

# 蓝莓果实复合气调保鲜技术研究

顾云娇<sup>1,2</sup>, 赵晨辉<sup>1</sup>, 王珊珊<sup>1</sup>, 张冰冰<sup>1</sup>, 宋宏伟<sup>1</sup>, 李红莲<sup>1</sup>, 王勇<sup>3\*</sup>, 梁英海<sup>1\*</sup>  
(1. 吉林省农业科学院果树研究所, 吉林 公主岭 136100; 2. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002; 3. 吉林省农业科学院农产品加工研究所, 长春 130033)

**摘要:**本研究以蓝莓品种‘蕙兰’果实为试材,以低温冷藏(4±0.5)℃为对照,采用气调保鲜包装技术(MAP)并结合(4±0.5)℃低温贮藏,研究不同体积比例O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>的MAP包装方式对蓝莓果实保鲜效果的影响。结果表明:与低温冷藏相比,MAP包装能有效延缓果实腐烂速率,抑制果实硬度及可滴定酸、可溶性固形物和可溶性糖含量的下降;充入9% O<sub>2</sub>+9% CO<sub>2</sub>+82% N<sub>2</sub>处理效果最好,贮藏45 d时,蓝莓果实硬度为0.34 kg/cm<sup>2</sup>、可溶性固形物含量为12.37%、可溶性糖含量为9.72%、可滴定酸含量为0.84%,果实腐烂率为4%。

**关键词:** 蓝莓; 复合气调; 保鲜

中图分类号: S663.9

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)03-0150-06

## Studies on Compound Modified Atmosphere Packaging Technology of Blueberry

GU Yunjiao<sup>1,2</sup>, ZHAO Chenhui<sup>1</sup>, WANG Shanshan<sup>1</sup>, ZHANG Bingbing<sup>1</sup>, SONG Hongwei<sup>1</sup>, LI Honglian<sup>1</sup>, WANG Yong<sup>3\*</sup>, LIANG Yinghai<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Pomology, Jilin Academy of Agriculture Sciences, Gongzhuling 136100; 2. College of Agriculture, Yanbian University, Yanji 133002; 3. Institute of Agricultural Products Processing Technology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** In this study, with cryogenic refrigeration (4 ± 0.5) °C as the control, the modified atmosphere packaging (MAP) was adopted and combined with cryogenic storage (4 ± 0.5) °C to study the effects of MAP methods of O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> in different volume proportions on blueberry freshness preservation by using the fruit of the blueberry variety ‘Huilan’ as the test material. The results showed that MAP could effectively delay the rate of fruit decay and inhibit the decline of fruit firmness, titratable acid, soluble solid and soluble sugar. The best results were obtained by filling in 9% O<sub>2</sub> + 9% CO<sub>2</sub> + 82% N<sub>2</sub>. When stored for 45 d, the firmness of blueberry fruits was 0.34 kg/cm<sup>2</sup>, the soluble solid content was 12.37%, the soluble sugar content was 9.72%, the titratable acid content was 0.84% and the fruit decay rate was 4%.

**Key words:** Blueberry; Compound modified atmosphere; Freshness preservation

越橘是杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)植物,多年生落叶、常绿灌木或小灌木树种,果实呈蓝色或红色,其中的蓝色果实,人们称为“蓝莓”。蓝莓具有较高的经济价值,果实营养丰富,富含花青素、黄酮、多酚超氧化物歧化酶,维生素以及丰富的

矿物质,被国际粮农组织列为人类五大健康食品之一<sup>[1-2]</sup>。在商业生产中使用的种类包括北高丛蓝莓(*V. corymbosum*)、矮丛蓝莓(*V. angustifolium*)、兔眼蓝莓(*V. ashei Reade*)、半高丛蓝莓和南高丛蓝莓(*V. australe*)。‘蕙兰’属于北高丛蓝莓品种,果皮深蓝色,硬度适中,不耐贮藏。

蓝莓采后田间热与呼吸热较高,呼吸代谢旺盛,采后易受机械损伤和微生物侵染而腐烂变质,常温下仅能放置3~7 d<sup>[3-5]</sup>,货架期短。气调包装(Modified atmosphere packaging, MAP)分为主动MAP(Active MAP)和自发MAP(Spontaneous MAP)。主动MAP是根据不同水果的呼吸速度,

收稿日期: 2019-12-15

基金项目: 吉林省科技创新工程研究生基金项目(c8223001321)

作者简介: 顾云娇(1993-),女,在读硕士,从事小浆果种质资源与生物技术研究。

通讯作者: 王勇,男,博士,研究员, E-mail: wyjaas@163.com

梁英海,男,博士,研究员, E-mail: yinghailiang365@sina.com

人为地充入混合气体,通过抑制呼吸,降低代谢速率,达到延长果实保鲜期的包装方式。而自发MAP包装方式则不改变初始气体组成与比例,只利用包装膜的透气性与果蔬的呼吸作用来调节气体比例,以达到延长保鲜期的目的<sup>[6]</sup>。由于MAP具有方便、无公害、延长货架寿命等特点而广泛应用于鲜果保鲜<sup>[7-8]</sup>。

本研究是在不同复合气调保鲜处理条件下,研究蓝莓多个生理指标变化规律和果实感官品质,评价鲜果保鲜效果,为蓝莓鲜果的保鲜技术研究与应用提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

原料:蓝莓浆果,品种‘蕙兰’,采自国家果树种质寒地果树资源圃(公主岭)。在蓝莓成熟期,选择成熟度一致,无病虫害及无机械损伤的果实,采收立即送至实验室,在(4±0.5)℃预冷24 h。果实放置在包装盒内,使用包装膜封口,包装盒型号:D-212(苏州和好塑业有限公司),包装膜:WWZPF55(无锡勃力包装材料有限公司)。MAP处理用氧气瓶、氮气瓶、二氧化碳瓶购自长春巨洋气体有限责任公司。

### 1.2 仪器设备

复合气调保鲜包装机:MAP-H360(苏州森瑞保鲜设备有限公司);医用冷藏箱:HYC-260(中国海尔);硬度计:GY-4(艾德堡);糖度计:PAL-1(日本Atago);电子天平:GL822(多利斯科学仪器有限公司);显微镜:SZ621(日本奥林巴斯);可见紫外分光光度计:D-7(南京菲勒仪器有限公司);磁力搅拌器:78-1(江苏金坛市晶玻仪器厂);数显恒温水浴锅:HH(江苏金坛市晶玻仪器厂)。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 MAP处理

接通包装机电源,打开加热开关(设定热封温度170℃),打开空气压缩机,达到规定气体压力(8 MPa);打开氧气瓶、氮气瓶、二氧化碳瓶阀门(事先调节分压力≥0.6 MPa),按表1充入设定比例的混合气体,放入装好蓝莓果实的保鲜盒(每盒装果250 g),开始抽气充气封口程序,完成气调保鲜包装(MAP)处理;封好后取出保鲜盒,置于低温(Low temperature, LT)环境中。

以LT-MAP表示低温结合主动气调包装处理,以LT-CK表示低温冷藏处理,作为对照,共设9个主动MAP处理和1个自发式MAP处理(LT-

MAP10)(具体处理方案见表1)。每隔15 d取样,保鲜盒开封,测定果实腐烂率后,立即将部分果实置于液氮中冷冻,用于测定果实可溶性糖、可滴定酸、可溶性固形物含量,其余果实用于测定果实硬度和评价果实鲜食品质,LT-MAP和LT-CK处理均为3次重复。

表1 试验方案

处理	温度(°C)	因素占比(%)		
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
LT-CK	4±0.5	未填充气体		
LT-MAP1	4±0.5	6	3	91
LT-MAP2	4±0.5	6	6	88
LT-MAP3	4±0.5	6	9	85
LT-MAP4	4±0.5	9	3	88
LT-MAP5	4±0.5	9	6	85
LT-MAP6	4±0.5	9	9	82
LT-MAP7	4±0.5	12	3	85
LT-MAP8	4±0.5	12	6	82
LT-MAP9	4±0.5	12	9	79
LT-MAP10	4±0.5	空气		

#### 1.3.2 果实品质性状测定

可溶性糖(Soluble sugar, SS)含量采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定<sup>[9]</sup>;可滴定酸(Titratable acid, TA)含量采用pH电位法测定<sup>[10]</sup>;用小浆果果实硬度计测量浆果肩部硬度,挤压果实,将榨出的汁液滴到糖度计上,观测果实可溶性固形物(Total Soluble Solid, TSS)含量,以百分率表示。每次开盖后,由3人进行品尝,评价果实风味。

#### 1.3.3 腐烂率

随机选取100粒蓝莓,检查统计腐烂果数,计算果实腐烂率。计算公式为:

$$X = N_0/N \times 100\%$$

其中X为腐烂率(%);N=100;N<sub>0</sub>为腐烂果数。

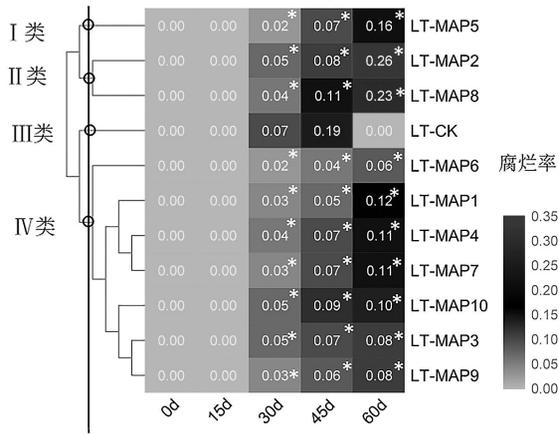
#### 1.3.4 数据统计分析

采用SAS 9.2软件进行方差分析<sup>[11]</sup>,使用TB tools软件对蓝莓果实的各生理指标进行聚类,生成热图<sup>[12]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同保鲜条件下果实腐烂率的变化

在果实腐烂率方面,LT-MAP处理明显优于LT-CK处理(图1)。根据蓝莓果实腐烂率的变化将10个处理聚为四类,第I类为LT-MAP5处理,30 d腐烂率仅为2%,60 d达到16%;第II类为LT-MAP2、LT-MAP8处理,60 d腐烂率分别为26%和



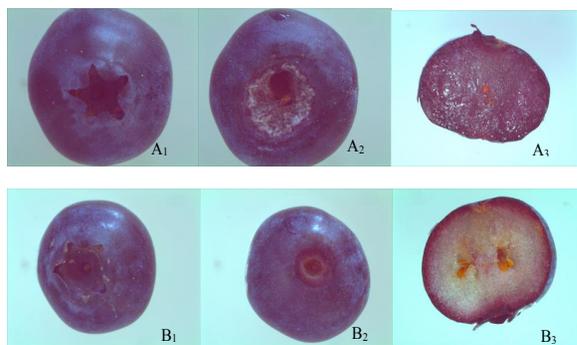
注:60 d时,LT-CK样品完全变质,舍弃样本,腐烂率以0.00%计入,生成热图;“\*”表示0.05水平差异显著,下同

图1 不同保鲜条件下蓝莓果实腐烂率变化的热图

23%,已丧失商品价值。第Ⅲ类为LT-CK处理下,30 d腐烂率达7%,45 d腐烂率达19%,丧失商品性,60 d果实完全变质,舍弃样本;第Ⅳ类为在LT-MAP6、LT-MAP1、LT-MAP4、LT-MAP7、LT-MAP10、LT-MAP3和LT-MAP9处理下,其中,LT-MAP6处理较好,45 d腐烂率为4%,60 d果实腐烂率仅为6%,可以保持较好的果实品质;其次为LT-MAP3和LT-MAP9处理,60 d果实腐烂率均为8%。

### 2.2 不同保鲜条件下果实形态和颜色特征

LT-CK处理30 d的果实(图2: A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>),果蒂痕部受病菌侵染,果实变软,果肉伴有点红和片红,由于果实变质导致细胞液外渗;而LT-MAP处理果实形态和颜色均未发生明显变化,如图2: B<sub>1</sub>~B<sub>3</sub>,相对于LT-CK,LT-MAP6处理45 d的蓝莓果实无凹陷、腐烂、果肉未出现点红或片红等现象。



注:A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>:LT-CK处理30 d蓝莓果实;B<sub>1</sub>~B<sub>3</sub>:LT-MAP6处理45 d蓝莓果实

图2 LT-CK处理30 d和LT-MAP6处理45 d的蓝莓果实和果肉的形态和颜色特征

### 2.3 不同保鲜条件下蓝莓果实硬度的变化

由图3可知,果实硬度呈现逐渐下降的趋势。根据果实硬度的变化将10个处理聚为五类。第Ⅰ

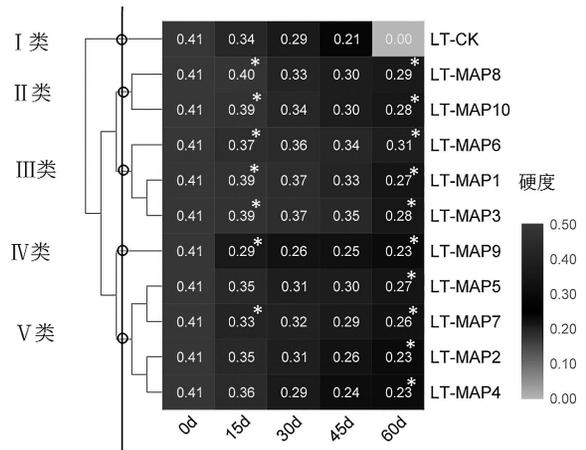


图3 不同保鲜条件下蓝莓果实硬度变化热图

类为LT-CK,30 d果实硬度已下降至0.29 kg/cm<sup>2</sup>,与0 d相比已下降29%,60 d果实完全变质,舍弃样本;第Ⅱ类为LT-MAP8和LT-MAP10处理,15 d蓝莓果实硬度分别为0.40、0.39 kg/cm<sup>2</sup>,60 d果实硬度分别为0.29、0.28 kg/cm<sup>2</sup>,显著高于对照组;第Ⅲ类为LT-MAP6、LT-MAP1、LT-MAP3处理,其中,LT-MAP6处理较好,60 d果实硬度为0.31 kg/cm<sup>2</sup>,显著高于对照组,保鲜效果较好;第Ⅳ类为LT-MAP9处理,15 d果实硬度为0.29 kg/cm<sup>2</sup>,显著低于对照组,与0 d相比下降29%,保鲜效果不好;第Ⅴ类为LT-MAP5、LT-MAP7、LT-MAP2和LT-MAP4处理,其中,LT-MAP2和LT-MAP4的果实硬度在60 d已下降至0.23 kg/cm<sup>2</sup>,与0 d相比下降44%。

### 2.4 不同保鲜条件下蓝莓果实可溶性固形物含量的变化

如图4所示,蓝莓果实TSS含量呈先上升后下降的趋势。根据蓝莓果实保鲜期间TSS含量的变化将10个处理聚为五类,第Ⅰ类为LT-CK处理,15 d时TSS含量达到最大值,45 d时TSS含量降至

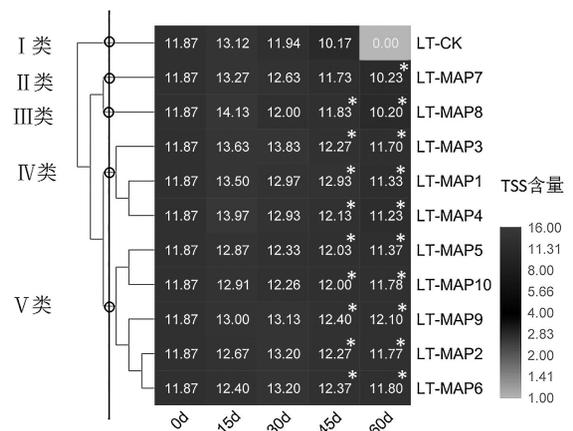


图4 不同保鲜条件下蓝莓果实可溶性固形物含量变化热图

10.17%, 60 d果实完全变质, 舍弃样本; 第Ⅱ类为LT-MAP7处理, 15 d时TSS含量出现高峰, 为13.27%; 第Ⅲ类为LT-MAP8处理, 15 d时TSS含量达到高峰, 为14.13%, 60 d时降至10.20%, 保鲜效果不好; 第Ⅳ类为LT-MAP3、LT-MAP1、LT-MAP4处理, 其中LT-MAP3处理较好, 30 d时TSS含量达到高峰, 为13.83%, 60 d降至11.70%; 第Ⅴ类为LT-MAP5、LT-MAP10、LT-MAP9、LT-MAP2和LT-MAP6处理, 其中LT-MAP9处理在30 d时TSS含量达到峰值, 60 d时为12.10%, 显著高于对照组, 保鲜效果较好。

### 2.5 不同保鲜条件下蓝莓果实可溶性糖含量的变化

由图5可知, SS含量呈现先上升后下降的趋势。根据保鲜期间SS含量的变化将10个处理聚为五类, 第Ⅰ类为LT-CK处理, 15 d时达到最大值, 为9.85%, 60 d时观察果实完全变质, 舍弃样本; 第Ⅱ类为LT-MAP6处理, 15 d时达到最大值, 为11.15%, 45~60 d时仍保持较高的SS含量, 分别为9.72%和9.08%, 显著高于对照组, 保鲜效果较好; 第Ⅲ类为LT-MAP10、LT-MAP4和LT-MAP8处理, 60 d分别降至8.17%、8.18%和8.26%; 第Ⅳ类为LT-MAP3、LT-MAP1和LT-MAP9处理, 15 d时SS含量达到最大值, 60 d时SS含量分别为8.21%、7.69%、8.02%; 第Ⅴ类为LT-MAP7、LT-MAP2和LT-MAP5处理下, 其中LT-MAP5和LT-MAP2在30 d时达到最大值, LT-MAP7在15 d达到最大值, 60 d时, LT-MAP5、LT-MAP2、LT-MAP7处理下果实SS含量分别下降至7.12%、7.08%、7.21%。

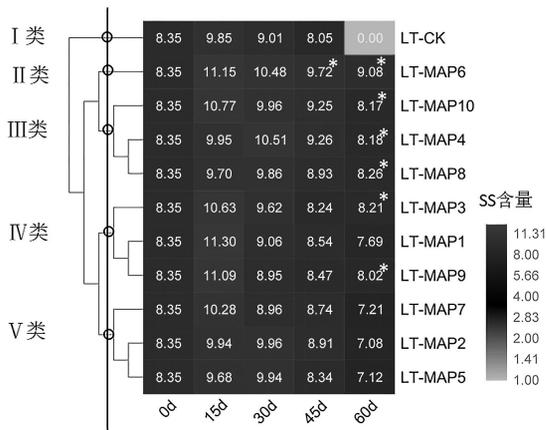


图5 不同保鲜条件下蓝莓果实可溶性糖含量变化热图

### 2.6 不同保鲜条件下蓝莓果实可滴定酸含量的变化

由图6可知, 蓝莓果实的TA含量呈现下降的

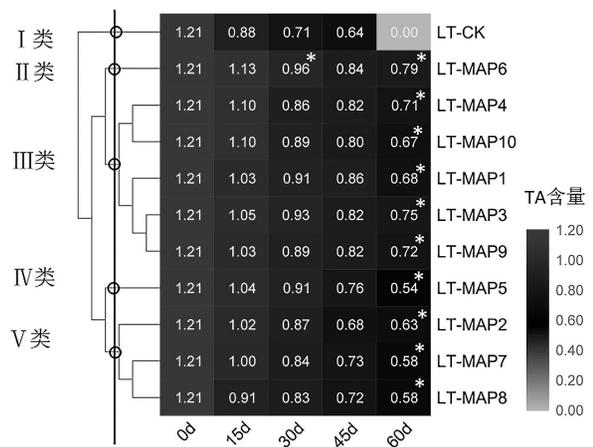


图6 不同保鲜条件下蓝莓果实TA含量变化热图

趋势。根据TA含量的变化将LT-MAP和LT-CK处理聚为五类, 第Ⅰ类为LT-CK处理, 15 d时TA含量下降至0.88%, 与0 d相比下降27%, 60 d时观察果实完全变质, 舍弃样本; 第Ⅱ类为在LT-MAP6处理, TA含量缓慢下降, 15 d时为1.13%, 与0 d相比仅下降7%, 60 d时为0.79%, 显著高于对照组, 保鲜效果较好; 第Ⅲ类为LT-MAP4、LT-MAP10、LT-MAP1、LT-MAP3和LT-MAP9处理, 其中LT-MAP3和LT-MAP9处理效果较好, 60 d时TA含量分别为0.75%和0.72%; 第Ⅳ类为LT-MAP5处理, 60 d降至0.54%, 与0 d相比, 下降55%; 第Ⅴ类为LT-MAP2、LT-MAP7和LT-MAP8处理, 其中LT-MAP7、LT-MAP8处理在60 d时TA含量均已低于0.60%。

## 3 讨论

### 3.1 蓝莓气调保鲜条件下果实品质评价指标

近年来, MAP技术因其安全、经济等优点被广泛应用<sup>[13-14]</sup>, 对MAP保鲜贮藏效果研究逐渐增多, 却鲜有对贮藏后的果实评价。

首先, 依据果实感官品质(腐烂率、硬度、果实的形态和颜色)评价果实商品性<sup>[15-17]</sup>。周倩等<sup>[11]</sup>研究表明, 当蓝莓果实冷藏30~45 d时, 果实衰老腐烂严重, 腐烂率陡增, 且硬度下降较快, 已无食用价值, 这与本研究中蓝莓果实仅低温冷藏(LT-CK)处理30 d时, 果肉伴有点红和片红, 果实变质, 果实腐烂率高达19%, 果实硬度降至0.29 kg/cm<sup>2</sup>, 其果实变质的结果基本一致, 即可根据上述果实感官品质指标判定果实鲜食品质, 亦可根据果实腐烂率量化有效贮藏期。姜爱丽<sup>[18]</sup>以腐烂率为10%以下的贮藏天数作为有效贮藏期, 这与本研究结果较为一致, 在45 d时LT-MAP1、LT-MAP2、LT-MAP4、

LT-MAP5、LT-MAP7处理果实的腐烂率在10%以下,45~60 d时,果实腐烂率逐渐超过10%。

其次,果实贮藏期间,果实可溶性糖含量、可滴定酸含量和可溶性固形物含量会发生规律性变化,在草莓<sup>[19]</sup>和鲜枣<sup>[20]</sup>相关的气调保鲜研究中,通过评价可溶性糖含量、可滴定酸含量和可溶性固形物含量来判断果实保鲜效果。在本研究中蓝莓果实的可溶性糖含量、可滴定酸含量和可溶性固形物含量变化规律,可为评价蓝莓果实保鲜品质提供参考。

在综合考虑果实形态和颜色、腐烂率、硬度、可溶性糖含量、可滴定酸含量和可溶性固形物含量后,可以较为全面地评价蓝莓果实鲜果品质。

### 3.2 不同气体比例对蓝莓果实保鲜期及其品质指标的影响

蓝莓果实采后热呼吸旺盛,为减少自身营养物质的消耗,创造低温和低O<sub>2</sub>高CO<sub>2</sub>环境尤为重要<sup>[21-22]</sup>。本研究结果表明复合气调保鲜技术(9% O<sub>2</sub>+9% CO<sub>2</sub>+82% N<sub>2</sub>)可将蓝莓果实保鲜期延长至45 d,这一试验结果与章宁瑛<sup>[23]</sup>的研究结果相似,最佳气体比例有所不同,在今后研究中可考虑气调包装材料差异及其对O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>的透气性的影响。

同时,气调贮藏可因不同树种果实生理特性,在气调比例方面存在差异,肖功年等<sup>[19]</sup>研究表明,草莓的最佳气调贮藏条件为2.5% O<sub>2</sub>+16% CO<sub>2</sub>+81.5% N<sub>2</sub>,吕长鑫等<sup>[23]</sup>研究认为5% O<sub>2</sub>+2% CO<sub>2</sub>+93% N<sub>2</sub>的气调保鲜对鲜枣的保鲜效果最好,与本研究结果(最佳比例:9% O<sub>2</sub>+9% CO<sub>2</sub>+82% N<sub>2</sub>)的主要差异在于O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>比例,本研究中O<sub>2</sub>含量要高于草莓和枣近2~3倍,CO<sub>2</sub>浓度低于草莓近一倍,高于枣近4倍。本研究的局限在于仅一份材料供试,后续研究可探索不同品种类型蓝莓最佳气调保鲜比例。

前人研究表明<sup>[24]</sup>,莴苣主动MAP气调保鲜期是自发式MAP包装的两倍,即适宜的气调比例延长莴苣保鲜期,本研究也评价出适宜的MAP气调比例,延长蓝莓果实保鲜期。同时,不适宜的气调比例会缩短蓝莓果实的保鲜期<sup>[25-26]</sup>,本研究中,在6% CO<sub>2</sub>+6% O<sub>2</sub>+88% N<sub>2</sub>、9% CO<sub>2</sub>+6% O<sub>2</sub>+85% N<sub>2</sub>、12% CO<sub>2</sub>+6% O<sub>2</sub>+82% N<sub>2</sub>的处理下,其果实硬度、可滴定酸含量、可溶性固形物含量均不如填充空气的处理好,可结合最佳气调比例,进一步分析气调成分比例与果实贮藏生理之间的互作关系。

### 参考文献:

[1] 周倩.冷藏蓝莓果蒂凹陷的发生机理及控制技术研究

[D].沈阳:沈阳农业大学,2014.

- [2] 李殿鑫,戴远威,陈伟,等.蓝莓的营养价值及保健功能研究进展[J].农产品加工,2018(4):69-70,74.
- [3] 朱麟,凌建刚.国内外蓝莓保鲜技术研究进展[J].食品与发酵工业,2011,37(11):173-176.
- [4] 楚文靖,郜海燕,陈杭君,等.蓝莓贮藏保鲜技术研究进展[J].食品工业,2015,36(6):253-259.
- [5] 罗冬兰,巴良杰,杨飒,等.蓝莓采后品质与综合保鲜技术[J].产业与科技论坛,2018,17(6):61-62.
- [6] 刘萌,范新光,王美兰,等.不同包装方法对蓝莓采后生理及贮藏效果的影响[J].食品科学,2013,34(14):346-350.
- [7] 刘萌.蓝莓MAP贮藏保鲜技术研究[D].烟台:烟台大学,2012.
- [8] 张平,李江阔,张鹏,等.蓝莓塑料箱式气调保鲜技术研究[J].保鲜与加工,2010,10(3):9-11.
- [9] 中华人民共和国农业部.NYT 2742-2015水果及制品可溶性糖的测定3,5-二硝基水杨酸比色法[S].北京:中国农业出版社,2015.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GBT 12456-2008食品中总酸的测定[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [11] Littell R C, Milliken G A, Stroup W W, et al. SAS System for Mixed Models[J]. Technometrics, 1997, 39(3): 344.
- [12] Machowski E E, Dawes S, Mizrahi V. TB tools to tell the tale-molecular genetic methods for mycobacterial research[J]. International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 2005, 37(1): 54-68.
- [13] 高阳,康优,李雪,等.紫苏叶复合气调保鲜技术研究[J].东北农业科学,2017,42(3):39-43.
- [14] 范杰英,孙洪蕊,刘香英,等.气调保鲜干豆腐研究[J].东北农业科学,2017,42(5):56-59.
- [15] 喻远东,刘京红.挤压膨化对蓝莓果渣中可溶性膳食纤维的影响研究[J].东北农业科学,2019,44(4):98-103,115.
- [16] 姜晶.越橘等3种小浆果的品质评价及重金属元素分析[D].长春:吉林农业大学,2008.
- [17] 王雪松,马文汉,徐德冰,等.云南丽江6个蓝莓品种物候期和果实品质研究[J].东北农业科学,2016,41(6):100-103.
- [18] 姜爱丽.蓝莓果实采后生理生化代谢及调控研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2011.
- [19] 肖功年,张慈,彭建.气调包装(MAP)对草莓保鲜的影响[J].食品工业科技,2003(6):68-70.
- [20] 赵宏侠,冯叙桥,黄晓杰,等. MAP贮藏对初熟鲜枣采后贮藏生理和效果的影响[J].食品与生物技术学报,2014,33(8):841-849.
- [21] 张耀章.果蔬气调贮藏保鲜技术[J].世界农业,2007(10):64-65.
- [22] 章宁瑛.臭氧处理及气调包装对蓝莓采后贮藏品质和生理代谢的影响[D].合肥:安徽农业大学,2017.
- [23] 吕长鑫,赵宏侠,冯叙桥,等. MAP结合低温贮藏对高成熟度鲜枣的保鲜效果[J].食品工业科技,2014,35(16):328-333.
- [24] Zhenlong Guo, Huijun Liu, Xiangning Chen, et al. Modified-atmosphere packaging maintains the quality of postharvest whole lettuce (*Lactuca sativa* L. Grand Rapids) by mediating the

- dynamic equilibrium of the electron transport chain and protecting mitochondrial structure and function[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2019, 147: 206–213.
- [25] Harb J Y, Streif J. Controlled Atmosphere Storage of Highbush Blueberries cv. 'Duke'[J]. *European Journal of Horticultural Science*, 2004, 69(2): 66–72.
- [26] Jessica Rodriguez, Juan Pablo Zoffoli. Effect of sulfur dioxide and modified atmosphere packaging on blueberry postharvest quality[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2016, 117: 230–238.

(责任编辑:王 昱)

(上接第78页)的单一激素 CCC 或 0.4 mg/L NAA、0.5 mg/L 6-BA 和 9 mg/L CCC 的复合激素组合。此种培养方式能够有效地缩短试管薯的结薯周期,提高大薯率、大薯平均重量和单株最终产量。

#### 参考文献:

- [1] Bártová V, Bárta J, Jarošová M, et al. Antifungal and antimicrobial proteins and peptides of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their applications[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2019, 103(14): 5533–5547.
- [2] 焦 峰, 彭东君, 翟瑞常. 不同氮肥水平对马铃薯蛋白质和淀粉合成的影响[J]. *吉林农业科学*, 2013, 38(4): 38–41.
- [3] 陈佳宁, 王 娟, 李立芹. 马铃薯试管薯诱导体系的研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(23): 12377–12379.
- [4] Li M J, Li J H, Liu W, et al. A protocol for in vitro production of microtubers in Chinese yam (*Dioscorea opposita*) [J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2014, 78(6): 1005–1009.
- [5] 梁俊梅, 贾立国, 秦永林, 等. 马铃薯试管薯形成因素的研究进展[J]. *北方农业学报*, 2016, 44(4): 105–108.
- [6] Radouani A, Lauer F I. Effect of NPK media concentrations on in vitro potato tuberization of cultivars Nicola and Russet Burbank [J]. *American Journal of Potato Research*, 2015, 92(2): 294–297.
- [7] 韩忠才, 张胜利, 徐 飞, 等. 雾培马铃薯产量性状相关性分析[J]. *东北农业科学*, 2018, 43(6): 36–39.
- [8] 欧建龙, 黄振霖, 赵雨佳, 等. 几种因素对马铃薯试管薯诱导的影响[J]. *中国马铃薯*, 2009, 23(2): 94–95.
- [9] Piao X C, Chakrabarty D E J, et al. A simple method for mass production of potato microtubers using a bioreactor system[J]. *Current Science*, 2003, 84(8): 1129–1132.
- [10] Cheng L X, Wang D X, Wang Y P, et al. An integrative overview of physiological and proteomic changes of cytokinin-induced potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber development in vitro[J]. *Physiologia Plantarum*, 2020, 168: 675–693.
- [11] 杨明贺, 朱 旭, 李 楠, 等. 马铃薯茎段高频再生体系的建立[J]. *东北农业科学*, 2019, 44(1): 57–62.
- [12] Cheng L X, Wang Y P, Liu Y S, et al. Comparative proteomics illustrates the molecular mechanism of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuberization inhibited by exogenous gibberellins in vitro[J]. *Physiologia Plantarum*, 2018, 163(1): 103–123.
- [13] 吴艳清, 王游游, 赵旭鹏, 等. 不同浓度 CCC 对 R6 抗性基因马铃薯试管苗生长的影响[J]. *韶关学院学报*, 2015, 36(4): 41–45.
- [14] 方志荣, 周才懿, 李佩华, 等. “固液双层”培养法诱导马铃薯‘米拉’试管薯的研究[J]. *广西植物*, 2018, 38(9): 1172–1182.
- [15] 马 力, 魏一江, 杨庆东, 等. 外源激素和活性炭对试管薯形成和产量的影响[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会. 2016年中国马铃薯大会论文集. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2016: 241–246.
- [16] 顾瑞霞, 张小川, 张国辉, 等. 激素配比对马铃薯试管薯诱导和块茎形成的影响[J]. *分子植物育种*, 2018, 16(13): 4355–4362.
- [17] 杜宏辉, 王惠文. 不同外源激素对马铃薯脱毒试管苗保存及试管薯诱导的影响[J]. *农业科技与信息*, 2016(20): 60–61.
- [18] 曾文丹, 曹 升, 周慧文, 等. 液体培养诱导木薯试管块根发生技术[J]. *分子植物育种*, 2018, 16(15): 5015–5022.

(责任编辑:王丝语)