中华人民共和国农业行业标准

《农产品蓄冷包装使用技术规程》

编制说明

标准编制工作组

2024 年 03 月

目 录

一、工作简况（包括任务来源、协作单位、主要工作过程、标准项目编制组成员及其所做的工作等）.....1
（一）任务来源.....1
（二）标准制订的意义.....1
（三）主要工作过程.....2
（四）编写人员与分工.....3
二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据.....4
（一）编制原则.....4
（二）标准主要技术内容及其确定依据.....4
三、主要试验（或者验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期效果.....7
（一）主要试验（或者验证）情况说明.....7
（二）本标准应用后的预期效果.....23
四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况.....26
五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系.....26
六、重大分歧意见的处理经过和依据.....26
七、作为强制性标准或者推荐性标准的建议.....27
八、涉及专利的有关说明.....27
九、贯彻标准的要求、措施和建议，包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容.....27
十、废止现行有关标准的建议.....27
十一、其他应当予说明的事项.....28

《农产品蓄冷包装使用技术规程》编制说明

一、工作简况（包括任务来源、协作单位、主要工作过程、标准项目编制组成员及其所做的工作等）

（一）任务来源

本标准的制定任务来源于xxx，项目名称为制定《农产品蓄冷包装使用技术规程》标准，项目编号为：xxx。本标准由浙江大学起草。由浙江大学主持承担标准制定任务，本文件由xxxx提出并归口，标准起草首席专家为罗自生教授。

（二）标准制订的意义

近年来，随着我国农业结构调整和居民消费水平的提高，果蔬农产品的产量和消费逐年增加，消费者对果蔬农产品的品质和安全也更为关注。果蔬农产品在采后受外界温度影响极易发生品质劣变，冷链物流技术能够有效保持农产品的新鲜度。蓄冷技术是冷链环节中重要的应用部分。随着电商的兴起，小型蓄冷包装在我国果蔬冷链运输中被广泛应用，以袋、盒、板、排和微胶囊等形式的蓄冷包已被广泛用于杨梅、樱桃、草莓、蓝莓、水产等各类生鲜食品蓄冷包装中。但是在生鲜食品运输，尤其是果蔬贮运保鲜过程中的实际使用，例如各类蓄冷包的界定和主要技术标准、生鲜食品蓄冷包的蓄冷剂类型剂含量要求、卫生指标、产品寿命、蓄冷包的外包装要求尚未有明确的通用标准。这严重阻碍了我国冷链物流的建设与转型速度，导致生鲜类农

产品冷链运输管理及冷链过程中“防断链”效果差、管理效益低、商品损率高等问题。

鉴于此，制定一套详细的农产品蓄冷包装技术要求的行业标准，明确蓄冷包的设计与制造，蓄冷包的选择和具体使用方式等内容与要求，对促进我国冷链保鲜的发展、健全冷链物流标准化管理体系以及加强保鲜设施高效化服务水平等具有重要意义，同时也为有效维持农产品采后品质、提升市场竞争力以及助农惠农提供保障基础。

（三）主要工作过程

1、2023 年 1 月~2023 年 3 月调研和资料

开展农产品蓄冷包装技术现状调研、资料查阅、业内咨询等工作，通过调研相关企业、政府和主要用户，对其的现状和存在问题进行总结梳理，针对各环节存在问题、关键控制点和关键技术，进行文献资料查阅和系统试验研究，为标准的编写获得行之有效的科研数据支撑。

2、2023 年 4 月~2024 年 4 月标准起草

通过前期的调研、资料查询和相关实验研究，对标准的结构、内容要求、证实方法等进行全面探讨，形成标准征求意见稿。

3、2024 年 5 月~2024 年 6 月征求意见

通过相关行业征求意见，发送“征求意见稿”的单位数 25 家，整理相关专家、企业高层与技术人员等反馈修改意见后，对反馈意见进行汇总分析，经过修改后，完成标准送审稿并提交上报。

4、2024 年 7 月~2024 年 10 月，召开标准预评审会

召开《农产品蓄冷包装使用技术规程》标准预审定会，根据审定会专家意见，对标准进行进一步修改完善，形成送审稿。

5、2024 年 10 月~2024 年 12 月送审报批

召开《农产品蓄冷包装使用技术规程》标准审定会，根据审定会专家意见，对标准进行进一步修改完善，形成报批稿。

（四）编写人员与分工

文件制订主要起草人为罗自生、徐艳群、林星宇、李栋、程勤阳、孙静、应铁进、茅林春、雷大锋。

罗自生，教授，浙江大学，负责标准框架制定，政策咨询和现状调研，主导标准起草。

徐艳群，副研究员，浙江大学，参与可行性研究报告编制，组织协调、调研和标准起草工作。

林星宇，研究员，浙江大学，参与标准的框架的制订、标准文本的修改等工作。

李栋，副研究员，浙江大学，参与标准的框架的制订、标准文本的修改等工作。

程勤阳，研究员，农业农村部规划设计研究院，参与标准的框架的制订、产业现状调研等工作。

孙静，正高级工程师，农业农村部规划设计研究院，参与标准的框架的制订、产业现状调研等工作。

应铁进，教授，浙江大学，参与标准的框架的制订、标准文本的修改等工作。

茅林春，教授，浙江大学，参与标准的框架的制订、标准文本的修改等工作。

雷大锋，董事长，温州万科农业开发有限公司，参与标准的框架的制订、产业现状调研等工作。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

（一）编制原则

本标准编制遵照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》的规定执行。本标准编制过程中严格遵循以下原则：

1. 符合性原则

本标准以现有的国内行业标准和农业部标准等有关资料为基础，重点围绕着农产品蓄冷包装使用技术和要求编制而成，符合我国现阶段加强农产品物流保鲜的政策导向。

①坚持以国家最新出台的有关法律、法规和标准为依据；

②全面吸收最新的科技成果；

③充分结合现有蓄冷包的生产、冻结、使用、运输和储存等环节的实际情况；

④力求先进技术与可操作性、实用性的统一；

⑤力求做到结构完整，技术要求科学合理，文字简练、明确、易懂。

2. 协调性原则

在编制过程中，凡国家现行的行业标准及农业部标准以及质量安全要求已有规定的，本标准力求与其保持一致，力求使本标准有一定

的先进性、通用性和可操作性。

3. 科学性和适用性原则

本标准在编制过程中，对有关概念、定义和论证等内容的叙述尽可能清楚确切，并开展过案例验证研究，对所拟标准进行验证，使得本标准执行起来尽可能易实现和可操作，充分满足使用要求。

（二）标准主要技术内容及其确定依据

本文件的主要内容是根据我国食品冷链物流有关的国家和行业标准制订情况，结合近年来国内外高校、科研院所、企业实际操作过程关于蓄冷技术在生鲜农产品贮藏和运输中的研究成果、学术论文和生产现状，并参照相关标准而提出。

1、标准内容

本标准规定了蓄冷包在果蔬类农产品冷链运输中的选择、冻结和置换和储存方面的技术要求。

本标准适用于果蔬冷链运输过程中的各个阶段。

2、关键内容提出依据

（1）术语和定义

主要针对食品冷链物流、蓄冷技术、蓄冷包、蓄冷剂等术语进行了定义，其中食品冷链物流的定义重要参考并修改了 GB 31605-2020 中 2.1 的术语定义；蓄冷技术在本文件中被定义为“采用显热形式（即降低某一物质的温度）或潜热形式（冻结某种液体或溶液）存储冷量的方法，产品实现吸收并在低温下吸收并储存大量冷能量，而在温度较高时又能放出大量冷能量，较长时间保持自身及周围小范围内的低

温环境”。其主要依据市场调研、文献资料对蓄冷技术的独立定义；蓄冷剂在本文件中被定义为“由一组食品级有机或无机化合物组成的可蓄存冷量的混合介质，可反复充冷和释冷”，其主要依据文献资料查阅而实现该术语的综合概述；相变温度本文件中被定义为“物质发生相态转变时的温度”；相变潜热值本文件中被定义为“物质在等温等压环境下，从一个相变化到另一个相吸收或放出的热量”两者均主要依据文献资料查阅而实现该术语的综合概述。

（2）基本要求

主要针对果蔬类农产品在冷链运输过程中所采用蓄冷包的设计和制造、内含物蓄冷剂的选用，蓄冷包包装材料等方面提出了相关要求，其中蓄冷包的设计和制造主要包括其内外观、物理性能和水蒸气透过量及回收利用；蓄冷包内蓄冷剂要求应使用无毒、无害、无腐蚀性材料，应符合 GB 5749 的要求，并通过 GB 15193.3 急性经口试验的检查；蓄冷包包装材料的要求包括其安全性和理化性能，以上管理内容与要求都是根据企业调研结果、现行国标/行标要求、现有产品的实际应用等方面综合考虑给出。

（3）蓄冷包选择内容与要求

本部分内容主要针对果蔬保鲜对象、运输环境、蓄冷温度和蓄冷剂使用量规定了蓄冷包选择内容与要求，均是根据企业调研结果、现行国标/行标要求、软硬件设备研发与示范应用等方面综合考虑给出，其具体编写依据详见第三部分说明。

（4）蓄冷包的冻结说明

本部分内容主要针对蓄冷包的冻结条件进行说明，其中蓄冷袋的冻结温度与其装载蓄冷剂相变温度差宜为5℃-7℃，蓄冷盒（排）的冻结温度与其装载蓄冷剂相变温度差宜为7℃-10℃，二者结束蓄冷操作的标志均为内容物完全固化，以上所述方法都是依据企业实地调研、现行国标/行标等方面内容综合考虑给出。

（5）蓄冷包使用内容与要求

本部分内容主要针对蓄冷包的外观、标志、储存、检查、摆放、运输、补冷、卸货等方面规定了蓄冷包的使用要求。其中使用时选取的蓄冷包应外表面干净整洁、封口严实、内部为清亮液体或凝胶，无破损脏污、无漏液、无明显异味；选购时应选择外包装注明产品名称、生产企业名称、生产地址、产品批次、生产日期、产品用途、蓄冷保持温度和时间的蓄冷包产品；蓄冷包应储存于阴凉避光、坚实平坦的场地，常温或冰箱冷冻存放均可；使用前应检查蓄冷包的完整性，确保没有形变、破损和泄漏的情况；蓄冷袋和蓄冷瓶应包裹后放置于货物中间或者上部位置，也可置于侧面放置；蓄冷包适合不超过48h的中短途运输，运输过程中无特殊要求不宜开箱；蓄冷运输结束后，应在≤10℃的温度缓冲区进行装卸，且装卸搬运时间应控制在30min内。以上所述内容都是依据企业实地调研、现行国标/行标等方面内容综合考虑给出。其具体编写依据详见第三部分说明。

三、主要试验（或者验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期效果

（一）主要试验（或者验证）情况说明

主要验证结果显示，本标准所规定的主要技术经试验验证，被证实标准中涉及的条款、技术指标与试验方法均安全可靠，具有可行性与可操作性，能够用于农产品蓄冷包装技术要求。

1、蓄冷包选择

蓄冷材料主要有 3 种：显热储能（固态或液态比热储能）材料、半潜热储能（化学反应储能）材料、潜热储能（材料相变储能）材料。目前应用到食品包装中的主要是相变蓄冷材料，相变蓄冷材料是以低温方式将冷量存储起来，利用相变过程释放冷量，达到控制系统温度的目的。相变蓄冷材料的种类有很多种，如表 1 所示，实际应用时可以根据需要对所需的相变蓄冷材料进行筛选。

表 1 相变蓄冷材料的分类

分类依据	分类	举例
相变温度	低温相变蓄冷材料	水、某些水合盐
	中温相变蓄冷材料	大多数水合盐和有机物，如石蜡、脂肪酸等
	高温相变蓄冷材料	熔融盐和金属合金材料
相变类型	液-气相变	水
	固-液相变	水、大多数有机物和无机物
	固-气相变	干冰
	固-固相变	多元醇类、无机盐类
组成成分	无机相变蓄冷材料	水、NaCl、$CaCl_2 \cdot 6H_2O_{l4}$、$NaSO_4 \cdot 10H_2O$
	有机相变蓄冷材料	石蜡、脂肪酸类、高分子聚合物类、甘氨酸、蔗糖
	复合相变蓄冷材料	甘露醇和碳酸钠和羧甲基纤维素钠复配、甘露醇（$C_6H_{14}O_6$）和氯化钾（KC1）、淀粉系吸水树脂和 NaCl 溶液

1.1 不同蓄冷材料的特性分析

如表 2 所示，对不同非冷冻低温区定形相变蓄冷材料的特性测定结果显示，水杨酸乙酯相变潜热低于 100J/g，应用价值不大。十四烷、正癸醇、月桂酸甲酯的 Onset 温度虽然在目标温度范围内，但单独使用存在部分缺点如易燃，成本较高等；月桂酸和正癸酸相变温度两种

物质相变潜热高，基本没有过冷度，应用性强，成本低，是较为常用的相变材料。相变潜热最大且共融性和稳定性最好的二元复配物是月桂酸/十四烷（wt，3.12：96.88），相变温度 4.03℃，相变潜热 207.05 J/g；相变温度适宜且相变潜热相对较高的是月桂酸/十四烷（wt，6.17：93.83），相变温度 3.89℃，相变潜热 192.61 J/g；相变可调规律性良好的二元复配物是正癸酸/正癸醇，正癸酸含量在 34.51％～47.24％之间相变温度 0.96～3.60℃，相变潜热 155～171 J／g；正癸酸/月桂酸甲酯复配物相变潜热高，可作为 0℃左右相变材料；正癸酸/十四烷（wt，17.84：82.16）Onset 温度 3.18℃，相变潜热 200.95J/g，在该配比下性能优异。冻融循环前后，蓄冷剂的 DSC 测试结果基本不变，且 50 次循环以后复配物没有明显的分层现象，基本无相分离。冻结实验结果如图 1 所示，复配物过冷现象不明显，蓄冷剂均能达到共融，基本无过冷现象，理化性能较稳定。0.6 mol/L$C_6H_{14}O_6$溶液和 0.2mol/L 的 KCl 溶液体积比按 1∶1 比例配置成复合物时，Onset 温度为-5.1℃，相变潜热为 296.3J/g，适合在低温领域应用，相变潜热值较高。该有机/无机的复合相变蓄冷剂主储能剂可以在低温物流、冷链运输领域大规模应用。

对 L-苹果酸、木糖醇、双乙酸钠、乳酸钙和丁二醇水溶液的相变潜热随着溶液浓度的增加而呈减小的趋势。其中 L-苹果酸、木糖醇、双乙酸钠、丁二醇水溶液的相变潜热随着溶液浓度的增加降低的较快，甘露醇和乳酸钙较慢，且在 290J/g 以上。L-苹果酸、木糖醇、双乙酸钠、丁二醇的水溶液的 Onset 温度随着浓度的增加呈不断减小

的趋势，其 Onset 温度变化范围广，随着浓度增加而不断下降的特性很好的满足了本课题相变点可调的要求。且其甘露醇和乳酸钙水溶液的 Onset 温度较稳定，是很好的复合物的单体物质。虽 L-苹果酸、木糖醇、双乙酸钠、丁二醇的水溶液的 Onset 温度变化范围广，但其相变潜热变化的太快，也太低，远远不满足 290J/g 以上，即使与高相变潜热物质复合也很难达到 290J/g 以上。甘露醇和乳酸钙的 Onset 温度较稳定，且相变潜热在 290J/g 以上，可以复合 Onset 温度更低、较稳定且相变潜热也较高的相变材料，是很好的复合物的单体物质。

表 2 不同蓄冷材料的 DSC 热物性数据

有机物	Onset/℃	ΔH/(Jog-)
十四烷	4.57	200.13
月桂酸	42.84	160.58
月桂酸甲酯	3.75	175.21
水杨酸乙酯	1.3	95.69
正癸醇	3.42	180.93
正癸酸	28.63	145.06
月桂酸／十四烷	3.89	193.36
正癸酸／正癸醇	2.12	167.67
正癸酸／月桂酸甲酯	0.38	169.49
月桂酸甲酯／月桂酸	2.32	158.58
正癸酸／十四烷	3.19	191.48
$C_6H_{14}O_6$/KCL（1:1）	-5.10	296.3

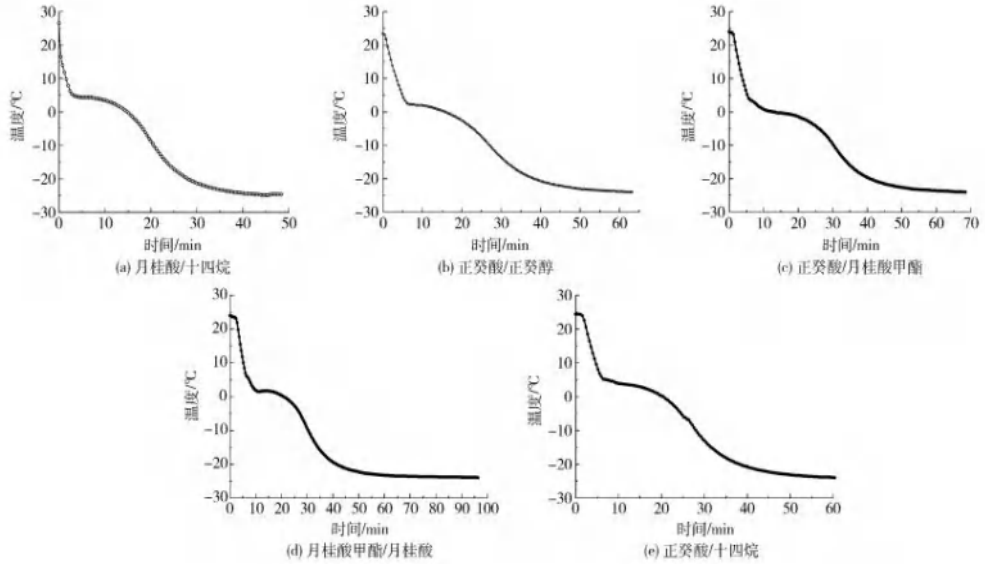

图 1 复配蓄冷材料蓄冷 T-t 曲线

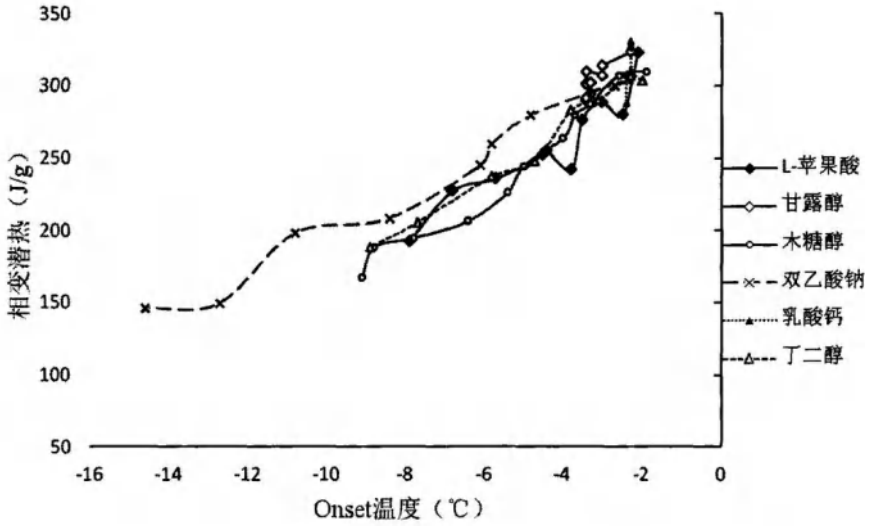

图 2 L-苹果酸、木糖醇、双乙酸钠、乳酸钙和丁二醇水洛液相变潜热与 Onset 温度

1.2 蓄冷包的性能测试

市售蓄冷包相变潜热和相变温度测定结果如表 3 所示，Onset 相变温度最低的为-2.5℃。

表 3 市售蓄冷包 DSC 测定结果

序号	名称	生产企业	相变潜热 J/g	相变温度℃
1	IcePack	Rainbow	319.8	-1.8
2	生物冰袋	上海虹历实业有限公司	316.9	-2
3	生物冰袋	上海惠洲实业有限公司	254.4	-1.9
4	保鲜冰袋	天猫喵鲜生	317.5	-1.7
5	冰袋	未知企业	299.3	-1.7
6	超级冰袋	上海康巨实业有限公司	298.4	-1.9
7	冰袋	湖北周黑鸭食品有限公司	307.6	-1.7
8	相变蓄冷剂	北京优冷科技有限公司	214.2	-1.7
9	保冷剂	日本某企业	275.9	-2.9
10	高效蓄冷剂	上海源叶生物科技有限公司	318.1	-1.8
11	碧云天	碧云天生物技术研究所	272	-1.8
12	齐冰蓄冷冰袋	南京齐冰科技有限公司	294.4	-2.4
13	TIANDZ	北京天恩泽基因科技有限公司	306	-1.9
14	冰袋	中国.北京裕顺丰商贸有限责任公司	305.6	-2.1
15	超级冰袋	上海创始实业（集团）有限公司	263.2	-2.3
16	海科森高效冰袋 1	海科森科技有限公司	300.3	-1.8
17	冰皇超低温冰袋	广州市谊麗科技有限公司	288.7	-2.9
18	海科森高效冰袋 2	海科森科技有限公司	289.5	-1.9
19	储能冰袋	北京优冷冷链科技有限公司	309.3	-1.7
20	阿拉丁超级冰袋	未知企业	295.7	-2.5
21	SUPER ICE PACK	未知企业	296.5	-1.8

针对农产品高校蓄冷相变蓄冷包（配方：乳酸钙 0.025mol/L，氯化铵 0.04mol/L，高吸水性树脂 0.8％，山梨酸钾 0.15％，相变温度-2.5℃，相变潜热 308J/g，包装形式为软袋，规格为 190mmx130mm，空袋重 6g，内可容纳 250g 蓄冷剂，配置对应蓄冷剂后以热封机封口。物流包装；材质 EPS 聚苯乙烯，容器内径 265mmx190 mmx210mm，外径 335mmx260mmx285mm，容器壁厚 35mm），物流模拟试验条件如表 4，在鸡腿菇、荔枝和三文鱼冷藏物流中进行测试，结果如图 3 所示，在 3、4 袋蓄冷袋试验组在目标温度以下维持时间分别为 18 小时、22.5 小时、17 小时左右，远高于不放蓄冷袋的对照组，且这两种处理试验温度走势较为相似，可近似认为 3、4 袋蓄冷袋试验组约冷藏效果相似；而 2 袋蓄冷袋试验组维持时间相对于 3、4 袋试验组有所降低，效果也逊于 3、4 袋试验组，从效果与经济方面考虑，建议使用 3 袋-2.5℃蓄冷袋(750g)在 2500g 商品重量条件下室温 28℃进行冷藏，效果较好，可以在较长时间内保证试验冷藏食品的温度。

表 4-1 蓄冷包物流模拟试验条件

	试验组	物料	蓄冷剂质量 g	物料重量 g	蓄冷剂与物料比例
1	对照（无蓄冷剂）	鸡腿菇	0		-
2	2 袋蓄冷剂	鸡腿菇	500		3:15
3	3 袋蓄冷剂	鸡腿菇	750		3:10
4	4 袋蓄冷剂	鸡腿菇	1000		≈3:7
5	对照（无蓄冷剂）	荔枝	0		--
6	2 袋蓄冷剂	荔枝	500	2500	3:15
7	3 袋蓄冷剂	荔枝	750		3:10
8	4 袋蓄冷剂	荔枝	1000		≈3:7
9	对照（无蓄冷剂）	三文鱼	0		-
10	2 袋蓄冷剂	三文鱼	500		3:15
11	3 袋蓄冷剂	三文鱼	750	さ	3:10
12	4 袋蓄冷剂	三文鱼	1000		≈3:7

表 4-2 蓄冷包放置图

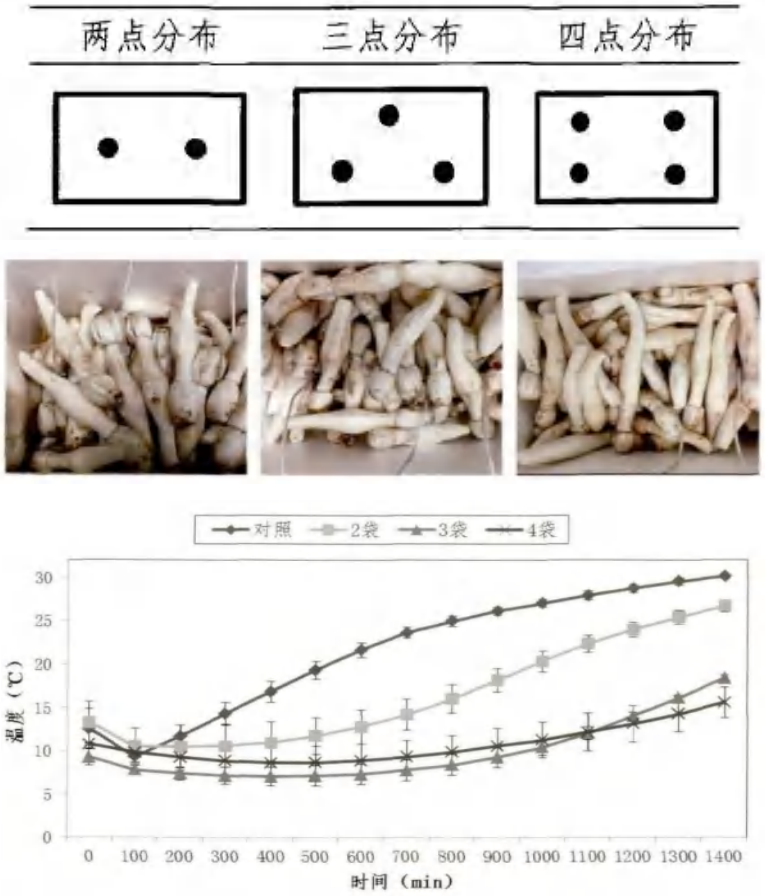

图 3-A 鸡腿菇冷藏 T-t 曲线

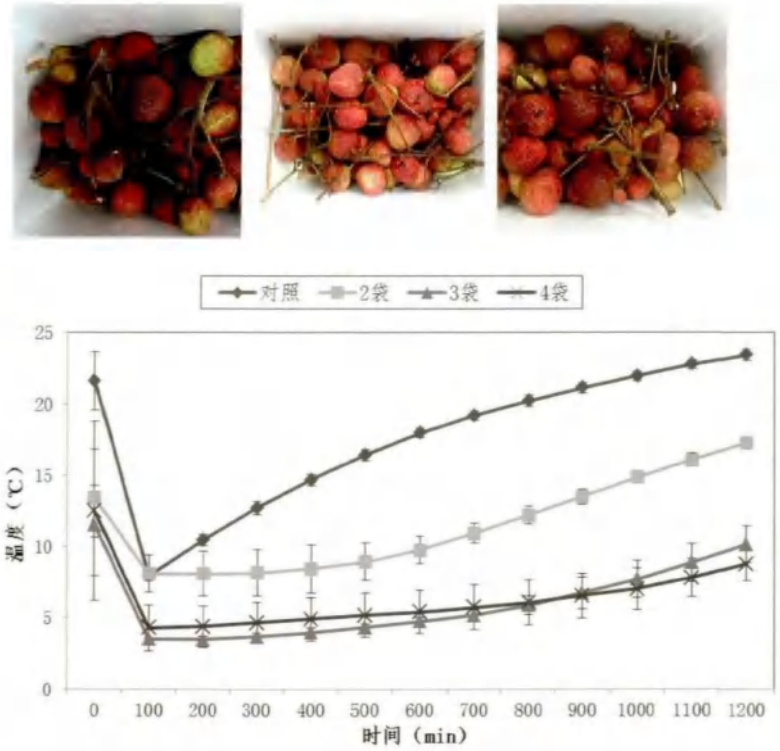

图 3-B 荔枝冷藏 T-t 曲线

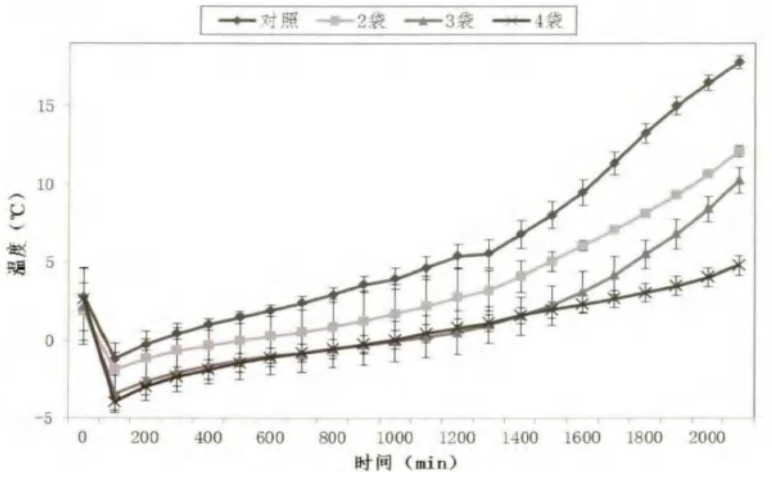

图 3-C 三文鱼冷藏 T-t 曲线

2、蓄冷包的使用

采用相变潜热 329.7J/g、相变温度-1.5℃的蓄冷包和普通冰在泡沫箱（600mm×451mm×230mm，壁厚 30mm，导热系数为，0.042W/(m·K)中进行蓝莓果实的模拟冷链物流，产品质量和蓄冷包质量比为 2:1，结果如图 4 所示，产品质量和蓄冷包质量比为 2:1 的包装内初始温度 2.9℃，19h 后箱内温度接近室温，所以蓄冷包的相变温度应低于产品蓄冷流通温度 3℃-5℃。

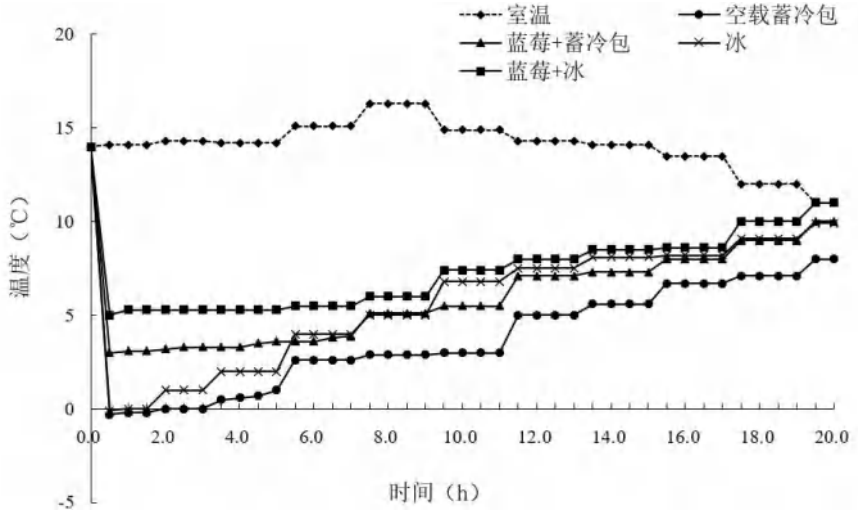

图 4 冷链过程中温度变化

此外，低温可能诱发冷敏型果实冷害，因此需将冷敏果蔬的冷害温度考虑在内，冷敏型果蔬运输过程中温度如表 5。

表 5 常见冷敏果蔬的适宜蓄冷温度

水果	适宜蓄冷温度(℃)	蔬菜	适宜蓄冷温度（℃）
香蕉	11~13	茄子	9~12
芒果	11~12	豆角	10~12
甜橙	3~5	甜椒	4~6
甜瓜	6~8	辣椒	7~10
哈密瓜	3~5	西葫芦	9~10
油桃	0~1	苦瓜	9~12
菠萝	10~13	黄瓜	7~10
西瓜	10~12	番茄	8~10

如图 5 所示，精准温控箱+蓄冷剂组箱内温度低于精准温控箱组，说明蓄冷剂为蓝莓贮藏环境引入了冷源，使得贮藏期间箱体内部温度更低；采用了精准温控箱的贮藏环境温度波动更小，说明精准温控箱在蓝莓贮藏期间发挥了有效控温作用，且加入蓄冷剂后进一步对箱内温度进行了精准控制，控温效果更佳，整个贮藏期间精准温控箱+蓄冷剂组箱内温度为-0.04±0.04℃。

目前蓄冷包装主要形式有蓄冷袋、蓄冷板、蓄冷盒（排）以及蓄

冷微胶囊四种，其中蓄冷袋的应用更为广泛，新鲜食品、药品等的运输主要使用“温控包装+蓄冷袋”的配送模式，保持产品品质的效果更好，也更便宜；平板式结构的蓄冷板由于体积较大，主要用于大型冷藏设备和冷库中；蓄冷盒（排）呈板式盒状，与蓄冷袋相同的是蓄冷盒也是结合温控箱一起使用的，但蓄冷盒（排）可以固定位置，在运输中不会发生摇晃、挤压，更适用于贵重产品的冷链运输。蓄冷微胶囊是一种新型蓄冷剂，使用一层或多层质量好、结构稳定、安全的高分子聚合物膜将蓄冷剂包裹在内，粒径小、表面积大，具有更好的稳定性和传热效率，并且可以解决蓄冷剂与产品接触不均匀的问题。

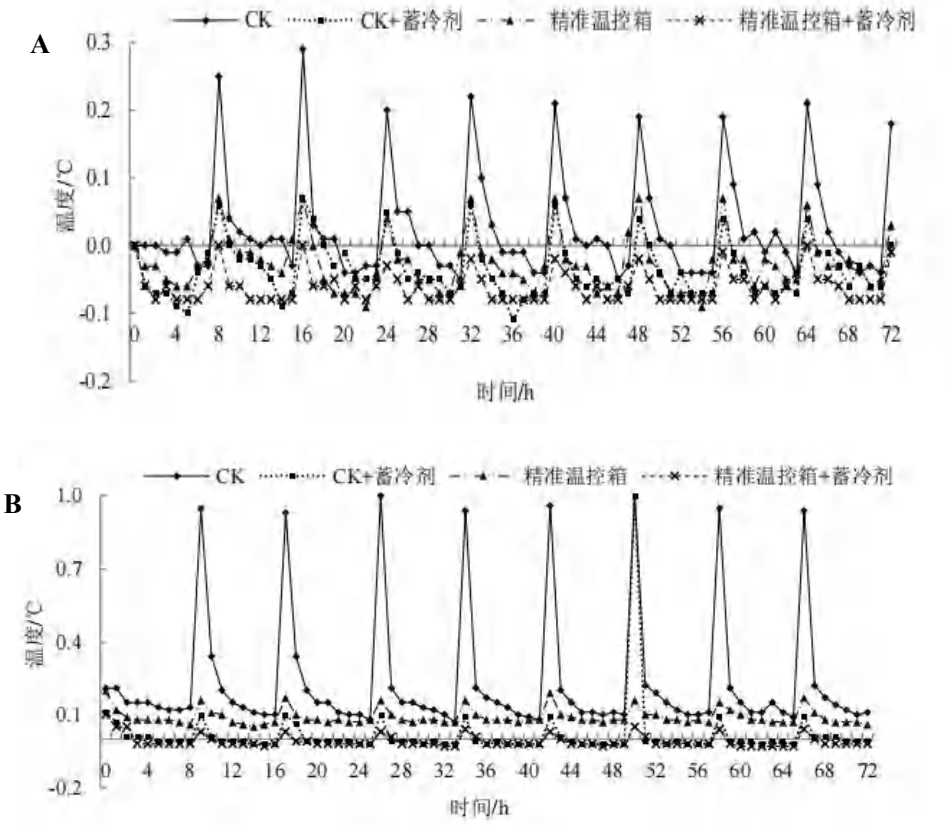

图 5 蓄冷剂模拟配送在不同环境内部温度变化（A，蓝莓；B，葡萄）

2.1 蓄冷包的用量

通过对蓝莓、苹果、梨、西蓝花等果蔬采用不同质量蓄冷包进行

蓄冷，并测定蓄冷包装内的温度，研究结果显示，蓝莓果实冷链物流中内产品质量和蓄冷剂质量比例为 5:1，包装 8 小时，温度达到 10℃；包装 24 小时，温度达到 14℃。产品质量和蓄冷剂质量比例为 2:1 和 3:1 时，包装 15 小时，温度均第于 10℃，且二者无显著差异。产品质量和蓄冷剂质量比例为 2:1 和 3:1 时，包装 24 小时，温度均第于 20℃。因此，保温时长在 8h 内产品质量和蓄冷剂质量比例不超过 5:1；需要保温时长 24h 内产品质量和蓄冷剂质量比例不超过 3:1。

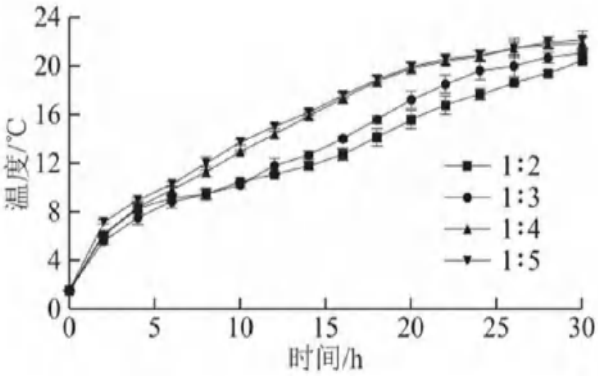

图 6 蓝莓果实冷链物流中蓄冷包用量对其内环境保温温度的影响

进行蓄冷道路试验，相变蓄冷车厢提前 12 小时开启制冷装置，使得蓄冷剂完全冻结待用。草莓与猕猴桃果实先经过人工挑选，选择成熟度、品相、损伤情况符合试验要求的果实进行试验。将果实置于透明塑料膜具、EPS 泡沫箱、果蔬周转箱中，置于冷库中预冷 6～8 小时。预冷完成后，在物料箱中与集装箱内外安装温度传感器，并封箱堆垛，置于农产品冷链专用高效蓄冷剂集装箱中进行密闭保温运输试验。农产品专用高效蓄冷车可装载蓄冷剂 2940kg，并提供 158 小时 0～10℃温度条件的运输能力。通过计算，相变蓄冷车充分充冷总计需花费 185 元电力成本，而要达到相同制冷量机械制冷车则需花费

燃料费用 470 元，相变蓄冷制冷方式相比于机械制冷方式可节省能源成本多达 60%以上。不同种类的相变蓄冷剂所导致的相变温度的不同，外界气温的高低，冷藏食品本身的呼吸强弱，都会让蓄冷剂与商品的比例有所改变。所以应按照要求的贮运温度、维持时间和贮运经济性等各方面因素确定合理的蓄冷剂使用量比例。蓄冷剂与商品比例，普通果蔬、食用菌等一般以 3；10～5：5 为宜，高附加值产品如鲜活大龙虾等可达 2：1。能够使得草莓、猕猴桃、杨梅等易腐果实在运输过程中最大程度降低损失。并且在运输完成以后，蓄冷车厢仍能够继续保持相当长一段时间的低温环境，给予后续的流动、更大量的运输任务、更易腐的物料的运输留有了宽广的余地。

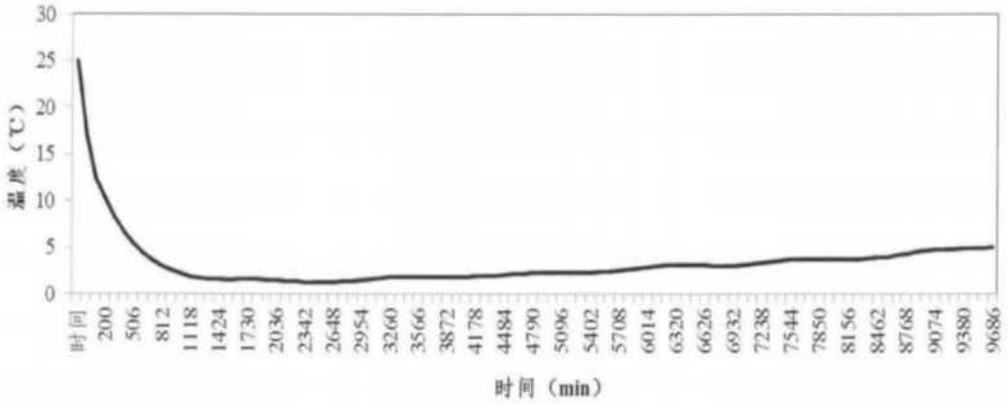

图 7 车厢内温度波动情况

2.2 蓄冷包的摆放

将蓄冷包分别放置于货物中间、顶部、侧面和底部，并分别采用 1:1、1:2 和 1:3 的蓄冷包和产品质量比，模拟苹果果实和西蓝花冷链物流，并对其内环境温度进行测定。蓄冷剂在－10℃蓄冷 24h 后，在泡沫箱（600mm×451mm×230mm，壁厚 30mm，导热系数为，0.042W/(m·K)中进行摆放，果蔬分别在 4℃预冷 24h，在温度 20℃，

环境下进行测试。结果显示，蓄冷包放置于产品顶部和侧面保冷效果更好，置于底部保冷效果较差。在苹果果实中蓄冷包和产品质量比1:2和1:3均能有效保冷24小时，西蓝花中蓄冷包和产品质量比1:2时，能更好达到保冷效果。因此，蓄冷袋和蓄冷瓶应包裹后放置于货物中间或者上部位置，也可置于侧面放置，但应避免放在商品的下部。蓄冷板宜固定在保温箱体顶部或侧面位置。此外，由于果蔬为易腐商品，易受微生物侵染，因此蓄冷包使用前应清洁、消毒，并避免与产品直接接触。

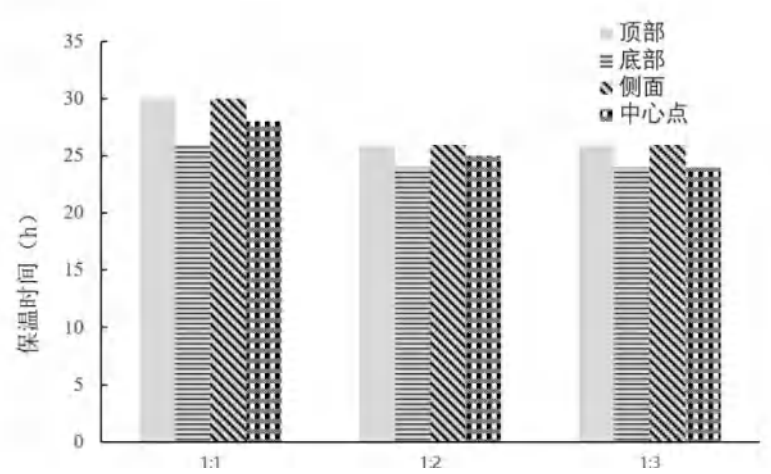

图8 蓄冷包不同摆放位置和质量对苹果果实冷链物流中保温温度的影响

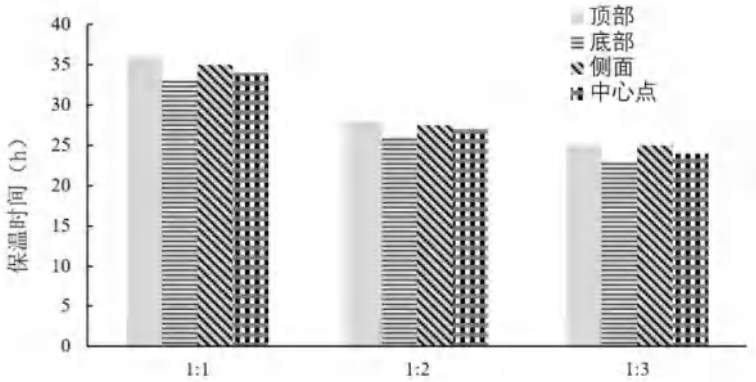

图9 蓄冷包不同摆放位置和不同质量对西蓝花冷链物流中保温温度的影响

3、农产品专用蓄冷剂的应用

3.1 杨梅

杨梅采后置于 0-4℃预冷 6h，以 04℃预冷 6h 后的杨梅作为实验材料，以壁厚 25mm 聚氨酯泡沫箱为运输单元包装，按果实：相变蓄冷剂＝7：3 的质量比在果实（3.5Kg）上方固定放置相变蓄冷剂包（1.5Kg），考察课题组开发的相变蓄冷剂（配方：0.04mol / L 的乳酸钙、0.04mol/L 的 NH4C1 和 2.1％的树脂）（Onset 为-4.1℃，相变潜热为 299.1 J/g）、冰袋（CK1，Onset 为-1.0℃，相变潜热为 330.1 J/g）、市售蓄冷剂（CK2，Onset 为-2.3 ℃，相变潜热为 263.2 J/g）、以及无蓄冷剂（CK3）等 4 种贮藏条件下 48h 后的杨梅贮藏保鲜效果。

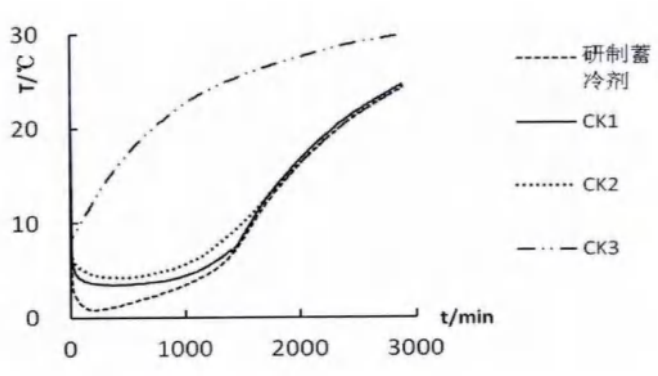

图 10 复合相变蓄冷剂 T-t 曲线

相变蓄冷剂可维持 1090min 的 0～4℃低温，箱内最低温度 0.8℃，CK1 可维持 790min 的 0～4℃低温，箱内最低温度 3.4℃，CK2 和 CK3 贮藏条件均未能将箱内温度维持在 4℃以下。相变蓄冷剂的性能对杨梅保鲜效果有显著的影响。且在设计的 onset 温度下贮藏箱内无过冷点，可广泛应用于果蔬保鲜。

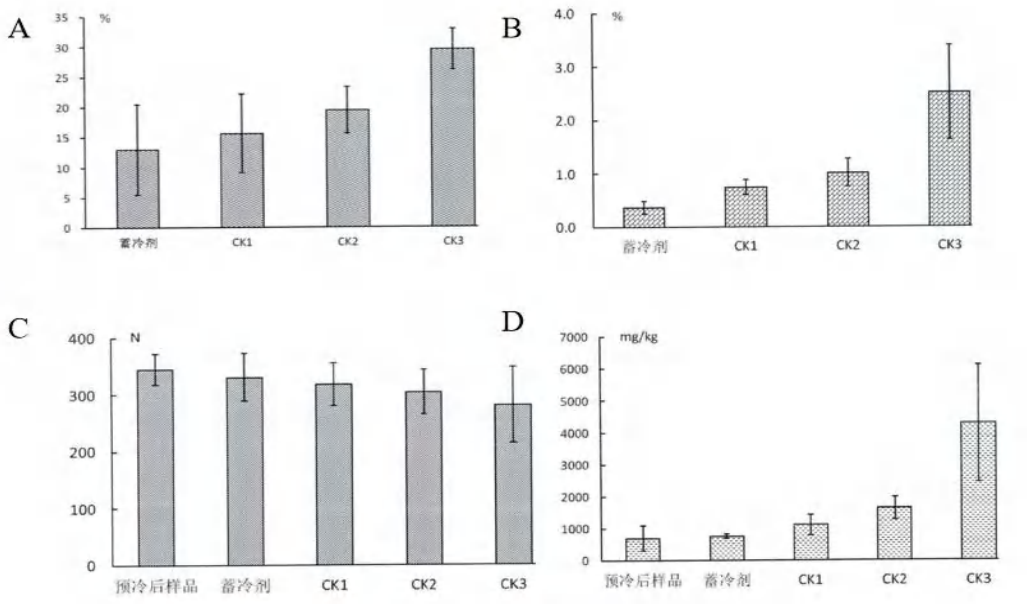

图 11 复合相变蓄冷剂对杨梅藏的保鲜效果

（A，腐烂指数；B，失重率；C，硬度；D 乙醇含量）

3.2 食用菌

针对食用菌的冰点，以相变温度-2~-1℃，相变潜热超过 280 J/g 为目标，研制一种具有适宜相变温度和较高相变潜热的相变蓄冷剂。配方为：麦芽糖醇 1.72%，硫酸钾 2.09%，纳米二氧化钛 0.01%，高吸水性树脂 0.50%，其余为水。将其应用于杏鲍菇和香菇的贮藏保鲜，研发的蓄冷剂能够有效地营造杏鲍菇和香菇在贮藏过程中的低温环境。对于杏鲍菇来说，蓄冷剂组的杏鲍菇可在食用菌较佳贮藏温度区间 0~6℃内保持约 26 h，而冰组仅可保持约 10 h，若以其温度达到室温（约 22℃）时记为失效，对照组在 55 h 失效，蓄冷剂组在 65 h 失效，冰组在 57 h 失效；而对于香菇来说，蓄冷剂组可在 0~6℃温度区间内保持约 23 h，冰组可保持约 5 h，若以其温度达到室温（约 22℃）时记为失效，对照组在 46 h 失效，蓄冷剂组在 57 h 失效，冰组在 51h 失效。由此表明，蓄冷剂组相对于冰组，更有利于维持预期的低温环

境。

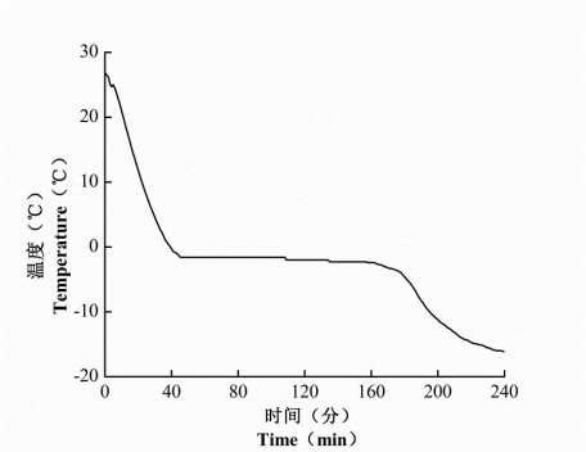

图 12 蓄冷剂的 T-t 曲线

表 6 蓄冷剂经历反复冻融的相变温度和相变潜热随时间的变化

时间(d)	相变温度(℃)	相变潜热(J/g)
0	-1.64 ± 0.04	295.14 ± 0.68
7	-1.63 ± 0.17	294.48 ± 2.79
14	-1.60 ± 0.08	290.77 ± 1.60
21	-1.57 ± 0.12	289.35 ± 0.54
28	-1.55 ± 0.11	284.12 ± 3.42

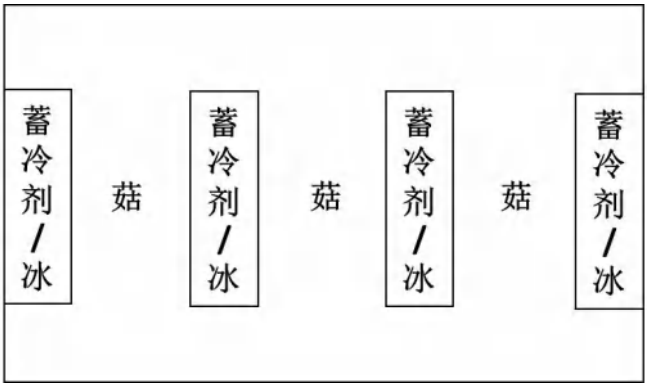

图 13 蓄冷剂在泡沫箱内的放置方式

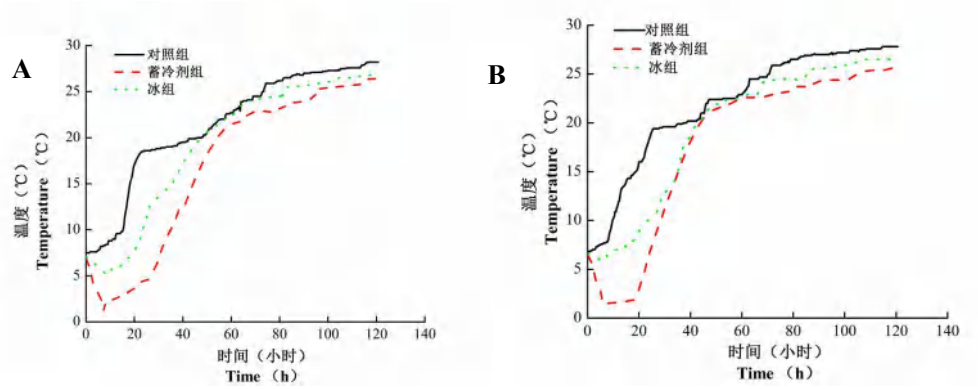

图 14 贮藏过程中泡沫箱内温度变化（A，杏鲍菇；B，香菇）

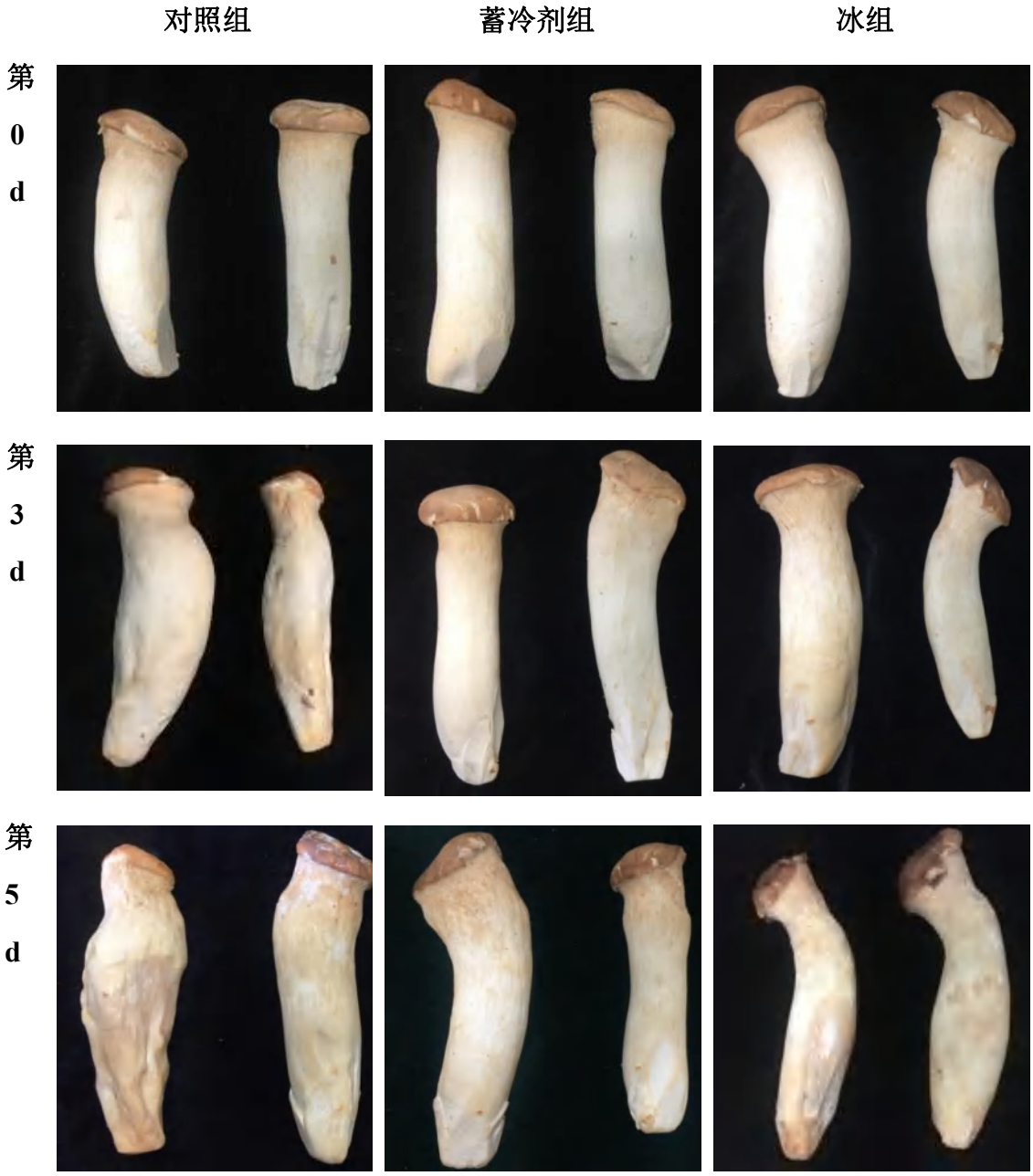

图 15 杏鲍菇在贮藏初期（第 0 d）、中期（第 3 d）和末期（第 5 d）的照片

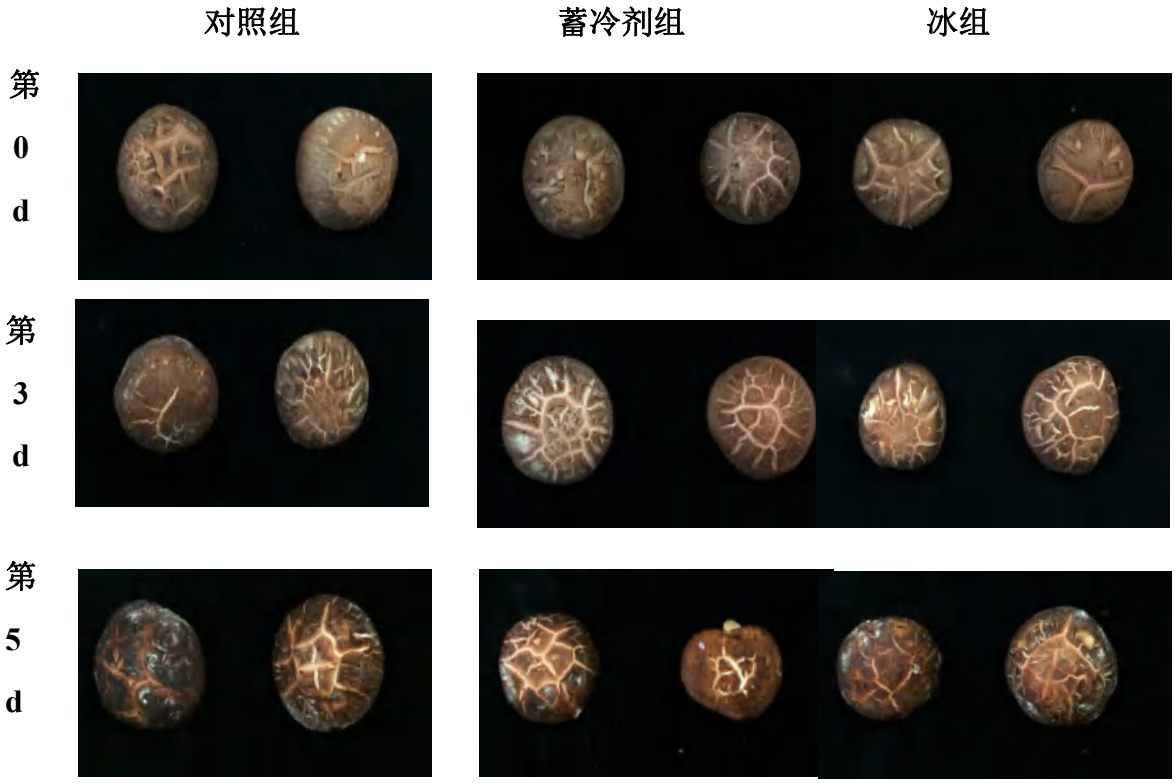

图 16 香菇在贮藏初期（第 0 d）、中期（第 3 d）和末期（第 5 d）的照片

蓄冷剂处理能够更好地维持杏鲍菇和香菇的感官特性，也能有效控制它们的蒸腾作用，减少其质量损失，此外，对于两种食用菌的色泽、硬度等品质指标均有正相作用，可以延缓杏鲍菇和香菇的品质劣变。

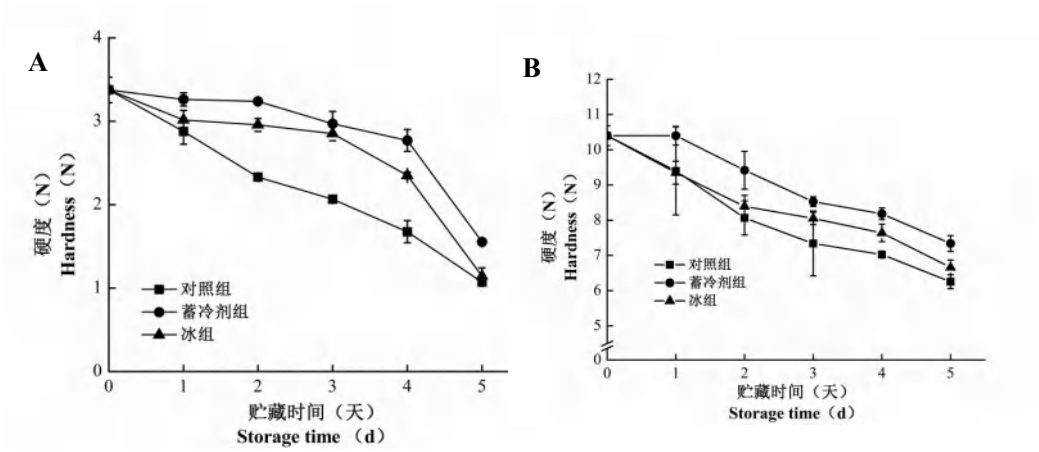

图 17 杏鲍菇（A）和香菇（B）硬度的变化

（二）本标准应用后的预期效果

1、可有效提升农产品冷链物流过程中蓄冷技术管控水平，有效加强蓄冷包在果蔬类农产品冷链中的使用规范，减少行业、企业和事业单位在蓄冷包选用过程中的失误，以及由此而带来的重大经济损失，进而创造更大经济效益。

2、可为后续制定蓄冷包相关技术规范的国家标准做好基础准备，并提供有力的技术支持，以填补我国在该项目上的空白，为执法部门解决此类经济纠纷提供裁决的技术保障。

3、可推动科技创新，将利于提升果蔬质量和安全水平、增强产品市场竞争能力，满足人民生活质量提高和出口贸易的需求，增加农民收入，促进产业发展。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

无。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系；

本标准的制定以《中华人民共和国标准法》、《中华人民共和国农业法》为依据，并在符合 GB/T 1.1-2020《标准化工作原则导则 第1部分：标准的结构和编写原则》和《农业标准编写规则》的基础上，参考了 GB 31605-2020 食品冷链物流卫生规范、GB 4806.7-2023 食品安全国家标准 食品接触用塑料材料及制品、GB 15193.3-2014 食品安全国家标准 急性经口毒性试验、GB 5749-2022 生活饮用水卫生

标准、GB/T 42503-2023 农产品产地冷链物流服务规范、GB/T 5737-1995 食品塑料周转箱、GB/T 34344-2017 农产品物流包装材料通用技术要求、GB/T 28117-2011 食品包装用多层共挤膜、袋、GB/T 1037-2021 塑料薄膜与薄片水蒸气透过性能测定 杯式增重与减重法、GB/T 21302-2007 包装用复合膜、袋通则、NY/T 4168-2022 果蔬预冷技术规范，突出了本标准编写应遵循的特色和原则，与现行法律、法规和国家标准、行业标准、地方标准都不冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准广泛征求了有关专家、生产单位和相关部门的意见，并根据本标准制定的原则，采纳了合理的意见和建议，完善本标准的内容和结构。与现行相关标准之间不存在重大意见分歧。

七、作为强制性标准或者推荐性标准的建议

建议本标准作为推荐性行业标准发布。

八、涉及专利的有关说明

无。

九、贯彻标准的要求、措施和建议，包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容

规程制定出来后要加大实施推广的力度，由各级农业行政、农业技术推广部门根据当地实际生产情况，产品需求，认真组织具体实施；逐级开展规程标准实施应用培训。各级组织实施部门要把规程的实施纳入中心工作，深入基层调查研究，解决实施中出现的各种难题。

十、废止现行有关标准的建议

无。

十一、其他应当予说明的事项

无。