

《叶菜产地抑菌保鲜真空预冷机的操作规程》（征求意见稿）

编制说明

一、目的意义

叶菜是我国种植面积较广的一类蔬菜，年产量在2亿吨以上，约占蔬菜生产量的30%-40%。叶菜也是我省蔬菜中的特色产业，常年播种面积在600万亩以上，在民生保供中占重要地位。但叶菜的食用组织大多是光合作用器官，生理代谢活跃，在产后流通中降解代谢旺盛，极易出现黄化、腐烂和营养消耗快等问题，是蔬菜中较难保鲜的一类产品。为保障产后叶菜的营养与安全，发展冷链流通技术与装备是新时代高质量发展的必然趋势。

预冷是冷链物流的第一环节，是实现果蔬低温处理的有效方法。果蔬采收后经过预冷，使其快速降温，当达到贮藏温度时，果蔬则可以置放于冷藏库中保鲜冷藏或者通过冷藏车进入流通环节，这样的处理方式能够降低冷藏库/冷藏车的能耗，更主要的是可以降低果蔬的呼吸速率，使果蔬处于“休眠”或“半休眠”的状态，从而使果蔬保持原有的风味和品质。

近年来，我们对省内不同规模蔬菜生产基地进行了调研，调研发现，在叶菜产地中，蔬菜基本不经过预冷环节，直接进入人工分级和包装操作。导致蔬菜产后预冷环节缺失的主要是：在不同企业或者生产合作社，全省没有可借鉴的真空预冷标准，常因预冷操作不规范，导致后期流通、销售中的蔬菜出现伤害的症状。加之在高温季节，蔬菜携菌量大幅度增加，导致20%以上的叶菜在产后出现腐烂损耗，尤其当叶菜的采收时间为夏季高温季节时，采收后如果不立即采取有效的管理措施，数小时内叶菜的品质即开始劣变，严重影响其商品价值。

在目前叶菜优质安全生产模式逐步形成的基础下，提升叶菜产后抑菌型真空预冷的技术标准是保障消费终端蔬菜商品品质的关键所在。目前，涉及叶菜的标准主要偏

重于生产、采收和分级方面，涉及果蔬真空预冷装备的标准仅有1项，该标准的重点是规定真空预冷机的幸好、基本参数、试验方法、检验规则等，未对叶菜抑菌处理未做出明确规范。因此，根据叶菜品质、相关生理变化的特点，规范其的产后处理抑菌真空预冷装备的技术规程。该标准的制定是延长叶菜货架寿命和提高其市场竞争力的保障，是改变目前产后叶菜损耗严重的必由之路。本标准的制定和实施对于指导我省叶菜产后冷链流通各环节的良性发展具有重要意义。

二、任务来源

根据 2025 年 10 月 16 日江苏省农学会下达的关于《叶菜产地抑菌保鲜真空预冷机的操作规程》团体标准立项的公告，批准本标准立项。

三、编制过程

从制定标准开始，标准起草单位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，对包装要求和垛码方式等技术进行了细化，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叶菜主要产区预冷现状及产品实

际情况，又充分考虑先进性。对于提升叶菜品质，推动我省叶菜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，包括抑菌型真空预冷对叶菜采后预冷效率、生理特性和营养品质保持等方面，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）真空预冷过程中的喷雾补水处理对预冷效率和失水率的影响

2.1.1 真空预冷过程中温度和压力的变化

由图 2-1 可以看出，真空预冷过程中上海青从初温 25℃ 降到 4℃，单独真空预冷组所需的预冷时间约为 40 min，而真空预冷过程中联合喷雾补水组预冷时间仅为 13 min，可见，真空预冷过程中与喷雾补水的联合使预冷效率提高了约 68%。在预冷前 8 min，两组处理温度下降速率无显著差异；9 min 之后，真空预冷结合喷雾补水组上海青的温度急速下降，在 4 min 内到达预冷终温（图 2-1 A）。单独真空预冷及其与喷雾补水共处理组在整个预冷过程中对真空室内压力变化的影响无显著差异（图 2-1 B）。综上，与单独真空预冷相比，真空预冷过程中联合喷雾补水可有效的提高预冷时间。

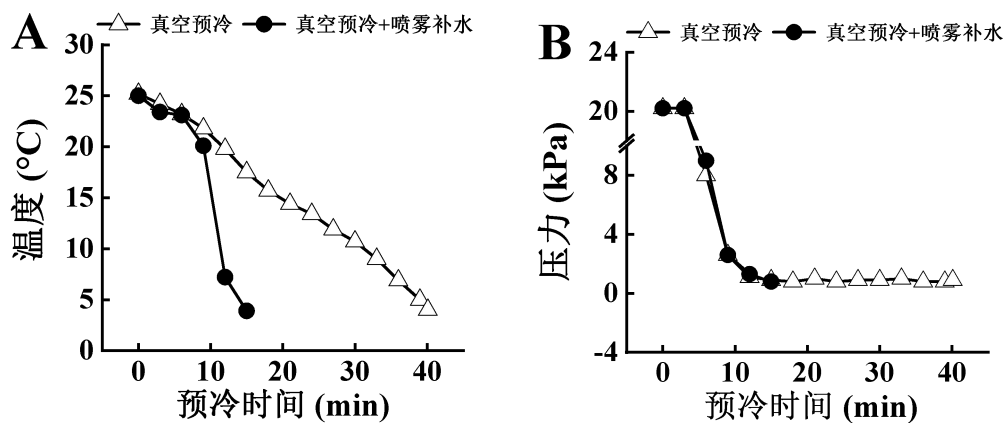


图 2-1 真空预冷过程中温度（A）和压力（B）的变化

2.1.2 真空预冷过程中失水率和失重率的变化

图 2-2 A 表明，由初温 25℃ 预冷至终温 4℃ 后，虽单独真空预冷及其与喷雾补水的联合处理均出现失水，但真空预冷联合喷雾补水组样品的失水率仅为 1.21%，远低于单独真空预冷组的 4.54%，表明单独真空预冷会促使上海青组织

出现较为严重的失水现象，相比之下，真空预冷期间联合喷雾补水处理可有效降低单独真空预冷引起的失水问题，有利于维持组织的直挺鲜活状态。

图 2-2 B 显示了单独真空预冷、真空预冷结合喷雾补水处理对低温流通及货架期上海青失重率的影响。可看出，随着货架时间的延长，上海青组织的失重率逐渐上升，但对照和单独真空预冷组上海青的失重率均显著高于真空预冷结合喷雾补水组。在货架第 5 d 时，真空预冷结合喷雾补水处理上海青组织的失重率较对照和单独真空预冷组分别降低了 31.3% 和 15.6%。可见，真空预冷与喷雾补水共处理能显著减缓上海青的失重率，维持上海青较好的品质。

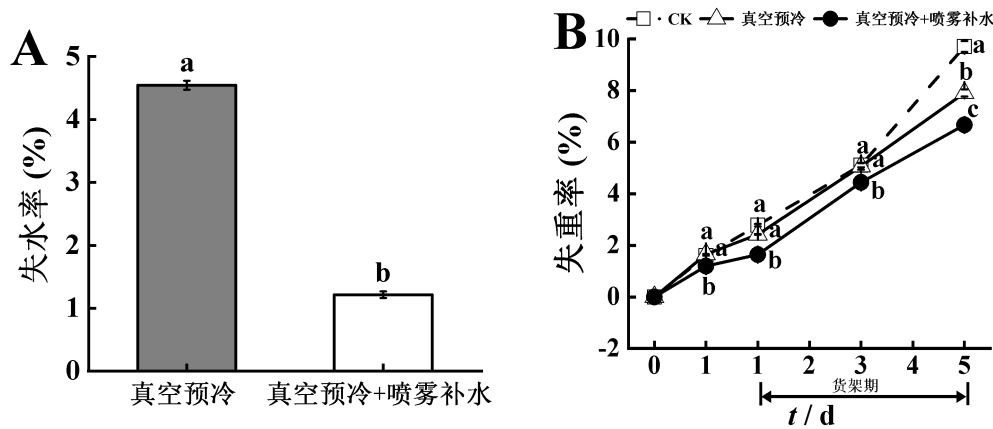


图 2-2 真空预冷及其与喷雾补水共处理对上海青失水率 (A) 和失重率 (B) 的影响

(2) 真空预冷中的雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜低温流通及其货架期品质的影响

2.2.1 真空预冷结合雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜外观品质变化

由图 2-3 可知，对照组在货架第 1 d 时开始出现黄化的迹象，在货架第 3 d 时黄化严重，失去商品价值，因此未分析其货架 4 d 时的品质变化；经单独真空预冷处理的鸡毛菜在货架第 2 d 出现轻微黄化现象，但在货架 3 d 时叶片组织出现失水萎蔫症状，因此未分析货架第 4 d 鸡毛菜的品质变化；与对照组和单独真空预冷组相比，真空预冷+水处理减缓了叶片的黄化程度，在货架第 3 d 表现出轻微黄化，货架第 4 d 黄化开始加重；相比之下，真空预冷+微酸性电解水处理明显减缓了鸡毛菜采后的黄化进程，在货架前 3 d 时仍维持着叶片的浓绿，货架第 4 d 时仅出现轻微的黄化。可见，真空预冷结合微酸性电解水可有效延缓鸡毛菜外观品质的劣变，延长其货架期。

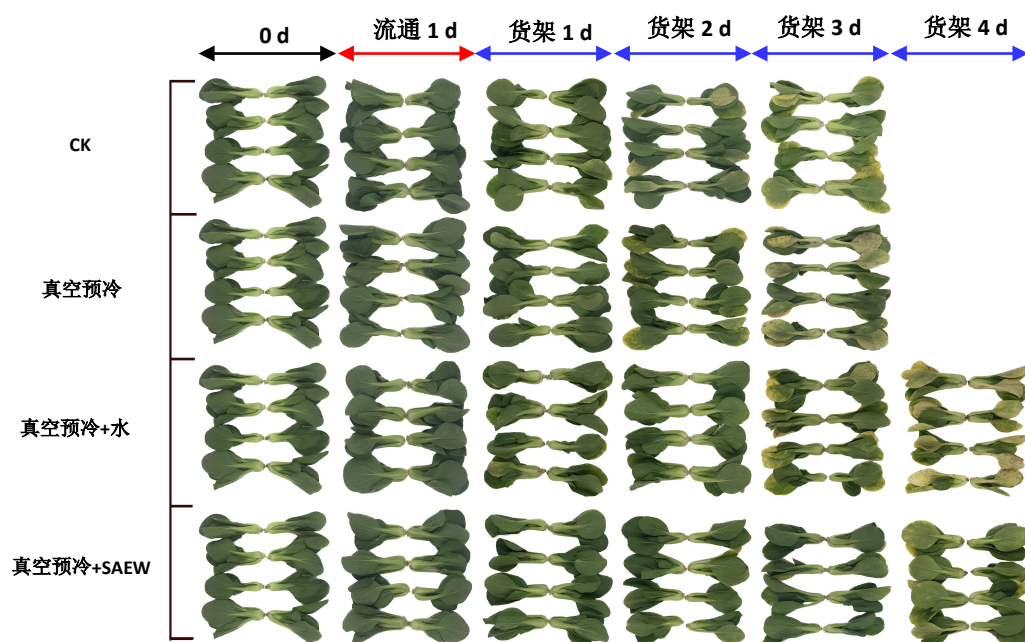


图 2-3 真空预冷过程中的雾化微酸性电解水处理对采后鸡毛菜外观品质的影响

2.2.2 真空预冷结合雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜色泽变化

由图 2-4A 可以看出，在流通和货架期间各处理组鸡毛菜 L^* 值总体呈上升的趋势，在低温流通及货架 1 d 时无显著性差异。在货架 2~3 d 期间，对照组鸡毛菜的亮度维持在较高水平，显著高于其他 3 种处理 ($P < 0.05$)。在货架 3 d 时，单独真空预冷和真空预冷+水组的鸡毛菜其 L^* 值显著高于真空预冷+微酸性电解水处理组 ($P < 0.05$)；在货架 4 d 时，真空预冷+微酸性电解水处理组的 L^* 值依然最低。

随着鸡毛菜货架时间的延长， b^* 值亦是逐渐增加（图 2-4B）。在货架期间，对照组鸡毛菜的 b^* 值与单独真空预冷组无显著性差异。另可看出，与单独的对照组和真空预冷组相比，组合处理组尤其是真空预冷+微酸性电解水处理组明显减缓了 b^* 值的升高。例如，在货架第 3 d 和第 4 d 时真空预冷+微酸性电解水处理组的 b^* 值分别比真空预冷+水处理组低 6% 和 7%；

与 L^* 、 b^* 值的变化不同，鸡毛菜 a^* 值在低温流通及货架期间呈现下降的趋势（图 2-4C）。在货架 1~3 d 时，对照组鸡毛菜 a^* 值低于其他 3 组处理，且在 1~2 d 显著低于其他 3 组处理 ($P < 0.05$)。真空预冷+水处理组和真空预冷+微酸性电解水处理组的 a^* 值在货架 3 d 时分别比单独真空预冷处理组高 11% 和 15%。

在货架 4 d 时,真空预冷结合微酸性电解水处理的鸡毛菜 a^* 值是真空预冷+水处理组的 1.13 倍。可见,真空预冷结合微酸性电解水可以维持鸡毛菜较好的色泽,延缓黄化进程。

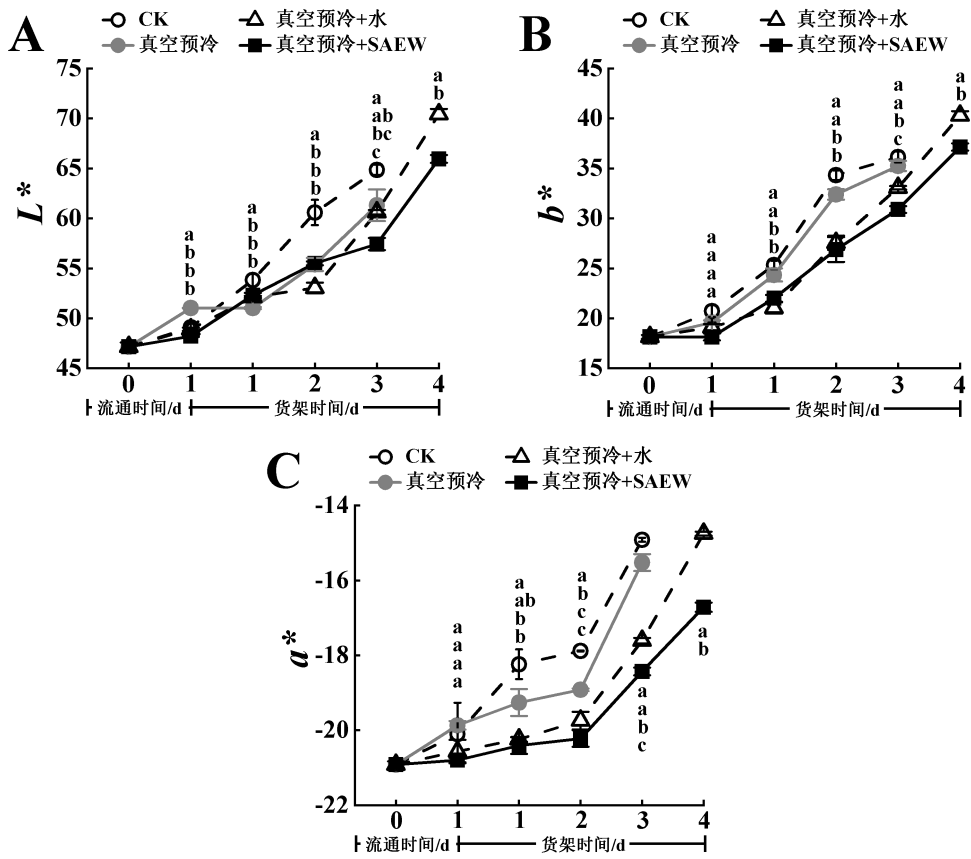


图 2-4 真空预冷过程中的雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜叶片 L^* (A)、 b^* (B) 和 a^* (C) 的影响

2.2.3 真空预冷结合雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜叶绿素含量变化

随着货架时间的延长,各组的叶绿素 a (图 2-5A)、叶绿素 b (图 2-5B) 和总叶绿素 (图 2-5C) 含量均呈下降的趋势。货架第 3 d 时对照组的总叶绿素含量相比于 0 d 时下降了 67.2%, 而单独真空预冷组、真空预冷+水以及真空预冷+微酸性电解水处理组的叶绿素含量分别下降了 56.8%、51.9%和 40.4%。另外可看出,在货架 1~4 d 期间,真空预冷与微酸性电解水结合处理组的叶绿素损失显著低于其与水结合的处理组 ($P < 0.05$)。这与鸡毛菜的表型变化基本一致,黄化程度越重,其叶绿素含量越低。由此可知,微酸性电解水与真空预冷结合处理可以延缓鸡毛菜叶绿素含量的损失。

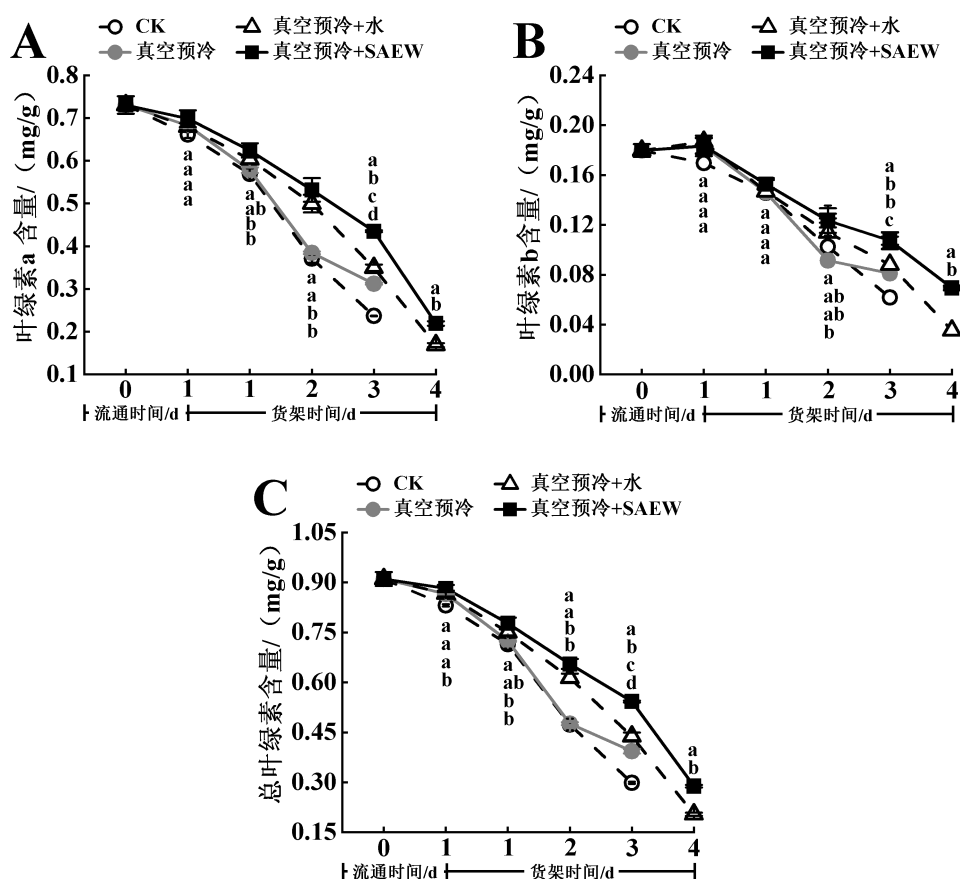


图 2-5 真空预冷过程中的雾化微酸性电解水处理对采后鸡毛菜叶绿素 a (A)、叶绿素 b (B)、总叶绿素 (C) 含量的影响

2.2.4 真空预冷结合雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜可滴定酸质量分数变化

如图 2-6 所示,随着低温流通和货架期时间的延长,组织中的可滴定酸质量分数总体呈现先升高后下降的趋势。四组鸡毛菜的可滴定酸质量分数在流通和货架 1 d 期间呈上升趋势,货架前期除了真空预冷+微酸性电解水处理组的可滴定酸质量分数呈升高趋势外,其他处理组均呈下降趋势;货架 2 d 后,对照组的可滴定酸质量分数始终呈下降趋势而其他组出现上升趋势。货架 3 d 开始,经过单独真空预冷处理的鸡毛菜,其可滴定酸质量分数均显著高于对照组 ($P < 0.05$),单独真空预冷处理组、真空预冷+水处理组和真空预冷+微酸性电解水处理组的可滴定酸质量分数相比于对照组分别升高了 39.3%、56.7%和 75.2%。可以看出真空预冷处理确实可以保持较高的可滴定酸质量分数。在货架第 4 d 时,真空预冷+微酸性电解水处理组和真空预冷+水处理组的可滴定酸质量分数相较于 0 d 时的分别降低了 9.8%和 28.1%,这表明真空预冷与微酸性电解水结合处理

能有效维持鸡毛菜在低温流通和货架期间的可滴定酸质量分数。

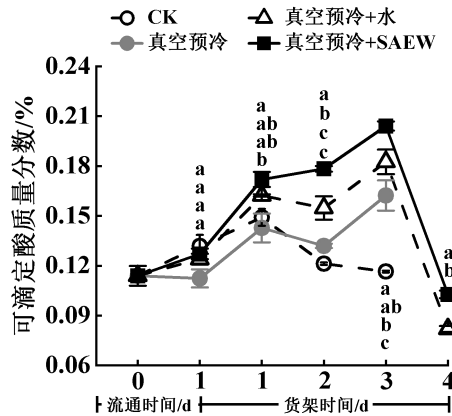


图 2-6 真空预冷过程中的雾化微酸性电解水处理对采后鸡毛菜可滴定酸质量分数的影响

2.2.5 真空预冷结合雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜可溶性蛋白和可溶性糖含量变化

由图 2-7A 可知，可溶性蛋白含量呈现先上升后下降的趋势。在低温流通和货架期间，只有真空预冷+微酸性电解水处理组的可溶性蛋白含量始终显著高于对照组 ($P < 0.05$)；在货架第 3 d 时，真空预冷+水处理组可溶性蛋白含量是对照组的 1.19 倍，而单独真空预冷处理组与对照组之间无明显差异；与 0 d 时相比，货架 4 d 时真空预冷+水处理组与真空预冷+微酸性电解水处理组的可溶性蛋白含量损失率分别是 46.6% 和 36.1%。可以看出，相较于在真空预冷过程中补水，将水换成微酸性电解水能更好的减缓鸡毛菜可溶性蛋白含量的下降。

由图 2-7B 可知，在不同处理条件下，鸡毛菜可溶性糖含量总体呈现先升高后下降的趋势，其中对照组的在低温流通期间的下降趋势最为明显。在货架 1~3 d，单独真空预冷处理组的可溶性糖含量显著低于真空预冷+水处理组与真空预冷+微酸性电解水处理组 ($P < 0.05$)；而在货架第 4 d 时，真空预冷+水处理组与真空预冷+微酸性电解水处理组的可溶性糖含量相较于 0 d 时的分别减少了 37.69% 和 21.79%。这表明真空预冷与微酸性电解水结合处理能有效减缓鸡毛菜中可溶性糖的下降。

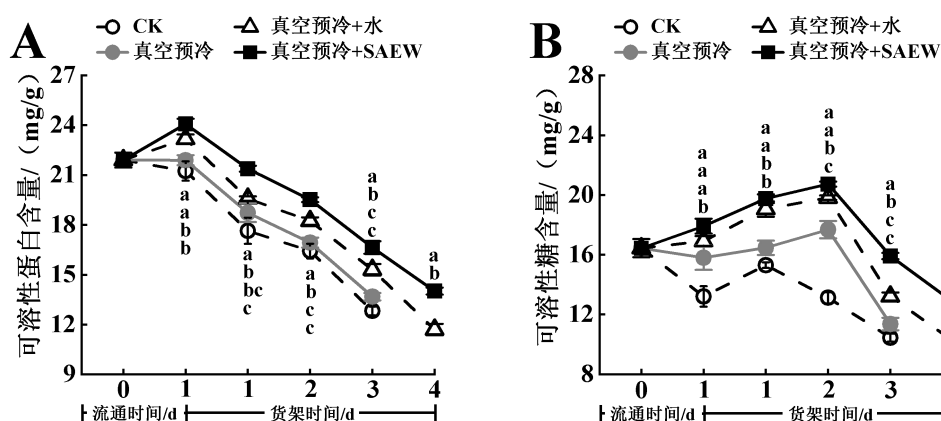


图 2-7 真空预冷过程中的雾化微酸性电解水处理对采后鸡毛菜可溶性蛋白 (A) 和可溶性糖 (B) 含量的影响

响

2.2.6 真空预冷结合雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜亚硝酸盐含量变化

由图 2-8 可知，随着货架时间的延长，所有鸡毛菜中的亚硝酸盐含量整体呈上升趋势。在低温流通期间，单独真空预冷处理组、真空预冷+水处理组与真空预冷+微酸性电解水处理组的亚硝酸盐含量均显著低于对照组 ($P < 0.05$)。这表明真空预冷可减缓鸡毛菜中亚硝酸含量的上升幅度。货架第 1 d 时，各处理组的亚硝酸盐含量再次出现明显增长，其中在货架第 3 d 时，真空预冷+水处理组和真空预冷+微酸性电解水处理组与 0 d 时的亚硝酸盐含量相比分别增加了 57.82% 和 46.17%，而对照组增加了 88.35%。与对照组相比，真空预冷过程中可以通过补水或微酸性电解水来延缓亚硝酸盐含量的增长，在货架第 4 d 时真空预冷+水处理组的亚硝酸盐含量是真空预冷+微酸性电解水处理组的 1.16 倍。可见，真空预冷与微酸性电解水结合处理能有效的抑制组织中亚硝酸盐含量的积累。

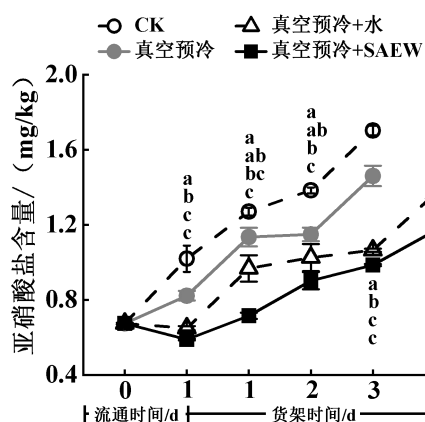


图 2-8 真空预冷过程中的雾化微酸性电解水处理对采后鸡毛菜亚硝酸盐含量的影响

2.2.7 真空预冷结合雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜抗氧化物质含量变化

如图 2-9A 所示，在流通及货架期间，鸡毛菜中的抗坏血酸含量均呈现逐渐下降趋势，尤其是对照组表现的尤为明显。经过真空预冷结合微酸性电解水处理后，明显减缓了组织中抗坏血酸含量的下降程度。与 0 d 时组织中的抗坏血酸含量相比，货架第 3 d 时，单独真空预冷处理组抗坏血酸含量的损失率为 21%，而真空预冷+水处理组和真空预冷结合微酸性电解水处理组的抗坏血酸含量的损失率分别为 17.62%和 11.84%。在货架第 4 d 时，真空预冷+微酸性电解水处理组的抗坏血酸含量显著高于同期真空预冷+水处理组（ $P < 0.05$ ），并且与货架第 3 d 时真空预冷+水处理组的抗坏血酸含量相当。可见，真空预冷结合微酸性电解水对鸡毛菜进行处理能够有效地维持其较高水平的抗坏血酸含量。

如图 2-9B 所示，在低温流通和货架期间，各处理组鸡毛菜的叶酸含量均明显降低。在低温流通 1 d 后，经过真空预冷和微酸性电解水结合处理鸡毛菜中的叶酸含量相较于 0 d 保留率在 80%左右，而其他处理组叶酸的保留率均在 70%左右。在货架 3 d 时，单独真空预冷处理组、真空预冷+水处理组以及真空预冷+微酸性电解水处理组的叶酸含量均显著高于对照组（ $P < 0.05$ ）。在货架第 4 d 时，经过真空预冷+微酸性电解水处理的鸡毛菜其叶酸含量显著高于真空预冷+水处理（ $P < 0.05$ ）组。这表明真空预冷与微酸性电解水结合处理能有效减少鸡毛菜中叶酸的损失。

如图 2-9C 所示，随着低温流通及货架时间的延长，鸡毛菜中的类胡萝卜素含量呈下降的趋势。在货架第 2 d 时，真空预冷+水处理组和真空预冷+微酸性电解水处理组的类胡萝卜素含量分别是对照组的 1.21 倍和 1.4 倍，均显著高于对照组（ $P < 0.05$ ）。货架 3 d 时，真空预冷+水处理组和真空预冷+微酸性电解水处理组的类胡萝卜素含量同时期显著高于对照组（ $P < 0.05$ ），而对照组和单独真空预冷处理组无显著性。相较于 0 d，货架第 4 d 时真空预冷+水处理组中类胡萝卜素含量的损失率为 54.7%，而真空预冷+微酸性电解水处理组中类胡萝卜素含量的损失率为 43.49%，这表明微酸性电解水与真空预冷结合处理可以减缓类胡萝卜素含量的减少。

由图 2-9D 可知，在低温流通和货架期间，所有鸡毛菜中的总酚含量随着时间的延长均有所下降。相比之下，真空预冷+微酸性电解水处理减缓了鸡毛菜中总酚含量的下降。例如，在整个货架期，真空预冷+微酸性电解水处理组的总酚含量均显著高于对照组（ $P < 0.05$ ），这期间单独真空预冷与真空预冷+水处理组无显著性。在货架第 4 d 时，真空预冷+微酸性电解水处理中的总酚含量（2.23 mg/g）是真空预冷+水处理组的 1.06 倍。可见，真空预冷结合微酸性电解水处理可有效减缓鸡毛菜总酚含量的下降。

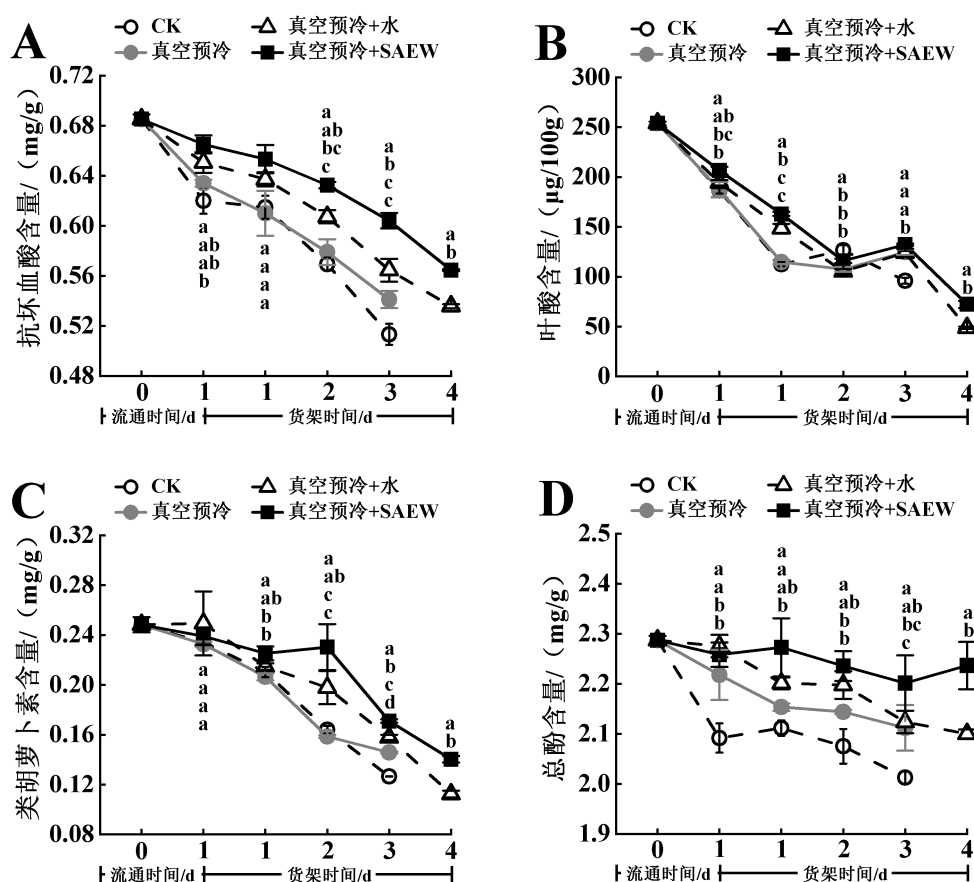


图 2-9 真空预冷过程中的雾化微酸性电解水处理对采后鸡毛菜抗坏血酸(A)、叶酸(B)、类胡萝卜素(C)、总酚(D)含量的影响

2.2.8 真空预冷结合雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜自由基清除率的变化

由图 2-10A 可知，DPPH 自由基清除率整体呈先升高后下降的趋势，真空预冷+微酸性电解水处理组相较于其他组始终维持较高的 DPPH 自由基清除率。在低温流通和货架期的第 1 d 期间，真空预冷+微酸性电解水处理组的 DPPH 自由

基清除率显著高于其他三组处理 ($P < 0.05$)。货架第 2 d 时, 真空预冷+微酸性电解水处理组和真空预冷+水处理组显著高于对照组 ($P < 0.05$), 但同期单独真空预冷组与对照组无显著性差异。在货架第 3 d 时, 单独真空预冷处理组、真空预冷+水处理组和真空预冷+微酸性电解水处理组的 DPPH 自由基清除率分别为 88%、89.7%和 90.1%。货架第 4 d 时, 真空预冷+微酸性电解水处理组的 DPPH 自由基清除仍显著高于真空预冷+水处理组 ($P < 0.05$)。

如图 2-10B 所示, 在低温流通期间, 对照组和其他处理组的羟自由基清除率迅速上升, 而货架期间均呈下降趋势。羟自由基清除率在货架第 1 d 出现大幅度下降, 之后降幅有所减小。在低温流通期间对照组的羟自由基清除率显著低于其他三组处理 ($P < 0.05$), 在货架第 1 d 时, 真空预冷+水处理组和真空预冷+微酸性电解水处理组的羟自由基清除率显著高于对照组 ($P < 0.05$), 但单独真空预冷处理组与对照组无显著性。货架第 3 d 时, 真空预冷+微酸性电解水处理组的羟自由基清除率显著高于其他三组处理 ($P < 0.05$), 但这三组的羟自由基清除率之间无明显差异。货架第 4 d 时, 真空预冷+微酸性电解水处理组的羟自由基清除率亦显著高于真空预冷+水处理组 ($P < 0.05$)。

如图 2-10C 所示, 采后鸡毛菜中超氧阴离子清除率的变化具有波动下降的特点, 而真空预冷+微酸性电解水处理组的超氧阴离子清除率在整个过程中维持较高水平。在货架第 3 d 时, 真空预冷+微酸性电解水处理组的超氧阴离子清除率为 27.9%, 是对照组的 1.7 倍, 但单独真空预冷和真空预冷+水处理组与对照无明显差异 ($P > 0.05$)。在货架第 4 d 时, 真空预冷+微酸性电解水处理组的超氧阴离子清除率是真空预冷+水处理组的 1.3 倍。这表明真空预冷结合微酸性电解水处理可维持采后鸡毛菜中较高的超氧阴离子清除能力。

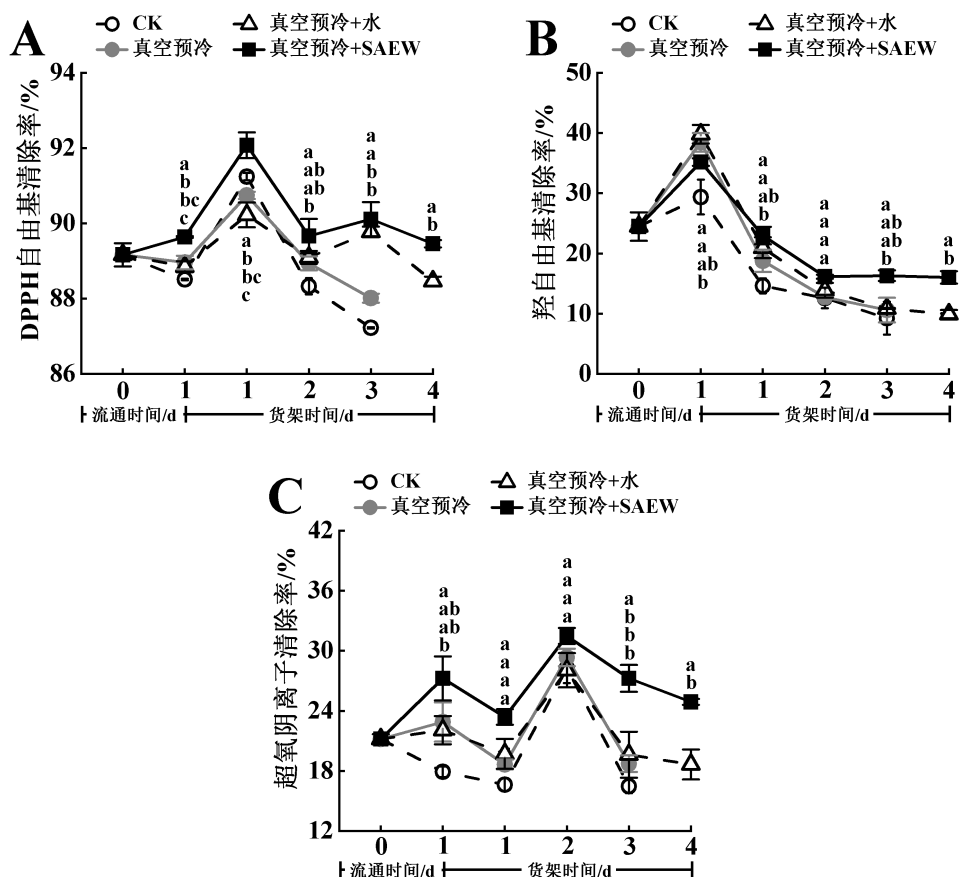


图 2-10 真空预冷过程中的雾化微酸性电解水处理对采后鸡毛菜 DPPH 自由基清除率的影响 (A)、羟自由基清除率 (B) 和超氧阴离子自由基清除率 (C)

2.2.9 真空预冷结合雾化微酸性电解水处理对鸡毛菜丙二醛含量变化

如图 2-11 所示, 随着低温流通和货架时间的延长, 所有样品中的 MDA 含量均呈上升趋势。货架 3 d 后, 对照组的 MDA 含量相比 0 d 时增加了 82.9%, 同期单独真空预冷和真空预冷+水处理组的 MDA 含量较 0 d 分别增加了 65.4% 和 61.8%, 然而真空预冷+微酸性电解水处理组的 MDA 含量仅比 0 d 时增加了 36.8%。货架第 4 d 时, 真空预冷+水处理的 MDA 含量显著高于真空预冷+微酸性电解水处理组 ($P < 0.05$), 表明真空预冷结合微酸性电解水能够很好地抑制采后鸡毛菜中丙二醛含量的积累。

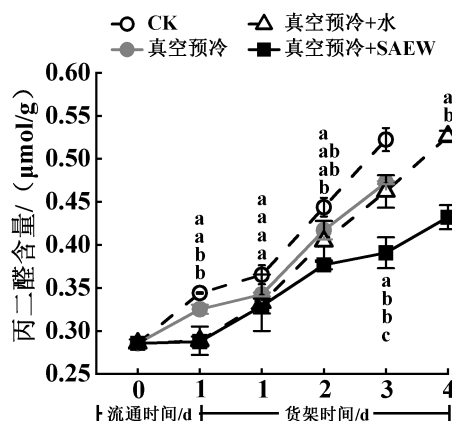


图 2-11 真空预冷过程中的雾化微酸性电解水处理对采后鸡毛菜丙二醛含量的影响

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

该标准通过对叶菜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，提高叶菜产后的商品化处理水平、提升产业效益，为叶菜生产、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，为规范叶菜真空预冷产业标准化生产和产业稳定健康发展奠定基础。