壳聚糖复合涂膜联合气调对迷你黄瓜保鲜的影响

桑 煜[1]， 张 慜[*1]， 过志梅[2]

(1. 江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122；2. 无锡德林船舶设备有限公司，江苏 无锡 214191)

摘要： 为研究壳聚糖/明胶/单甘酯复合涂膜联合气调对果菜保鲜效果的影响，选择迷你黄瓜为试材，实验了单一气调和联合技术对迷你黄瓜失重率、呼吸强度、冷害指数、丙二醛含量、细胞膜渗透率、抗坏血酸含量以及水分状态指标的影响。结果表明，壳聚糖复合涂膜联合气调保鲜技术显著优于单一的气调保鲜技术，可有效保持果实品质，减少冷害现象的发生，在 8 ℃下可保鲜迷你黄瓜至 25 d。

关键词： 迷你黄瓜；壳聚糖；涂膜；气调

中图分类号：TS 255.36　**文章编号：**1673-1689(2019)12-0123-06　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.12.018

Effect of Chitosan Composite Coatings Combined with MAP on the Quality of Mini-Cucumbers

SANG Yu[1]， *ZHANG Min*[*1]， *GUO Zhimei*[2]

(1. School of Food Science and Technology，Jiangnan University，Wuxi 214122，China；2. Wuxi Delin Marine Equipment Corporation Limited，Wuxi 214191，China)

Abstract： In order to study the effect of chitosan / gelatin / monoglyceride composite coatings on the freshness of fruits and vegetables. Chose mini-cucumbers as test material. Researched the effects of MAP and combined technique on weight loss，respiration rate，chilling injury index，MDA content，cell membrane permeability，Vc content and water status of mini-cucumbers. The results showed that chitosan composite coatings combined with modified atmosphere preservation technology was superior to single atmosphere preservation technology，which promoted the quality of vegetables and reduced the occurrence of chilling injury，and extend the shelf life to 25 days at 8 ℃.

Keywords： mini-cucumber，chitosan，coating，MAP

小黄瓜属葫芦科蔓生植物，英文 “mini” 即“小”，故称小黄瓜又名“迷你黄瓜”[1]。由于迷你黄瓜的水分含量高，脆度大，果皮薄，导致其易发生机械损伤和腐烂现象。同时也是一种冷敏性果蔬，在低温贮藏过程中极易出现冷害现象，轻微的冷害时表皮会出现凹陷斑，随着冷害的加剧，会出现水渍状的斑点。如果黄瓜发生了冷害现象，随后极易在冷害斑上出现腐烂，影响其商品价值。因此，要想延长

收稿日期： 2017-03-15

基金项目： 江苏省重点研发计划(现代农业)重点项目(BE2015310217)。

* **通信作者：** 张　慜(1962—)，男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事生鲜食品加工、贮藏保鲜机理和工程研究。

E-mail：min@jiangnan.edu.cn

引用本文： 桑煜，张慜，过志梅. 壳聚糖复合涂膜联合气调对迷你黄瓜保鲜的影响研究[J]. 食品与生物技术学报，2019，38(12)：123-128.

果实的贮藏期,避免冷害现象的发生至关重要。目前黄瓜的贮藏保鲜方法有很多,例如低温贮藏、涂膜保鲜、气调保鲜等,往往采用几种方式的联合保鲜,可弥补单一方式的不足。因此,此研究选择复合涂膜保鲜、气调保鲜、低温冷藏联合的保鲜技术来延长迷你黄瓜的贮藏期。

可食性涂膜保鲜技术一直是果蔬贮藏保鲜的重要方式之一[2]。通常采用天然糖类、蛋白质、脂质类等可食性的材料作为主要原料来制备膜制剂,在果蔬表面涂膜或制备成保鲜膜[3]。壳聚糖、明胶与单硬脂酸甘油酯作为可食性的膜制剂用于果蔬涂膜,可以降低气体的交换率,从而有效抑制果蔬的呼吸,还可以形成一层保护膜,减少水分与营养物质的散失,同时壳聚糖还具有杀菌抑菌的作用[4]。复合涂膜可使各种原料同时发挥各自的优点,弥补单一涂膜的不足,从而改善保鲜效果。因此本实验采用壳聚糖/明胶/单甘酯复合膜进行黄瓜的保鲜实验。

气调库是一种将冷库与气调技术相结合的贮藏设施。气调库不仅可以控制贮藏环境的温度、湿度等环境参数,还能控制所处环境的气体成分[5]。由于控制气调库中的气体成分[6],使果蔬一直贮藏于适宜的气体环境中,解决了自发气调前期降 O_2 困难,后期 CO_2 浓度高等问题,有利于品质的保持,可延长其保鲜期[7]。因此,本研究在气调保鲜技术的基础上,探讨了联合复合涂膜技术对迷你黄瓜保鲜效果的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

实验材料为迷你黄瓜,采购于雪浪山农场,采购后立即运回实验室,平摊于 8 ℃冷库中预冷 12 h。

1.2 仪器与设备

气调冷藏库:苏州凯康机械设备有限公司;常压冷库:无锡市企虹制冷有限公司;UV-2600 紫外分光光度计:上海天美科学仪器有限公司;磁力搅拌器:江苏金城国胜仪器有限公司;电导率仪:上海市奥豪斯仪器有限公司;NMR 20 低场核磁分析仪:上海纽曼电子有限公司。

1.3 实验设计

1.3.1 壳聚糖/明胶/单甘酯复合涂膜剂的制备 采用壳聚糖、明胶及单甘酯作为复合涂膜剂,通过单因素及正交实验优化涂膜配方,得到壳聚糖 15 g/L、明胶 40 g/L、单甘酯 6 g/L,甘油 30 g/L 为最佳质量浓度配比。将 1.5 g 壳聚糖溶解于 100 mL 的 10 g/L 质量浓度的醋酸中。按质量浓度配比加入一定量的明胶,单甘酯,甘油,在磁力搅拌器上充分混匀溶解,配成一定质量浓度的混合溶液,调 pH 为 5.5。

1.3.2 对迷你黄瓜进行涂膜处理 选择大小均匀、成熟度相对一致、无虫、无病害、无机械伤的迷你黄瓜作为实验材料。待配制的复合膜溶液冷却后,浸涂在迷你黄瓜上成膜。再将其放到通风处,使其尽快风干。

1.3.3 迷你黄瓜的贮藏实验 涂膜风干后的迷你黄瓜分为 2 组,第 1 组只进行气调贮藏(处理 A),气体成分体积分数为 4%O_2、2%CO_2、94%N,气调库的温度设定为 8 ℃;第 2 组先进行壳聚糖复合涂膜处理后,再贮藏于气体成分体积分数同为 4%O_2、2%CO_2、94%N_2 的气调库中(处理 B),其贮藏温度为 8 ℃。对照组只在 8 ℃下进行低温冷藏实验。每隔 5 d 取出样品进行质量指标的测试,每个指标至少进行 3 次重复实验。

1.4 指标测定与方法

1.4.1 呼吸强度的测定 采用静置法,结果以 mg/(kg·h)表示[8]。

1.4.2 失重率的测定 失重率(%)=(初始质量-最终质量)/初始质量×100%[9]。 (1)

1.4.3 冷害指数(CI)的测定 从各实验组中随机抽取 10 个果实进行冷害指数测定。冷害等级按严重程度分为 5 级:正常 1 级,2 级占面积 0~25%,3 级 26%~50%,4 级 51%~75%,5 级 76%~100%。冷害指数 =Σ(冷害级别×该级别冷害果数)/(总果数×5)[10],冷害指数值的范围是 0~1[11]。

1.4.4 丙二醛(MDA)含量的测定 采用硫代巴比妥酸法,结果以 nmol/g 表示[12]。 (1)

1.4.5 细胞膜渗透率的测定 用打孔器打取果实组织,再用锋利的刀片将果实组织切成厚度相同的薄片(1 cm),切割时尽量减少损伤。称取切好的果实薄片 5 g 置于烧杯中,加入 60 mL 去离子水中,每隔 5 min 搅拌一次,40 min 后测水溶液的电导率 C_0,然后煮沸 5 min,冷却至室温测定电导率 C。相对电导率=C_0/C×100%[13]。

1.4.6 抗坏血酸(Vc)含量的测定 参照国标 GB6195—86,采用 2,6-二氯靛酚法测定,结果以 mg/hg 表示。

1.4.7 水分状态的低场核磁分析 迷你黄瓜的水分状态和分布情况在贮藏过程中的变化采用低场核磁(LF-NMR)进行测定。称取样品 5 g,NMR 的工作频率为 22.6 MHz。采用 Carr-Purcell-Meiboom-Gill(CPMG)序列软件进行测定。CPMG 参数设定如下:TW =7 000 ms,SW =100 kHz,NS =4,TE =1.000 ms,NECH=5 000。测定完毕后,将相关数据导出,样品产生的总的信号量除以样品的质量即得到每克样品所产生的信号量,并以此为根据画图作后续的比较分析。

试验数据用 Origin 9.1 与 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 复合涂膜联合气调技术对迷你黄瓜呼吸强度的影响

果蔬在采收后,仍然进行着呼吸作用。呼吸作用会消耗果蔬体内的有机物质,从而降低了果蔬的营养品质和贮藏性质,而且呼吸过程中释放的呼吸热也是影响果蔬贮藏性能的重要因素[9]。由图 1 可知,在贮藏过程中,迷你黄瓜的呼吸强度呈逐渐下降趋势,未表现峰型变化,证明迷你黄瓜是一种非呼吸跃变型的果蔬。刚采收回来的迷你黄瓜,呼吸旺盛,低温下贮藏可以抑制呼吸强度。气调贮藏、壳聚糖复合涂膜联合气调贮藏,两个处理组都有效降低了迷你黄瓜的呼吸强度,对照组与处理组的差异性显著(P<0.05)。

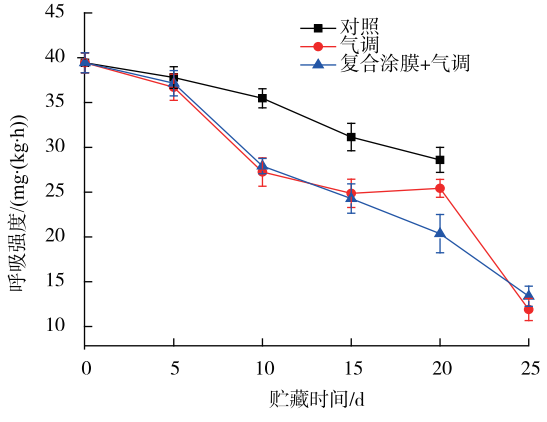


图 1 联合技术对迷你黄瓜呼吸强度的影响

Fig. 1 Effects of united technologies on respiration of mini-cucumbers

2.2 复合涂膜联合气调对迷你黄瓜失重率的影响

由图 2 可知,在贮藏过程中,3 个实验组的失重率都随着贮藏时间延长呈逐渐上升趋势。在贮藏过程中,伴随着呼吸作用与蒸腾作用的进行,迷你黄瓜中的水分会慢慢蒸散,导致失重率的增加。2 种处理组黄瓜的失重率相较对照组明显降低,其中,处理组 B 的抑制效果要优于处理组 A,在贮藏 20 d 后,其效果差异显著(P<0.05)。

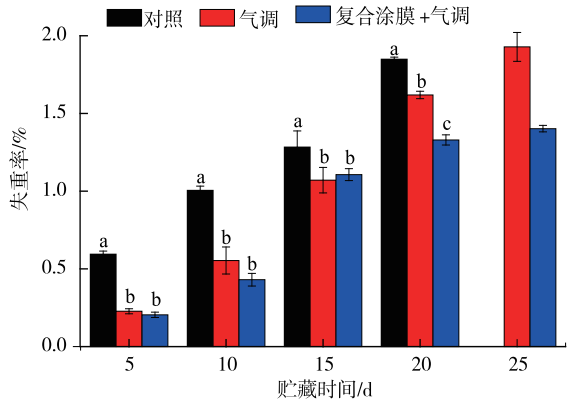


图 2 联合技术对迷你黄瓜失重率的影响

Fig. 2 Effects of united technologies on weight loss of mini-cucumbers

2.3 复合涂膜联合气调对迷你黄瓜冷害指数的影响

黄瓜是典型的冷敏性蔬菜,在 12 ℃下贮藏,极易发生冷害现象[14]。冷害指数是直观反映果蔬发生冷害情况的重要指标。由图 3 可知,随着贮藏时间的延长,黄瓜的冷害指数逐渐增大,说明冷害程度逐渐增大。对照组的迷你黄瓜在贮藏到第 5 天时出现了轻微的冷害现象,处理组在贮藏第 10 天时出现了冷害现象。贮藏到第 20 天时,对照组的迷你黄瓜冷害现象严重,冷害指数已达到 0.67,而且已伴有腐烂现象。处理组 A 的冷害指数达到 0.45,处理组 B 的冷害指数为 0.36,其差异显著(P<0.05)。这说明壳聚糖复合涂膜联合气调技术明显减小了冷害指数,降低了冷害现象的发生。

2.4 复合涂膜联合气调对迷你黄瓜丙二醛质量摩尔浓度的影响

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化反应的主要产物之一,通过丙二醛的积累量能判断出果蔬组织受损害的程度[9]。因此,丙二醛质量摩尔浓度可作为判断果实受冷害程度的重要指标之一。由图 4 可知,随着贮藏时间的延长,3 个实验组的 MDA 质量摩尔浓度都呈逐渐上升的趋势,其差异显著(P<0.05)。处理

组 B 的 MDA 质量摩尔浓度小于处理组 A 的质量摩尔浓度,显著小于对照组的质量摩尔浓度,这说明气调保鲜技术、壳聚糖复合涂膜联合气调保鲜技术都减少了迷你黄瓜受损害的程度,联合技术效果更优。

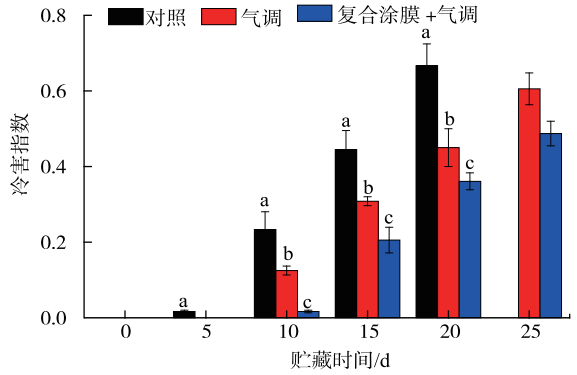


图 3 联合技术对迷你黄瓜冷害指数的影响

Fig. 3 Effects of united technologies on CI index of mini-cucumbers

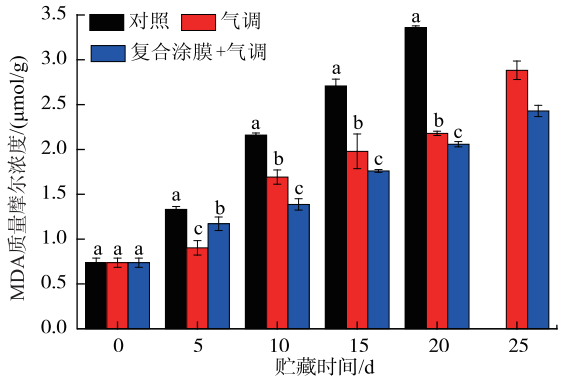


图 4 联合技术对迷你黄瓜丙二醛质量摩尔浓度的影响

Fig. 4 Effects of united technologies on MDA content of mini-cucumbers

2.5 复合涂膜联合气调对迷你黄瓜细胞膜渗透率的影响

细胞膜渗透率的大小是植物衰老或受胁迫程度的重要指标之一[15]。其值越大,表示电解质渗透量越多,细胞膜受损害程度越大。由图 5 可知,随着贮藏时间的延长,细胞膜渗透率是逐渐上升的。在贮藏到第 20 天时,对照组的相对电导率为 38.8%,而处理组 A 和处理组 B 的相对电导率分别为 30.3%,27.9%。由此可见,处理组可以减缓果皮的细胞膜渗透率的增速,减轻细胞膜受损害程度。这一结果与冷害指数、丙二醛含量的实验结果相符,说明壳聚糖复合涂膜联合气调保鲜技术可以在很大程度上减少冷害现象的发生。

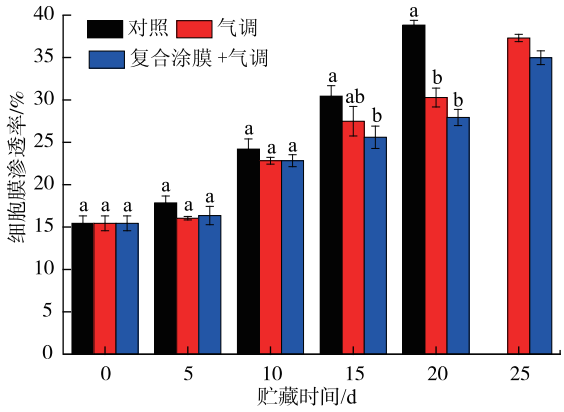


图 5 联合技术对迷你黄瓜细胞膜渗透率的影响

Fig. 5 Effects of united technologies on cell membrane permeability of mini-cucumbers

2.6 复合涂膜联合气调对迷你黄瓜 Vc 质量分数的影响

迷你黄瓜中富含大量的 Vc,Vc 的质量分数可以作为评价迷你黄瓜营养品质和贮藏效果的指标之一。贮藏前期,黄瓜的呼吸代谢旺盛,Vc 降解速度快,使 Vc 质量分数急剧下降。贮藏过程中,3 个实验组的保鲜效果差异显著(P<0.05)。气调保鲜技术、壳聚糖复合涂膜联合气调保鲜技术可以有效抑制 Vc 的降解。其中,联合技术的贮藏方式优于气调保鲜技术。

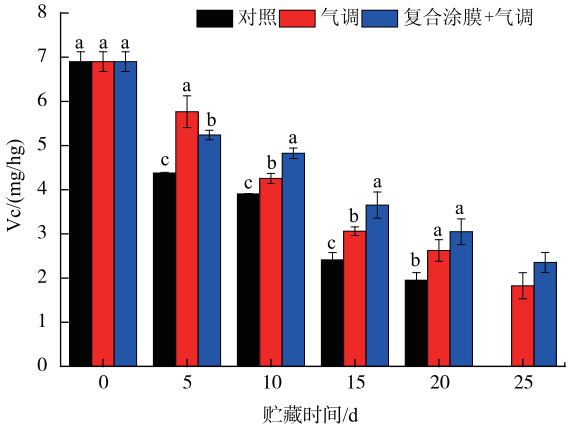


图 6 联合技术对迷你黄瓜 Vc 质量分数的影响

Fig. 6 Effects of united technologies on vitamin c content of mini-cucumbers

2.7 对迷你黄瓜水分状态的低场核磁分析

图 7、图 8 分别是迷你黄瓜在贮藏到第 10 天、第 20 天时针对不同处理的核磁共振图谱。果蔬在贮藏过程中,组织内部的水分状态会发生变化,从

而导致果蔬品质下降,贮藏期缩短[16]。水分在迷你黄瓜中可分为结合水、半结合水和自由水 3 种状态,分别对应反演谱 T_2 值的范围为 T_{21} (0.1~10 ms)、T_{22} (10~200 ms)和 T_{23}(200~2 000 ms)[17]。由图 7 可知,处理组 B:T_{22}=85.44,T_{23}=753.10;处理组 A:T_{22}=134.57,T_{23}=986.73;对照组:T_{22}=161.29,T_{23}=1 081.86。T_2 值越小,说明与非水组分结合越紧密,水分的自由度越小;T_2 值越大,说明结合越不紧密,水分的自由度越大[16]。水的自由度:处理组 B <处理组 A <对照组。图 8 可知,处理组 B:T_{22}=113.95,T_{23}=1 193.23;处理组 A:T_{22}=154.72,T_{23}=1 229.19;对照组:T_{22}=162.38,T_{23}=1 230.20,水的自由度大小与图 7 得到同样的结果。这说明处理组有效地减小了水的自由度,抑制水分的散失,而且处理组 B 的效果优于处理组 A,这可能是因为复合涂膜降低了水蒸气的透过性,减小了水的渗透,从而保留了果蔬中的水分。贮藏第 20 天的 T_2 值都大于第 10 天的,说明果蔬中部分的结合水已转化成自由水,自由度增大,易排出。如果能够采取一定的方法控制水分转移,降低水的自由度,对提高果蔬质量和延长贮藏期提供有力的保证。

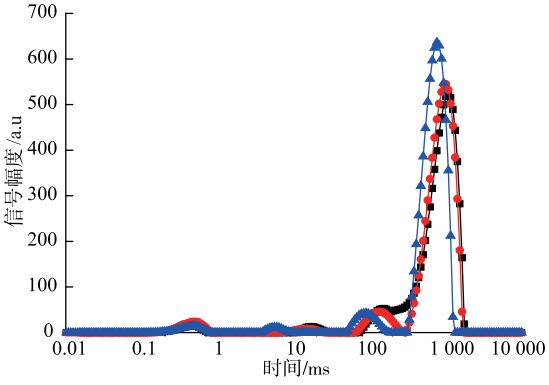


图 7 贮藏到第 10 天的迷你黄瓜低场核磁共振图谱

Fig. 7 Low field nuclear magnetic resonance spectrum of mini-cucumbers on the storage of 10th day

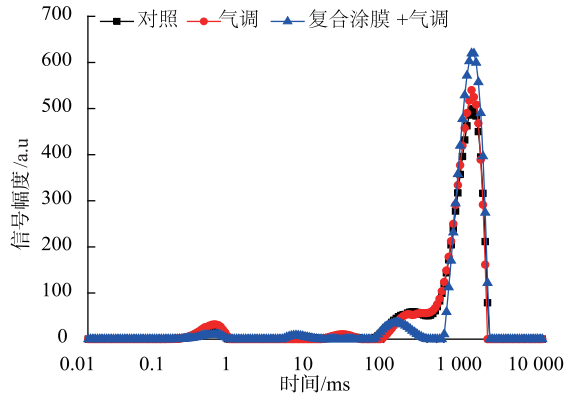


图 8 贮藏到第 20 天的迷你黄瓜低场核磁共振图谱

Fig. 8 Low field nuclear magnetic resonance spectrum of mini-cucumbers on the storage of 20th day

3 结 语

壳聚糖/明胶/单甘酯复合涂膜联合气调技术对迷你黄瓜的保鲜效果优于单一的气调保鲜技术。在 25 d 的贮藏过程中,联合技术有效地抑制了呼吸强度,减小了失重率,降低了冷害程度,抑制了水分的散失。且在 8 ℃冷藏条件下可延长水果黄瓜的贮藏期至 25 d。

参考文献:

[1] 尹建云. UV-C 结合热处理调控黄瓜冷害机理研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2013.

[2] AMON H,ZAITSEV Y,PORAT R,et al. Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit[J]. **Postharvest Biology & Technology**,2014,87(1):21-26.

[3] 方海峰. 壳聚糖 / 牛蒡 / 明胶 / 甘油复合膜制备及其在蓝莓保鲜中的应用[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2014.

[4] SHEN Dan,CHEN Rucai,WANG Mingli,et al. Study on the multiple coating material of chitosan,SiOx nanoparticals and single stearic acid glycerine ester in the preservation of cucumbers[J]. **Food and Fermentation Industries**,2006,32(12):164-166. (in Chinese)

[5] 董朝贤. 船用混合蔬菜的气调低温贮藏研究[D]. 无锡:江南大学,2016.

[6] MANJUNATHA M,ANURAG R K. Effect of modified atmosphere packaging and storage conditions on quality characteristics of cucumber[J]. **Journal of Food Science and Technology**,2014,51(11):3470-3475.

[7] 李艳. 番木瓜气调保鲜技术研究[D]. 无锡:江南大学,2007.

[8] FAN Jiali,ZHANG Min,ZHOU Hailian,et al. Study on the storage of mixed tomato and green pepper. during modified atmosphere packing with silicon gum film window (MAPW)[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2015,34(8):

873-878. (in Chinese)
[9] 曹建康,姜微波. 果蔬菜后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007.
[10] PEI Qianru,ZHU Benzhong,TIAN Huiqin,et al. Effect of gas composite on the chilling injury of cucumber under the storage of low temperature[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2014,35(3):105-108. (in Chinese)
[11] DONG J,YU Q,LU L,et al. Effect of yeast saccharide treatment on nitric oxide accumulation and chilling injury in cucumber fruit during cold storage[J]. **Postharvest Biology & Technology**,2012,68(2):1-7.
[12] LI Wenwen,LI Junjun,SHAO Yuanzhi,et al. Effects of storage temperature on quality and postharvest physiologies of chili fruits [J]. **Journal of Nuclear Agricultural Sciences**,2013,27(11):1692-1696. (in Chinese)
[13] 高慧. 油桃果实冷害及冷害生理机制研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
[14] CEN H,LU R,ZHU Q,et al. Nondestructive detection of chilling injury in cucumber fruit using hyperspectral imaging with feature selection and supervised classification[J]. **Postharvest Biology & Technology**,2016,111:352-361.
[15] 付婷婷. "大五星"枇杷采后低温冷害及变温处理效果的研究[D]. 成都:四川农业大学,2011.
[16] ZHU Shusen,ZHANG Xukun,HUANG Jianhua,et al. Testing and application progress of material internal moisture based on nuclear magnetic resonance[J]. **Food Science and Technology**,2012(6):294-298. (in Chinese)
[17] LIU Liping,LI Yulu,YU Yue,et al. Effect of calcium treatment on preservation of dapingding jujube by low-field NMR technology[J]. **Food and Fermentation Technology**,2014(2):16-19. (in Chinese)

科　技　信　息

澳新拟批准一种 α-淀粉酶作为加工助剂

2019 年 10 月 23 日，澳新食品标准局（FSANZ）发布 99-19 通知，其中 A1185 号申请请求允许一种 α-淀粉酶(Alpha-amylasee)作为加工助剂。

据了解，这种 α-淀粉酶是由转基因黑曲霉（GM Aspergillus niger）菌株深层发酵产生的，表达来自微小根毛霉(Rhizomucor pusillus)的 α-淀粉酶基因。该酶制剂是液体制剂,作为淀粉加工和饮用酒精生产的加工助剂使用。

[信息来源]食品伙伴网. 澳新拟批准一种 α-淀粉酶作为加工助剂 [EB/OL]. (2019-10-24). http://news.foodmate.net/2019/10/538012.html