

冬枣酒软过程中呼吸强度和乙烯代谢的变化及 1-MCP 的处理效应

申琳¹ 生吉萍¹ 牛建生² 刘启侠³

(1. 中国农业大学 食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 山东省无棣县农业局, 山东 无棣 251900;
3. 山东省成武县农业局, 山东 成武 274200)

摘要 以半红果期的冬枣为材料, 装入打孔的农膜袋中贮藏于 (20 ± 2) 和 (4 ± 0.5) , 研究其果实酒软的规律。结果表明: 随着贮藏时间的延长, 果实乙醇含量持续上升, 当乙醇含量达到 0.1 % 时, 果实明显酒软; 酒软过程中无呼吸高峰和乙烯释放高峰出现; 果实的呼吸作用与乙醇积累呈正相关; 降低温度可以抑制其呼吸强度, 减缓酒软进程; 室温下 $1.00 \mu\text{L L}^{-1}$ 1-MCP 密闭处理冬枣 12 h, 明显抑制了乙烯释放量, 但对呼吸作用的抑制效果不明显。冬枣贮藏期的酒软受呼吸代谢和乙烯代谢的双重调节, 适宜的 1-MCP 处理可以延缓酒软的发生。

关键词 冬枣; 酒软; 乙醇; 乙烯; 呼吸; 1-MCP

中图分类号 S 665.1; S 311

文章编号 1007-4333(2004)02-0036-04

文献标识码 A

Changes of respiration and ethylene production and effects of 1-MCP during the fermentation softening of Chinese winter jujube fruit

Shen Lin¹, Sheng Jiping¹, Niu Jiansheng², Liu Qixia³

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, Beijing 100083, China;
2. Agricultural Bureau Wudi County, Shandong Wudi 251900, China;
3. Agricultural Bureau Chengwu County, Shandong Chengwu 274200, China)

Abstract Chinese winter jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruits harvested in Hebei Huanghua Kongdian Orchard were stored in plastic bags at room temperature 20 ± 2 and 4 ± 0.5 , the process of fermentation softening was investigated. The results showed that the content of ethanol was linearly increased during the process of storage. When the content of ethanol reached $0.1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ FW}$, the fermentation softening took place, which the over accumulation of the content of ethanol was the main reason of softening. No peaks of respiration rate and ethylene production were detected in the process of fermentation softening. The respiration rate was correlative to the content of ethanol, so the changing of respiration is the metabolism reason of softening. Fumigation of fruits for 12 h at room temperature with 1-MCP (1-methylcyclopropane) $1.00 \mu\text{L L}^{-1}$ showed that ethylene production was inhibited but no significant effects on respiration rate. Thus, the process of fermentation softening was regulated by respiration and ethylene production during jujube storage, suitable treatment of 1-MCP could delay the progress of fermentation softening.

Key words Chinese winter jujube; *Zizyphus jujuba* Mill; fermentation softening; ethanol; respiration; ethylene Production; 1-MCP

冬枣 (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Chinese winter jujube) 不耐贮藏, 果实的酒软最突出的问题。对冬

枣的品种特性及贮藏技术的研究有较多报道^[1~4], 对其贮藏过程中相关成分如维生素 C 和内源激素

收稿日期: 2003-09-18

基金项目: 国家“十五”攻关课题资助项目 (2001BA501A109), 国家自然科学基金资助项目 (30200191)

作者简介: 申琳, 博士, 副教授, 主要从事果蔬采后生理与病理方面的研究。

的变化有少量报道^[5,6],有关其酒软的机理及其生理代谢变化国内外均未见报道。1-MCP(1-甲基环丙烯)作为一种乙烯受体阻断剂,能够显著抑制某些水果、蔬菜中乙烯诱导的成熟衰老过程,明显延长果蔬的贮藏寿命^[7~9]。王文辉等^[10]以大坪顶枣作为试验材料,发现 1-MCP 有助于鲜枣果皮叶绿素的保持,但对半红果和红果的处理效果表现不同。1-MCP 对冬枣果实采后贮藏效果的影响未见报道。为揭示酒软发生机制,延长冬枣果实贮藏保鲜期,笔者对酒软过程中冬枣果实的呼吸强度、乙烯生物合成及其与乙醇代谢的关系进行了研究,同时研究了 1-MCP 的处理效果。

1 试验材料

冬枣由黄骅市神农食品公司基地孔店果园提供。冬枣采收后装入 10 kg 塑料筐,外加 0.06 mm 厚薄膜包装,连夜运回北京。按着色面积分级,选择大小均匀、成熟程度一致、无病虫和机械伤的半红果(果面红色面积为 1/3 ~ 2/3),装入 0.06 mm PE 农膜袋中,袋的下部两侧对打 6 个 0.2 cm² 的小孔。每袋 35 个果实,每个处理 4 袋(4 次重复)。于常温((20 ± 2) °C,下同)和(4 ± 0.5) °C 冷藏,各 20 袋。

2 试验方法

1) 1-MCP 处理方法。将 5 kg 半红期的冬枣装入 0.1 mm 厚的 PVC 小帐(容积 0.5 m³)内。准确称取 0.80 g 1-MCP 片剂(Ethylbloctm, 0.43% (质量分数)活性成分),放入小三角瓶中,加入 1% (质量分数)NaOH 溶液 15 mL,塞紧,摇动,然后放入帐内,打开三角瓶塞,迅速封好帐口,使 1-MCP 释放出。最终帐内 1-MCP 可达到 1.00 μL · L⁻¹。室温下密闭处理冬枣 12 h,然后装袋,每袋 35 个,于常温和(4 ± 0.5) °C 贮藏。

2) 呼吸强度的测定。取不同处理的冬枣(FW),在室温下用红外线二氧化碳分析仪测定呼吸强度(以 CO₂ 释放量计)^[11],mg · kg⁻¹ · h⁻¹。

3) 乙烯释放量的测定。将冬枣在容器中密闭 1 h 后取样(FW)。用 GC-9A Shimadzu 气相色谱测定乙烯浓度。气谱条件为:载气 N₂,压力 1.2 kg · cm⁻²;氢气 0.7 kg · cm⁻²,柱温 80 °C,检测温度 120 °C,氢火焰离子检测器(FID)检测^[12]。

4) 乙醇含量的测定。采用重铬酸钾氧化法^[11]。

5) 数据统计分析。采用 SPSS 10.0 统计软件进行数据统计分析。

3 结果与分析

3.1 酒软过程中冬枣乙醇含量的变化

贮藏常温下的冬枣第 7 天果面完全转红并开始酒软,第 9 天失去鲜食商品价值,第 11 天完全酒软,表现为果肉软化,颜色暗淡,有明显的酒精气味。4 °C 贮藏的第 15 天开始酒软,第 19 天失去鲜食价值,第 25 天完全酒软。常温下和 4 °C 贮藏的冬枣乙醇含量均随贮藏时间的延长而持续增长(图 1)。常温下乙醇质量分数增长迅速,第 5 天已达 0.091%,比第 1 天增加 3.8 倍;第 7 天达到第 1 天的 6.8 倍。4 °C 冷藏,乙醇积累速度较慢,第 7 天时乙醇质量分数仅为 0.036%,与第 1 天相比增长不到 1 倍,中期积累速度加快,并保持平稳的增长率,到后期(21 d 后)增长速度减慢,相对稳定在较高水平上。对贮藏过程中冬枣果实酒软品质变化与乙醇含量关系的分析结果表明,可将乙醇质量分数达到 0.1% 作为冬枣果实开始酒软的阈值。

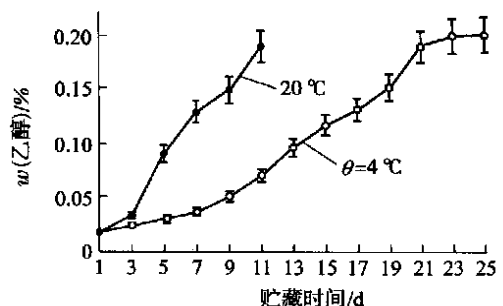


图 1 贮藏过程中冬枣乙醇质量分数的变化(FW)
Fig. 1 Changes of ethanol content in Chinese Winter Jujube fruit during storage

3.2 贮藏过程中冬枣呼吸强度的变化

随贮藏时间的延长,2 种处理的呼吸强度均呈上升趋势(图 2)。常温下冬枣呼吸强度较高,超过 4 °C 下同期测定值的 1.5 倍。4 °C 冷藏处理与常温处理呼吸强度的变化趋势略有不同,常温下几乎是直线上升,冷藏下其变化趋势前期缓慢直线上升,到第 15 d 冬枣开始酒软后上升速度有所减缓。这表明低温冷藏可以抑制呼吸强度,减少贮藏物质的消耗,减缓生命活动进程,利于延长贮藏保鲜期。

3.3 乙烯释放量的变化

乙烯释放与呼吸作用有关,但在不同果实中表现不同。由图 3 可以看出,2 种处理冬枣果实的乙

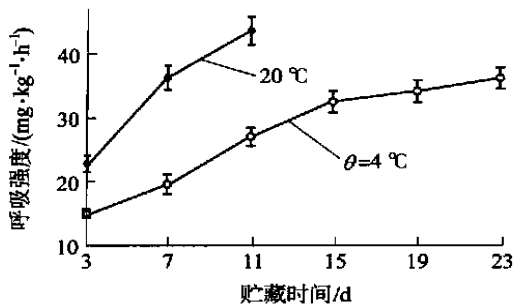


图2 贮藏过程中冬枣呼吸强度的变化(FW)

Fig. 2 Changes of respiration rate in Chinese Winter Jujube fruit during storage

烯释放量在整个贮藏期间呈上升趋势,未出现明显的乙烯高峰,进一步验证了冬枣果实属于非跃变型果实的观点。乙烯释放强度也受温度的影响。与常温贮藏相比,4 °C 冷藏处理的乙烯释放量水平较低,进程变化相对迟缓,而且小有波动。

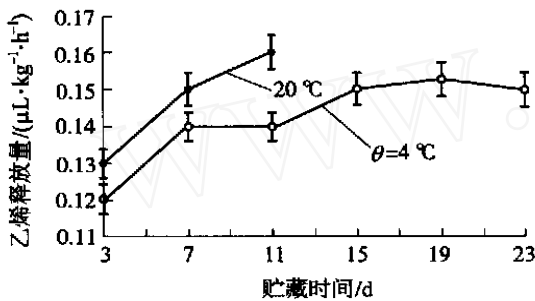


图3 贮藏过程中冬枣乙烯释放量的变化(FW)

Fig. 3 Changes of ethylene production in Chinese Winter Jujube fruit during storage

冬枣的乙烯释放量与呼吸强度的变化趋势基本一致。相关分析表明,4 °C 冷藏处理的呼吸强度与乙烯释放量呈极显著的正相关, $R = 0.992^{**}$ ($P < 0.01$)。虽然常温处理因只有3组测定值而不能完全说明问题,但也表现出直线相关的趋势,说明冬枣果实的乙烯释放与呼吸强度密切相关。

3.4 1-MCP 处理对乙烯释放量和呼吸强度的影响

由图4可以看出,1-MCP处理虽并未改变乙烯释放量的变化趋势,但对其有明显的抑制作用。在本试验范围内,1-MCP处理冬枣果实的乙烯释放量始终低于对照。方差分析结果表明,二者差异极显著($P < 0.01$),说明1-MCP处理对抑制冬枣乙烯释放量的效果是明显的。

由图5可以看出,1-MCP处理有降低冬枣果实呼吸强度的趋势,但处理与对照差异不显著($P > 0.05$),说明在本试验条件下1-MCP处理抑制冬枣呼吸作用的效果不明显。1-MCP是乙烯受体的不

可逆竞争抑制剂,但试验结果表明,在本试验范围内,内源乙烯释放量的减少并不影响呼吸强度。可能是由于在冬枣果实中乙烯发挥作用所要求的起点浓度较低,1-MCP虽然抑制了乙烯的释放,但其释放量仍高于刺激呼吸作用所要求的最低起点浓度。另外,除内源乙烯作用外,可能还有其他因素的参与,有关机理尚待进一步研究。

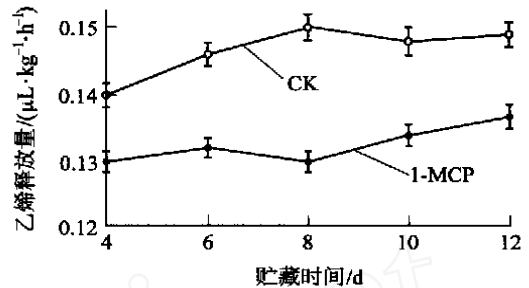


图4 1-MCP对贮藏过程中冬枣乙烯释放量的影响(FW)

Fig. 4 Effect of 1-MCP on ethylene production in Chinese Winter Jujube fruit during storage

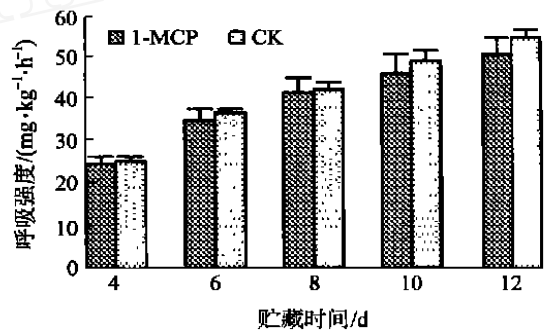


图5 1-MCP对贮藏过程中冬枣呼吸强度的影响(FW)

Fig. 5 Effect of 1-MCP on respiration rate in Chinese Winter Jujube fruit during storage

3.5 呼吸强度、乙烯释放量与乙醇积累的关系

相关分析表明,乙醇积累量与呼吸强度呈显著或极显著正相关,4 °C 低温冷藏和常温处理的相关系数分别为 $R_l = 0.972^{**}$ 和 $R_r = 0.999^{**}$ 。无氧呼吸作用是乙醇的直接来源,在一定范围内,呼吸强度越高乙醇积累量越大。乙醇含量与乙烯释放量也呈显著或极显著正相关关系,4 °C 低温冷藏和常温处理,二者的相关系数分别为 $R_l = 0.949^{**}$ 和 $R_r = 0.982$ 。

4 讨论

4 °C 低温冷藏和常温处理均未测到明显的呼吸高峰,支持了冬枣不属于呼吸跃变型果实的观点^[11]。冬枣呼吸作用对低 O_2 和高 CO_2 比较敏感^[3]。在缺氧条件下,冬枣果肉组织内部线粒体受

损,正常的 TCA(三羧酸循环)途径受阻,呼吸作用不得已转入细胞质中进行以酒精发酵为主的无氧呼吸。呼吸作用转入以无氧呼吸为主的糖代谢途径,进行酒精发酵,释放少量能量(不到正常有氧呼吸释放能量的 10%),同时产生乙醇。一方面,氧化磷酸化开始解偶联,能量传递链被破坏, n_p/n_o 下降,产生的生物能量减少,在一定贮藏营养条件下供应同样生理活动所需能量,相对加速了营养物质的消耗;另一方面,酒精积累加重了对细胞的伤害,加速了细胞的衰亡,导致酒软。

冬枣酒软过程中乙烯释放量的上升趋势表明乙烯与冬枣软化过程有关,但乙烯释放量的变化比较平缓,未出现迅速的自我催化(自体级连)反应。有关乙烯在冬枣果实中的作用机制,尚待深入研究。乙烯发挥作用的起始步骤是乙烯首先要与受体结合,而 1-MCP 可以与乙烯受体发生不可逆性的结合^[8],在一定时间内可以抑制乙烯的作用。1-MCP 处理可以降低冬枣乙烯释放量水平,可能对呼吸代谢有抑制作用。分析 1-MCP 处理的结果,可以推测乙烯可能主要在冬枣成熟启动中发挥一定作用,在以后以无氧呼吸为主的代谢过程中,乙烯释放量的增加可能只是一个相伴发生的事件。有关在以无氧呼吸占主导的代谢过程中乙烯如何发挥作用的研究,公开报道较少^[13,14],尚待深入研究。极易酒软的冬枣果实,可以作为相关基础研究的典型材料。

参 考 文 献

- [1] 张静,鲁墨深,王淑贞. 鲁北(沾化)冬枣最适保鲜期的研究初报[J]. 落叶果树,2002(1): 34~35
- [2] 张道辉,苑克俊,王明三,等. 冬枣的主要品种及其贮藏条件[J]. 北方果树,2000(4): 43
- [3] 刘晓军,王群. 冬枣的湿冷保鲜技术研究[J]. 山西农业科学,2001,29(3): 73~76
- [4] 赵国群,张桂,李俊英. 冬枣的呼吸特性研究[J]. 落叶果树,2000(5): 34~34
- [5] 庞会娟,温陟良. 冬枣采后及贮藏过程中维生素 C 含量变化规律的研究[J]. 河北农业大学学报,2002,25: 118~119
- [6] 李红卫,冯双庆. ABA 和乙烯对冬枣果实成熟衰老的调控[J]. 食品科学,2003,24(2): 147~150
- [7] Serek M, Sisler E C, Tirosh T L. 1-Methylchloropropene prevents buds, flower, and leaf abscission of Gerald to wax flower[J]. Hort Sci, 1995, 30: 1310~1313
- [8] Sisler E C, Serek M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments[J]. Physiol Plant, 1997, 100: 577~582
- [9] Fan X, Blankenship D, Wyllie S G, et al. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening process in mature banana fruit[J]. Postharvest Biol Technol,1998,14: 87~98
- [10] 王文辉,王志华,李志强,等. 1-MCP 对鲜枣采后生理及保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工,2003,3(1): 21~23
- [11] 冯双庆,赵玉梅,周丽丽. 果蔬贮运学实验指导[M]. 北京:北京农业大学出版社,1990. 48~51
- [12] 生吉萍,罗云波,申琳. 转反义 ACC 合成酶基因番茄与普通番茄果实植物内源激素含量的变化[J]. 中国农业科学,2000,33(3): 43~48
- [13] Heins R D. Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol[J]. J Amer Sco Hort Sci, 1980, 105(1): 141~144
- [14] Saltveit M E, Mencarelli F. Inhibition of ethylene synthesis and action in ripening tomato fruit by ethanol vapors[J]. J Amer Soc Hort Sci,1988,113: 572~576