《结球甘蓝采后保鲜技术规程》(立项申请)
编制说明

一、目的意义

结球甘蓝属于十字花科芸薹属植物，在世界各地均有种植。由于它富含叶酸、抗坏血酸、硫代葡萄糖苷和萝卜硫素等生物活性成分，在抗肿瘤、抗氧化及抗炎方面表现突出，因而深受消费者的喜爱。尽管低温可延长结球甘蓝的贮藏寿命，但在常温条件下，结球甘蓝的叶片组织易发生黄化，同时伴有腐烂黑斑症状的出现，仅有2~4天的货架期。因此研究者探索了多种处理方法，包括热处理、保鲜涂膜及LED辐照对结球甘蓝货架期及营养品质的影响，但由于处理过程的繁琐或食品安全等方面的原因，使这些方法的应用不同程度地受到限制。相比之下，比较推荐的方法为预冷和气调处理，然而这两种方法的应用受制于基础设施的完备性。在实际生产中，结球甘蓝的采收、流通及市场销售常遭遇高温环境的影响。为解决这些问题，迫切需要规范结球甘蓝采后商品化（采收，预冷，包装等）处理和贮藏保鲜的操作规程。本标准的制定和实施对于指导我省结球甘蓝采后产地商品化处理及贮藏保鲜环节的良性发展具有重要意义。

目前，关于结球甘蓝的标准，主要涉及结球甘蓝生产技术、机械化技术规范。仅在 GB/T 25873-2010 中涉及结球甘蓝的冷藏技术规范，但在这个标准中也只是对结球甘蓝的分级、冷藏温度及流通参数进行了初步界定，尚未对结球甘蓝采后商品化处理、预冷及保鲜包装技术进行规范。通过我们前期的研发发现，不同于其他蔬菜，结球甘蓝是一种乙烯释放量较高的蔬菜，并且其对 CO_2 极其敏感，在其贮藏过程中尤其要关注乙烯和 CO_2 这两种气体的伤害，关于这些技术参数，在我省结球甘蓝产区尚无可参考的标准化技术规范。生产中常存在结球甘蓝衰败明显，不断去外衣、切根等补救措施。然而此时结球甘蓝组织的营养品质已出现显著损耗。

本次申请制定的结球甘蓝采后保鲜技术规范，是根据我们近年来在结球甘蓝

产地、批发中心、大型超市、农贸市场的调研及结球甘蓝采后保鲜方面研究的结果，同时结合文献报道的相关结果，制定的采后结球甘蓝适宜的保鲜技术规范，有望降低结球甘蓝采后的损耗，规避生产风险、满足消费者对高品质新鲜蔬菜的需求。

二、任务来源

根据2023年2月4日江苏省农学会下达的关于征集2023年江苏省农学会团体标准（第一批）立项项目的通知，标准牵头单位向江苏省农学会提交立项申请。

三、编制过程（需根据标准制定程序各阶段的进展不断补充，直到可发布为止）

从制定标准开始，我所组织相关人员共同商定，结合近几年的最新科研成果，并参考了大量的文献资料，按GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求编写，起草了该标准的第一稿。初稿形成后分别送相关专业（包括食品科学、贮藏保鲜等）的专家审查修改。根据专家及同行的建议，对采收时间和采收方式技术进行了细化，完成了该标准的起草工作。

四、主要内容技术指标确立

简述标准主要内容技术指标确定的依据，包括实地调研、查阅资料、试验论证等。

1. 标准编写原则

（1）本文件按照新版GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定进行了标准化表述的修改。

（2）本标准的修订过程中，遵循“面向市场，服务产业，及时修订，不断完善”的原则，注重标准修订与技术创新、试验验证、产业推广应用相结合。

（3）坚持标准服务行业的原则，制定标准时广泛征求相关企业、生产者的意见，力求协调一致。

（4）坚持先进性的原则，标准内容结合了我省结球甘蓝主要产区生产现状及产品实际情况，又充分考虑先进性。对于提升结球甘蓝品质，推动我省结球甘蓝产

业的发展具有十分重要作用。

2. 确定团体标准主要内容的依据

为编制本文件，标准编制小组在全面查阅近年国内相关研究成果基础上，针对性开展了试验，包括结球甘蓝采后生理特性、保鲜包装技术和乙烯控制技术等方面，为标准相关指标的确定提供试验依据，主要研究及结果如下：

（1）常温及低温下结球甘蓝中乙烯和呼吸速率的变化

结球甘蓝在常温（20-25） °C 下，呼吸和乙烯代谢旺盛，乙烯释放量高达 0.9-1.5 μL/Kg.h；呼吸速率在 50-65 mg/Kg.h。

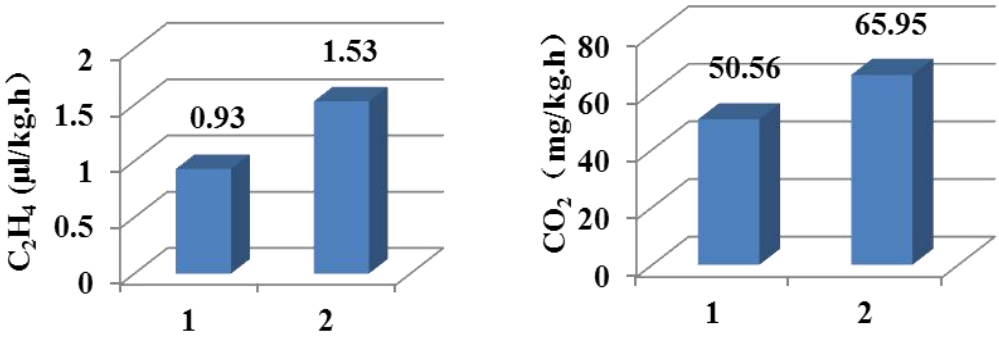


图 1 常温下结球甘蓝中乙烯和呼吸速率的变化

低温条件可显著抑制结球甘蓝采后的呼吸和乙烯代谢，乙烯释放为 0.3-0.53 μL/Kg.h，呼吸速率为 25-32 mg/Kg.h。

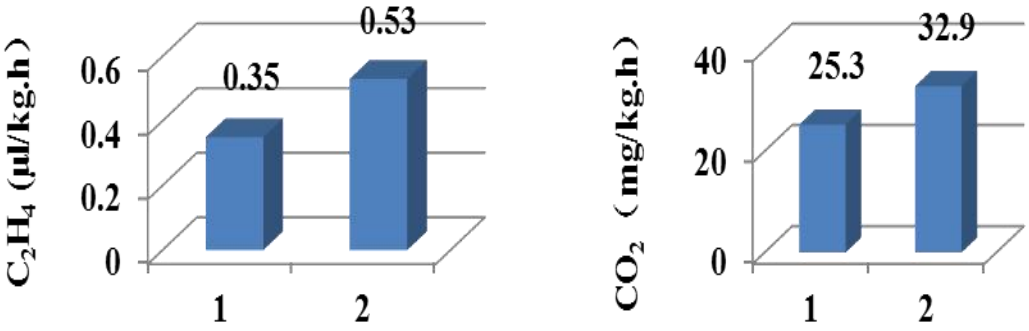


图 2 常温下结球甘蓝中乙烯和呼吸速率的变化

（2）不同薄膜包装对结球甘蓝采后衰老的影响

2.1 感官品质

图 1 为 20-25℃贮藏 8d 后所有结球甘蓝感官品质的表现。可看出，所有处理结球甘蓝的感官品质均出现不同程度的下降，其中对照组 CK1 结球甘蓝的表面

皱缩，出现严重黑点；P3、P6、P7 和 P8 组出现明显的厌氧现象，P2、P4 和 P5 组出现明显的黑斑。相比之下，P1 包装维持结球甘蓝较好的外观品质。

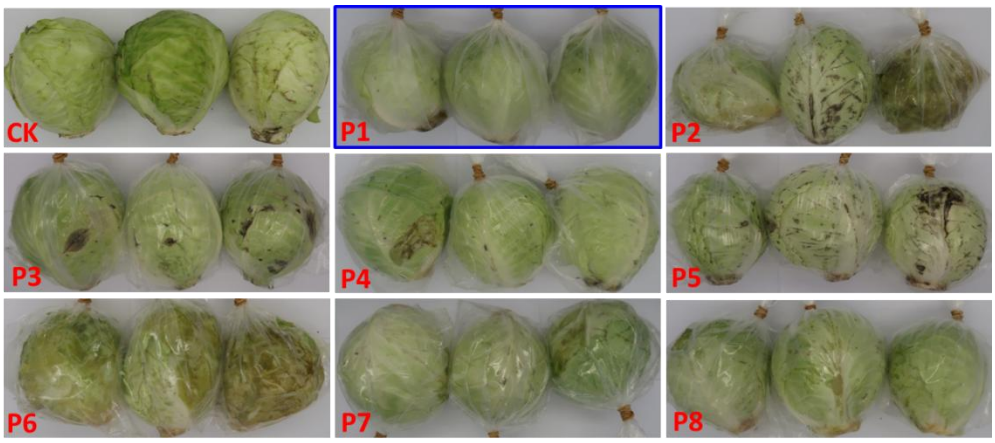


图 3 不同薄膜包装对采后结球甘蓝感官品质的影响

2.2 气体成分比例

由图 4 可以看出，相比对照，P3 薄膜维持了较低的氧气含量，较高的二氧化碳含量，而 P2、P4、P5、P6、P7 和 P8 维持着较低的氧气含量和较高的二氧化碳含量，与之相比，P1 薄膜维持了较低的氧气和二氧化碳含量。因此，保持结球甘蓝较高的品质。

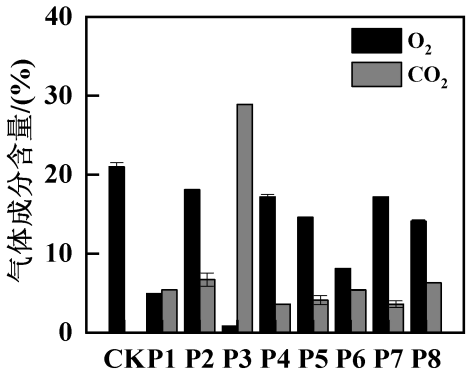


图 4 不同薄膜包装对采后结球甘蓝气体成分含量的影响

2.3 总酚及抗坏血酸含量

结球甘蓝中较高的总酚含量使其为抗氧化物质的很好来源。本研究中总酚含量的变化显示(图 5A)，除 P4 薄膜外，其它薄膜包装处理均维持了结球甘蓝中较高的总酚含量，尤其是 P5 薄膜包装。抗坏血酸含量的结果显示(图 5B)，与两组对照相比，薄膜包装处理均维持了结球甘蓝中较高的抗坏血酸含量，尤其是 P1 和 P5 薄膜。

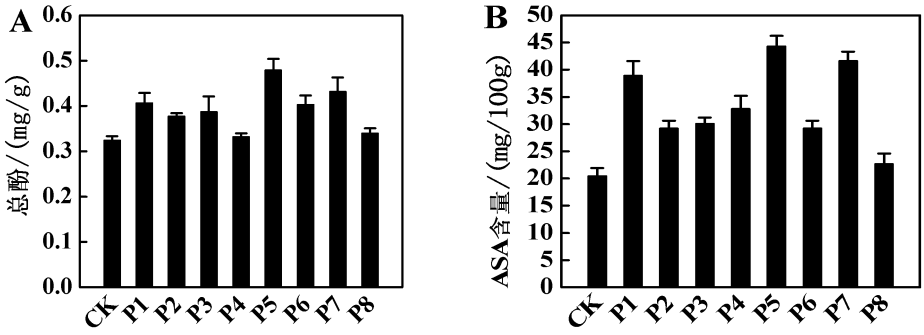


图 5 不同薄膜包装对采后结球甘蓝总酚(A)和抗坏血酸(B)含量的影响

2.4 DPPH 自由基清除率及还原力

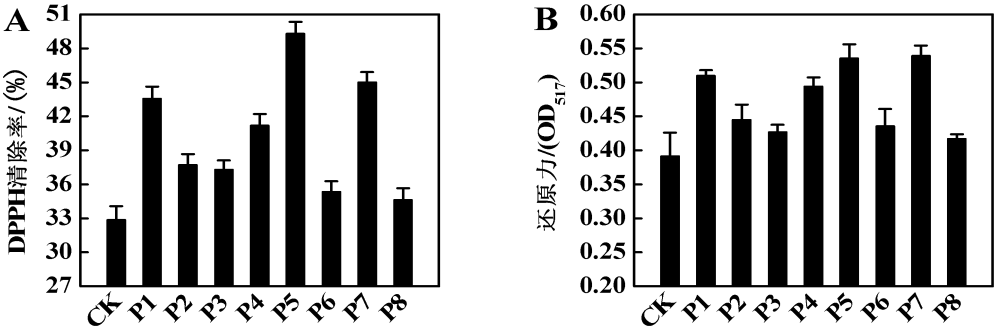


图 6 不同薄膜包装对采后结球甘蓝 DPPH 自由基清除率(A)和还原力(B)的影响

由图 6A 可看出，与两组对照相比，P1、P5 和 P7 薄膜处理维持了组织较高的 DPPH 自由基清除率，反映了这些处理有利于维持组织内较高的抗氧化能力。相应还原力的结果也显示(图 6B)，P1、P5 和 P7 薄膜处理结球甘蓝显示了较高还原力。

（3） 1-MCP 对牛心结球甘蓝贮藏特性的影响

3.1 1-MCP 对结球甘蓝采后外观的影响

由图 7 可看出，无论是对结球结球甘蓝还是牛心结球甘蓝，1-MCP 处理均可显著抑制结球甘蓝采后的衰败过程。

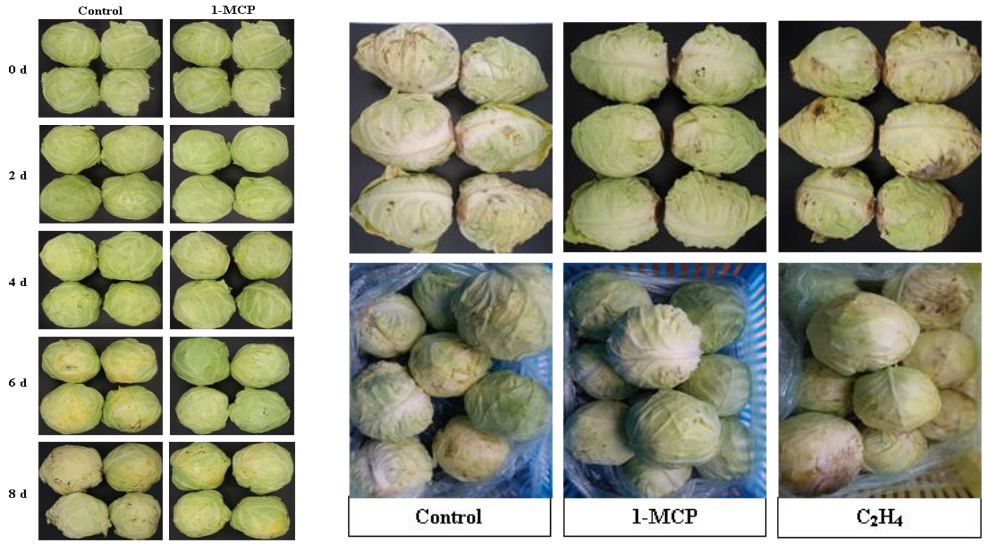


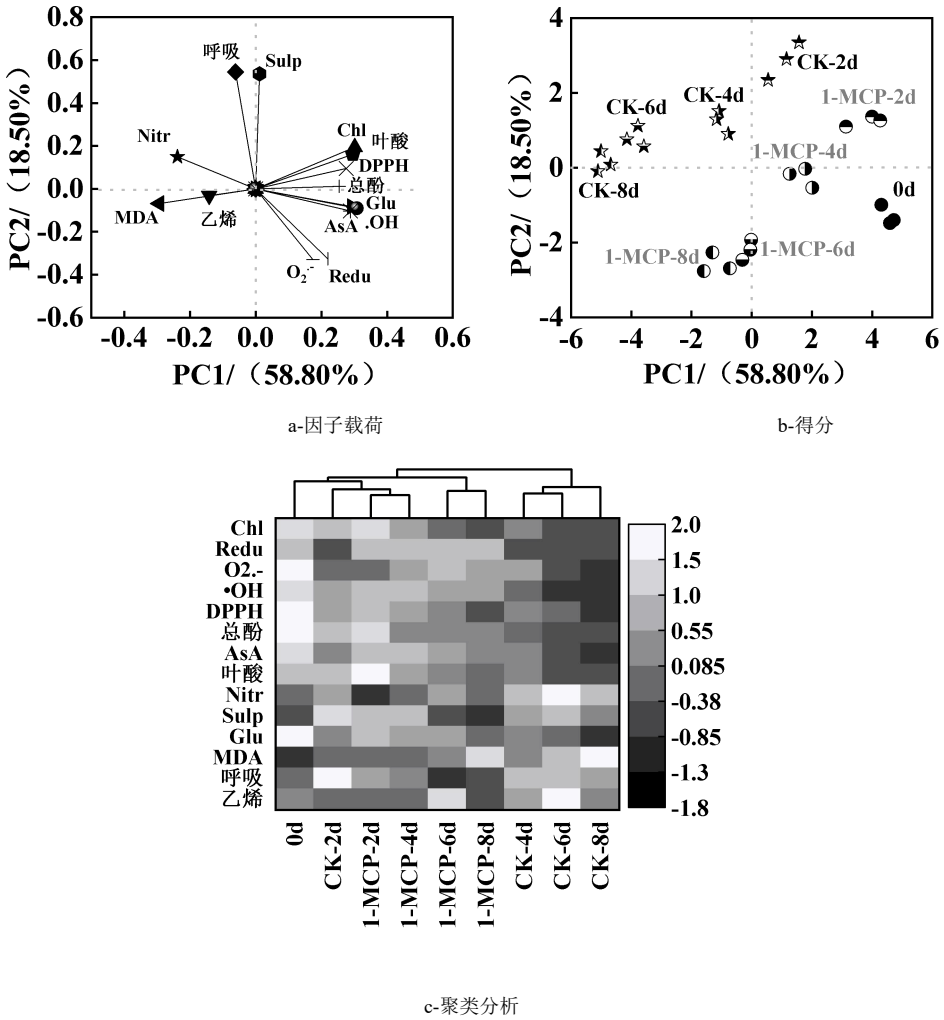
图 7 1-MCP 及外源乙烯处理对结球甘蓝采后衰老的影响

3.2 主成分分析

由图 8a，b 可知，前两个主成分（PC1 和 PC2）累积贡献率为 77.3%，可较好的反映整体数据信息。其中，Chl、Glu、叶酸、AsA、DPPH•及•OH 清除率在 PC1 正坐标处具有较高载荷，MDA 和 Nitr 在 PC1 负坐标处载荷较高，表明 PC1 主要反映的是组织衰老及抗氧化活性的情况。PC1 很好地区分了同一天内 CK 和 1-MCP 处理的样本。说明 1-MCP 对 Chl、Glu、叶酸、AsA、DPPH•清除率、•OH 清除率、MDA 和 Nitr 变化的影响较明显。此外，PC1 还较好地将 CK 和 1-MCP 的样本整体区分开来，即除贮藏第 8 d 外，1-MCP 处理组的样本均分布在 PC1 正坐标区域，而 CK 中仅有贮藏第 2 d 的样本分布在正坐标区域。

PC2 正坐标处载荷较高的指标有呼吸强度和 Sulp，PC2 负坐标处具有较高载荷的是 O_2^{-}·清除率及 Redu。表明 PC2 代表了组织的呼吸速率、萝卜硫素及部分抗氧化能力。PC2 同 PC1 一样，较好地区分了同一天内 CK 和 1-MCP 的样本。

聚类分析的结果（图 8c）显示，整个贮藏期的样本可聚为三大类，第一层次为 0 d、CK-2 d、1-MCP-2 d 和 1-MCP-4 d，然后与 1-MCP-6 d、1-MCP-8 d 聚为第二层次，最后与 CK-4 d、CK-6 d 和 CK-8 d 聚为第三层次。这一分类与图 1b 中 PC1 对 CK 和 1-MCP 样本的区分结果一致。表明 1-MCP 处理结球甘蓝的贮藏特性更接近于 0 d 的结果，这暗示其衰老进程较对照缓慢。



a-因子载荷　　b-得分

c-聚类分析

图 8 1-MCP 对牛心结球甘蓝因子载荷、得分及聚类分析的影响

五、与相关法律法规和国家标准的关系

简述是否符合相关法律法规要求，技术指标高于国家标准/相关技术要求。

本文件与现行相关的法律、法规、规章及相关的标准协调一致。

六、实施推广建议

该标准通过对结球甘蓝产区的调查和示范结果，以及本研究所的试验结果作为依据而制订。建议本标准发布后，通过网络、现场技术培训等方式由标准起草单位进一步进行宣贯，提高结球甘蓝产后的商品化处理、流通及贮藏保鲜水平、提升产业效益，为结球甘蓝生产、加工、经营者提供技术参考。同时根据生产和市场需求，不断深入研究，总结经验，吸收完善的科技成果，不断提升完善标准文本质量，为规范结球甘蓝产业标准化生产和产业稳定健康发展奠定基础。