

文章编号:2095-7386(2019)05-0012-07

DOI:10.3969/j.issn.2095-7386.2019.05.003

采收期及低温贮藏对莲藕脂肪酸含量影响研究

牛丽芳¹,冯向阳¹,易阳¹,王丽梅²,侯温甫¹,王宏勋²,闵婷¹

(1. 武汉轻工大学 食品科学与工程学院,湖北 武汉 430023;2. 武汉轻工大学 生物工程与制药学院,湖北 武汉 430023)

摘 要:本文采用氯仿-异丙醇法对莲藕中的脂肪酸进行提取,并以 NaOH-甲醇法对其进行甲酯化,最终通过气相色谱质谱联用技术对脂肪酸的组成及含量进行系统的分析比较,确定了不同采收期和低温贮藏(4℃)过程中脂肪酸含量的变化以及其对莲藕品质的影响。结果表明:莲藕随着采收时间的延长,脂肪酸含量总体呈现逐渐减少趋势,“鄂莲五号”在采收期11月(包括11月)之前,其脂肪酸含量处于较高水平,品质处于较好的状态;在低温贮藏过程中,莲藕中不饱和脂肪酸含量显著增加,且低温抑制了饱和脂肪酸含量的增加。在低温贮藏第2周与第3周之间莲藕的感官变化较大,莲藕表皮开始出现发黏、出现霉点。因此,在9月-11月期间采收的莲藕品质更高;莲藕采收后选择2-3周的低温贮藏有利于其品质的维持。

关键词:莲藕;脂肪酸;采收期;低温贮藏

中图分类号:TS 251.6

文献标识码:A

Effects of harvest time and low temperature storage on fatty acid content of lotus root

NIU Li-fang¹, FENG Xiang-yang¹, YI Yang¹, WANG Li-mei², HOU Wen-fu¹, WANG Hong-xun², MIN Ting¹

(1. School of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

2. School of Bioengineering and Pharmaceuticals, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

Abstract: In this paper, the fatty acid in lotus root was extracted by chloroform-isopropanol method, and it was methylated by NaOH-methanol method. Finally, the composition and content of fatty acid were systematically analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and the changes in fatty acid content during different harvesting periods and low temperature storage (4℃) and their effects on quality of lotus roots were determined. The results showed that the fatty acid content of the lotus roots gradually decreased with the extension of harvest time. Before the harvest period of November (including November), the fatty acid content of "e lian 5" was at a high level and its quality was in a good condition. The content of unsaturated fatty acids in lotus roots increased significantly during low temperature storage, and the low temperature inhibited the increase of saturated fatty acid content. In addition, during the second and third weeks of low temperature storage, the sensory changes of lotus root made the significant change, and the skin of lotus root began to show sticky and mildewed spots. Therefore, the lotus roots harvested during the period from September to November are of higher quality and 2-3 weeks storage with

收稿日期:2019-07-28

作者简介:牛丽芳(1995-),女,硕士研究生,E-mail:670609450@qq.com.

通信作者:闵婷(1987-),女,副教授,博士,E-mail:minting1323@163.com.

基金项目:湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(T201809);武汉轻工大学杰出项目(2018J02).

the low temperature of lotus roots after harvest is conducive to the maintenance of their quality.

Key words: lotus root; the fatty acid; harvest period; low temperature storage

1 引言

莲藕(*Nelumbo nucifera* Gaertn.)为睡莲科莲属(*Nelumbonaceae*)多年生宿根性草本植物,是我国重要的水生经济植物^[1]。莲藕组织脆嫩,口感爽滑,富含多糖、膳食纤维、多酚、维生素以及多种矿物质元素及多种营养成分^[2]。莲藕在采后的加工及贮藏过程中易发生呼吸作用、褐变、营养物质的流失、软化及微生物污染等变化,这些都极大的限制了莲藕采后的品质。

适宜的采收时间是保证果蔬品质和延长果蔬采后寿命的重要技术措施。果蔬的采收期关系到果实采后质量、果实的贮藏性能,花芽发育和翌年质量等。阚超楠等研究发现,适熟期的翠冠梨果实常温货架期品质均优于初熟期和过熟期的果实,为翠冠梨较适宜的采收期^[3]。韩舒睿等研究发现,每年11月4日采收的果实贮藏品质优于10月25日和1月14日采收的果实,为较适宜的采收期^[4]。宋来庆等研究发现,适当延迟采收时间有利于增加可溶性固形物、可溶性糖、香气成分种类和总量,以提高果实的风味和品质;在烟台地区,每年的10月20日应该是“烟富3号”苹果最佳食用的采摘期^[5]。余晓琴等通过分析江津青花椒香气成分信息及麻味物质含量,认为每年的6月8日左右为重庆江津青花椒最佳采收期^[6]。吴黎明等通过分析金水柑不同采收期果实品质及采后果实内含物变化,确定每年12月上旬为湖北地区金水柑果实的最佳采收期^[7]。Domingo等发现,香瓜梨在1℃下贮藏时成熟度较高的果实比成熟度低的果实更容易产生冷害^[8]。部分学者对番石榴、李子的采收期进行了研究,发现采收期对其采后品质有显著影响^[9-10]。湖北省莲藕种植面积广、品种多、产量丰富,且“鄂莲五号”莲藕的采收时间跨度长,并随着采收期的不同,莲藕的品质表现不一样,因此,研究不同采收期下莲藕的品质差异有助于更好的应对市场需求。

低温是果蔬采后贮藏及运输过程中最常用的方法,低温环境可以有效降低果蔬的呼吸作用,延缓其成熟衰老,对减少营养成分损失、保持果蔬鲜活状态效果显著。任丽芳、鲍会梅等研究发现,4~5℃低温贮藏相比于室温18~20℃能显著抑制胡萝卜的呼吸作用及营养消耗,有效保持了其贮藏品质^[11-12]。

张春霞等通过研究发现,4℃低温贮藏相比于25℃常温贮藏可以有效维持香菜维生素C含量及可溶性蛋白的含量,并延缓亚硝酸盐含量的升高^[13]。陈江龙以黑宝石李为试验材料,通过实验发现,0℃能显著减缓果实硬度的下降,减少可滴定酸和维生素C的损失,降低失重率和腐烂率^[14]。弓德强等研究发现,低温条件(8±1℃)下,可以有效降低菠萝黑心病的发生概率,并提高了菠萝果实的维生素C和可滴定酸含量,显著延缓了菠萝的衰老^[15]。

果蔬在采后贮藏期间会发生变味、氧化、营养物质渗出、表皮发黏等现象,主要与细胞膜上的脂肪酸成分及含量的波动有关^[16],同时脂肪酸变化会影响细胞膜的流动性与细胞壁结构,导致果蔬质地下降,品质衰减。目前,国内对莲藕品质的研究主要通过褐变度、色差、酚类物质、相关酶等进行评价,通过脂肪酸评价莲藕的品质还鲜有报道。本文采用氯仿-异丙醇法对莲藕中的脂肪酸进行提取,并以NaOH-甲醇法对其进行甲酯化,最终通过气相色谱质谱联用技术对脂肪酸的组成及含量进行系统的分析比较,研究了不同采收期和低温贮藏(4℃)过程中脂肪酸含量的变化以及其对莲藕品质的影响。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

新鲜带泥的“鄂莲五号”莲藕:采购于武汉江夏区棋良公司莲藕生产基地;无水乙醇、氯仿、甲醇、氯化钾、氯化钠、氢氧化钠、无水硫酸钠:国药集团化学试剂有限公司;异丙醇、正己烷,天津市科密欧化学试剂有限公司;2,6-二叔丁基对甲酚(BHT):上海麦克林生物制药有效公司;14%三氟化硼-甲醇溶液:上海安谱科学仪器有限公司;37种脂肪酸甲酯标准品:美国sigma公司。

2.2 仪器与设备

JZ-300 通用色差仪:深圳市金准仪器设备有限公司;HH-S4 数显恒温水浴锅:金坛市医疗仪器厂;DDHZ-300 台式恒温振荡器:江苏太仓市实验仪器有限公司;MTN-2800D 氮吹浓缩装置:天津奥特赛恩斯仪器有限公司;CP214 分析天平:奥豪斯(上海)有限公司;TG-20 医用离心机:湖南平凡科技有限公司;HYC-326A 医用低温冷藏箱:青岛海尔特种电器有限公司;BMJ-160 恒温培养箱:上海博迅实业

有限公司医疗设备厂;3S-A10 臭氧制备仪:北京同林高科科技有限责任公司;IMS-20 制冰机:江苏常熟市雪科电器有限公司;SMSTA. XTplus 型质构仪:英国 Stable Micro System 公司;GC 7890A-MS 5975C 气相色谱-质谱联用仪:安捷伦科技(中国)有限公司。

2.3 试验方法

2.3.1 预处理方法

“鄂莲五号”莲藕从江夏区棋良公司生产基地现场采取,确保采收的莲藕无明显缺陷和机械损伤,外型相近,颜色无明显差异后装袋迅速运回实验室放置于 4℃低温恒温箱中预冷 24 h,期间对实验室

进行臭氧消毒,然后用自来水对莲藕表层淤泥进行清洗,并用锋利洁净的刀具对长节(4 小节为一长节)莲藕进行断节切分,期间确保藕节处切分完整且内部藕肉未接触空气,切分后的节藕用滤纸擦干水渍后,蘸取少量无水乙醇对表皮进行一定的消毒,再分别套上 PE 塑封袋后依次放入 4℃和 20℃恒温箱中进行贮藏。所有实验样本与检测指标均进行三次重复。

2.3.2 感官测评

挑选 10 位具有较强食品感官测评能力的同学,对贮藏期间的莲藕分别从整体外观、气味、颜色、质地、切面变化五个方面进行感官测评。见表 1。

表 1 感官评价标准表

外观(1 分)	气味(1 分)	颜色(1 分)	软化(1 分)	切面变化(1 分)
外形饱满,无任何干缩变形(1)	新鲜莲藕清香,无异味(1)	色泽均匀,有光泽,呈米白色(1)	表面无损,坚硬,按压无印(1)	切面洁白有光泽,无褐变,水分多(1)
外形较为饱满,表皮略显干缩,但肉眼较难观察(0.8)	莲藕香味减弱,但无异味(0.8)	光泽稍差,亮色减少,黄色增加(0.8)	有轻微变软,但手指按压无明显印记(0.8)	切面及莲孔有轻微褐变,但肉眼不易辨出,水份减少(0.8)
表皮干缩较为明显,体积相对缩小,有霉点形成(0.6)	莲藕清香味较淡,有部分酸腐味(0.6)	光泽减少,整体呈黄色(0.6)	表面开始变软,部分有干缩褶皱形成(0.6)	切面及莲孔褐变较深,水份很少,肉眼易辨(0.6)
干缩变形明显,体积减小明显,霉点增多(0.4)	莲藕味很少,酸腐味较多(0.4)	无光泽,黄色为主并出现褐变(0.4)	整体变软,干缩褶皱分布多(0.4)	切面及莲孔大面积褐变,颜色很深,开始出现腐烂现象(0.4)
外表干缩严重,霉点分布广泛,腐烂严重(0.2)	明显的发酵酸腐味(0.2)	整体褐变,黑褐色与黄色交叉分布(0.2)	软缩严重,整体褶皱明显(0.2)	腐烂变质,有异味,完全不能食用(0.2)

2.3.3 脂肪酸成分与含量测定

2.3.3.1 莲藕膜脂的提取

提取方法参照参考文献^[17]并进行一定的修改。对采收的同批次莲藕进行水分含量测定,以确定每次提取所需样品的质量范围;再选取相同贮藏天数(月度)的莲藕,用洁净的刀具去皮后迅速切取约 150(±10)mg 藕肉浸泡于装有 3 mL 75℃预热的异丙醇(含 0.01% BHT)玻璃离心管中,并用锡箔纸包裹后继续于 75℃下水浴 15 min;待自然冷却后分别用移液管向每个离心瓶中先后加入 1.5 mL 氯仿和 0.6 mL 超纯水,初步混匀避光,置于恒温振荡器中以 20℃室温摇晃 1 h,后将提取液转移至新的玻璃离心瓶中,并避光保存;再用干净的移液管向原始装有样品的离心瓶中加入 4 mL 氯仿/甲醇(2:1,v/v,含 0.01% BHT),避光后重新放回振荡器中摇晃

30 min,后再次转移提取液,此步骤重复 4 次,并确保每次提取时间相同;随后向提取完毕的溶液中加入 1 mL 1mol/L KCL 溶液,混匀后以 500 r/min 的转速离心 5 min,静止后弃去上层水相,并再次向溶液中加入 2 mL 超纯水,混匀后以相同转速离心 5 min,静止后再弃去上层水相;最后将装有不含水相提取液的离心瓶置于氮吹仪下进行氮吹浓缩,吹干后置于-80℃超低温冰箱中保存供后续甲酯化使用。

2.3.3.2 莲藕脂肪酸的甲酯化过程

在相关参考文献^[18]方法的基础上进行一定调整后对提取好的莲藕磷脂样品进行甲酯化处理。向提取的脂肪酸混合样品瓶中加入 0.5 mol/L NaOH-C11 月 OH 溶液 2 mL,60℃水浴 25 min 至油珠完全溶解(皂化过程),水浴结束后待自然冷却至室温时用移液管分别加入 2 mL 14% BF3-C11 月 OH 溶液,

封盖后再于 60 ℃ 水浴 20 min(甲酯化过程),待其自然冷却后加入 2 mL 正己烷,摇匀后再加入 2 mL 饱和 NaCl 溶液,震荡摇匀后静置 5 min 待其彻底分层后,吸取上层 1 mL 有机相溶液于 10 mL EP 管中,并用正己烷将其稀释 5 倍,再向每个 EP 管中加入少量无水 Na₂SO₄ 除去残留的水分,后用 2.5 mL 注射器吸取 EP 管中溶液过 0.45 μm 滤膜后注入 2 mL 棕色进样瓶中,保存于 -80 ℃ 冰箱中待测。

2.3.3.3 气相色谱-质谱联用条件

气相色谱-质谱联用条件以参考文献^[19]略作修改。离子化方式:电子轰击(EI)离子源;电离能量:70 eV;离子源温度:230 ℃;传输线温度:250 ℃;四级杆温度:150 ℃;全扫描模式,质量扫描范围:m/z 50~500;色谱柱:HP-FFAP 石英毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);升温程序:100 ℃ 保持 1 min,以 5 ℃/min 升温至 190 ℃,保持 0 min,再以 2 ℃/min 升温至 220 ℃,保持 5 min,进样口温度:250 ℃;载气:氦气(99.999%);流速:1 mL/min;进样量:1.0 μL;不分流进样;溶剂延时:4 min。

3 结果与分析

3.1 采收期对莲藕脂肪酸组成及含量影响研究

3.1.1 感官评价

感官评价综合外观、颜色、气味、软度和切面变化的五项评分得到总体趋势变化,从图 1 可以看出,9 月-11 月期间,莲藕的感官评分相近,无明显差异,而 11 月-12 月期间,莲藕的感官评分差异显著,12 月相比 11 月感官评分平均下降了 0.45 分,下降比率达到 9.70%。可见随着采收期的延长,莲藕在整体感官品质上会逐渐变差。据此,初步认为在 11 月(包括 11 月)之前,“鄂莲五号”莲藕的品质较好,可能是由于池塘温度较高,对莲藕品质起到了有效的保护作用,这与姚春潮等^[20]的研究结果相一致。

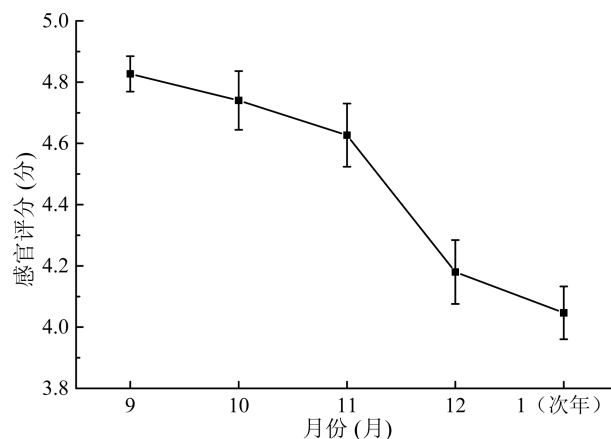
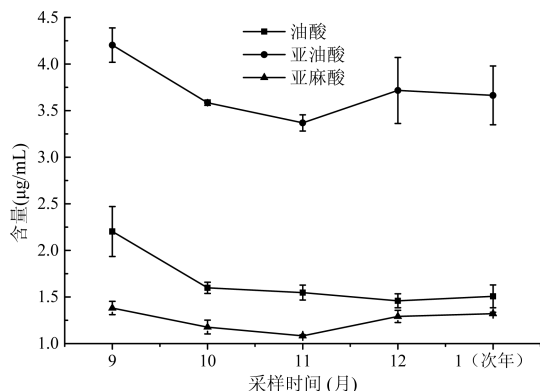


图 1 不同采收期莲藕感官评价

3.1.2 脂肪酸组成及含量

从图 2 所示,不同采收期莲藕脂肪酸的种类并无差异,其中不饱和脂肪酸以亚油酸(C18:2)为主,油酸(C18:1)次之,亚麻酸(C18:3)的绝对含量最低;饱和脂肪酸以棕榈酸(C16:0)为主,硬脂酸(C18:0)次之。不同采收期,不饱和脂肪酸含量差异较小,整体表现出先降低后升高的趋势,其中采收期 11 月的含量最低,较采收期 9 月,含量在总体上降低了 23.10%;相比之下,饱和脂肪酸在含量变化上差异较大,随着采收期的延长,其含量在整体上呈现下降趋势,到采收期结束,相比第一个采收期在总体上降低了 28.40%,其中 9 月、10 月、11 月变化幅度较小。这可能是由于莲藕随着采收时间的延长,在细胞膜脂肪酸含量上会呈现逐渐减少的趋势,而脂肪酸的氧化分解会促使细胞膜通透性的改变,加速细胞内部营养物质的消耗和渗透,导致莲藕质地下降,致使莲藕气味的变差,同时也加速莲藕的衰老进程,这与前人的研究结果相一致^[21]。因此,“鄂莲五号”莲藕在 9 月、10 月、11 月采收,对其采后食用品质和后期贮藏更为有利。

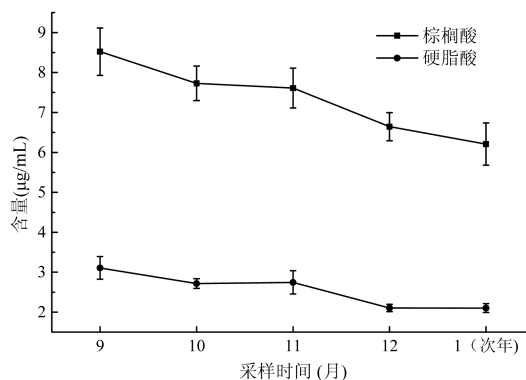


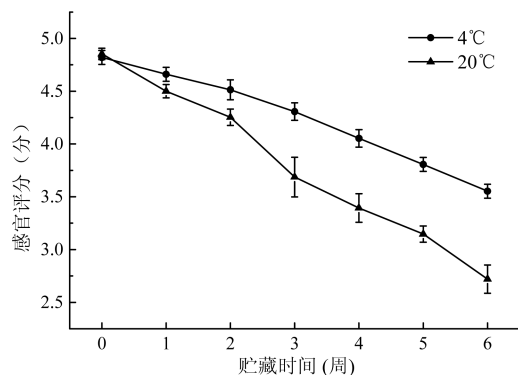
图 2 不同采收期莲藕脂肪酸含量变化

3.2 低温贮藏对莲藕脂肪酸组成及含量影响研究

低温是果蔬采后贮藏及运输过程中最常用的方式之一,方式简单且成本低,现有较多研究报道表明,低温条件可以有效延缓果蔬采后品质变化及营养物质损失,延长货架期^[22]。

3.2.1 感官评价

首先进行的是为期 6 w 的低温贮藏实验,并对



其进行了感官评价。其低温贮藏下莲藕感官评分降低率为 26.30%,常温则达到 43.90%,两个温度下莲藕的感官差异显著,且常温贮藏第 2 w-3 w 感官变化较大,感官评分降低率达到 13.20%,同时部分莲藕表皮有霉菌生成,而低温下莲藕表皮也出现发黏霉点情况,此时的莲藕已经不符合食用品质。

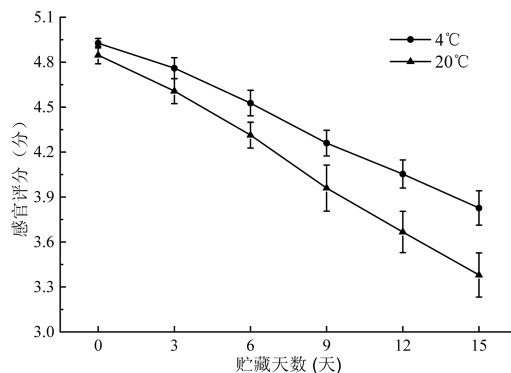


图3 低温贮藏莲藕感官评价变化

基于 6 w 低温贮藏实验的现象,进行了为期 15 d 的低温贮藏实验。在此实验中,两个温度贮藏下的莲藕品质都有一定的下降趋势。到 15 d 贮藏结束时,低温贮藏下莲藕在整体感官评分上降低率为 16.30%,常温贮藏下感官评分降低率为 25.30%,可见低温贮藏下莲藕感官品质优于常温贮藏。

因此,低温能较好的维持莲藕在贮藏期间的感官品质,但贮藏时间不宜过长,这与袁启凤^[23]、张艳芬^[24]等人的研究结果相一致。

3.2.3 脂肪酸组成及含量

从图 4 可看出,在 15 d 贮藏期内,随着贮藏时间延长,莲藕不饱和脂肪酸整体呈现增加趋势,到贮藏期结束,低温下不饱和脂肪酸在总含量上增加了 28.30%,其中油酸、亚油酸和亚麻酸含量在贮藏第 3 d-6 d 增加较快;相比之下,贮藏 3 d 后,常温下莲藕油酸含量开始出现持续下降趋势,到贮藏期结束,不饱和脂肪酸在整体含量上仅增加了 10.20%,显著低于低温下不饱和脂肪酸的增加量。

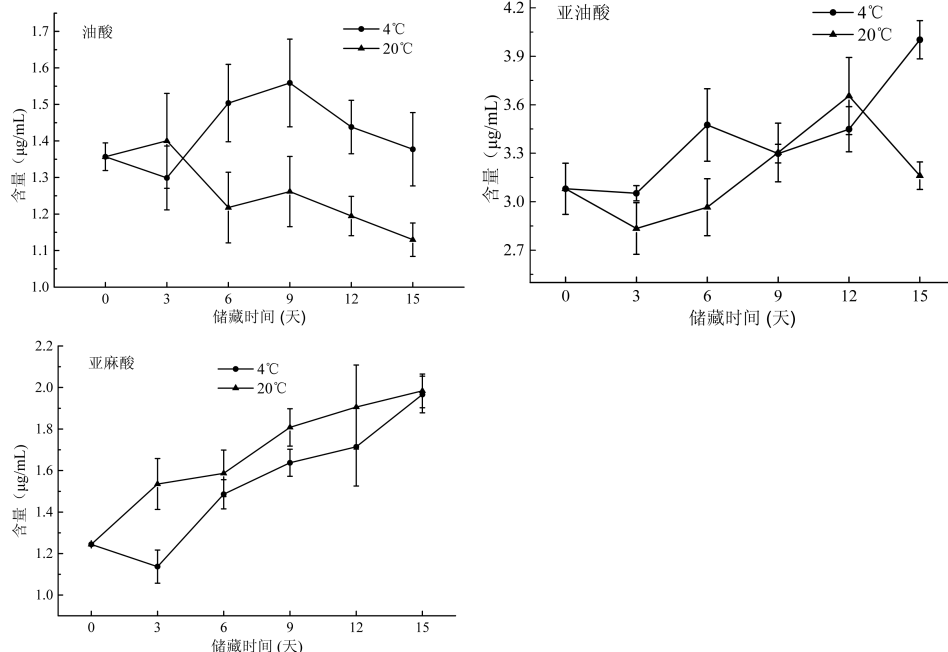


图4 低温贮藏莲藕不饱和脂肪酸含量变化

由此可见,在 15 d 的贮藏期内,低温贮藏中不饱和脂肪酸含量增加显著。另外,低温可以抑制

油酸的氧化分解,有利于维持莲藕在贮藏期间的品质。

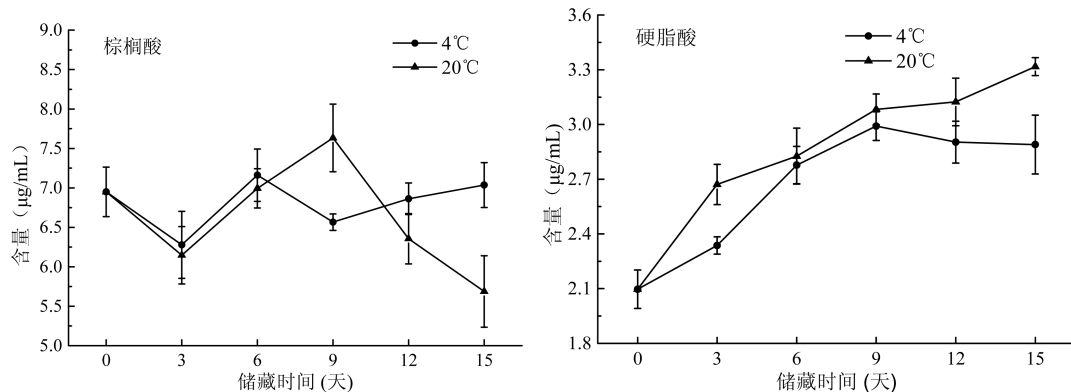


图5 低温贮藏莲藕饱和脂肪酸含量变化

15 d 贮藏期内,两个温度下饱和脂肪酸在含量上均呈现出增加的趋势,到贮藏期结束,低温下饱和脂肪酸在含量上增加了 9.70%,主要以硬脂酸增加较快为主,而常温下饱和脂肪酸的含量增加了 21.70%,是低温下饱和脂肪酸增加量的 2.2 倍;由此可见,低温贮藏较常温贮藏能抑制莲藕中饱和脂肪酸含量的增加,低温贮藏能够较好的抑制莲藕饱和脂肪酸含量的增加,且因莲藕自身的成熟作用,也促进了饱和脂肪酸的氧化分解,但低温贮藏更有利于饱和脂肪酸的降解,在品质上相比于常温得到了提升和保护。因此,莲藕采后选择 2-3 w 的低温贮藏对莲藕中脂肪酸含量的影响较小,有利于其品质的维持,这与周倩、黄彬红等人的研究结果相近^[25-26]。

4 结论

莲藕随着采收时间的延长,不饱和脂肪酸含量差异较小,整体表现出先降低后升高的趋势;饱和脂肪酸含量变化差异较大,其含量在整体上呈现下降趋势。因此,“莲五号”莲藕在采收期 11 月(包括 11 月)之前,其品质处于较好的状态,且变化幅度较小,采后食用品质及后期耐贮性更好。

在莲藕的贮藏方面,2-3 w 的低温贮藏促进了莲藕中不饱和脂肪酸的增加,同时抑制了饱和脂肪酸含量的增加;且低温贮藏下莲藕感官品质优于常温贮藏。因此,莲藕采后选择 2-3 w 的低温贮藏有利于其品质的维持。

参考文献:

[1] 冯向阳,谢君,王宏勋,等. 真空包装通过调节酶活性抑制鲜切莲藕酶促褐变[J]. 江苏农业科学,2019,47(07):210-214.

[2] 郑梦林. 不同贮藏条件对鲜切莲藕褐变影响及 PAL、PPO 和 POD 的表达调控[D]. 武汉轻工大学,2016.

[3] 阚超楠,高阳,陈明,等. 不同采收期对翠冠梨果实常温货架期间品质的影响[J]. 中国南方果树,2017(06):105-108+113.

[4] 韩舒睿,陈明,陈楚英,付永琦,陈金印. 不同采收期对南丰蜜橘贮藏品质及效果的影响[J]. 江西农业大学学报,2014,36(02):285-289.

[5] 宋来庆,赵玲玲,唐岩,等. “烟富3号”苹果不同采收期果实品质和香气物质含量分析[J]. 山东农业科学,2013,45(11):47-49.

[6] 余晓琴,吴素蕊,阚建全,等. 重庆江津青花椒不同采收时期的品质变化[J]. 食品与发酵工业,2009(11):164-167.

[7] 吴黎明,蒋迎春,王志静,等. 金水柑不同采收期果实品质及贮藏性研究[C]. 中国柑橘科技创新与产业发展战略论坛暨中国柑橘学会年会. 2007.

[8] Domingo, Serrano, 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.

[9] Soares FD, Pereira T, Maio Marques MO, et al. Volatile and non-volatile chemical composition of the white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity[J]. Food Chemistry, 2007, 100(1):15-21.

[10] Guerra M, Casquero PA. Effect of harvest date

- on cold storage and postharvest quality of plum cv. Green Gage [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 47(3): 325-332.
- [11] 任丽芳, 李军. 贮藏温度对鲜切胡萝卜品质的影响[J]. *食品科技*, 2014(5): 30-33.
- [12] 鲍会梅. 鲜切萝卜在贮藏过程中生理变化的研究[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(21): 195-198.
- [13] 张春霞, 谢佰承, 颜文丽. 低温和包装对香菜贮藏品质的影响[J]. *蔬菜*, 2011(1): 38-40.
- [14] 陈江龙. 不同温度和臭氧处理对黑宝石李贮藏生理及品质的影响[D]. 河北农业大学, 2013.
- [15] 弓德强, 谢江辉, 张鲁斌, 等. 低温贮藏对控制菠萝黑心病和保持品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(1): 67-69.
- [16] Haghparast S, Kashiri H, Alipour G H, et al. EVALUATION OF GREEN TEA (CAMELLIA SINENSES) EXTRACT AND ONION (ALLIUM CEPA L.) JUICE EFFECTS ON LIPID DEGRADATION AND SENSORY ACCEPTANCE OF PERSIAN STURGEON (ACIPENSER PERSICUS) FILLETS: A COMPARATIVE STUDY [J]. *Planta*, 2011, 160(6): 500-507.
- [17] Shiva S, Enniful R, Roth M R, et al. An efficient modified method for plant leaf lipid extraction results in improved recovery of phosphatidic acid [J]. *Plant Methods*, 2018, 14(1): 14.
- [18] 王川, 韩珍珍, 文凤, 等. 棉籽油脂肪酸甲酯化的方法及其脂肪酸含量分析[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(11): 258-263.
- [19] 林源锋, 付杰, 鲁昊, 等. 不同甲酯化方法对裂壶藻产油脂肪酸的影响及 GC-MS 分析[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(1): 21-23.
- [20] 姚春潮, 刘占德, 龙周侠. 采收期对“徐香”猕猴桃果实品质的影响[J]. *北方园艺*, 2013(8): 36-38.
- [21] 户金鸽, 廖新福, 孙玉萍, 等. 不同成熟度哈密瓜采后生理和品质的变化[J]. *中国瓜菜*, 2011, 24(3): 10-15.
- [22] 张平, 陈绍慧. 我国果蔬低温贮藏保鲜发展状况与展望[J]. *制冷与空调*, 2008, 8(1): 5-10.
- [23] 袁启凤, 严佳文, 张绿萍, 等. 不同贮藏温度对‘紫红龙’火龙果品质变化和生理代谢的影响[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2017, 32(04): 691-696.
- [24] 张艳芬. 低温贮藏期间芥菜品质和生理特性变化研究[D]. 南京农业大学, 2007.
- [25] 周倩, 纪淑娟, 马超, 等. 蓝莓果实中脂肪酸的组成及冷藏期间的变化[J]. *食品与发酵工业*, 2013, 39(6): 230-234.
- [26] 黄彬红, 林婉瑜, 黄光伟, 等. 不同贮藏条件对大杏仁游离脂肪酸含量的影响[J]. *中国粮油学报*, 2011, 26(7): 68-71.