

采后湿度环境与果蔬生理生化反应

薛彦斌¹, 久保康隆², 稻叶昭次², 中村怜之辅²

(1. 北方交通大学运输学院, 北京 100044; 2. 冈山大学农学部, 日本冈山 700)

摘要: 对湿度环境与果蔬生理反应的类型, 湿度环境与果蔬乙烯生成的关系, 湿度环境与果蔬成熟和肉质变化, 低湿引起的数种果蔬软化与内生乙烯的关系及水分损失胁迫应答性基因的克隆和发现等最新研究成果进行了总结和论述。

关键词: 采后湿度; 乙烯; 肉质; 多聚半乳糖酸酶; 克隆

中图分类号: S601 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2000)01-0025-02

第一作者简介 薛彦

斌, 1957年生, 1982年毕业于东北农业大学园艺系蔬菜专业, 1988年获中国农业大学食品科学系农产品贮运加工专业硕士学位, 1996年获日本冈山大学大学院自然科学研究科农产品利用专业博士学位, 现为北方交通大学交通运输



学院副教授。曾参加日本文部省课题1项, 中国农业部课题1项, 并获部级科技进步3等奖, 主持市科委课题和教育部留学基金课题各1项。在国内外国家级刊物上发表论文40余篇, 3篇被世界三大检索工具之一的美国《科学引文索引》(SCD)收录。目前主要从事果蔬贮运、流通、加工, 果蔬采后环境生理, 果蔬商品化, 创汇果蔬方面的研究。

湿度与温度、气体成分、振动冲击等因子一样, 是果蔬流通贮藏中的重要环境因素, 许多研究表明湿度环境可对果蔬采后生理产生重大、广泛的影响, 尽管有报告指出湿度是仅次于温度的第二环境因素, 果蔬保鲜的基本原则就在于温度和湿度的控制, 但湿度与其它环境因素相比, 其研究水平相当滞后。以往的研究多集中在湿度与果蔬蒸散、愈伤、病害、腐败的关系上, 而对湿度与果蔬内在的生理生化反应关系方面的深入研究尚不多见。本文总结作者近年来研究工作的新成果, 对采后湿度环境与果蔬生理生化反应予以论述,

旨在为进一步拓展果蔬采后环境生理研究提供参考。

1 湿度环境与果蔬生理反应的类型

以前的研究往往仅就果蔬呼吸活性与湿度的关系进行论述, 而结合乙烯生成的综合性比较研究较少。且果蔬呼吸活性与湿度关系的研究中有相互矛盾的论点, 譬如“概括来说干燥比湿润抑制呼吸”, “作为倾向来说干燥状态抑制呼吸, 过湿状态促进呼吸”, “一般来说愈是低湿愈促进呼吸”等。作者用63种果蔬作试材反复试验, 结果表明单纯用促进或抑制一种倾向表述湿度环境与果蔬生理反应的关系不够全面, 单就呼吸活性的变化可将果蔬分为三大类型: (1)低湿促进呼吸型: 包括香蕉、西洋梨、猕猴桃等大部分跃变型果实, 大部分果菜类, 根菜类中的直根类, 薯类等。(2)低湿抑制呼吸型: 包括中国梨、日本梨、草莓、大部分叶菜类, 食用菌类, 花卉类等。(3)低湿高湿无差别型: 包括葡萄、橙等。将乙烯生成与呼吸活性两项指标结合分析可将果蔬细分为八种类型^{[1][2]}。呼吸活性与乙烯生成是果蔬采后重要生理指标, 乙烯对果蔬有多种生理作用, 尤其是成熟的诱导和老化的促进等, 在贮运流通实际中, 据上述反应类型适当加以对应是必要的。

2 湿度环境与果蔬乙烯生成的关系

作者就黄瓜、茄子、青椒3种被认为是非跃变型果菜类果实的乙烯生成与湿度环境的关系进行研究。正常状态即食用成熟度下采收的3种果实不产生或产生微量的乙烯。在设立的4种湿度区中, 97%高湿区3种果实在贮藏期间几乎均不产生乙烯, 保持湿度(80%, 53%, 20%)愈低, 重量减少率愈大, 乙烯生成量愈高, 生成时间亦愈早。尤其是急速水分损失区(20%)乙烯生成极为明显, 其特征是失水后第6~9h达到乙烯生成高峰后迅速减少。在湿度变动模拟试验

中设立急速变湿环境(97%→80%→97%RH, 97%→53%→97%RH, 97%→20%→97%RH), 3种果实均表现出变湿幅愈大, 乙烯生成量愈高, 生成时间亦愈早的特性, 低湿一旦诱导乙烯生成后, 即使再返回高湿区乙烯生成也与对照区差异不大。随着水分损失的急速进行, 3种果实果皮和果肉中 ACC (1-Aminocyclopropane-1-Carboxylic Acid 1-氨基环丙烷-1-羧酸) 含量, ACC 合成酶(ACC synthase) 活性, ACC 氧化酶(ACC Oxi-dase) 活性均急剧增大, 果皮表现更为明显^[3]。作者认为低湿环境实质上是一种水分胁迫(Water stress)、水分缺乏胁迫(Water deficit stress) 或干燥胁迫(Drought stress), 其诱导的乙烯是 Stress/Wound ethylene 中的一种。流通中凡使果蔬乙烯增大的条件不应忽视, 急速变湿尤其是向干燥方向的急速变湿环境应极力回避, 这在湿冷系统(Humidicool system) 的完善上非常重要。

3 湿度环境与果蔬成熟和肉质变化

低湿环境可显著促进香蕉、番茄果实的表面着色, 而对西洋梨、中国梨、日本梨的表面色进程影响不大。低湿环境(65%RH) 下香蕉果实的 PCP(Prelimacteric Period) 即到达呼吸高峰点所需时间比高湿环境(97%RH) 缩短为 30%, 乙烯生成的检出时间亦早 12d^[4]。低湿环境下番茄、黄瓜果实的呼吸活性与乙烯生成量比高湿环境要高^[9]。低湿环境显著促进香蕉、番茄、黄瓜果实的成熟和肉质软化, 显著促进这些果实的多聚半乳糖醛酸酶(Polygalacturonase, PG)、果胶甲酯酶(Pectinmethyl-esterase, PME) 和纤维素酶(Cellulase) 活性, 香蕉果实的 PG 活性检出时间比乙烯生成检出时间早 6d, 表明果肉软化的诱导可能与内生乙烯无关。软化主要原因在于低湿环境促进香蕉果肉水溶性果胶(Water-soluble pectin, WSP) 含量的增大和盐酸可溶性果胶(Hydrochloric acidsoluble pectin, HP) 含量的减少, 促进番茄果肉 WSP 含量增大, HP 及半纤维素(Hemicellulose) 含量减少, 促进黄瓜果肉的 WSP 含量的增大, 六偏磷酸钠可溶性果胶(Sodium hexameta-phosphate-soluble pectin, HMP) 含量的减少。香蕉果肉的柠檬酸(Citric acid)、苹果酸(Malic acid) 含量在果实成熟开始后早于呼吸高峰达到最大值, 低湿环境可缩短达到最大值时间。

4 低湿引起的数种果蔬软化与内生乙烯关系

考察乙烯和成熟、软化的相互关系除用外源乙烯处理外, 还有用内生乙烯作用阻化剂(Ethylene action inhibitor) 的方法。用外源乙烯处理香蕉果实, 高、低湿区均表现为果皮急速变黄, 果肉硬度急速变软的倾向。用最新的乙烯作用阻化剂 DACP(Diazocyclopent-

adiene) 在光照射条件下可增强、永久地与乙烯受体结合。用 DACP 处理香蕉果实阻碍内生乙烯的作用, 可抑制果皮变黄, 但低湿下的果肉软化促进作用仍然明显。用 DACP 处理黄瓜、胡萝卜、萝卜果实阻碍内生乙烯的作用, 低湿仍表现促进果肉软化作用, 促进黄瓜果肉的 WSP 含量的增大、HMP 含量的减少。因此, 低湿引起的数种果蔬的软化与内生乙烯的有无并无关系, 表明水分损失胁迫可直接诱导果蔬细胞壁多糖物质的分解^[7]。用另一最新的乙烯作用阻化剂 MCP(1-methylcyclopropene) 处理也得到同样结果^[8]。

5 水分损失胁迫应答性基因的克隆和发现

用 PCR(Polymerase Chain Reaction, 多聚酶链反应) 方法对黄瓜果实的水分损失胁迫应答性 PG 基因片段进行分子克隆和序列分析。克隆得到 3 个 PG 基因片段, 其中片段 3 与已知的猕猴桃、苹果、桃、鳄梨、番茄的 DNA 编码区核苷酸序列和推定氨基酸序列有较高同源性。Northern blotting 分析表明, 片段 3 是低湿诱导而不是乙烯诱导的水分损失胁迫应答性 PG 基因, 与乙烯存在与否无关^{[8][9]}。

参考文献

- 1 薛彦斌, 久保康隆, 稻叶昭次, 中村怜之辅. 湿度条件に対する青果物の生理反応の类型. 冈山大学农学部学术报告, 1997, 86: 61~69
- 2 中村怜之辅, 薛彦斌. 萎れによる青果物の生理反応は種類で異なる. 农产物流通技术研究会会报, 1997, 211: 14~16
- 3 薛彦斌, 久保康隆, 稻叶昭次, 中村怜之辅. 收获後の湿度条件がキュウリ、ナスおよびピーマン果実のエチレン生成に及ぼす影响. 日食低湿志, 1996 22: 3~10
- 4 薛彦斌, 久保康隆, 稻叶昭次, 中村怜之辅. 湿度环境与バナナ果実の追熟および肉质との关系. 园学杂, 1995, 64: 657~664
- 5 薛彦斌, 久保康隆, 中村怜之辅. 湿度环境がバナナ果実の追熟特性に及ぼす影响. 日食科工志, 1996, 43: 541~545
- 6 薛彦斌, 久保康隆, 稻叶昭次, 中村怜之辅. 湿度条件がトマトとキュウリ果実の生理および肉质に及ぼす影响. 日食科工志, 1996, 43: 164~171
- 7 薛彦斌, 石川恭子, 久保康隆, 稻叶昭次, 中村怜之辅. 低湿による数种青果物の软化と内生エチレンとの关系. 园学杂, 1996, 65: 169~176
- 8 Kubo, Y., Y. Xue, A. Nakatuka, F. M. Mathooko, A. Inaba and R. Nakamura. 1998. Expression of a water-induced polygalacturonase gene expression in harvested cucumber fruit. Symposium on postharvest horticulture—Stress responses and quality control. Tokyo university of agriculture, Tokyo.
- 9 石川恭子, 薛彦斌, 久保康隆, 稻叶昭次, 中村怜之辅. 水分损失ストレスに应答するキュウリの PG 遺伝子断片のクローニングとその发现. 园学旨, 1995, 64(别 2): 664~665.