

延迟和缩短苹果气调处理时间对贮藏效果的影响

苑克俊¹ 李震三¹ 张道辉¹ 孙玉刚¹ 张大鹏² 胡小松²

(¹ 山东省果树研究所, 泰安 271000; ² 中国农业大学, 北京 100094)

摘 要: 以新红星苹果为试材探讨延迟和缩短低氧气调新组合 (10⁻⁵, 2% O₂ + 7.5% CO₂) 处理时间对其贮藏效果的影响。结果表明, 贮藏 123 d 时, 冷藏对照 (0⁻⁵, 空气) 和常规气调处理 (0⁻⁵, 3% O₂ + 3% CO₂) 果实的虎皮病果率分别为 25.6% 和 1.02%, 果肉硬度分别为 5.79 和 6.52 kg/cm², 而低氧新组合处理无虎皮病, 果肉硬度 (6.63 kg/cm²) 显著高于冷藏对照, 而与常规气调处理无显著差异。10⁻⁵ 空气中放 15 d 后再用低氧新组合处理 108 d 的果实虎皮病果率 6.67%, 果肉硬度 (4.8 kg/cm²) 显著低于冷藏对照和常规气调处理。这些结果说明果实采后及时进行低氧气调处理是必要的。冷藏对照、常规气调处理和 10⁻⁵ 下低氧新组合处理 123 d 的果实再于 0⁻⁵ 空气中放 58 d, 其虎皮病果率分别为 46.9%、36.4% 和 0, 果肉硬度分别为 5.28、5.21 和 4.5 kg/cm²。在 10⁻⁵ 下低氧新组合处理 96 d 再冷藏的苹果, 在贮后 50 d 时无虎皮病, 果肉硬度为 4.67 kg/cm²。综合来看, 计划贮期约 5 个月时, 10⁻⁵ 下低氧新组合处理的时间可由 4 个月缩短为 3.3 个月。低氧气调新组合处理的苹果在气调期间 - 法尼烯和共轭三烯的形成受到显著抑制。

关键词: 苹果; 贮藏; 低氧气调; 硬度; 虎皮病

中图分类号: S 661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2002) 06-0524-05

国外苹果低氧气调一般在 0⁻⁵ 左右进行, O₂ 浓度为 2% 或更低, CO₂ 浓度低于常规气调 (3% ~ 5%)^[1-5]。我们在气调模拟研究中选出一个气调新组合 2% O₂ + 7.5% CO₂, 其 O₂ 浓度在低氧气调范畴内, CO₂ 浓度则明显高于国外的低氧气调, 苹果在贮后一段时间内不发生或很少发生虎皮病^[6]。我们已在玫瑰红和新红星苹果上进行了验证^[6,7], 并建立了前期低氧气调新组合处理与后期冷藏相结合的贮藏方法。与国外的全程低氧气调相比, 新方法可减少运行维持费用, 在较高温度下进行时可减少降温设施投资, 节约能源^[6]。考虑到缩短低氧气调处理时间可进一步减少气调贮藏的运行费用, 降低成本, 有利于实际操作应用, 本研究以新红星苹果为试材研究了延迟和缩短低氧气调新组合处理时间对贮藏效果的影响。

1 材料与方法

试材为新红星苹果, 9 月 13 日采自泰安一个平地果园, 果肉硬度 7.05 kg/cm²。

果实置于 20 L 广口玻璃瓶中, 以带有进出气口的 20 号胶塞封口, 连续通入预先配好的混合气体, 流速为 100 mL/min。设有 10⁻⁵ 低氧气调新组合 (10⁻⁵, 2% O₂ + 7.5% CO₂) 处理 123 d、10⁻⁵ 低氧气调新组合处理 96 d、延迟低氧处理 (在 10⁻⁵ 空气中放 15 d 再进行低氧气调新组合处理 108 d)、常规气调处理 (0⁻⁵, 3% O₂ + 3% CO₂) 和冷藏对照 (0⁻⁵, 空气), 每处理 7.5 kg, 3 次重复, 处理 123 d (有一个处理为 96 d) 后, 再在 0⁻⁵ 空气中存放, 研究处理后效应。

采用 HG2 型硬度计测定果肉硬度, 目测有无虎皮病和果实外观变化, 采用 WYFJ 型糖量计测定可溶性固形物, 以正己烷提取、751-GW 型分光光度计测定果皮 - 法尼烯和共轭三烯含量, 采用 QCD-07 型红外线 CO₂ 分析仪测定果实呼吸速率。采用 EPS-98 软件进行数据计算和统计分析^[8]。

收稿日期: 2002 - 03 - 18; 修回日期: 2002 - 05 - 13

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目 (Q98D02134)

2 结果与分析

2.1 果肉硬度

表 1 结果表明, 常规气调及 10 °C 低氧气调新组合处理 123 d 的苹果, 其果肉硬度变化皆较小, 贮藏至 123 d 时皆高于 6 kg/cm²。采后延迟 15 d 进行低氧处理的苹果硬度下降较快, 在贮藏至 38 d 时已显著低于上述气调处理和对照, 说明苹果采后尽快进行低氧气调处理是必要的。对照和各气调处理果实转至 0 °C 空气中存放后, 其果肉硬度皆下降, 其中 10 °C 低氧气调新组合处理后再冷藏的苹果硬度下降较快。但低氧处理 96 d 后再冷藏的苹果, 其果肉硬度在贮后 50 d 为 4.67 kg/cm², 贮后 71 d 为 4.2 kg/cm²; 低氧处理 123 d 后再冷藏的苹果, 其果肉硬度在贮后 58 d 为 4.5 kg/cm², 贮后 92 d 为 4.02 kg/cm²。根据我们的研究, 红星和新红星苹果果肉硬度在 4~4.5 kg/cm² 时, 肉质鲜嫩。这说明低氧气调贮藏 3~4 个月后至少 2 个月内可保持较理想的果肉硬度, 低氧气调新组合处理时间可以缩短, 具体可根据对果肉硬度和贮期长短的要求决定其处理时间。

表 1 不同处理的新红星苹果贮期和贮后的果肉硬度

Table 1 Flesh firmness of Starkrimson apple fruits during and after various controlled atmosphere treatments (kg/cm²)

处理 Treatment	温度 Temp. (°C)	气体组合 Gas combination	处理期天数 Days during treatment				贮后天数 Days at 0 °C in air after CA				
			38	66	96	123	23	44	58	92	121
常规气调 Conventional CA	0	3 %O ₂ + 3 %CO ₂	6.86a	6.62a	6.57a	6.52a	6.49a	5.78a	5.21a	5.10a	3.89b
冷藏对照 Air storage	0	空气 Air	6.75a	6.32b	5.94b	5.79b	5.68b	5.09ab	5.28a	4.47b	4.25a
延迟气调 Delayed CA	10	Air 15 d 2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ , 108 d	5.91b	5.58c	5.05c	4.80c	4.58c	3.94c	3.86c	3.72c	3.14d
低氧新组合 123 d Low oxygen CA 123 d	10	2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ , 123 d	6.93a	6.45ab	6.12ab	6.63a	5.91ab	4.61bc	4.50b	4.02c	3.49c
低氧新组合 96 d Low oxygen CA 96 d	10	2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ , 96 d	6.93a	6.45ab	6.12ab	5.82b	4.67c	4.20c	3.96c	3.52d	3.17d
			(27)	(50)	(71)	(85)	(119)	(148)			

注: 同列数值后标有不同字母表示有显著差异 (P<0.05); 括号中的数字代表低氧新组合处理 96 d 后冷藏的天数, 下同。

Note: Values within columns marked with different small letters are significantly different at 0.05 level; Numbers in parenthesis represent days at 0 °C in air after low oxygen treatment for 96 days, the same below.

2.2 虎皮病

表 2 表明, 冷藏对照、常规气调处理、采后延迟 15 d 进行低氧处理的苹果果实贮藏 123 d 后皆已发生虎皮病, 其中后两个处理病果率较低, 其后各处理病果率不断增加。在 58 d 冷藏期内, 常规气调处理的苹果虎皮病率增加较快, 采后延迟 15 d 进行低氧新组合处理的增加较少。

低氧气调新组合处理 96 d 的苹果, 处理后贮藏 50 d 未发现虎皮病果; 新组合处理 123 d 的处理贮藏 58 d 未发病。这说明低氧气调新组合处理缩短后仍可在以后一段时间有效防止虎皮病发生。

表 2 不同处理苹果贮期和贮后的虎皮病果率

Table 2 Scald incidence of Starkrimson apples during and after various controlled atmosphere treatments (%)

处理 Treatment	温度 Temp. (°C)	气体组合 Gas combination	处理 123 d 123 days of treatment	贮后天数 Days at 0 °C in air after CA treatment				
				23	44	58	92	121
常规气调 Conventional CA	0	3 %O ₂ + 3 %CO ₂	1.02	5.13	21.7	36.4	57.3	81.9
冷藏对照 Air storage	0	空气 Air	25.6	33.9	40.6	46.9	55.2	78.2
延迟气调 Delayed CA	10	Air 15 d 2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ , 108 d	6.67	10.5	13.7	18.5	41.8	100
低氧新组合 123 d Low oxygen CA 123 d	10	2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ , 123 d	0	0	0	0	22.5	80.2
低氧新组合 96 d Low oxygen CA 96 d	10	2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ , 96 d	0	0	11.1	23.7	52.7	93.9
			(27)	(50)	(71)	(85)	(119)	(148)

一般认为, 苹果在贮藏期间, 果皮中 - 法尼烯不断积累, 达到一定阈值后引发自氧化反应, 导致其氧化中间产物共轭三烯的积累, 从而引起虎皮病^[9]。本研究表明, 贮藏期对照苹果 - 法尼烯和共轭三烯积累较多, 并分别在贮藏 66 d 和 96 d 时达积累高峰 (表 3)。与冷藏对照相比, 常规气调处

理和采后延迟 15 d 进行低氧新组合处理的苹果 - 法尼烯和共轭三烯积累相对较少, 低氧新组合处理的积累得更少, 说明其虎皮病较轻是由于 - 法尼烯和共轭三烯的产生受到显著抑制而积累较少之故。

表 3 不同气调处理的苹果果皮 - 法尼烯和共轭三烯的含量

Table 3 - Farnesene and conjugated trienes contents in the peels of apples with various controlled atmosphere treatments ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

测定项目 Item	处理 Treatment	温度 Temp. ()	气体组合 Gas combination	气调处理期天数 Days during CA treatment				处理后天数 Days at 0 in air after CA treatment				
				38	66	96	123	23	44	58	92	121
- 法尼烯 -Farnesene	常规气调 Conventional CA	0	3 %O ₂ + 3 %CO ₂	4. 65ab	9. 59b	8. 15b	4. 39b	9. 66a	8. 68ab	5. 90ab	6. 60a	8. 00a
	冷藏对照 Air storage	0	空气 Air	6. 90a	16. 9a	14. 1a	4. 87a	7. 46b	5. 81b	5. 14b	5. 28a	7. 58a
	延迟气调 Delayed CA	10	Air 15d 2 %O ₂ + 7. 5 %CO ₂ , 108 d	6. 59a	10. 7b	9. 75b	4. 88a	8. 52a	10. 1a	7. 38ab	7. 17a	9. 23a
	低氧新组合 123 d Low oxygen CA 123 d	10	2 %O ₂ + 7. 5 % CO ₂ , 123 d	2. 23b	3. 40c	4. 30c	2. 67c	9. 87a	9. 32a	8. 30a	8. 02a	10. 2a
	低氧新组合 96 d Low oxygen CA 96 d	10	2 %O ₂ + 7. 5 % CO ₂ , 96 d	2. 23b	3. 40c	4. 30c	/	4. 47	11. 5a	7. 97ab	8. 79ab	8. 51ab
								(27)	(50)	(71)	(85)	(119)
								(148)				
共轭三烯 Conjugated trienes	常规气调 Conventional CA	0	3 %O ₂ + 3 %CO ₂	0. 58a	0. 70b	1. 22b	0. 68b	1. 96b	3. 10a	2. 69a	4. 04ab	3. 27ab
	冷藏对照 Air storage	0	空气 Air	0. 53a	2. 32a	3. 27a	1. 85a	3. 96a	3. 05a	3. 22a	2. 99b	2. 82b
	延迟气调 Delayed CA	10	Air 15d 2 %O ₂ + 7. 5 %CO ₂ , 108 d	0. 41a	0. 64b	1. 07b	0. 61b	1. 41b	3. 64a	3. 60a	3. 93ab	3. 79ab
	低氧新组合 123 d Low oxygen CA 123 d	10	2 %O ₂ + 7. 5 % CO ₂ , 123 d	0. 22a	0. 19c	0. 23c	0. 11c	1. 49b	2. 62a	3. 20a	4. 96a	4. 57a
	低氧新组合 96 d Low oxygen CA 96 d	10	2 %O ₂ + 7. 5 % CO ₂ , 96 d	0. 22a	0. 19c	0. 23c	/	0. 47	3. 34a	4. 53a	4. 73a	5. 72a
								(27)	(50)	(71)	(85)	(119)

由表 3 可看出, 气调处理结束转至 0 空气中后, 对照和各气调处理的 - 法尼烯和共轭三烯含量皆增加, 但对照果实虽然其 - 法尼烯含量相对较低, 但其氧化产物共轭三烯含量较高, 因而在后期虎皮病果率仍然较高。低氧新组合处理 96 d 的苹果, - 法尼烯和共轭三烯含量在处理 27 d 时较低, 分别为 4. 47 和 0. 47 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 在 50 d 分别增至 11. 5 和 3. 34 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 此后其含量降低而共轭三烯含量增加, 在贮后 71 d 时果实发病 (表 2)。低氧新组合处理 123 d 的苹果, - 法尼烯和共轭三烯含量则在贮后 23 d 即分别增至 9. 87 和 1. 49 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 此后其 - 法尼烯含量降低而共轭三烯含量增加, 在贮后 92 d 时果实发病 (表 2)。

常规气调处理和采后延迟 15 d 进行低氧处理的苹果, 在处理 27 d 冷藏期, - 法尼烯和共轭三烯含量皆与低氧气调新组合处理 123 d 的苹果无显著差异 (表 4)。可能是由于其 - 法尼烯在气调贮藏期已达到引发虎皮病的阈值且在处理 27 d 冷藏初期含量较高, 其虎皮病果率继续增加 (表 2)。

2.3 可溶性固形物

由表 4 可看出, 在气调贮藏期, 各气调处理和对照的可溶性固形物含量皆缓慢增加, 但统计上皆无显著差异; 处理后冷藏期, 各气调处理和对照的可溶性固形物含量亦无显著差异, 说明延迟和缩短处理时间对气调新组合处理保持可溶性固形物的效果影响不大。

2.4 果实呼吸速率

由表 5 可看出, 常规气调处理后再冷藏的苹果呼吸速率较低; 在 10 °C 下低氧气调新组合处理后再冷藏的苹果呼吸速率则与对照无显著差异。气调状态一旦解除, 其呼吸速率较高可能是处理后冷藏初期硬度下降较快的原因。

2.5 果实外观

贮藏至 123 d 时,对照果皮已变黄,果柄已失水干缩;常规气调处理的苹果果皮和果柄新鲜,10 低氧新组合处理 98 d 和 123 d 的苹果则果皮新鲜,果柄稍有失水症状;而延迟 15 d 进行低氧处理的苹果贮藏至 123 d 时果皮新鲜,果柄失水较明显,这也说明采后及时进行低氧气调处理是必要的。

气调处理贮后在 0 下冷藏 23 d 时,各处理果实外观变化较小;44~58 d 时,各气调处理果皮新鲜,常规气调处理的苹果果柄稍有失水症状,10 低氧气调新组合处理的苹果果柄失水较明显;贮后 96 d 时,各气调处理果皮新鲜,果柄干缩。

表 4 不同处理贮期和贮后苹果可溶性固形物的含量

Table 4 Soluble solids contents of Starkrimson apples during and after different controlled atmosphere treatments (%)										
处理 Treatment	温度 Temp. ()	气体组合 Gas combination	处理期天数 Days during treatment				贮后天数 Days at 0 in air after CA			
			38	66	96	123	23	58	92	121
常规气调 Conventional CA	0	3 %O ₂ + 3 %CO ₂	13.02	13.88	14.66	14.74	15.29	15.41	15.37	14.86
冷藏对照 Air storage	0	空气 Air	13.04	13.53	14.11	15.43	14.28	14.70	14.82	14.32
延迟气调 Delayed CA	10	Air 15d 2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ ,108 d	12.64	13.38	14.03	15.10	13.94	14.53	14.58	15.10
低氧新组合 123 d Low oxygen CA 123 d	10	2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ ,123 d	12.96	13.44	13.94	14.51	14.34	14.30	14.91	14.94
低氧新组合 96 d Low oxygen CA 96 d	10	2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ ,96 d	12.96	13.44	13.94	14.44	14.88	15.17	15.19	4.52
			(27)				(50) (85) (119) (148)			

表 5 不同处理苹果贮后的呼吸速率

Table 5 Respiration rate of Starkrimson apples after different controlled atmosphere treatments (CO ₂ mg kg ⁻¹ h ⁻¹)					
处理 Treatment	温度 Temp. ()	气体组合 Gas combination	处理后天数 Days at 0 in air after CA treatment		
			8	25	36
常规气调 Conventional CA	0	3 %O ₂ + 3 %CO ₂	1.82b	2.69b	2.61a
冷藏对照 Air storage	0	空气 Air	3.03a	4.04a	3.32a
延迟气调 Delayed CA	10	Air 15d 2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ ,108 d	3.81a	3.57ab	3.44a
低氧新组合 123 d Low oxygen CA 123 d	10	2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ ,123 d	3.22a	3.46ab	2.99a
低氧新组合 96 d Low oxygen CA 96 d	10	2 %O ₂ + 7.5 %CO ₂ ,96 d	/	/	3.04a

3 讨论

生产上一般采用二苯胺或乙氧基喹防治虎皮病,但近年来许多国家已禁用二苯胺等化学药剂,采用气调贮藏,特别是低氧气调方法防治虎皮病已越来越受到重视^[3,10~13]。本研究结果表明,在 10 下低氧气调新组合处理 4 个月后再冷藏的新红星苹果,在气调结束后 58 d 时未发生虎皮病,且外观较好,果肉硬度 (4.5 kg/cm²) 和可溶性固形物含量 (14.3 %) 较高;在 10 下低氧气调新组合处理 3 个月后再冷藏的新红星苹果,在气调结束后 50 d 时未发生虎皮病,且外观较好,果肉硬度 (4.67 kg/cm²) 和可溶性固形物含量 (14.88 %) 较高。这些结果为实际利用气调新组合的贮后效应提供了实验依据。就本研究结果来看,要求的贮期较短时可缩短低氧新组合的处理时间,计划贮期 5 个月时,低氧新组合的处理时间由 4 个月缩短为 3.3 个月是可行的,这样可减少约 20 d 的气调费用,虽然这期间需将温度由 10 降为 0 ,虽也增加了降温成本,但总的来看更为经济。

在 10 下延迟 15 d 进行低氧气调新组合处理,贮藏效果显著降低,其果肉硬度下降快,虎皮病发生早。Colgan 等也曾报道延迟进行低氧处理不利于虎皮病的防治^[14]。但 Gallerani 等发现,在贮藏的第一个月共轭三烯一般在阈值范围内,而共轭三烯在阈值范围内时进行低氧处理,可成功地控制澳洲青苹果的虎皮病^[15]。本试验中,延迟进行低氧气调新组合处理的苹果虎皮病发生早,可能与其果实最初 15 d 内在 10 空气中存放有关。在 0 下贮藏时延迟进行低氧新组合处理的效果值得探讨。

参考文献:

- 1 邓桂森, 周山涛. 果品贮藏与加工. 上海: 上海科学技术出版社, 1985, 77~78
- 2 Blanpied G D. 几种新的气调贮藏方法. 杨克钦译. 中国果品研究, 1984, 3: 57~58
- 3 Lau O L, Barden C L, Blankenship S M, et al. A North American cooperative survey of 'Starkrimson Delicious' apple responses to 0.7 %O₂ storage on superficial scald and other disorders. *Postharvest Bio. and Tech.*, 1998, 13 (1): 19~26
- 4 Chapon J F, Bony P. Apple scald: controlling the disorder and forecasting risk. *Hort. Abst.*, 1998, 68 (4): 377
- 5 Graffl J, Larigaudiere C, Vendrell M. Effect of low oxygen atmosphere storage on the quality and incidence of superficial scald in Topred apples. *Food Sci. and Tech.*, 1997, 3 (3): 203~211
- 6 苑克俊, 李震三, 张道辉, 等. 苹果低氧气调新组合及其防治虎皮病的效果. *果树科学*, 2000, 17 (3): 175~180
- 7 苑克俊, 李震三, 张道辉, 等. 新红星苹果在5~10 °C下气调贮藏的效果. *园艺学报*, 1995, 22 (1): 7~10
- 8 苑克俊, 李震三, 张道辉, 等. EPS-98科研数据处理软件的特点简介. *计算机与农业*, 1999, 4: 21~24
- 9 Huelin F E, Coggiola I M. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. V. Oxidation of α -farnesene and its inhibition by diphenylamine. *J. Sci. Food Agric.*, 1970, 21: 44~48
- 10 薛彦斌, 于 梁, 周山涛. 应用碳分子气调机贮藏苹果对虎皮病的控制效果. *园艺学报*, 1991, 18 (3): 217~220
- 11 Emonger V E, Murr D P, Loughheed E C. Preharvest factors that predispose apples to superficial scald. *Postharvest Bio. and Tech.*, 1994, 4: 289~300
- 12 Ingle M, D' Souza M C. Physiology and control of superficial scald of apples: a review. *HortSci.*, 1989, 24 (1): 28~31
- 13 Truter A B, Combrink J C, Burger S A. Control of superficial scald in Granny Smith apples by ultra-low and stress levels of oxygen as an alternative to diphenylamine. *J. Hort. Sci.*, 1994, 69 (3): 581~587
- 14 Colgan R J, Dover C J, Johnson D S, et al. Delayed CA and oxygen at 1 kpa or less control superficial scald without CO₂ injury on Bramley's Seedling apples. *Postharvest Bio. and Tech.*, 1999, 16: 223~231
- 15 Gallerani G, Pratella G C, Cazzola P P. Superficial scald control via low-oxygen treatment timed to peroxide threshold value. *Hort. Abst.*, 1996, 66 (9): 944

Effects of Delaying and Shortening the New Low Oxygen CA Combination Treatment Time on the Storage of Apples

Yuan Kejun¹, Li Zhensan¹, Zhang Daohui¹, Sun Yugang¹, Zhang Dapeng², and Hu Xiaosong²

(¹ Shandong Institute of Pomology, Tai'an 271000, China; ² China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: We formerly reported a special low oxygen CA combination (2 %O₂ + 7.5 %CO₂), which can control superficial scald of apples for a longer period after 4 months of treatment. Now, a further experiment of Starkrimson apples was conducted to study the effects of delayed and shortened treatment. The results showed that the scald incidence of apples of control (0, air) and conventional CA treatment (0, 3 %O₂ + 3 %CO₂) were 25.6 % and 1.02 % respectively, and their flesh firmness were 5.79 and 6.52 kg/cm² respectively after 123 days of storage. The apples of special CA treatment (10, 2 %O₂ + 7.5 %CO₂) was scald-free after 123 days of storage, its flesh firmness (6.63 kg/cm²) was the same as that of conventional CA treatment and significantly higher than that of control. The apples of delayed treatment developed scald (6.67 %) after 15 days of storage at 10 °C in air and 108 days of special CA treatment, its flesh firmness (4.8 kg/cm²) was significantly higher than those of control and conventional CA treatment. These results indicated that it is necessary to treat apples with special CA combination on time. The scald incidence of apples of control, conventional CA treatment and special CA treatment were 46.9 %, 36.4 % and 0 respectively after 123 days of storage plus another 58 days of cold storage in air, their flesh firmness were 5.28, 5.21 and 4.5 kg/cm² respectively. The apples of special CA treatment was also scald-free after 96 days of storage plus another 50 days of cold storage in air, its flesh firmness was 4.67 kg/cm². Based on the consideration of both scald incidence and flesh firmness, it is possible to change the duration of special CA treatment from 4 months to 3.3 months if we want to store apples for about 5 months. The formations of α -farnesene and conjugated trienes in the peels of apple fruits were significantly inhibited by special CA treatment during CA storage.

Key words: Apples; Storage; Low oxygen controlled atmosphere; Fruit firmness; Superficial scald