

高二氧化碳环境对草莓有机酸及贮藏品质的影响

王宝刚, 李文生, 冯晓元, 石磊, 杨媛, 杨军军

(北京市农林科学院 林业果树研究所, 北京 100093)

摘要:以‘天香’草莓为试材, 研究高 CO₂ 处理对草莓贮藏期间有机酸及品质变化的影响。结果表明: 气调箱贮藏(充入约 5% CO₂)可以明显延缓草莓 0℃贮藏期间硬度及 VC 的下降, 减轻病害的发生率, 延长贮藏期。15% CO₂ 处理促进了乙醇产生并加重了病害。‘天香’草莓果实中以柠檬酸为主, 苹果酸和琥珀酸次之。5% CO₂ 处理降低了草莓果实贮藏 12 d 之前柠檬酸含量。5% CO₂ 和 15% CO₂ 处理均降低了整个贮藏过程中苹果酸, 增加了琥珀酸含量。不同浓度的高 CO₂ 处理可能是调控草莓果实柠檬酸代谢的关键。

关键词: 草莓; 高二氧化碳; 有机酸; 品质; 贮藏

中图分类号: S 668.409⁺.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2011)05-0012-05

草莓 (*Fragaria ananassa* Duch, cv. ‘Tianxiang’) 果色鲜艳, 柔软多汁, 具有很高的营养价值。然而草莓采后呼吸代谢旺盛, 失水萎蔫迅速; 同时, 果皮柔软, 容易机械损伤, 容易腐烂, 因此草莓极其不耐贮运。气调贮藏(CA)可以显著延长草莓贮藏期并保持其感官品质^[1-3]。草莓果实对高 CO₂ 处理忍耐力强, 其生理代谢也强烈的受到 CO₂ 影响, 不同草莓品种对高 CO₂ 的耐受能力不同^[3,4]。国外对草莓高 CO₂ 研究较多, 而我国研究较少, 尤其是对于我国自主培育的草莓品种。现重点研究了高 CO₂ 处理对‘天香’草莓贮藏期间有机酸代谢的影响以及贮藏保鲜效果。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试草莓品种为‘天香’(八成熟, SSC 含量为 8.0%~10.0%之间), 采自北京市农林科学院林业果树研究所草莓保护地栽培基地。该试验于 2008 和 2009 年进行, 共 3 次。

1.2 试验设备

CA4-1 型气调保鲜箱(ZL 200630200011-0), 由北京

恒青园科技有限公司研制, 北京林业果树研究所监制(气调箱体结构见图 1 所示)。箱体顶端为 2 个充气咀可以自动调节箱内外气体交换。气调箱尺寸: 长×宽×高=50 cm×30 cm×28 cm。

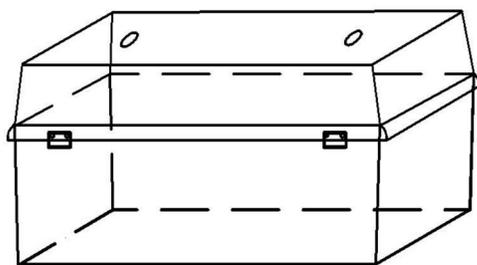


图 1 气调箱结构图

Fig. 1 Schematic diagram of the CA box

1.3 试验方法

1.3.1 处理方法 草莓采摘当天, 经 0℃预冷 12 h 后装入小塑料盒中(0.5 kg/盒), 然后置于气调保鲜箱(12 盒/箱), 密闭箱体。采用气调仪, 通过气调咀充入约 5%、15% CO₂。对照果实也放入气调箱中, 但不充 CO₂ 气体。每处理果实 5 箱, 每箱 6 kg。草莓果实处理后, 密封气调咀并于(0±1)℃冷库贮藏。定期测定箱内气体浓度变化以及贮藏品质变化情况。

1.3.2 检测方法 O₂/CO₂ 浓度测定采用 O₂/CO₂ 气体检测仪(CheckPoint II, PBI Dansensor, USA)。可溶性固形物含量、硬度分别采用糖度计(PAL-1, Atago, Japan)和硬度计(FT-327, Facchini, Italy, 探头直径 6 mm)测定。可滴定酸含量采用酸碱电位滴定仪(794 Basic Titrino, Metrohm, Switzerland)测定。果实维生素 C 的测定采用 2,4-二硝基苯肼法。果实还原糖的测定采用 3,5-二硝基水杨酸法。果实颜色的测定采用色差计(CR-400, Minolta, Japan)。果实腐烂率统计: 定期从每个处理组取出部

第一作者简介: 王宝刚(1979-), 男, 山西汾阳人, 博士, 研究方向为果品贮藏保鲜及质量检测。E-mail: wangbg1979@126.com。

通讯作者: 冯晓元(1965-), 女, 辽宁铁岭人, 博士, 研究员, 研究方向为果品贮藏保鲜及质量检测。E-mail: fruit_postharvest@yahoo.cn。

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项资助项目(201003064); 北京市农林科学院科技创新能力建设专项资助项目。

收稿日期: 2010-12-17

分果实放置于室温后 1 d 观察腐烂情况并统计腐烂率,果实表面可见病斑面积大于 0.5 m^2 即视为发病。草莓有机酸含量测定参照 GB/T 5009.157-2003《食品中有机酸的测定》。样品制备:称取 2 g 果实匀浆,加入 5 mL 蒸馏水混匀,于 50°C 水浴加热 30 min 后放在 4°C 、10 000 r/min 离心 15 min,取上清后用蒸馏水定容至 10 mL,再混匀经 $0.45 \mu\text{m}$ 水相滤膜过滤,消除较大颗粒,即可进行 HPLC 检测。色谱柱条件:色谱柱 C18 柱 $5 \mu\text{m}$, $4.6 \times 250 \text{ mm}$; 流动相 1% CH_3OH - K_2HP_4 (0.01 M, pH 2.6); 柱温箱, 30°C ; 波长, 210 nm; 流速, 0.5 mL/min; 进样量, 10 μL 。有机酸标准溶液浓度分别为:苹果酸 1 mg/mL, 酒石酸 1.3 mg/mL, 琥珀酸 1.6 mg/mL, 柠檬酸 1.04 mg/mL, 奎宁酸 1.06 mg/mL。

1.3.3 数据处理 应用 SPSS 11.5 软件对试验数据进行方差分析,并利用邓肯氏多重比较对差异显著性进行分析。 $P \leq 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 草莓贮藏期间气调箱内气体浓度变化

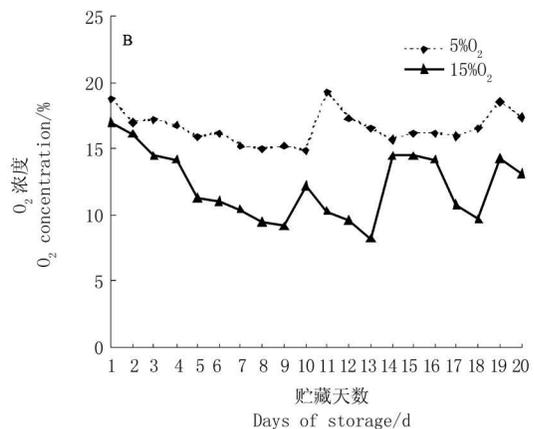
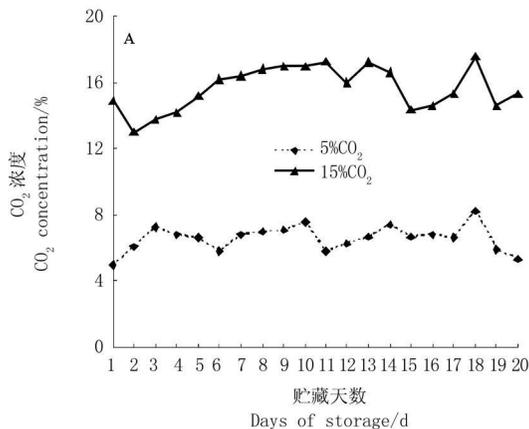


图 2 贮藏期间气调箱内 O₂(A)/CO₂(B) 浓度变化

Fig.2 Change of O₂(A) and CO₂(B) concentration in CA box during storage

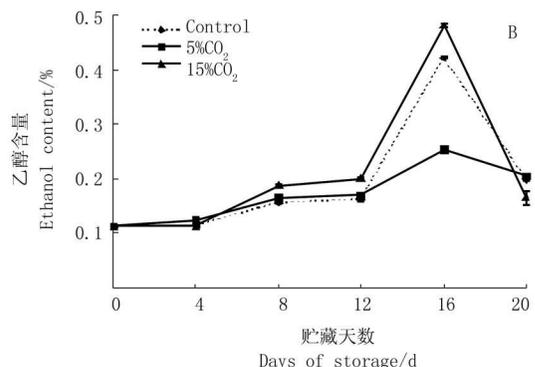
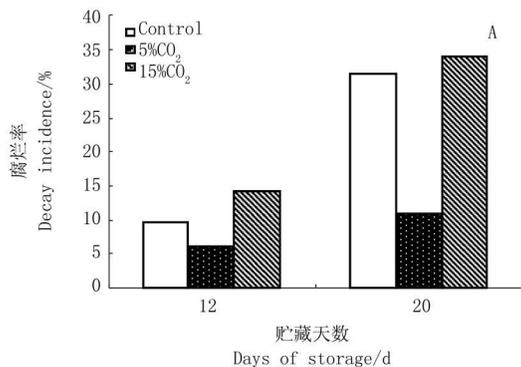


图 3 草莓贮藏期间病害发生和乙醇产量变化

Fig.3 Changes of decay incidence and ethanol of strawberry fruit during storage

2.2 草莓贮藏期间有机酸含量变化

由图 4-A 可看出, 在贮藏 12 d 之前, 低浓度 CO₂ (5%) 处理降低了草莓总可滴定酸含量, 而高浓度 CO₂ (15%) 处理却增加了草莓总可滴定酸含量。贮藏 8 d 时, 低浓度 CO₂ 处理果实总可滴定酸含量比对照果实低 5.0%, 而高浓度 CO₂ 处理比对照高 8.8%。当贮藏 12 d 以后, 低浓度 CO₂ 处理果实总可滴定酸含量大于对照果实。在贮藏 20 d 时, 低浓度 CO₂ 处理果实总可滴定酸含量比对照高 6.9%。曾有报道表明, 高浓度 CO₂ 处理能够降低果实可滴定酸含量^[1]。

‘天香’草莓果实中主要的有机酸包括柠檬酸、苹果酸和琥珀酸, 酒石酸和奎宁酸未检出, 其中以柠檬酸最为丰富, 其次为苹果酸。高浓度 CO₂ 处理草莓果实

贮藏 8 d 后, 其内部柠檬酸含量就高于对照果实(图 4-B)。在贮藏 20 d 时, 高浓度处理果实柠檬酸含量比对照高 9.2%。而低浓度 CO₂ 处理草莓果实贮藏 16 d 后, 其内部柠檬酸含量才高于对照果实。草莓果实苹果酸含量在贮藏期间呈下降趋势(图 4-C), 高、低浓度 CO₂ 处理均降低了草莓果实苹果酸含量。草莓果实琥珀酸含量在贮藏期间基本维持稳定(图 4-D), 高、低浓度 CO₂ 处理均提高了草莓果实琥珀酸含量。Holcroft 等^[1] 研究表明, 20 kPa CO₂ 处理降低了草莓果实柠檬酸、苹果酸含量, 增加了琥珀酸含量。柠檬酸作为植物呼吸代谢中 TCA 循环过程中的关键底物, 对控制植物呼吸代谢反应至关重要。高、低浓度 CO₂ 处理对柠檬酸含量的影响不同可能是造成其处理效果差异的关键因素。

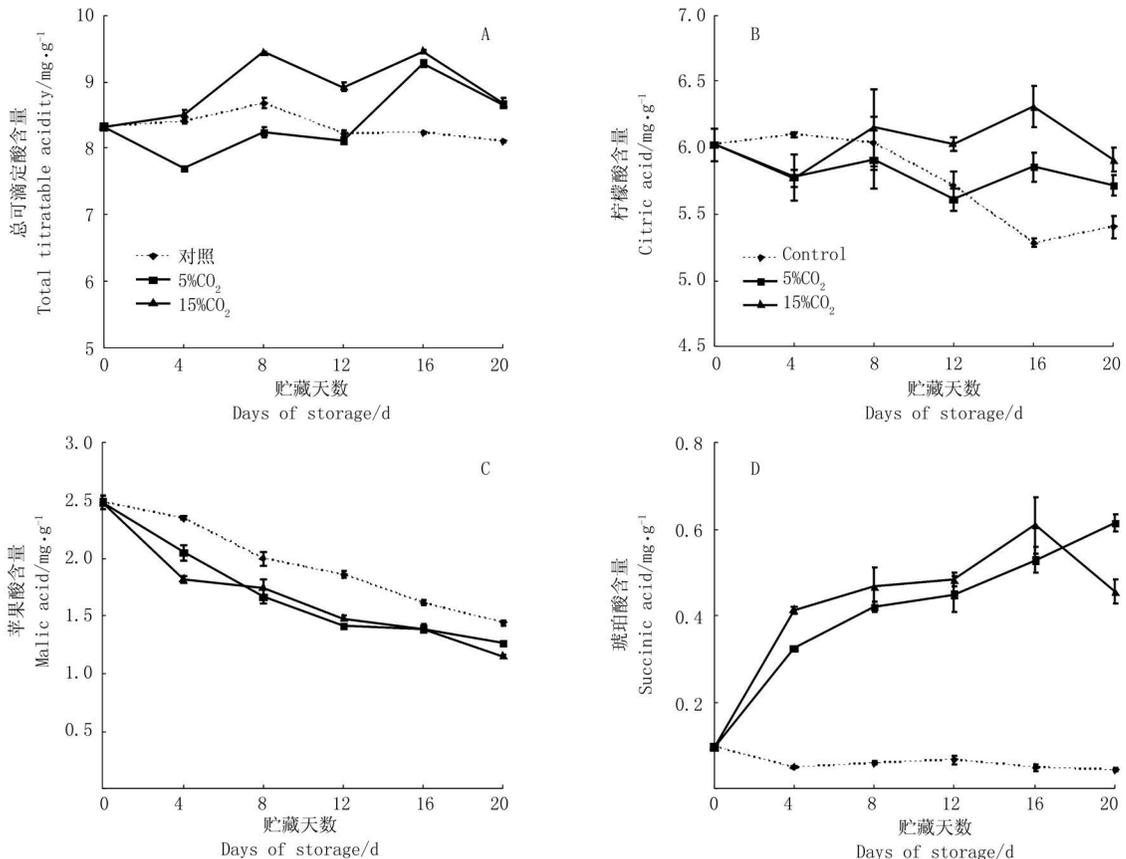


图 4 草莓贮藏期间可滴定酸和有机酸含量变化

Fig. 4 Change of titratable acidity and organic acid content in CA box during storage

2.3 草莓贮藏期间果实品质变化

如图 5-A 显示, 草莓果实贮藏期间硬度呈上升趋势, 高(15%)、低(5%)浓度 CO₂ 处理均提高了果实硬度。该研究结果同 Watkins 等^[3] 在‘Annapolis’和‘Cavendish’草莓上的研究结果类似。如贮藏 12 d 时, 高、低浓度 CO₂ 处理果实硬度分别比对照高 17.2%、11.9%。Smith^[6] 和 Larsen 等^[7] 也曾研究认为, 高 CO₂ 保持了贮藏草莓果实硬度。草莓果实贮藏期间可溶性固形物含

量呈下降趋势(图 5-B)。低浓度 CO₂ 处理果实可溶性固形物高于对照, 而高浓度 CO₂ 处理在贮藏 12 d 后显著降低了果实可溶性固形物含量。果实维生素 C 和还原糖的变化也呈现了类似可溶性固形物的变化趋势(图 5-C、D)。这可能与高浓度 CO₂ 处理导致果实无氧呼吸产生乙醇有关(图 3-B)。

2.4 草莓贮藏期间果实颜色变化情况

果实颜色的变化与草莓品质变化密切相关。该研

究中发现,草莓在贮藏过程中颜色逐渐加深 而高 CO₂ 处理抑制了果实颜色的转变。由表 1 也可知,草莓果实 在贮藏期间,颜色 L、a、b 以及灰度角 h 值均呈现了下降 趋势。2 种浓度 CO₂ 处理提高了果实 L、a、b 及 h 值。 其它研究也显示,低氧或者高 CO₂ 能够提高 Selva' 草莓

果实 L 和 h 值。但 CO₂ 处理对草莓果实颜色的影响与 品种有关^[1]。Pelayo 等^[4] 研究发现,20 kPa CO₂ 处理对 ‘Aromas’ and ‘Diamante’ 草莓果实颜色没有影响。

表 1 草莓贮藏期间果实颜色变化

Table 1 Changes of colors of strawberry fruit during storage

处理 Treatment	0 d				4 d				12 d				20 d			
	L	a	b	h	L	a	b	h	L	a	b	h	L	a	b	h
Control	38.05	40.67	30.07	36.42	37.89	40.36	30.22	36.67	37.16	39.76	27.36	34.35	36.14	38.36	25.22	32.72
5% CO ₂	38.05	40.67	30.07	36.42	38.99	41.85	33.24	38.34	38.31	42.06	30.95	36.23	38.95	39.46	29.32	36.31
15% CO ₂	38.05	40.67	30.07	36.42	39.99	42.60	34.31	38.69	39.09	41.01	32.11	37.97	37.39	38.76	26.87	34.51

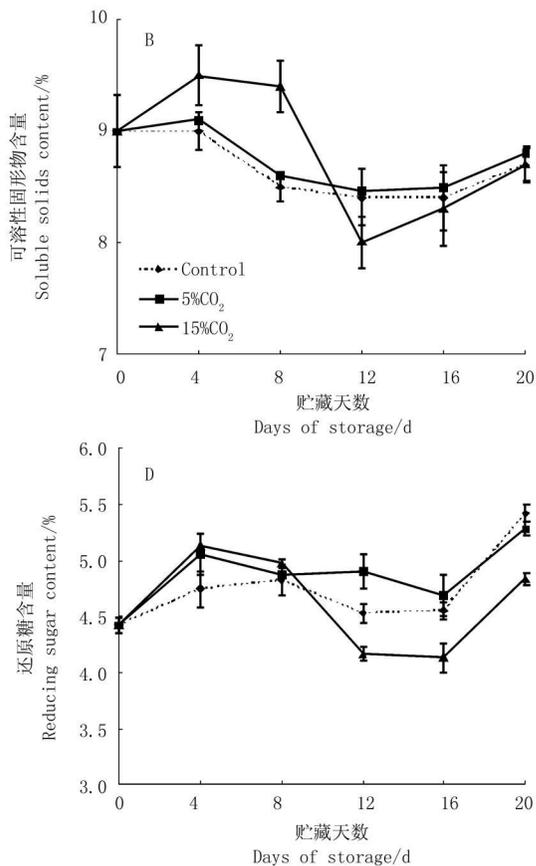
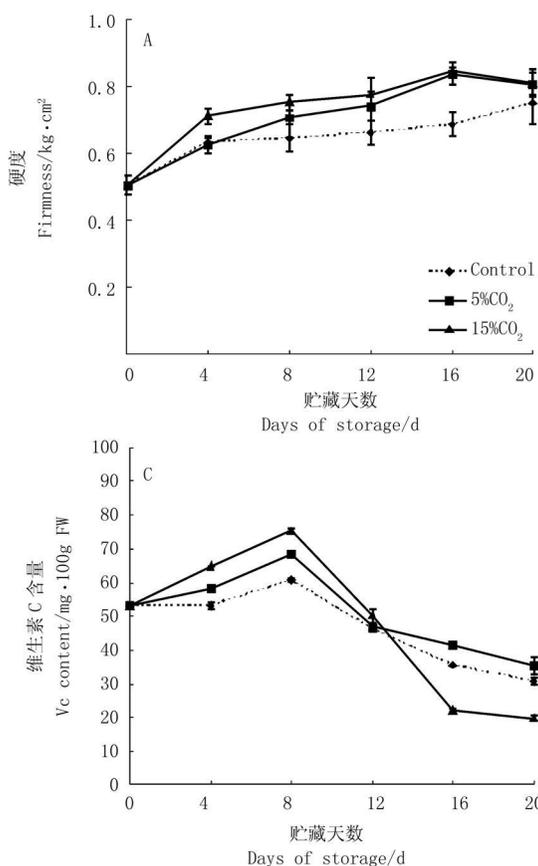


图 5 草莓贮藏期间果实品质变化

Fig.5 Changes of qualities of strawberry fruit during storage

2.5 草莓贮藏期间果实腐烂及乙醇含量变化

已有研究认为,12%~20%浓度的 CO₂ 处理可以延 长草莓的贮藏期,抑制腐烂^[8,9]。由图 3-A 可知,5% CO₂ 处理显著抑制了草莓贮藏期间腐烂率的发生,而 15% CO₂ 处理却增加了果实腐烂率。贮藏 20 d 时,5% CO₂ 处理果实腐烂率比对照低 65.2%。15% CO₂ 处理加重 果实腐烂可能与导致果实发生无氧呼吸,积累乙醇有关 (图 3-B)。

3 结论

‘天香’草莓果实中最主要的有机酸包括柠檬酸、苹 果酸及琥珀酸。5%及 15% CO₂ 均显著降低了果实苹果 酸和增加了琥珀酸含量。5% CO₂ 处理抑制了果实贮藏 前期柠檬酸含量的增加,而 15% CO₂ 处理却增加了果实 柠檬酸含量。

5% CO₂ 处理可以较好地保持‘天香’草莓贮藏品 质。15% CO₂ 处理浓度过高,易导致草莓果实贮藏后期 发生无氧呼吸。

5% CO₂ 处理可以明显提高草莓果实贮藏期间硬度, 保持果实 VC, 保持果实 L、a、b 及 h 值。

5% CO₂ 处理抑制了草莓果实腐烂病害发生, 而 15% CO₂ 处理却加重病害发生。

参考文献

[1] Holcroft D M, Kader A A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit[J]. Postharvest Biol Technol, 1999, 17: 19-32.

[2] Zhang M, Xiao G, Salokhe V M. Preservation of strawberry by modified atmosphere packages with other treatment[J]. Packag Technol Sci, 2006, 19: 183-191.

[3] Watkins C B, Manzano-Mendez J E, Nock J F, et al. Cultivar variation in response of strawberry fruit to high carbon dioxide treatment[J]. J Sci Food Agric, 1999, 79: 886-890.

[4] Pelayo C, Ebeler S E, Kader A A. Postharvest life and flavor quality of

three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air + 20 kPa CO₂[J]. Postharvest Biol Technol, 2003, 27: 171-183.

[5] 李文生, 王宝刚, 冯晓元, 等. 利用气调箱保鲜草莓的研究[J]. 北方园艺, 2009(1): 208-210.

[6] Smith R B. Controlled atmosphere storage of 'Redcoat' strawberry fruit[J]. J Am Soc Hort Sci, 1992, 117: 260-264.

[7] Larsen M, Watkins C B. Firmness and aroma composition of strawberries following short-term high carbon dioxide treatments[J]. HortSci, 1995, 30: 303-305.

[8] Almenar E, Herrández-muñoz P, Lagarón J M, et al. Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (*Fragaria vesca* L.)[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54: 86-91.

[9] Harker F R, Elgar H J, Watkins C B, et al. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatment[J]. Postharvest Biol Technol, 2000(19): 139-146.

Effect of High Carbon Dioxide Atmospheres on Organic Acid Metabolism and Qualities of Strawberry

WANG Bao-gang, LI Wen-sheng, FENG Xiao-yuan, SHI Lei, YANG Yuan, YANG Jun-jun
(Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100093)

Abstract: 'Tianxiang' strawberries (*Fragaria ananassa* Duch.) were stored at (0 ± 1) °C in air or held into auto-controlling atmosphere box filled with about 5% or 15% CO₂, and then stored at (0 ± 1) °C. The organic acid metabolism and postharvest qualities of strawberry were investigated at interval. The results showed that the fruit treated with 5% CO₂ had better sensory qualities than control. 5% CO₂ treatment significantly delayed the decrease of firmness, inhibited the decay incidence of strawberry, and maintained the sensory quality. However, 15% CO₂ treatment increased the disease incidence of strawberry and production of ethanol. Citric acid is the most abundant organic acid in strawberry, followed by malic acid and succinic acid. Citric acid concentration of fruit was increased by 5% CO₂ treatment before 12 d of storage. The malic acid concentration of fruit was decreased, and the succinic acid concentration of fruit was increased by 5% or 15% CO₂ treatments. The citric acid can be the key to regulate the organic acid metabolism by high CO₂.

Key words: strawberry; high carbon dioxide; organic acid; quality; storage