



人参果营养成分、采后生理及贮藏保鲜方式研究进展

杨世鹏¹, 蒋晓婷², 许盼盼¹, 谭 龙¹, 李 江¹, 钟启文¹

(1. 青海大学 农林科学院, 青海省蔬菜遗传与生理重点实验室, 青海大学高原生态与农业国家重点实验室, 西宁 810016; 2. 青海高等职业技术学院, 青海乐都 810799)

摘 要 人参果又名香瓜茄, 新鲜的人参果水分含量高, 且富含矿物质、维生素及多酚类抗氧化活性物质, 但采后易发生病原菌感染及褐变, 因此采后保鲜是人参果产业亟待解决的问题。本综述从人参果的营养物质、酚类物质及抗氧化能力等进行概述。对人参果采后果实颜色、呼吸作用、碳水化合物和质地变化等影响果实采后生理特性的关键因子做了详细介绍, 并对采后低温、气调及其他贮藏保鲜处理方式进行了综述。同时指出人参果在营养成分开发和贮藏保鲜中存在的问题并对今后研究作了展望。

关键词 人参果; 营养成分; 抗氧化物质; 贮藏保鲜方式

中图分类号 S663.9

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2020)10-1447-10

人参果(*Solanum muricatum*)又名香瓜茄、人生果, 是起源于南美洲安第斯山脉的茄科作物。因其具有清爽多汁的口感而被大面积种植, 人参果商业化种植的时间较晚, 20 世纪 70 年代新西兰首先将人参果引进并进行商业种植, 此后从 90 年代开始, 欧美各国开始引种并大面积推广。从 21 世纪初开始, 欧洲地区开始广泛种植人参果, 人参果在欧洲市场因其独特的口味和营养价值开始逐渐受到关注。人参果最早由中国台湾地区 70 年代引进种植, 后自 80 年代中期开始在甘肃、青海、云南等地大面积种植。人参果是二倍体($2n = 24$)物种, 在 1 500 种茄科作物中, 人参果是少数作为食物目的而驯化和栽培的物种之一。作为起源地的南美地区对人参果的研究较少, 一些原因可能是人参果在之前很长一段时间里被归类为次要水果^[1], 其栽培面积相对较小, 以及相比其他水果经济性较低。但近年来的研究发现人参果具有优异的抗氧化性能, 人参果因糖含量低而被推荐用于糖尿病患者和无糖饮食中。因此, 人参果具有作为天然抗氧化剂和超出其营养价值本身的巨大潜力。人参果质量 150~300 g, 通常为圆形、椭圆形或细长形。果实皮薄肉厚, 果中无核, 可食用部分达到 95% 以上, 且富含钙、硒及大

量抗氧化酚类物质, 因此被冠以“生命火种”“补钙新秀”“防癌之王”之名^[2]。目前, 人参果在云南石林种植面积已达 2 000 hm²。在甘肃武威凉州区人参果种植面积 533 hm², 年产量可达 3 万 t, “天梯山”牌人参果已通过国家有机食品认证, 且面积还在不断扩大。随着面积的不断增大, 其贮运问题已经逐渐影响其产业的健康发展, 人参果鲜果因含水量大而不耐贮藏, 或因失水而使其口感受损, 因此导致其市场价格下跌。本文详细综述近年来国内外人参果营养成分、采后生理及贮藏保鲜技术研究的进展, 且对今后人参果的发展方向进行展望。

1 人参果果实的营养物质

1.1 人参果营养物质及果实香味成分

人参果最突出的特点是其吸引人的外观和其化学成分的特性。其表皮金黄色并有紫色条纹覆盖, 而且无果核, 口感柔软, 这使得人参果成为一种有吸引力的水果, 与市场上已有的其他水果不同。关于人参果营养物质的研究较少, 大多数研究只涉及一个品种^[3-5]。研究表明, 人参果的含水量很高(>90%)、碳水化合物含量低、VB₁ 和 VB₂ 含量较高、含糖量低(<6% 和 0.5%)、含有

收稿日期:2019-06-10 修回日期:2019-07-10

基金项目:青海省科技厅重点实验室项目(2020-ZJ-Y02);青海省科协中青年科技人才托举工程(2019QHSKXRCTJ01)。

第一作者:杨世鹏,男,博士,助理研究员,从事人参果栽培及育种研究。E-mail:pepinoyys@aliyun.com

通信作者:钟启文,男,副研究员,硕士导师,主要从事蔬菜遗传育种研究。E-mail:13997135755@163.com

大量的维生素 C(60~800 mg/kg)^[5-7],高于大多数番茄品种中的含量^[8]。人参果果实中微量元素含量高^[9],从营养成分检测结果来看,人参果中钙铁元素含量较低(表 1),且对重金属元素的吸收能力低,因此果实内部铜、铅、镉、砷等含量低^[10]。人参果和甜瓜(*Cucumis melo*)、黄瓜(*Cucumis sativus*)具有相似的干物质、蛋白质和矿物质含量^[11-12],β-胡萝卜素的含量类似于香瓜(*Cucumis melo* var *inodorus*),但低于哈密瓜(*Cucumis melo* var *cantalupensis*)^[13]。叶绿素含量与非绿色瓜类相似^[14],低于黄瓜^[15]。人参果果实中的果肉成分整体呈现出类似于甜瓜和黄瓜的总体组成。天冬氨酸和谷氨酸占人参果中游离氨基酸总量的 90%,果核组织周围天冬氨酸的浓度是其他部位的 2 倍,葡萄糖和糖醛酸是果皮多糖的主要组分,其中甘露糖和木糖是主要的非纤维素中性糖,果核区域葡萄糖的比例降低而糖醛酸和甘露糖的量增加,此外,果核部分存在少量的淀粉^[5,16]。

目前,对人参果营养的研究主要集中在成分性状,如可溶性固形物含量、果实酸度、维生素 C 含量等。人参果表皮组织中蔗糖占 50%,果糖和葡萄糖分别占 28%和 18%。人参果成熟后有一种哈密瓜的香味,但当它没有完全成熟时,就会有一种类似黄瓜的香味^[17]。在人参果中鉴定的主要挥发性成分是异戊烯醇(3-methyl-2-buten-1-

ol),3-甲基-3-丁烯-1-醇(3-methyl-3-buten-1-ol),以及它们各自的乙酸酯,乙酸丁酯(n-Butyl acetate)和顺式-6-壬烯-1-醇(cis-6-Nonen-1-ol)^[18]。除此之外,仅在葫芦科物种中研究的 C9 化合物也在人参果中被发现,包括壬醇(nonanol)、顺式-6-壬烯醇(Z-6-nonenol)、顺式-6-壬烯醛(Z-6-nonenal)、2-壬酮(2-nonanone)、乙酸壬酯(nonyl acetate)和顺式-6-壬烯-1-基乙酸酯((Z)-6-nonen-1-ylacetate)^[19]。这些 C9 化合物无疑赋予人参果同甜瓜和黄瓜的果实香味^[18]。王延平等^[20]利用 SPME/GC-MS 研究人参果的香味成分,得到 87 种香味化合物,其中 22 种主要的化合物构成了人参果独特的气味,可为人参果风味产品开发和育种提供参考。

但栽培品种与野生品种之间存在巨大差异,因此野生种被用于人参果的育种材料以提高栽培品种的果实品质,人参果可与其近缘种 *Solanum caripensia* 和 *Solanum tabanoense* 进行杂交,这两种茄科作物的糖分含量低,柠檬酸、谷氨酸、苹果酸、草酸和维生素 C 的含量远高于人参果(表 2)。然而,野生种对于人参果育种增加营养成分和生物活性化合物含量的潜力尚不清楚,也没有关于蛋白质、酚类、色素和矿物质含量的研究。此外,在一些医学研究中发现人参果具有药用价值,如降低血压、利尿和抗肿瘤特性^[21-23]。

表 1 人参果与其他几种水果营养成分比较

Table 1 Comparison of pepino and some nutrients of other fruit

物种 Fruit	水分 Water content	可食用部分/% Edible portion	蛋白质/% Protein	脂肪/g Fat	膳食纤维/g Dietary fiber	碳水化合物/g Carbohydrate	VB ₁ / (mg/kg)	VB ₂ / (mg/kg)	Vc/ (mg/kg)	Na/ (mg/kg)	Ca/ (mg/kg)	Fe/ (mg/kg)
人参果 Pepino	90.8~94.1	97.0~98.0	0.5~1.9	0.1~0.2	0.3~0.4	3.1~4.4	0.3~2.5	0.2~2.7	60.0~800.0	1.04	1.86	0.16
桔 Orange	84.2~89.5	67.0~89.0	0.6~1.2	0.1~0.4	0.4~1.4	7.9~12.5	0.02~0.04	0.02~0.04	11.0~33.0	1.3~2.1	19.0~72.0	0.2~1.4
梨 Pear	86.7~89.2	81.0~90.0	0.3~0.4	0.1~0.3	1.0~9.0	2.6~12.4	0~0.07	0~0.46	3.0~12.0	0~8.5	0~25.0	0~1.2
番茄 Tomato	92.5~95.2	97.0~98.0	0.9~1.0	0.2~0.3	1.8~1.9	3.3~5.8	0.02~0.03	0.01~0.03	14.0~33.0	9.7~10.0	4.0~6.0	0.2~0.3

表 2 人参果果实的主要成分含量

Table 2 Main component content of pepino

物种 Fruit	葡萄糖/ (g/100 g) Glucose	果糖/ (g/100 g) Fructose	蔗糖/ (g/100 g) Sucrose	总糖/ (g/100 g) Total sugar	柠檬酸/ (mg/100 g) Citric acid	谷氨酸/ (mg/100 g) Glutamic acid	苹果酸/ (mg/100 g) Malic acid	草酸/ (mg/100 g) Oxalic acid	Vc/ (mg/100 g) Ascorbic acid	总酸/ (mg/100 g) Total acid
人参果 <i>S. muricatum</i>	0.61~2.22	1.06~1.78	0.91~2.21	2.58~5.92	228.9~436.5	30.6~52.6	9.7~12.5	6.6~12.2	11.8~98.5	98.0~322.8
野生种 <i>S. tabanoense</i>	0.18	0.13	0.56	0.86	2 297.2	108.4	30.7	23.4	4.9	2 944.6
野生种 <i>S. caripense</i>	0.22~0.85	0.16~1.10	1.71~3.21	2.09~4.92	2 037.7	146.4	249.6	46.4	31.1	2 510.1

1.2 人参果果实中酚类物质

近年来对人参果酚类物质的研究逐渐增多,

许倩倩等^[24]利用 4 种方法对人参果化学成分分析,最终分离得到 7 种化合物,其中包括生物碱皂

苷类、黄酮类及有机酸类化合物,分别为澳洲茄碱(solasonine)、柚皮素(naringenin)、熊果酸(ursone)、阿魏酸(ferulic acid)、澳洲茄边碱(solamargine)、槲皮素(querctetin)、澳洲茄胺(solasodine)^[24]。Sudha 等^[25]测定人参果中酚和类黄酮物质,发现大量酚和类黄酮物质,提取物具有清除自由基和抗氧化特性,是由于果实中存在大量的抗氧化物质,表明人参果具有成为高抗氧化活性功能性食品的潜力。与茄果类作物相比,人参果中的酚类物质高于番茄(*Solanum lycopersicum*)和茄子(*Solanum melongena*),其具有很强的抗氧化能力^[8,26]。目前已发现人参果果实的酚类物质含量远远高于维生素 C^[22,27],表明酚类物质可能在人参果的生物活性中起重要作用。Hsu 等^[22]使用 HPLC 分离检测到 5 种酚酸和 4 种类黄酮化合物;而 Wu 等^[28]使用 LC-TOF-MS 方法研究几种茄属物种的酚类物质,在人参果果实中检测到 8 种羟基肉桂酸衍生物和 1 种类黄酮化合物。Herraiz 等^[29]使用 HPLC-DAD-MSn / ESI 确定人参果果实的酚类谱和含量,并研究各种人参果品种的抗氧化和生物活性,发现人参果果肉的酚类成分与茄子相似,其酚类成分主要由羟基肉桂酸衍生物构成^[30-31],而黄酮类化合物则与番茄中的相似^[32]。这与 Wu 等^[28]取得的结果一致。Wu 等^[28]发现羟基肉桂酸衍生物是人参果中的主要酚类化合物,并且只在人参果果肉中检测到一种浓度非常低的黄酮类化合物—异槲皮苷(iso-querctitrin)。但 Hsu 等^[22]报道在人参果的水和乙醇提取物中存在显著的黄酮类化合物,如杨梅素(myketin)、柚皮素(naringenin)、槲皮素(querctetin)和芦丁(rutinin)。这些差异可能是使用的材料或提取检测方法的差异造成的^[33-34]。此外,人参果的野生种 *Solanum caripense* 比人参果的栽培种有更多和浓度更高的酚类化合物,这与在茄子和番茄中的发现相似,驯化可能减少了酚类物质含量^[35-36]。人参果中的主要酚类化合物与蔬菜中的类似^[37],主要是绿原酸异构体 1-咖啡酰奎宁酸(1-caffeoylquinic acid, 1-CQA)和 3-咖啡酰奎尼酸(3-caffeoylquinic acid, 3-CQA)。然而人参果野生种 *Solanum caripense* 主要酚类化合物是咖啡酰—芥子酸—奎尼酸(caffeoyl-sinapoyl-quinic acid),这种物质存在于山栀子(*Gardenia Fructus*)^[38]。这表明人参果和其野生种 *Solanum caripense* 之间的酚酸合成途径中存在重要

的生物化学差异。

1.3 人参果的抗氧化能力

人参果及其野生种 *Solanum caripense* 的果实具有大量的酚酸衍生物,以及显著的抗氧化能力和生物活性,这可能对人类健康产生有益的影响。通过 TRC 方法对人参果酚类物质抗氧化剂值的测量显示,人参果的抗氧化活性与具有高抗氧化能力的茄子相当^[39-40]。Chun 等^[41]研究表明,人参果具有很高的抗氧化能力,可能对饮食中的抗氧化剂摄入有显著贡献。人参果原始提取物抑制血清脂肪酶(LPS)刺激的巨噬细胞中 NO 的产生,表明提取物调节 NO 的产生,NO 在人体内能起到消炎作用^[29,42]。羟基肉桂酸有助于抗氧化活性的提升^[43],但存在于人参果果肉中的其他抗氧化物质,如维生素 C 或类胡萝卜素,也可能对抗氧化活性有显著贡献^[27,44]。同时,由于所涉及化学反应的不同性质,抗氧化的途径可能会有相当大的差异^[45]。Sudha 等^[44]测定成熟和未成熟的人参果果实抗氧化活性,多酚和类黄酮含量之间的差异可能是由于多酚在成熟阶段对于非酶糖基化的抑制作用,抗氧化活性可能是由于酚类物质起到强自由基清除剂、氢供体和金属离子螯合剂的作用。Ma 等^[46]研究了人参果多酚提取物对糖尿病神经病变的影响,向糖尿病小鼠提供 0.5% 或 1% 的人参果多酚提取物,持续 12 周,多酚物质的摄入显著改善了血糖值。利用人参果甲醇提取物研究 B16F-10 黑色素瘤细胞诱导的 C57BL/6 小鼠肺转移,人参果提取物能够显著抑制肺肿瘤结节形成并减少肺胶原羟脯氨酸、己糖胺和糖醛酸水平,血清唾液酸和 γ -谷氨酰转肽酶水平也被显著抑制,通过治疗能够改变促炎性细胞因子的产生,并抑制核因子-B(p65 和 p50)亚基的激活和核转位^[47]。除人参果果实之外,其他部位也有较高的研究价值。李淑红等^[48]利用乳杆菌对人参果木瓜进行发酵,对发酵液的抗氧化性进行研究,结果表明发酵液具有清除超氧阴离子和羟自由基的能力。对人参果叶片的提取物进行化学分析,结果表明叶片中存在富含药用特性的化学物质,可用于药物生产^[49]。一些研究表明,具有抗氧化能力的植物化学物质可以保护肝脏细胞^[50-51]。Hsu 等^[52]使用人参果叶的水提取物(AEPL)来研究人参果叶如何影响酒精性脂肪肝,包括动物模型中的脂质积累、炎症和抗氧化能力,结果发现,AEPL 不仅可以减少氧化应激反

应,还可以提高抗氧化能力,从而保护肝细胞免受酒精引起的损伤,AEPL 可以恢复肝脏 TNF- α 和 IL-6 水平,这可能会修复肝细胞损伤并保持再生能力。这使得人参果叶片具有成为未来酒精性脂肪肝功能性食品的潜力。

2 人参果果实的采后生理研究进展

2.1 人参果采后果实颜色变化

人参果果实成熟首先会在果实表面出现紫色条纹,这种明显的颜色变化通常被认为是果实成熟的信号。虽然紫色条纹的出现意味着果实已经成熟,但是果实的颜色也可以作为一项判断果实成熟与否的依据,由于阳光照射果实,果实内部花青素含量不断沉着在表面形成紫色条纹,果实中类胡萝卜素不断合成使果肉颜色变黄则可以认为果实已经完全成熟^[27,53]。在贮藏过程中,不同温度、不同气体均影响果实颜色,Martnez-Romero 等^[54]发现将果实贮藏在不同温度下,果实颜色会呈现变化,在 1 °C 下贮藏 28 d 后 9% 的人参果表皮褐化,当果实贮藏于 5 °C、8 °C 和 10 °C 下时,果实肉色几乎没有变化,而表皮颜色则呈现不同的变化。乙烯利能够促进果实后熟、保持果实颜色和硬度,在果实采后贮藏中大量应用。Ahumada 等^[55]发现,乙烯利可以保持人参果成熟果实颜色;而 El-Zeftawi 等^[56]则认为,乙烯利可以促进果实颜色加深。Heyes 等^[57]使用丙烯时果实颜色明显加深且果实软化速度加快;但果实内部的乙烯含量没有增加,呼吸速率也有所减慢。

2.2 人参果采后呼吸作用变化

根据水果的呼吸作用类型可将不同的水果分为呼吸跃变型和非呼吸跃变型,根据其呼吸特性采用适宜的贮藏环境,抑制果实的呼吸作用,降低呼吸强度,才能保证果实良好的品质。Lizana 等^[1]的研究表明,人参果属于呼吸跃变型,其果实的肉质部停止生长后,呼吸作用急剧升高,CO₂ 从 12.2 mg/(kg·h) 升至 48.6 mg/(kg·h)^[1]。随后 El-Zeftawi 等^[56]研究人参果的呼吸模式,发现人参果呼吸速率没有出现跃变规律,属于非呼吸跃变型水果。Heyes 等^[57]的研究得出同样结论。Ahumada 等^[55]研究发现成熟后的人参果合成的乙烯非常少,呼吸速率亦没有增加。对于这种结果,考虑人参果果实的呼吸活动可能属于可变型,部分品种属于呼吸跃变型,而另外的品种则具有非呼吸跃变型的特征^[54]。这种可变的呼吸

类型已在其他物种中被报道,例如,日本李、甜瓜和沙梨等^[58-60]。目前尚无对人参果呼吸类型的更多研究,而对品种的鉴定、参与调节呼吸基因的鉴定和不同呼吸类型的果实进行差异分析可以遴选出耐贮品种或提高人参果的采后贮藏质量。

2.3 人参果采后碳水化合物变化

水果含有大量的碳水化合物,如蔗糖、葡萄糖和果糖等单糖,它们成为总可溶性固形物的来源。因此,可以说总固形物含量的增加与碳水化合物的增加一致^[61]。在成熟的人参果果实中蔗糖含量越高,其总固体含量越高^[62]。随着人参果成熟,碳水化合物的积累不断升高,在贮藏过程中,人参果的果实固形物含量处于升高的过程。Sanchez 等^[17]和 Prono-Widayat 等^[63]发现,随着贮藏时间的增加,蔗糖含量不断升高,这一发现与 Huyskens-Keil 等^[3]的研究结果一致,与贮藏后的果实相比,新鲜成熟的果实含有较低的蔗糖、葡萄糖和果糖含量,在不同气体条件下贮藏的果实具有比冷藏的果实中更高的蔗糖含量,这表明不同气体贮藏条件不能抑制蔗糖含量的增加,无论贮藏条件如何,人参果果实 在 21 d 的整个贮存期间显示出单糖和二糖的显著增加。这些研究结果表明,成熟的人参果果实 在贮藏期间碳水化合物代谢不受气体或采后温度的影响。类似的结果在樱桃番茄^[64]和草莓^[65]中也被发现。

2.4 人参果采后质地变化

就果实的商品性而言,质地被认为是水果的重要品质属性之一。人参果果实经过长期存放会导致失水、细胞壁逐渐分解和细胞粘附性丧失而导致的果实逐渐变软,高温和果实过度成熟亦会导致软化率的提升。此外,果实在运输过程中造成的瘀伤和损伤同样影响其商品价值。在未受损伤的水果中,抗坏血酸酶与维生素彼此分离,然而机械损伤导致细胞结构发生变化时,抗坏血酸基因被激活,引起维生素 C 的氧化分解^[66],由于维生素 C 极易溶于水的特性,表面损伤的果实中维生素 C 的损失大大增加^[67]。人参果果实在运输过程中由于压力造成瘀伤会显现出黑色的区域,较软的果实比较坚硬的果实更容易出现瘀伤,随着果实成熟,瘀伤面积不断增加。瘀伤与果皮细胞的大小和紧密性有关^[68],一些品种的果实具有较大的细胞间隙,对施加的负荷产生很小的阻力^[69]。因此为保证果实的质量和外观,长途运输的果实应在早熟期收获,或选择果实质地较硬的

品种,以应对运输过程中产生的损伤和瘀伤。

3 人参果果实的贮藏保鲜研究进展

3.1 人参果采后低温贮藏保鲜

低温贮藏是目前在水果保鲜中应用最有效广泛的方法,对水果品质及风味的保持具有极大的作用。国外在人参果的采后生理及贮藏保鲜方面做了大量研究,Lizana 等^[1]最先研究不同温度对人参果果实的贮藏影响,在 -5 、 0 、 3 、 5 、 12 和 18 $^{\circ}\text{C}$ 6 个温度梯度下的控温 75 d 来确定最长贮藏期,其中低温(-5 $^{\circ}\text{C}$ 和 0 $^{\circ}\text{C}$)引起果实的褐变,果实变软; 1 $^{\circ}\text{C}$ 和 3 $^{\circ}\text{C}$ 造成果实表面出现斑点(类似于苹果和梨上的浅表疤痕),产生的棕色凹陷斑点分散,深度为 $0.1\sim 0.3$ mm;贮藏于 5 $^{\circ}\text{C}$ 、 8 $^{\circ}\text{C}$ 和 10 $^{\circ}\text{C}$ 下的人参果则保存完好,因此确定 5 $^{\circ}\text{C}$ 、 8 $^{\circ}\text{C}$ 和 10 $^{\circ}\text{C}$ 是储存人参果的最佳温度。但长期贮藏容易引起果实内部褐变^[70]。Ahumada 等^[55]对贮藏温度进行更加深入的研究,对成熟的果实进行不同温度处理发现,最佳的贮藏温度处理是 $7.5\sim 10$ $^{\circ}\text{C}$,在此温度下人参果果实可以正常贮藏 4 周,而贮藏在 ≤ 5 $^{\circ}\text{C}$ 的果实容易发生表皮变色和果肉褐化,出现冷害症状。贮藏时间过长容易引起果实的生理障碍,最严重则导致表皮逐渐向果肉内部产生腐烂现象。针对人参果冷害进行研究,发现 1 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏 2 周,果实重量逐渐降低,乙烯、呼吸速率和 1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)水平逐渐增加,果实硬度降低,颜色逐渐变暗,这些变化可以被认为是冷诱导出现的果实应激反应,与 10 $^{\circ}\text{C}$ 和 20 $^{\circ}\text{C}$ 下贮藏的果实相比,和细胞壁结合的腐胺(Put)显著增加,腐胺水平的增加可能是对抗冷胁迫的反应机制^[54]。

3.2 人参果采后气调贮藏保鲜

气调贮藏技术广泛应用于水果保鲜,气调贮藏是在低温贮藏的基础上改善气体成分和浓度,降低氧气含量,增加二氧化碳含量,从而抑制呼吸作用,延缓果实衰老,以达到果实保鲜的目的。Huyskens-Keil 等^[3]研究在 5% O_2 和 5% 、 15% 、 20% CO_2 的不同浓度气体组合下, 5 $^{\circ}\text{C}$ 和 10 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏 21 d 人参果的采后质量,结果表明,采后质量与果实的成熟度呈正相关。Moualeu-Ngangue 等^[71]研究人参果果实在 $3\%\sim 5\%$ CO_2 和 $9\%\sim 14\%$ O_2 中 8 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏 21 d、35 d 的果实变化,未成熟果实在各种气体成分组合中都于 21 d 后发生颜色变化, CO_2 浓度(5%)在 14 d 内导致叶绿素

的减少,在西兰花,莴苣和黄瓜中也发现叶绿素的 CO_2 敏感性,在整个贮藏过程内,未成熟的人参果硬度在所有处理中逐渐降低,但在高浓度的 CO_2 中下降的不明显,表明高浓度的 CO_2 利于果实贮藏,高浓度 CO_2 对减少果实软化的有益效果可能是由于抑制了细胞壁降解酶活性,例如抑制原果胶对可溶性果胶的降解;Heyes 等^[57]报道人参果的果胶是甲酯酶和多聚半乳糖醛酸酶。另据报道,人参果果实的软化与细胞壁碳水化合物的分解有关,即位于细胞壁中间薄片的果胶物质、木葡聚糖和半纤维素增加有关。气调贮藏处理不能抑制人参果果实在成熟阶段的代谢活性,因此,对于两到 3 周的贮藏,可以应用高 CO_2 处理以保证果实的质量^[3]。

3.3 其他贮藏保鲜技术

对低温贮藏、气调贮藏等单一贮藏技术的研究在人参果贮藏中已经起到一定作用,但仍难满足人参果长途运输或较长时间保鲜。因此开发其他贮藏保鲜技术能够克服物理调控造成的不足。壳聚糖是一种无毒无害可食用的天然物质,具有良好的成膜性,涂布在果蔬表面能防止果蔬失水、抑制果蔬呼吸强度、延缓细胞衰老、减少果蔬在贮藏过程中的营养损失和腐烂,具有良好的保鲜作用,这在番茄^[72]、枸杞^[73]、砂糖橘^[74]和草莓^[75]等果蔬的贮藏上得到证实。姚昕等^[76]以壳聚糖、氯化钙、抗坏血酸和山梨酸钾制作复合膜,结果表明复合膜下贮藏的人参果果实能够正常保鲜 40 d,并保持较好的果实品质。Huyskens-Keil 等^[77]研究 5 $^{\circ}\text{C}$ 和 20 $^{\circ}\text{C}$ 下人参果贮藏于可食用涂层(蔗糖酯)和薄膜包装贮藏下的效果,尽管两种采后处理都延长了保鲜时间,但是薄膜处理下果实质量损失更小,在 20 d 内没有发生颜色变化和果实软化现象^[77]。赵继荣等^[78]发现利用聚乙烯膜包装人参果,明显降低了果实采后的失重率,并且提高可溶性固形物含量,抑制病菌感染果实,经过不同数量果实包装对比发现,单果包装效果最佳。

4 问题与展望

目前,国内外对人参果营养成分、采后生理及贮藏技术虽然已经取得一定进展,但研究仅限于极少数单一品种进行,其营养成分的挖掘还不到位,贮藏技术大多借鉴其他水果。鉴于人参果的营养、商品价值不断提升,其研究和发展前景十分广阔。考虑到抗氧化剂的许多有益效果,人参果

可以用作功能性食品添加剂,以其果实中富含的抗氧化活性物质来提高包括饮料等食品的抗氧化能力。

水果果实酚类物质及抗氧化物质已经有大量的研究,而对人参果这种新兴水果的酚类物质和抗氧化活性的评价还远远不够,今后针对人参果应该建立完整的资源数据库,不同的资源构建完善的分离鉴定体系、抗氧化活性和酚类物质含量等数据信息,为育种及资源评价工作提供依据。目前人们对人参果果实甜度的需求较高,因此开发甜度更高的果实亦是今后人参果育种工作的重点之一。此外基于基因组学、转录组学及代谢组学等研究已经在茄科作物中多有报道,但目前关于人参果抗氧化活性物质,尤其是与酚类物质调控合成的研究机制尚未见报道,其抗氧化活性的遗传规律尚不清楚,因此需要利用分子生物学进行深入研究。

目前,应市场要求而提高水果产量和果实品质的育种导致了水果品种层出不穷,而不同形状的果实亦是育种的目标之一,一些更长更大的果实更适合运输,由于长果较易包装,相较圆形果实能够避免运输过程中产生的瘀伤。因此应该开发适合于远距离运输和长期贮藏的人参果品种。作为一种经济水果,延长人参果的采后保鲜是提高其经济价值的重要手段。人参果采后保鲜过程中,其果实腐烂、褐变和营养成分流失是降低品质的主要形式。当前国内对人参果采后保鲜技术的研究较少,主要以国外学者研究居多,但多集中于保鲜效果的研究,缺乏机理机制的研究。随着人们健康意识的不断增强,人参果保鲜过程中应该多向物理保鲜和生物保鲜的方向进行探索,对其采后贮藏衰老机理进行深入研究,开发一些天然的贮藏保鲜方法,为人参果保鲜的选择和应用提供理论基础。

参考文献 Reference:

- [1] LIZANA L, LEVANO B. Caracterización comportamiento de post-cosecha del pepino dulce *Solanum muricatum* Ait [J]. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 1977, 21: 11-15.
- [2] 陈丽华, 何鹏飞, 吴毅歆, 等. 人参果贮藏期腐烂病原菌研究[J]. *北方园艺*, 2015(24): 108-113.
CHEN L H, HE P F, WU Y X, *et al.* Pathogens causing fruit rot disease on *Solanum muicatum* during storage[J]. *Northern Horticulture*, 2015(24): 108-113.
- [3] HUYSKENS-KEIL S, PRONO-WIDAYAT H, LÜDDERS P, *et al.* Postharvest quality of pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fruit in controlled atmosphere storage[J]. *Journal of Food Engineering*, 2006, 77(3): 628-634.
- [4] KOLA O. Physical and chemical characteristics of the ripe pepino (*Solanum muricatum*) fruit grown in Turkey[J]. *Journal of Food, Agriculture, and Environment*, 2010, 8(2): 168-171.
- [5] REDGWELL R J, TURNER N A. Pepino (*Solanum muricatum*): Chemical composition of ripe fruit[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1986, 37(12): 1217-1222.
- [6] PLUDA D, RABINOWITCH H, KAFKAFI U. Pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) quality characteristics respond to nitrogen nutrition and salinity[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1993, 118(1): 86-91.
- [7] KOLA O, SIMSEK M, DURAN H, *et al.* HPLC determination of carotenoid, organic acid, and sugar content in pepino (*Solanum muricatum*) fruit during the ripening period[J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2015, 51(1): 132-136.
- [8] FIGAS M R, PROHENS J, RAIGÓN M D, *et al.* Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups[J]. *Food Chemistry*, 2015, 187: 517-524.
- [9] 颜 卿. 香瓜茄(人参果、人心果)与微量元素[J]. *广东微量元素科学*, 2008, 15(12): 13.
YAN Q. *Solanum muricatum* and trace elements [J]. *Guangdong Trace Element Science*, 2008, 15(12): 13.
- [10] 陶迎梅, 韩 玲. 微波消解—原子吸收光谱法测定天梯山人参果中有害重金属的含量[J]. *农业科技与信息*, 2018(2): 43-44.
TAO Y M, HAN L. Determination of harmful heavy metals in *Solanum muricatum* of tianti mountain by microwave digestion-atomic absorption spectrometry[J]. *Agricultural Technology and Information*, 2018(2): 43-44.
- [11] PROHENS J, RUIZ J J, NUEZ F. The pepino (*Solanum muricatum*, Solanaceae): a “new” crop with a history[J]. *Economic Botany*, 1996, 50(4): 355-368.
- [12] MAIETTI A, TEDESCHI P, STAGNO C, *et al.* Analytical traceability of melon (*Cucumis melo* var *reticulatus*): proximate composition, bioactive compounds, and antioxidant capacity in relation to cultivar, plant physiology state, and seasonal variability [J]. *Journal of Food Science*, 2012, 77(6): C646-C652.
- [13] LAUR L M, TIAN L. Provitamin A and vitamin C contents in selected California-grown cantaloupe and honeydew melons and imported melons[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2011, 24(2): 194-201.
- [14] DHEPE A, JOSHI K. Role of the antioxidant system in

- the regulation of the chlorophyll biosynthesis pathway in the vascular plant *Cucumis sativus* [J]. *Functional Plant Biology*, 2018, 45(4): 464-473.
- [15] PADILLA F M, PEA-FLEITAS M T, GALLARDO M, *et al.* Proximal optical sensing of cucumber crop N status using chlorophyll fluorescence indices [J]. *European Journal of Agronomy*, 2016, 73: 83-97.
- [16] YALIN H. Effect of ripening period on composition of pepino (*Solanum muricatum*) fruit grown in Turkey [J]. *African Journal of Biotechnology*, 2010, 9(25): 3901-3903.
- [17] SANCHEZ M, CAMARA M, PROHENS J, *et al.* Variation in carbohydrate content during ripening in two clones of pepino [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 80(13): 1985-1991.
- [18] SHIOTA H, YOUNG H, PATERSON V, *et al.* Volatile aroma constituents of pepino fruit [J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2010, 43(4): 343-354.
- [19] KENJI M, AKARI M, ELLEN H, *et al.* Biosynthesis of fatty acid derived aldehydes is induced upon mechanical wounding and its products show fungicidal activities in cucumber [J]. *Phytochemistry*, 2006, 67(7): 649-657.
- [20] 王延平, 梁俪恩. SPME/GC-MS 法研究香瓜茄特征香味成分 [J]. *香料香精化妆品*, 2017(6): 13-16, 28.
- WANG Y P, LIANG L E. Study on the characteristic aroma components of *Solanum muricatum* Ait. by SPME/GC-MS method [J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2017(6): 13-16, 28.
- [21] REN W, TANG D. Extract of *Solanum muricatum* (Pepino/CSG) inhibits tumor growth by inducing apoptosis [J]. *Anticancer Research*, 1999, 19(1A): 403-408.
- [22] HSU C C, GUO Y R, WANG Z H, *et al.* Protective effects of an aqueous extract from pepino (*Solanum muricatum* Ait.) in diabetic mice [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2011, 91(8): 1517-1522.
- [23] SHATHISH K, GURUVAYOORAPPAN C. *Solanum muricatum* Ait. Inhibits inflammation and cancer by modulating the immune system [J]. *Journal of cancer research and therapeutics*, 2014, 10(3): 623-630.
- [24] 许倩倩, 岳恒, 苏攀峰, 等. 香瓜茄的化学成分分析 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2017, 23(19): 100-104.
- XU Q Q, YUE H, SU P F, *et al.* Chemical constituents from mature fruits of *Solanum muicatum* [J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2017, 23(19): 100-104.
- [25] SUDHA G, PRIYA M S, SHREE R I, *et al.* In vitro free radical scavenging activity of raw pepino fruit (*Solanum muricatum* aiton) [J]. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 2011, 3(2): 137-140.
- [26] RODRIGUEZ-BURRUEZO A, PROHENS J, FITA A M. Breeding strategies for improving the performance and fruit quality of the pepino (*Solanum muricatum*): a model for the enhancement of underutilized exotic fruits [J]. *Food Research International*, 2011, 44(7): 1927-1935.
- [27] DI SCALA K, VEGA-GÁLVEZ A, URIBE E, *et al.* Changes of quality characteristics of pepino fruit (*Solanum muricatum* Ait) during convective drying [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2011, 46(4): 746-753.
- [28] WU S B, MEYER R S, WHITAKER B D, *et al.* A new liquid chromatography-mass spectrometry-based strategy to integrate chemistry, morphology, and evolution of eggplant (*Solanum*) species [J]. *Journal of Chromatography A*, 2013, 1314: 154-172.
- [29] HERRAIZ F J, VILLAO D, PLAZAS M, *et al.* Phenolic profile and biological activities of the pepino (*Solanum muricatum*) fruit and its wild relative *S. caripense* [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2016, 17(3): 394.
- [30] ALARCÓN-FLORES M I, ROMERO-GONZÁLEZ R, VIDAL J L M, *et al.* Multiclass determination of phytochemicals in vegetables and fruits by ultra high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry [J]. *Food Chemistry*, 2013, 141(2): 1120-1129.
- [31] PROHENS J, WHITAKER B, PLAZAS M, *et al.* Genetic diversity in morphological characters and phenolic acids content resulting from an interspecific cross between eggplant, *Solanum melongena*, and its wild ancestor (*S. incanum*) [J]. *Annals of Applied Biology*, 2013, 162(2): 242-257.
- [32] HELYES L, LUGASI A, DAOOD H G, *et al.* The simultaneous effect of water supply and genotype on yield quantity, antioxidants content and composition of processing tomatoes [J]. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2014, 42(1): 143-149.
- [33] STALIKAS C D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids [J]. *Journal of Separation Science*, 2007, 30(18): 3268-3295.
- [34] HKKINEN S H, TRRNEN A R. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique [J]. *Food Research International*, 2000, 33(6): 517-524.
- [35] MEYER R S, WHITAKER B D, LITTLE D P, *et al.* Parallel reductions in phenolic constituents resulting from the domestication of eggplant [J]. *Phytochemistry*, 2015, 115: 194-206.
- [36] PROHENS J, RODRIGUEZ-BURRUEZO A, RAIGÓN M D, *et al.* Total phenolic concentration and browning susceptibility in a collection of different varietal types and hybrids of eggplant: Implications for breeding for higher nutritional quality and reduced browning [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2007, 132(5): 638-646.
- [37] KAUSHIK P, ANDÚJAR I, VILANOVA S, *et al.* Breed-

- ing vegetables with increased content in bioactive phenolic acids[J]. *Molecules*, 2015, 20(10):18464-18481.
- [38] 于洋,高昊,戴毅,等. 梔子属植物化学成分的研究进展[J]. 中草药, 2010, 41(1):148-153.
- YU Y, GAO H, DAI Y, *et al.* Advances in studies on chemical constituents in plants of *Gardenia* Ellis[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2010, 41(1):148-153.
- [39] STOMMEL J R, WHITAKER B D. Phenolic acid content and composition of eggplant fruit in a germplasm core subset[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2003, 128(5):704-710.
- [40] MORALES-SOTO A, GARCÍA-SALAS P, RODRÍGUEZ-PÉREZ C, *et al.* Antioxidant capacity of 44 cultivars of fruits and vegetables grown in Andalusia (Spain) [J]. *Food Research International*, 2014, 58:35-46.
- [41] CHUN O K, KIM D O, SMITH N, *et al.* Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2005, 85(10):1715-1724.
- [42] WANG J, MAZZA G. Inhibitory effects of anthocyanins and other phenolic compounds on nitric oxide production in LPS/IFN- γ -activated RAW 264.7 macrophages[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50(4):850-857.
- [43] RAZZAGHI-ASL N, GARRIDO J, KHAZRAEI H, *et al.* Antioxidant properties of hydroxycinnamic acids: a review of structure-activity relationships[J]. *Current medicinal chemistry*, 2013, 20(36):4436-4450.
- [44] SUDHA G, SANGEETHA PRIYA M, INDHU SHREE R B, *et al.* Antioxidant activity of ripe and unripe pepino fruit (*Solanum muricatum* Aiton) [J]. *Journal of Food Science*, 2012, 77(11):C1131-C1135.
- [45] HUANG D, OU B, PRIOR R L. The chemistry behind antioxidant capacity assays[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(6):1841-1856.
- [46] MA C T, CHYAU C C, HSU C C, *et al.* Pepino polyphenolic extract improved oxidative, inflammatory and glycaemic stress in the sciatic nerves of diabetic mice[J]. *Food & Function*, 2016, 7(2):1111-1121.
- [47] SHATHISH K, SAKTHIVEL K M, GURUVA-YOORAPPAN C. Protective effect of *Solanum muricatum* on tumor metastasis by regulating inflammatory mediators and nuclear factor-kappa B subunits[J]. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 2015, 34(3):249-262.
- [48] 李淑红,姚莉,杨承鸿. 人参果木瓜发酵液抗氧化和抗运动疲劳作用研究[J]. 食品科技, 2017(6):58-62.
- LI SH H, YAO L, YANG CH H. Antioxidant activity and anti-exercise-fatigue activity of liquid fermented with *Solanum muricatum* and papaya [J]. *Food Science And Technology*, 2017(6):58-62.
- [49] HALICK M, KUMAR S, YUVARAJ K, *et al.* In vitro phytochemical and antioxidant activity of *Solanum muricatum* in hydroalcohol extract[J]. *Food & function*, 2018, 12(1):72-81.
- [50] HAN K H, HASHIMOTO N, FUKUSHIMA M. Relationships among alcoholic liver disease, antioxidants, and antioxidant enzymes[J]. *World Journal Gastroenterol*, 2016, 22(1):37-49.
- [51] ZHOU T, ZHANG Y J, XU D P, *et al.* Protective effects of lemon juice on alcohol-induced liver injury in mice[J]. *BioMed Research International*, 2017, 4(16):764-755.
- [52] HSU J Y, LIN H H, HSU C C, *et al.* Aqueous extract of pepino (*Solanum muricatum* Ait.) leaves ameliorate lipid accumulation and oxidative stress in alcoholic fatty liver disease[J]. *Nutrients*, 2018, 10(7):931.
- [53] HEISER C B, SMITH D M. Species crosses in helianthus: II. Polyploid species[J]. *Rhodora*, 1964, 66(768):344-358.
- [54] MARTNEZ-ROMERO D, SERRANO M A, VALERO D. Physiological changes in pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fruit stored at chilling and non-chilling temperatures [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 30(2):177-186.
- [55] AHUMADA M, CANTWELL M. Postharvest studies on pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.): maturity at harvest and storage behavior [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 1996, 7(1-2):129-136.
- [56] EL-ZEFTAWI B, BROHIER L, DOOLEY L, *et al.* Some maturity indices for tamarillo and pepino fruits[J]. *Journal of Horticultural Science*, 1988, 63(1):163-169.
- [57] HEYES J, BLAIKIE F, DOWNS C, *et al.* Textural and physiological changes during pepino (*Solanum muricatum* Ait.) ripening[J]. *Scientia Horticulturae*, 1994, 58(1/2):1-15.
- [58] FARCUH M, TOUBIANA D, SADE N, *et al.* Hormone balance in a climacteric plum fruit and its non-climacteric bud mutant during ripening[J]. *Plant Science*, 2019, 280:51-65.
- [59] BIANCHI T, GUERRERO L, GRATACÓS-CUBARSÍ M, *et al.* Textural properties of different melon (*Cucumis melo* L.) fruit types: Sensory and physical-chemical evaluation[J]. *Scientia Horticulturae*, 2016, 201:46-56.
- [60] DOWNS C G, 房经贵, 胡军. 正常成熟沙梨品种的呼吸跃变型或非呼吸跃变型[J]. 国外农学(果树), 1992(3):35-37.
- DOWNS C G, FANG J G, HU J. Respiratory or non-breathing variants of normal mature sand pear varieties [J]. *Foreign Agronomy (Fruit Tree)*, 1992(3):35-37.
- [61] HULME A C. The biochemistry of fruits and their products. Vol. 2 [J]. *The Biochemistry of Fruits and Their Products*, 1971, 2(2):123-125.

- [62] BUCKLE K, EDWARDS R, FLEET G, *et al.* Penerjemah Hari Purnomo dan Adiono[M]. Jakarta: Universitas Indonesia Prees, 1987: 125-133.
- [63] PRONO-WIDAYAT H, SCHREINER M, HUYS-KEIL S, *et al.* Effect of ripening stage and storage temperature on postharvest quality of pepino (*Solanum muricatum* Ait.)[J]. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2003, 1: 35-41.
- [64] LIU H, MENG F, MIAO H, *et al.* Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main health-promoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits[J]. *Food Chemistry*, 2018, 263: 194-200.
- [65] HOLCROFT D M, KADER A A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 1999, 17(1): 19-32.
- [66] HHN A, WEBER D, JUNG T, *et al.* Happily (n) ever after: aging in the context of oxidative stress, proteostasis loss and cellular senescence[J]. *Redox Biology*, 2017, 11: 482-501.
- [67] ESTEVINHO B N, CARLAN I, BLAGA A, *et al.* Soluble vitamins (vitamin B12 and vitamin C) microencapsulated with different biopolymers by a spray drying process[J]. *Powder Technology*, 2016, 289: 71-78.
- [68] GALLETTI L, BERGER H, DROUILLY D, *et al.* Atmósfera modificada en frutodepepino dulce[J]. *Idesia (Arica)*, 2006, 24(2): 35-40.
- [69] GOULD K, HAMMETT K, STEINHAGEN S. Mechanism of bruise resistance in pepino (*Solanum muricatum*) fruit[J]. *Annals of Botany*, 1990, 66(2): 155-161.
- [70] ROMANO G, NAGLE M, MÜLLER J. Two-parameter Lorentzian distribution for monitoring physical parameters of golden colored fruits during drying by application of laser light in the Vis/NIR spectrum[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2016, 33: 498-505.
- [71] MOUALEU-NGANGUE D P, CHEN T W, STÜTZEL H. A new method to estimate photosynthetic parameters through net assimilation rate intercellular space CO₂ concentration (ACi) curve and chlorophyll fluorescence measurements[J]. *New Phytologist*, 2017, 213(3): 1543-1554.
- [72] 汪宏涛. 壳聚糖抑制樱桃番茄采后灰霉病和青霉病及分子机理研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017.
- WANG H T. Inhibitory effect and molecular mechanism of chitosan on postharvest *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* of cherry tomato[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2017.
- [73] 禄璐, 张曦燕, 李晓莺, 等. 壳聚糖—山梨酸钾复合涂膜对鲜果枸杞保鲜品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(9): 257-260.
- LU L, ZHANG X Y, LI X Y, *et al.* Effect of chitosan-potassium sorbate compound liquid film coating on preservation of fresh wolfberry[J]. *Food Industry and Technology*, 2017, 38(9): 257-260.
- [74] 耿红兰, 刘亚平, 王晓闻, 等. 壳聚糖涂膜处理对冷藏砂糖橘冷害和品质影响[J]. *核农学报*, 2016, 30(10): 1952-1958.
- GENG H L, LIU Y P, WANG X W, *et al.* Effect of chitosan treatments on storage quality and membrane lipid peroxidation of shatangju under chilling temperature[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2016, 30(10): 1952-1958.
- [75] 吴子龙, 张浩, 王泽熙, 等. 壳聚糖-姜精油涂膜对草莓贮藏品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(22): 169-174.
- WU Z L, ZHANG H, WANG Z X, *et al.* The storage quality effects of chitosan and ginger essential oil composited coating on strawberry[J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(22): 169-174.
- [76] 姚昕, 涂勇. 壳聚糖涂膜对人参果贮藏保鲜效果的研究[J]. *农产品加工(学刊)*, 2012(12): 56-58.
- YAO X, TU Y. Storage and freshness effect of pepino by chitosan[J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2012(12): 56-58.
- [77] HUYSKENS-KEIL S, PRONO-WIDAYAT H, SCHREINER M, *et al.* Effect of surface coating and film packaging on the keeping quality of solanaceous crops (*Solanum muricatum* Ait., *Solanum quitoense* Lam.)[J]. *Acta Horticulturae*, 2001, 553(553): 621-625.
- [78] 赵继荣, 雒淑珍, 张肖凌, 等. 人参果采后聚乙烯膜包装贮藏研究[J]. *北方园艺*, 2011(15): 198-200.
- ZHAO J R, LUO SH ZH, ZHANG X L, *et al.* The study of PE packing on pepino postharvest storage[J]. *Northern Horticulture*, 2011(15): 198-200.

Advance of Nutrient Composition, Postharvest Physiology and Storage Methods of Pepino (*Solanum muricatum*)

YANG Shipeng¹, JIANG Xiaoting², XU Panpan¹,
TAN Long¹, LI Jiang¹ and ZHONG Qiwen¹

(1. Qinghai Key Laboratory of Vegetable Genetics and Physiology, Institute of Agricultural and Forestry Sciences of Qinghai University, Xining 810016, China; 2. Qinghai Higher Vocational & Technical Institute, Ledu Qinghai 810799, China)

Abstract Pepino is also called mellow eggplant, which it has high moisture, is rich in mineral, vitamin and polyphenol antioxidant active substances, but it is prone to pathogen infection after harvesting. In order to solve the problem of post-harvest preservation in the pepino industry, we provided an overview on nutrients, phenolic substances, and antioxidant capacity in pepino, and described the details about the key factors affecting the post-harvest physiological characteristics of fruit, such as fruit color, respiration, carbohydrate and texture changes, meanwhile, we introduced the method of post-harvest preservation by controlling temperature, atmosphere and other storage conditions in this review. In summary, the problems of pepino in the development of nutrients and storage and preservation were pointed out and the future research was prospected.

Key words Pepino; Nutrient content; Antioxidant; Storage method

Received 2019-06-10

Returned 2019-07-10

Foundation item The Key Laboratory Project of Qinghai Science & Technology Department (No. 2020-ZJ-Y02); Project for Young and Middle-aged Scientific and Technology (No. 2019QHSKXRCTJ01).

First author YANG Shipeng, male, Ph. D, assistant research fellow. Research area: pepino cultivation and breeding. E-mail: pepinoyys@aliyun.com

Corresponding author ZHONG Qiwen, male, associate research fellow, master supervisor. Research area: vegetable genetic and breeding. E-mail: 13997135755@163.com

(责任编辑: 郭柏寿 Responsible editor: GUO Baishou)