升, CO₂ 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 O₂ 与 CO₂ 基本保持稳定。

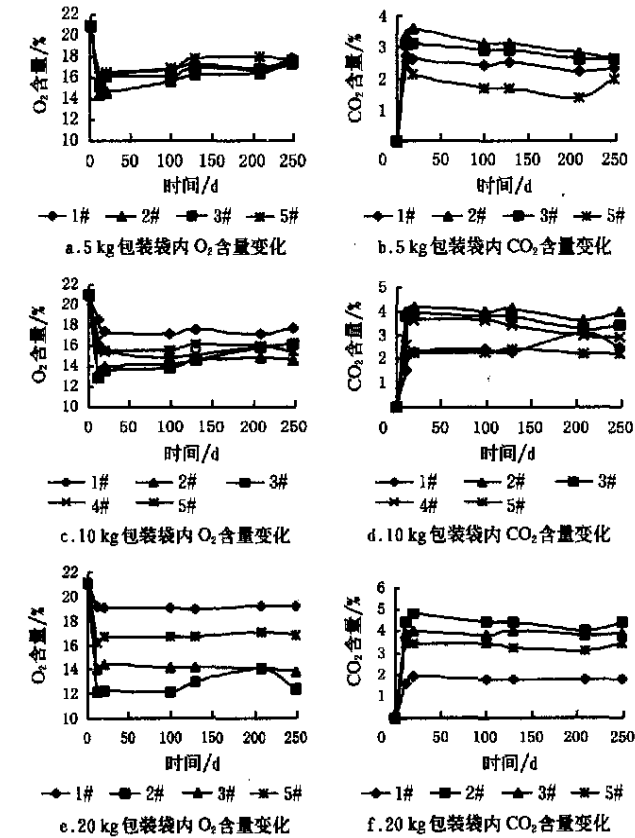


图 1 0 条件下不同包装内 O₂ 和 CO₂ 含量在贮藏期间的变化

Fig 1 Changes of O₂ and CO₂ 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 O₂ 与 CO₂ 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 O₂ 浓度越低, CO₂ 浓度越高。5 kg 包装内气体达到平衡时各保鲜袋内 O₂ 为 14.5%~18.0%, 含量由高到低顺序为 5#、1#、3#、2#, 但差异较小; CO₂ 为 1.8%~3.5%, 含量由高到低顺序与 O₂ 相反。10 kg 包装内达到平衡时各包装内 O₂ 为 13.0%~17.5%, 含量由高到低顺序为 1#、5#、4#、3#、2#; CO₂ 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 O₂ 为 12%~19%, CO₂ 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 CO₂ 能力较强。

2.1.2 10 条件下贮藏 100 d 转入 0 , 不同包装内 O₂ 与 CO₂ 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。

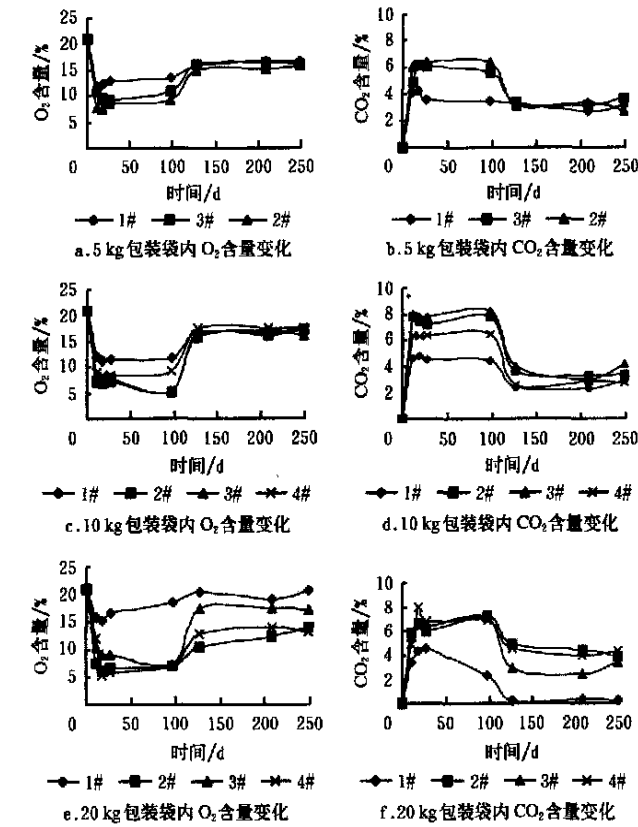


图 2 10 条件下不同包装内 O₂ 和 CO₂ 浓度在贮藏期间的变化

Fig 2 Changes of O₂ and CO₂ 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 O₂ 浓度即达到最低值, CO₂ 升至最大, 而且与 0 贮藏相似, 随后 O₂ 浓度略有回升, CO₂ 浓度略有下降, 然后在整个贮藏过程中 O₂ 与 CO₂ 基本保持稳定。与 0 贮藏相比, O₂ 浓度更低, CO₂ 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, O₂ 为 7.5%~14.0%, CO₂ 为 3.5%~6.5%; 10 kg 包装内 O₂ 为 5%~12%, CO₂ 为 4.4%~8.0%; 20 kg 包装内 O₂ 为 5.4%~16.0%, CO₂ 为 3.5%~7.5%。

转入 0 后各包装内 O₂ 浓度上升, CO₂ 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^2 ,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_2 很敏感,贮藏环境中 CO_2 超过 5% 贮藏 2~3 个月即会产生 CO_2 伤害,造成果肉褐变。红富士苹果的最佳贮藏条件为 $-0.5 \sim 0.5^\circ\text{C}$,相对湿度 93%~98%, $(2\% \sim 3\%) \text{O}_2$, $(1\% \sim 3\%) \text{CO}_2$ ^[5,8-10]。本试验包装中 CO_2 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_2 浓度(大于 10%)减轻了 CO_2 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_2 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_2 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_2 浓度的基础上降低 O_2 含量,以及有效除去包装内异味物质的技术具有重要意义^[11,12]。

3) 目前,生产中常用的果蔬保鲜膜主要是 PE 和 PVC^[2,12,13],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_2 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_2 平衡值为 12%~19%, CO_2 为 1.8%~5.0%,10 条件下不同包装的 O_2 平衡值为 5%~16%, CO_2 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 O₂ and CO₂ 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^{1,2}, Chen Li¹, Li Xihong¹, Hu Yunfeng¹

(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 and 10 (transferred to 0 after 100 days) for 7 months. At both temperatures, an equilibrium atmosphere was developed during 10 days, the equilibrium content of CO₂ reached 1.8%~5.0%, whereas the equilibrium content of O₂ reached 12%~19% at 0, and the atmosphere contained 3.5%~8.0% CO₂ and 5%~16% O₂ at 10. Under the same conditions, the atmosphere in 2# package had a maximum of CO₂ and a minimum of O₂. 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