

水杨酸处理对库尔勒香梨果实贮藏期细胞壁组分和水解酶活性变化的影响

许娟^{1,2} 张校立^{1,2} 李鹏³ 王继勋^{1,2}

- (1.新疆农业科学院园艺作物研究所 新疆乌鲁木齐 830091;
2.农业部新疆地区果树科学观测实验站 新疆乌鲁木齐 830091;
3.新疆农业大学林学与园艺学院 新疆乌鲁木齐 830052)

摘要: 本研究探讨水杨酸处理对库尔勒香梨贮藏期果实品质的影响。通过对库尔勒香梨进行水杨酸处理后,定期检测库尔勒香梨果实贮藏期细胞壁含量、细胞壁组成物质含量、果胶酶和纤维素酶活性等指标。结果表明水杨酸处理较好地保持香梨果实细胞壁含量,在贮藏结束时达 19.91 mg/g 左右,并显著抑制了香梨果实贮藏期果胶酶和纤维素酶活性,减缓了水溶性和离子型果胶含量上升和共价结合型果胶含量及纤维素和半纤维素含量的下降。水杨酸处理对保持香梨果实细胞壁组分,延缓库尔勒香梨贮藏期果实衰老有积极作用。

关键词: 水杨酸 库尔勒香梨 贮藏期 细胞壁 水解酶

Effects of salicylic acid treatment on the variations of cell wall components and hydrolase activity of Korla fragrant pear during the storage stage

XU Juan^{1,2} ZHANG Xiao-li^{1,2} LI Peng³ WANG Ji-xun^{1,2}

- (1.Horticultural Crops Research Institute ,Xinjiang Academy of Agricultural Sciences ,Urumqi 830091 ,China;
2.Xinjiang Fruit Science Experiment Station ,Ministry of Agricultural University ,Urumqi 830091 ,China;
3.College of Forestry and Horticulture ,Xinjiang Agricultural University ,Urumqi 830052 ,China)

Abstract: This research is trying to explore how salicylic acid treatment affects the fruit texture of Korla fragrant pear during the period of storage. In this study, Korla fragrant pear was used as the experimental material and processed with salicylic acid to regularly monitor the contents of cell wall and its components and the activities of pectinase and cellulase during the fruit storage period. Through salicylic acid treatment, the contents of cell wall was well preserved around 19.91 mg/g at the end of the storage period, the activities of pectinase and cellulase were significantly inhibited, moreover, the increasing contents of the water soluble pectin and ionic pectin and the decreasing contents of the covalent pectin, cellulose and hemicellulose were reduced. The salicylic acid treatment had positive effect on keeping fruit cell wall component and delaying senescence of Korla pear fruit in the storage period.

Key words: salicylic acid; Korla fragrant pear; storage stage; cell wall; hydrolase

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)09-0309-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.09.051

库尔勒香梨(*Pyrus sinkiangensis* Yu)因甜度高,汁多皮薄,口感酥脆,在国内外市场上极具竞争力,远销欧美市场^[1]。香梨果实甜度高,是贮藏性较强的果品,但在贮藏过程中,香梨果实独特的脆爽质地逐渐劣变,而且随着果肉质地的变化,香梨果实更容易受到物理伤害和病害侵害,影响香梨的商品性,这使得越来越激烈的市场竞争和果品高品质要求之间的矛盾加剧^[2]。有研究表明,果实的硬度下降与细胞壁

物质含量降低有密切关系^[3]。

未来对香梨贮藏期品质调控的保鲜剂研究倾向于无毒、低量、高效、成本低廉的方向。水杨酸(SA)属于酚类物质,来自于植物体内,是一种被认为具有提高植物抗病性的内源激素^[4]。细胞壁具有一定的弹性,并起到细胞骨架支撑的作用,果实贮藏期细胞壁结构与成分均发生改变,并引起果实质地软化,目前研究表明有近30种酶与细胞壁的降解有关,这

收稿日期: 2016-10-28

作者简介: 许娟(1983-)女,博士,助理研究员,研究方向:果树生理, E-mail: 1095961091@qq.com。

* 通讯作者: 王继勋(1965-)男,硕士,研究员,研究方向:果树栽培与育种, E-mail: 924101849@qq.com。

基金项目: 新疆维吾尔自治区公益性科研院所基本科研业务经费项目(KYGY2016118)。

其中多数为水解酶^[5-6]。前人研究结果,使用0.1%的水杨酸溶液,对芒果、番茄等果实进行浸泡处理后,果实贮藏的品质与抗病性均得到提高,有延缓果实衰老的作用^[7]。有关水杨酸对香梨采后实质地相关的细胞壁组分及水解酶活性影响未见报道。以库尔勒香梨为试材,研究水杨酸处理对香梨果实贮藏过程中细胞壁组分及相关水解酶活性变化的影响,有助于揭示香梨果实采后质地变化的机理,为今后提高香梨采后品质调控技术研究提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验材料 采自巴州地区库尔勒轮台国家果树资源圃,选择梨树为树龄25年,树势和栽培管理基本一致,砧木为杜梨。于2015年9月5日采摘并选取果实成熟度一致,带果柄,无虫害,无机械损伤,无锈斑的香梨。果实采摘后经预冷处理,然后进行4.0 mmol/L水杨酸浸泡处理10 min^[8],捞出晾干后入库冷藏(1±0.5)℃,每30 d取样一次,实验共240 d。

德国Sigma 8k高速冷冻离心机;日本三洋MDF-U53V(N)低温冰箱;尤尼柯UV-2800紫外可见分光光度计。

1.2 实验方法

1.2.1 香梨果实细胞壁含量的测定 参照茅林春^[9]与Fishman等^[10]的方法,取香梨果肉部分检测其细胞壁含量,3次重复。

1.2.2 香梨果实细胞壁果胶含量的测定 参照韩雅珊^[11]的方法,取香梨果肉部分检测其果胶含量,3次重复。

1.2.3 香梨果实细胞壁纤维素和半纤维素含量的测定 参照《食品分析》^[12]方法,以葡萄糖标品做标准曲线 $y = 0.5843x + 0.0103$ ($R^2 = 0.9971$),用蒽酮比色法检测纤维素和半纤维素含量,3次重复。

1.2.4 香梨果实细胞壁果胶酶、纤维素酶活性的测定 参照《现代植物生理学实验指南》^[13]方法,取香梨果肉部分检测其果胶酶、纤维素酶活性,3次重复。

1.2.5 数据处理 使用Excel与SPSS16.0软件整理分析。

2 结果与分析

2.1 香梨果实贮藏期细胞壁含量变化

如图1所示,香梨贮藏期果实细胞壁含量呈下降趋势,水杨酸处理对果实细胞壁含量下降有抑制作用。果实贮藏至60 d时处理组细胞壁含量开始显著高于对照组($p < 0.05$),直至贮藏120 d时两者之间差异不显著($p > 0.05$),贮藏期150 d时,对照组果实细胞壁含量降至21.18 mg/g,水杨酸处理开始显著高于对照组果实细胞壁含量($p < 0.05$),贮藏结束,处理组细胞壁含量为19.91 mg/g,与对照组差异不显著($p > 0.05$)。

2.2 香梨果实贮藏期细胞壁果胶含量变化

2.2.1 香梨果实贮藏期细胞壁水溶性果胶含量变化 如图2所示,香梨贮藏期果实细胞壁水溶性果胶含量呈上升趋势,水杨酸处理对香梨贮藏期果实细胞壁水溶性果胶含量上升有抑制作用。对照组在

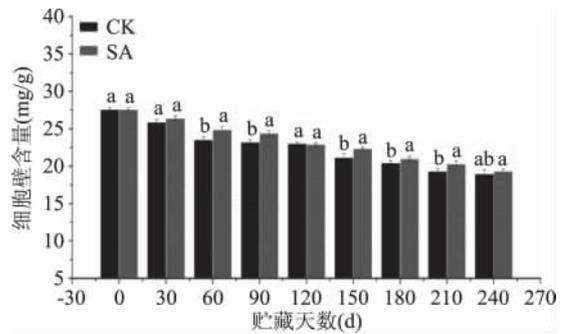


图1 贮藏期间香梨果实细胞壁含量的变化

Fig.1 Changes of cell wall content in Korla fragrant pear during storage period

注:图中a、b为基于 $\alpha = 0.05$ 水平,

同一时期不同处理之间的差异显著性比较,图2~图8同。

贮藏期60 d时果实水溶性果胶含量上升到一个峰值而后下降,处理组的这个峰值出现较对照组晚了30 d左右;随着贮藏延长,对照组在贮藏120 d始,其果实细胞壁水溶性果胶含量呈现明显的上升趋势,处理组则是从贮藏150 d左右开始表现上升趋势的;直至贮藏结束时,对照组果实细胞壁水溶性果胶含量显著高于处理组($p < 0.05$)。两个处理组在整个贮藏期表现出先上升后下降,而后又上升的变化规律类似,可能跟香梨贮藏期有两个呼吸峰有关^[14],呼吸强度增大,细胞壁水溶性果胶含量上升加快,但处理组的峰值变化均比对照组延后30 d左右,可能是处理组延后了香梨果实呼吸峰的出现。

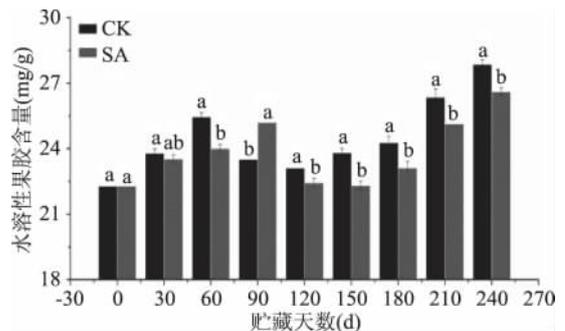


图2 贮藏期间香梨果实细胞壁水溶性果胶含量的变化

Fig.2 Changes of soluble pectin content in Korla fragrant pear during storage period

2.2.2 香梨果实贮藏期细胞壁离子型果胶含量变化 如图3所示,香梨贮藏期果实细胞壁离子型果胶含量整体上呈上升趋势,与水溶性果胶含量变化趋势相似,主要在贮藏后期明显上升,水杨酸处理对香梨果实贮藏期细胞壁离子型果胶含量上升有抑制作用。在此过程中,对照组在贮藏60 d,处理组在贮藏90 d时,二者果实细胞壁离子型果胶含量分别出现一个上升的峰值,时间与变化规律与细胞壁水溶性果胶含量类似,对照组和处理组分别自120 d和150 d时,果实细胞壁离子型果胶含量上升幅度增大,可能跟香梨果实呼吸峰发生的时间有关系。自贮藏120 d至贮藏结束,水杨酸处理对果实的细胞壁离子型果胶含量上升的抑制作用较好,其含量显著低于对照组($p < 0.05$)。

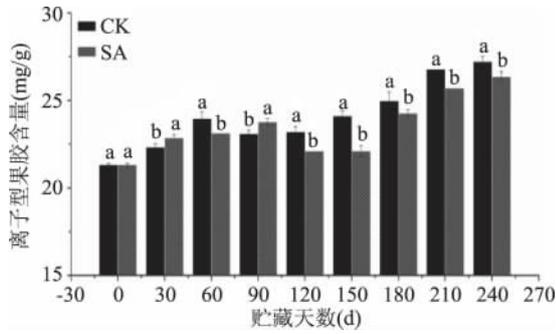


图3 贮藏期间香梨果实细胞壁离子型果胶含量的变化
Fig.3 Changes of ionic bonding pectin content in Korla fragrant pear during storage period

2.2.3 香梨果实贮藏期细胞壁共价结合型果胶含量变化 如图4所示,香梨果实贮藏期共价结合型果胶含量呈现下降的趋势,水杨酸处理对共价结合型果胶含量的降低有抑制作用。处理组果实细胞壁共价结合型果胶含量自贮藏60d,显著高于对照组($p < 0.05$),当贮藏期至90d时,对照组果实细胞壁共价结合型果胶含量下降至9.12 mg/g,较贮藏开始时下降了24.7%左右,而水杨酸处理组下降了16.76%。贮藏期结束时,处理组共价结合型果胶含量仍高于对照组,但二者差异不显著($p > 0.05$)。

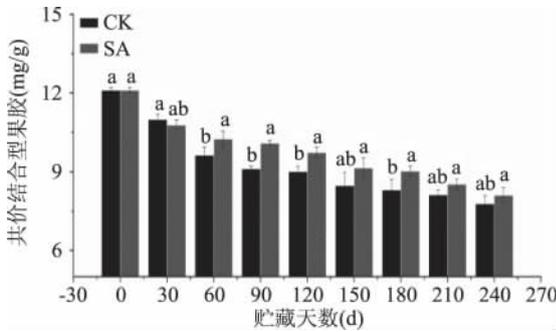


图4 贮藏期间香梨果实细胞壁共价结合型果胶含量的变化
Fig.4 Changes of covalent bonding pectin content in Korla fragrant pear during storage period

2.3 香梨果实贮藏期细胞壁纤维素含量变化

2.3.1 香梨果实贮藏期细胞壁纤维素含量变化 如图5所示,香梨果实贮藏期细胞壁纤维素含量呈现下降趋势,水杨酸处理对细胞壁纤维素含量的降低有抑制作用。当香梨果实贮藏至60d时,对照组果实细胞壁纤维素含量降至10.14 mg/g,下降了14.4%,水杨酸处理纤维素含量下降了6.6%;对照组在贮藏末期其果实纤维素含量下降了26.3%,处理组下降了24.5%。在整个香梨果实贮藏期内,水杨酸处理组果实细胞壁纤维素含量均高于对照组,差异显著($p < 0.05$)。

2.3.2 香梨果实贮藏期细胞壁半纤维素含量变化 如图6所示,香梨果实贮藏期细胞壁半纤维素含量呈现明显的下降趋势,水杨酸处理对香梨果实贮藏期细胞壁半纤维素含量下降有抑制作用。当香梨贮藏至60d时,对照组果实细胞壁半纤维素含量下降了23.9%,显著低于水杨酸处理组($p < 0.05$),但在贮藏期90d至120d之间,对照组和处理组之间差

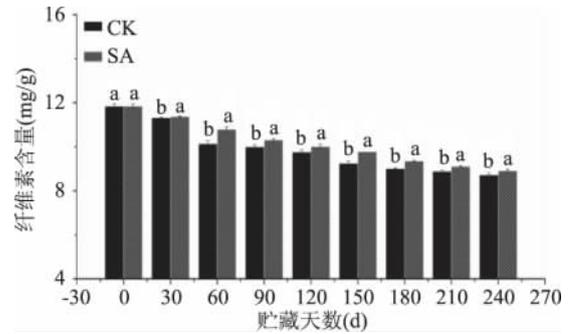


图5 贮藏期间香梨果实细胞壁纤维素含量的变化
Fig.5 Changes of cellulose content in Korla fragrant pear during storage period

异不显著($p > 0.05$)。贮藏期150、180d后,水杨酸处理组果实细胞壁半纤维素含量高于对照组,并且在贮藏结束时差异显著($p < 0.05$)。

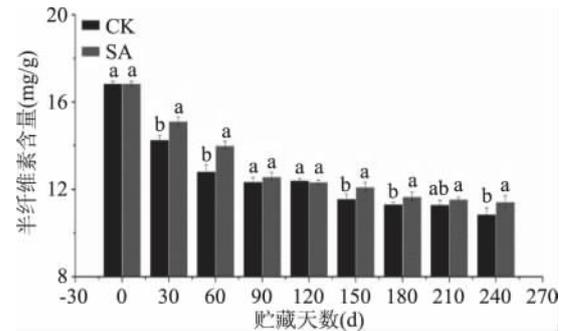


图6 贮藏期间香梨果实细胞壁半纤维素含量的变化
Fig.6 Changes of hemicellulose content in Korla fragrant pear during storage period

2.4 香梨果实贮藏期水解酶活性变化

2.4.1 香梨果实贮藏期果胶酶活性变化 果胶酶通过水解作用降解果胶,致使细胞壁解体,最终使果实硬度下降^[15]。如图7所示,香梨果实贮藏期果胶酶活性呈上升趋势,与水溶性和离子型果胶含量上升,伴随共价结合型果胶含量下降的变化情况相符。水杨酸处理对香梨果实贮藏期果胶酶活性上升有抑制作用。对照组果实果胶酶活性自贮藏期60d有明显的上升趋势,香梨果实贮藏后期,对照组果实果胶酶活性上升幅度较大,在贮藏中后期均显著高于水杨酸处理组($p < 0.05$)。

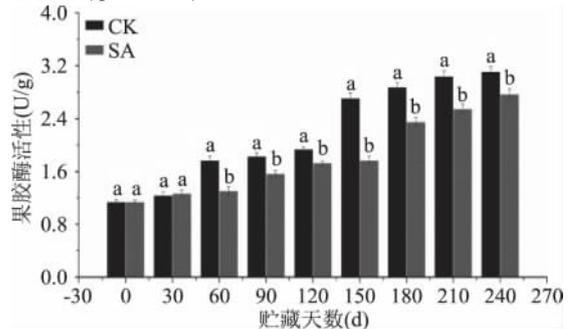


图7 贮藏期间香梨果实果胶酶活性的变化
Fig.7 Changes of pectase activity in Korla fragrant pear during storage period

2.4.2 香梨果实贮藏期纤维素酶活性变化 一般认

为纤维素酶可能在果实硬度下降过程中起到一定作用,但在不同果品中的作用及起作用的时间并不相同。如图8所示,香梨果实贮藏期纤维素酶活性呈上升趋势,与细胞壁纤维素含量变化情况相符,水杨酸处理对果实贮藏期纤维素酶活性上升有抑制作用。当香梨果实贮藏至60 d时,对照组果实纤维素酶活性表现出明显的上升趋势,与水杨酸处理组差异显著($p < 0.05$),而后水杨酸处理组果实纤维素酶活性逐渐上升,与对照组差距渐小,贮至120 d时二者差异不显著($p > 0.05$)。对照组果实纤维素酶活性在贮藏后期上升幅度较大,水杨酸处理表现出较好的抑制效果,贮期240 d时,水杨酸处理组果实纤维素酶活性显著低于对照组($p < 0.05$)。

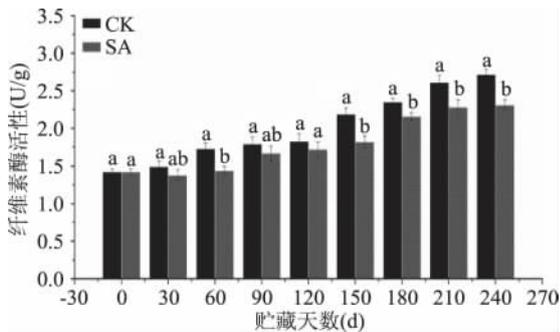


图8 贮藏期间香梨果实纤维素酶活性的变化
Fig.8 Changes of cellulase activity
in Korla fragrant pear during storage period

3 讨论

细胞壁是包围在原生质体外的坚韧外壳,对细胞起到保护和支撑的作用,随着果实在贮藏过程中细胞逐渐衰老,在一系列酶的作用下,果实细胞壁的结构与组分随之逐渐发生变化,导致果实硬度下降^[16-17]。前人对壶瓶枣的研究结果表明,果实的硬度下降与细胞壁物质的含量降低有密切的关系^[18]。本研究中,香梨在贮藏过程中果实细胞壁含量在不断下降,较之对照组果实细胞壁物质含量下降幅度,水杨酸处理对香梨果实细胞壁含量的下降有一定的抑制作用。

细胞壁结构分别为胞间层、初生壁和次生壁构成。其中胞间层的主要成分是果胶物质,可以起到粘合周围细胞,构成组织的作用,而初生壁和次生壁则主要是由纤维素构成的,起到“框架结构”的作用。细胞壁中的纤维素和半纤维素构成经纬网状结构,果胶物质有序填充在网眼中与之交联。果胶物质会随着贮藏期果实衰老而变化,胞间层和细胞壁中果胶出现解聚或增溶,不溶性的共价结合型果胶含量降低,降解为分子量小的水溶性和离子型果胶,二者含量增加,细胞结构受损,细胞间的结合力下降,胞间隙扩大,造成果肉硬度下降^[19]。

本研究中香梨果实在贮藏期间水溶性和离子型果胶都呈上升的趋势,共价结合型果胶呈现下降的趋势,这一结果与李、嘎拉苹果果实研究结果类似^[20-21]。果实在贮藏过程中,细胞壁在果胶酶的作用下分解,水溶性果胶和离子型果胶是小分子物质,易

溶于水,其含量随着贮藏期延长而增加,而共价结合型果胶是一些高分子型的原果胶,不易溶于水,其含量随着贮藏期延长而降低,这都可能是香梨贮藏过程中果实硬度下降的原因。

香梨果实贮藏期间细胞壁纤维素和半纤维素含量都呈现明显的下降趋势,“骨架结构”的消失意味着细胞壁的解体。伴随着果胶酶和纤维素酶活性的上升,贮藏期香梨果实的细胞壁果胶和纤维素含量都发生了相应变化,果胶酶活性较之纤维素酶活性变化幅度更大,这与前人对桃等果实的研究结果一致^[22-23]。

香梨果实贮藏过程中细胞壁结构和组分变化比较复杂,与之相关的多种酶的变化需要进一步研究,结合细胞超微结构观察研究,有利于阐明香梨贮藏期果实细胞壁变化的关键因子。

4 结论

香梨在贮藏过程中果实细胞壁含量不断下降,对照组果实细胞壁含量降幅较大;香梨果实在贮藏期水溶性和离子型果胶含量都呈上升的趋势,水杨酸处理组对上述两种果胶含量的上升有抑制作用;共价结合型果胶含量呈现下降的趋势,至贮藏结束时对照组共价结合型果胶含量低于处理组;香梨果实贮藏期细胞壁纤维素和半纤维素含量都呈现明显的下降趋势,至贮藏结束时对照组纤维素和半纤维素含量都低于处理组;香梨果实在贮藏期果胶酶活性和纤维素酶活性均呈现上升的趋势,与细胞壁果胶和纤维素含量变化情况相符,其中果胶酶活性变化幅度大于纤维素酶活性变化幅度,水杨酸处理对果胶酶和纤维素酶活性上升有抑制作用。

总而言之,在香梨贮藏过程中,随着果胶酶和纤维素酶活性上升,果实中原果胶和纤维素不断降解,果实中的水溶性和离子型果胶含量增多,而共价结合型果胶含量减少,果实细胞壁含量遂呈现下降趋势,水杨酸处理对此过程有抑制作用,延缓了香梨贮藏期果实衰老。

参考文献

- [1]张钊,王野苹.香梨品种种源问题的探讨[J].果树科学,1993,10(2):113-115.
- [2]薛炳焯.肥城桃和草莓果实发育成熟软化生理机理的研究[D].泰安:山东农业大学,2002.
- [3]邓佳,刘惠民,张南新,等.采后钙处理及热处理对葡萄柚果实贮藏期细胞壁物质代谢的影响[J].北方园艺,2013(2):123-129.
- [4]郑涛,何雪娇,苏金强.水杨酸对采后园艺植物组织衰老的影响[J].福建热作科技,2010,35(4):5-9.
- [5]贾艳茹.鸭梨和京白梨果实质地变化及其细胞壁多糖降解特性研究[D].秦皇岛:河北科技师范学院,2012.
- [6]黄志明,林素英,傅明连,等.枇杷果实发育过程中果肉质地与胞壁酶活性的变化[J].热带作物学报,2012,33(1):24-29.
- [7]荣瑞芬,佟世生,冯双庆.水杨酸对采后芒果和番茄保鲜效果的初步研究[J].食品科学,2001,22(3):79-81.

- [8]王军节, 毕阳, 范存斐, 等. 采后水杨酸处理对早酥梨果实质地和质地的影响[J]. 现代食品科技, 2010, 26(10): 1047-1051.
- [9]茅林春, 张上隆. 果胶酶和纤维素酶在桃果实成熟和絮败中的作用[J]. 园艺学报, 2001, 28(2): 107-111.
- [10]Fishman M L, Levaj B, Gillespie D. Changes in the physico-chemical properties of peach fruit pectin during on-tree ripening and storage[J]. Amer Soc Hort Sci, 1993, 118(3): 343-349.
- [11]韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 108-111.
- [12]大连轻工业学院. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1994: 234-237.
- [13]中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 146-150.
- [14]张婷, 车凤斌, 李萍, 等. 气调对库尔勒香梨果实贮藏质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(30): 14566-14568.
- [15]Byun J K, Her J S, Change K H, et al. Changes in pectic substances and cell wall hydrolases during ripening and storage of apple fruit[J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 1993.
- [16]Huber D J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening[J]. Horticultural Reviews, 1983, 5: 169-219.
- [17]李萍, 廖康, 赵世荣, 等. 杏果实发育成熟过程中细胞壁组分和水解酶活性的变化[J]. 新疆农业大学学报, 2013, 36(4): 298-303.
- [18]吴萍, 田世平, 徐勇. 气调贮藏对壶瓶枣果实细胞壁和角质层成分及品质的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(2): 619-625.
- [19]罗自生. 柿果实采后软化过程中细胞壁组分代谢和超微结构的变化[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2005, 31(6): 651-656.
- [20]李金龙. 采后不同浓度钙处理对贮藏期间李果实硬度及果胶含量的影响[J]. 中国林副特产, 2015(2): 20-22.
- [21]魏建梅, 朱向秋, 袁军伟, 等. 1-MCP对采后嘎拉苹果果实淀粉及细胞壁成分变化的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 121-124.
- [22]茅林春, 张上隆. 果胶酶和纤维素酶在桃果实成熟和絮败中的作用[J]. 园艺学报, 2001, 28(2): 107-111.
- [23]陈金印, 陈明, 甘霖. 1-MCP处理对冷藏“金魁”猕猴桃果实采后生理和品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(1): 1-5.
- (上接第303页)
- [7]彭小丽. 不同温度处理对绵羊肉中挥发性成分的影响[D]. 石河子: 石河子大学, 2014.
- [8]张同刚. 香辛料对手抓羊肉挥发性成分的影响及其气相指纹图谱研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2015.
- [9]张丽文, 孔丰, 李俊丽, 等. 不同解冻条件对滩羊肉水分的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 22: 103-107.
- [10]鲁蒙, 巴吐尔·阿不力克木, 欧阳宇恒, 等. 冻藏时间及pH对宰后不同部位羊肉保水性变化的影响[J]. 肉类研究, 2013(9): 26-30.
- [11]王薇, 罗瑞明, 李俊丽, 等. 不同贮藏温度下滩羊肉的保水性及色泽变化特性[J]. 食品与机械, 2015(3): 140-144.
- [12]Honikel K O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat[J]. Meat Science, 1998, 49(4): 447-457.
- [13]Wulf D M, Wise J W. Measuring muscle color on beef carcasses using the $L^* a^* b^*$ color space[J]. Journal of Animal Science, 1999, 77(9): 2418-2427.
- [14]周婷, 陈霞, 刘毅, 等. 加热处理对北京油鸡和黄羽肉鸡质构以及蛋白特性的影响[J]. 食品科学, 2007, 12: 74-77.
- [15]赵建生, 柴会悦, 黄现青, 等. 四种不同气调包装的冷却猪肉在冷藏过程中的理化及感官变化[J]. 肉类研究, 2010(3): 45-48.
- [16]张宏博, 靳焯. 基于模糊数学的羊肉感官综合评价方法[J]. 肉类研究, 2011, 12: 15-18.
- [17]李玉珍, 肖怀秋. 模糊数学评价法在食品感官评价中的应用[J]. 中国酿造, 2016(5): 16-19.
- [18]苏键, 陈军, 何洁. 主成分分析法及其在食品感官评价中的应用[J]. 轻工科技, 2012(9): 12-13, 16.
- [19]Lina Cheng, Da-Wen Sun. Effects of high pressure freezing (HPF) on denaturation of natural actomyosin extracted from prawn (*Metapenaeus ensis*) [J]. Food chemistry, 2017, 15: 252-259.
- [20]袁先群. 肉类色泽变化机理研究进展[J]. 肉类研究, 2010(9): 6-12.
- [21]苏永玲, 谢晶. 冻结和解冻过程对水产品品质的影响[J]. 食品工业科技, 2011(1): 304-308.
- [22]张婷, 吴燕燕, 李来好, 等. 咸鱼品质的质构与感官相关性分析[J]. 水产学报, 2013(2): 303-310.
- [23]陈景宜. 冷却牛肉褪色的生化因素分析及肉色稳定性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [24]郭丽, 蔡良绥, 林智, 等. 基于主成分分析法的白茶香气质量评价模型构建[J]. 热带作物学报, 2010(9): 1606-1610.
- [25]常海军, 唐翠, 唐春红, 等. 不同解冻方式对猪肉品质特性的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 1-5.