

杜正花,王 威,陈清西. 不同强度冷激及紫外辐照处理对橄榄果实采后鲜食品质的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):339-343.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.110

# 不同强度冷激及紫外辐照处理对橄榄果实采后鲜食品质的影响

杜正花,王 威,陈清西

(福建农林大学园艺学院,福建福州 350002)

**摘要:**为筛选出能够改善橄榄采后鲜食品质的合适的冷激处理时间及紫外辐照(UV-C)剂量,以长营橄榄为材料,对果实进行 10~50 min 的冷激处理,0.6~4.8 kJ/m<sup>2</sup> 的紫外辐照。并对其鲜食品质相关指标(总酚、总糖、黄酮)含量进行测定。结果表明:冷激处理及紫外辐照在一定程度上降低了橄榄果实中总酚、黄酮含量;冷激处理及 0.6~2.4 kJ/m<sup>2</sup> UV-C 辐照延缓了果实中总糖含量的下降,而 3.6~4.8 kJ/m<sup>2</sup> UV-C 辐照则加速了果实中总糖的消耗。其中,30 min 的冷激处理及 2.4 kJ/m<sup>2</sup> UV-C 辐照可以维持果实中较低的酚糖比,对于改善果实口感、提高其鲜食品质具有积极的作用。

**关键词:**橄榄果实;冷激处理;紫外辐照;总酚;总糖;酚糖比;黄酮;鲜食品质

**中图分类号:** TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0339-04

橄榄[*Canarium album* (Lour.) Raeusch.]属于橄榄科橄榄属,为著名的热带、亚热带果树,别称青果、白榄、黄榄、山榄,其果实营养丰富,具有很高的药用和保健功效。橄榄果实可用于加工和鲜食,绝大部分橄榄品种因质地粗硬,口味苦涩,只能用于加工。而品质优良的鲜食橄榄则供不应求<sup>[1-2]</sup>,因此,橄榄采后品质调控显得尤为重要,尤其是利用物理方式对橄榄果实采后品质进行调节。冷激处理是采用远低于果实冷害临界温度的温度对贮藏前的果实进行短时间低温处理<sup>[3]</sup>,具有节能、安全、卫生的优点。目前,已在贡柑<sup>[4]</sup>、水蜜桃<sup>[5-6]</sup>、樱桃<sup>[7]</sup>等水果上有所应用。紫外辐照采后果实有利于杀死果实表面细菌,提高抗氧化物质含量,在果实品质调控及贮藏保鲜方面具有重要作用。相关研究已在冬枣<sup>[8]</sup>、莲雾<sup>[9]</sup>、葡萄<sup>[10]</sup>、桃<sup>[11]</sup>等水果上有所应用。但关于冷激处理及紫外辐照对橄榄果实采后品质的影响尚未见报道。冷激时间不当,可能会对果实造成冷害,导致生理失调;紫外辐照剂量不当,容易灼伤果面,加速果实失水,导致其品质下降。因此,本试验对橄榄果实进行不同时间冷激处理及不同剂量的紫外辐照,并对其相关鲜食品质指标进行测定,旨在寻求改善橄榄采后鲜食品质的合适的冷激处理时间及紫外辐照剂量,为橄榄采后品质调控及其进一步相关研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试长营果实于 2013 年 9 月 25 日采自福建省闽侯县上岐,挑选无病虫害、无机械损伤、大小一致的新鲜果实,用蒸馏水清洗,自然晾干,备用。

### 1.2 试验设计

**1.2.1 冷激试验** 冷激(冰水混合物)处理时将果实平均分成 6 组,每组 70 个果实,其中 1 组为对照,其余 5 组平均分为 10 组,每组 35 个果实,分别进行 10、20、30、40、50 min 冷激处理,每个处理重复 2 次,冷激处理后,2 个相同处理的果实混匀,用于相关指标测定。

冷激处理方式为冰水混合物,为确保试验条件的一致,所有试验在冷激处理时,均在 25 ℃ 的培养室中进行,此时测定的冰水混合物的温度为(1.5±0.5)℃。

**1.2.2 紫外试验** 紫外处理时将果实平均分成 6 组,每组 70 个果实,其中 1 组为对照,其余 5 组平均分为 10 组,每组 35 个果实,分别进行 0.6、1.2、2.4、3.6、4.8 kJ/m<sup>2</sup> 紫外(UV-C)辐照(波长 253.7 nm)处理,每个处理重复 2 次,紫外处理后,2 个相同处理的果实混匀,用于相关指标测定。

紫外灯使用江海高硼紫外灯杀菌灯管,灯管直径 2.7 cm,长度 118 cm,输出功率 40 W,约 95% 的紫外光在 253.7 nm 波长处发射波能,将欲处理的橄榄置于放在距离灯管垂直距离约 40 cm 处,处理时用组合灯管,用数字式辐照计(ST-51X)测得此距离的紫外线强度约为 0.6 mW/cm<sup>2</sup>,根据一定辐照强度下处理时间来确定产品的辐射剂量。0.6、1.2、2.4、3.6、4.8 kJ/m<sup>2</sup> 的辐照剂量约为 100、200、400、600、800 s。

样品均在 25 ℃ 培养室放置,自开始处理时第 1 次取样,此后每隔 1 d 取样 1 次,共 6 次。所取样品冻干,用多功能粉碎机磨成粉末,过 40 目筛,置于-40 ℃ 冰箱中备用。

收稿日期:2014-10-16

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2007BAD07B01);福建省自然科学基金(编号:2012D085);福建省福州市科技计划(编号:2009-N-55)。

作者简介:杜正花(1987—),女,河南宁陵人,硕士研究生,主要从事果树生理与生态研究。Tel:(0591)83789241;E-mail:xiaodu5258@126.com。

通信作者:陈清西,博士,教授,博士生导师,主要从事园艺植物栽培生理的教学和科研工作。Tel:(0591)83789241;E-mail:cqx0246@163.com。

1.3 试验方法

(1)总酚含量的测定参照林玉芳等的方法(超声波提取)<sup>[12]</sup>进行。(2)总糖含量的测定参照文献[13]进行。(3)黄酮含量的测定参照林烽的方法<sup>[14]</sup>进行。(4)酚糖比。酚糖比=酚含量/糖含量。以上试验均重复3次。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2003 整理、统计、作图;用 DPS 7.05 对组间数据进行单因素试验统计分析,分析差异显著性。

2 结果与分析

2.1 冷激及紫外处理对橄榄果实采后总酚含量的影响

酚类物质是橄榄果实苦涩味的主要来源,酚类物质的适当减少可降低橄榄果实的苦涩味,在一定程度上改善其口感,从而提高果实鲜食品质。由表 1 可知,除 20 min 的处理外,其余 4 个冷激处理组橄榄果实中总酚含量总体低于对照组,其中 10、30、40 min 冷激处理组橄榄果实中总酚含量均在贮藏后 1、9 d 极显著低于对照组( $P<0.01$ );50 min 的冷激处理组橄榄果实中总酚含量在贮藏后 1、5~9 d 期间均极显著低

于对照组( $P<0.01$ ),即与对照组相比,50 min 具有较好的降低橄榄果实总酚含量的效果。在贮藏 3~11 d 期间,30、40 min 的冷激处理组之间差异不显著( $P>0.05$ );贮藏 7 d 后,除个别时期外,30、40、50 min 的冷激处理的降酚效果差异并不明显。由表 2 可知,与对照组相比,0.6 kJ/m<sup>2</sup>(除贮藏后 1 d 外)的辐照剂量对橄榄果实中总酚含量影响不显著;当辐照剂量增加至 2.4 kJ/m<sup>2</sup> 时达到明显的降酚效果,此时,处理组总酚含量在贮藏 3~5、9 d 极显著低于对照组( $P<0.01$ );但当辐照剂量增加到 4.8 kJ/m<sup>2</sup> 时,在贮藏 1~7 d 期间,处理组与对照组差异不显著( $P>0.05$ ),在贮藏后 11 d 极显著高于对照组 8.554 mg/g( $P<0.01$ )。总之,紫外辐照可以降低橄榄采后多酚含量,且降酚效果在一定范围内随辐照剂量的增加而增强,至 2.4 kJ/m<sup>2</sup> 时达到最佳,之后随辐照剂量的增加,其降酚效果减弱,至 4.8 kJ/m<sup>2</sup> 时反而使总酚含量在贮藏后期升高。综上所述,30~50 min 的冷激处理及 2.4 kJ/m<sup>2</sup> 的紫外辐照剂量具有较好降酚效果,可以在一定程度上降低果实苦涩味,改善其口感。

表 1 不同时间冷激处理对橄榄果实采后总酚含量的影响

贮藏时间(d)	总酚含量(mg/g,DW)					
	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min
1	78.942 8±0.678 6Aa	73.784 5±1.777 4Bb	79.399 9±1.078 9Aa	71.760 2±0.113 1Bc	73.915 0±1.113 9Bb	73.066 2±0.897 7Bbc
3	82.925 9±3.554 9ABab	77.114 5±2.630 5Bb	77.179 8±2.742 4Bb	80.575 2±2.148 8ABab	81.358 8±3.560 3ABab	85.864 2±5.146 8Aa
5	82.599 4±2.998 6Aab	83.840 0±1.988 0Aa	80.052 9±1.766 6ABabc	81.424 1±2.854 4ABab	78.746 9±1.036 5ABbc	77.049 2±2.038 9Bc
7	83.774 7±0.299 2Bb	75.939 2±2.393 9Cc	91.610 2±0.629 7Aa	84.101 2±0.407 8Bb	83.187 1±0.791 7Bb	77.506 3±3.332 0Cc
9	86.582 4±2.224 9Aa	82.142 3±0.741 6Bcbe	84.035 9±2.259 1ABab	80.640 5±1.496 1BCcd	81.032 3±1.766 6BCcd	78.812 2±0.629 7Cd
11	75.939 2±0.791 7Ab	77.245 1±2.010 4Ab	82.077 0±1.868 6Aa	76.265 7±4.723 0Ab	77.441 0±1.861 8Ab	78.289 9±1.981 6Aab

注:同行数据后不同小写、大写字母分别表示在 0.05、0.01 水平差异显著。下表同。

表 2 不同紫外辐照剂量对橄榄果实采后总酚含量的影响

贮藏时间(d)	总酚含量(mg/g,DW)					
	0 kJ/m <sup>2</sup>	0.6 kJ/m <sup>2</sup>	1.2 kJ/m <sup>2</sup>	2.4 kJ/m <sup>2</sup>	3.6 kJ/m <sup>2</sup>	4.8 kJ/m <sup>2</sup>
1	78.942±0.678 6Bbc	73.784 5±1.77 74Aa	77.179 8±1.603 4Bc	83.448 2±1.603 4Aa	77.636 9±0.904 8Bc	79.661 1±0.299 2Bb
3	82.925±3.554 9Aa	83.382 9±0.741 6Aa	79.922 2±0.783 6ABCa	74.894 5±1.005 2Cb	75.547 4±1.851 5BCb	80.575 2±3.439 7ABa
5	82.599±2.998 6Aa	78.812 2±3.372 1ABab	81.489 4±2.546 5ABa	74.698 6±1.688 9Bb	77.767 5±3.903 0ABab	81.620 0±2.166 6ABa
7	83.774±0.299 2Aabc	84.754 2±2.320 5Aab	81.750 5±2.184 2Abc	81.424 1±2.112 8Ac	85.603 0±2.454 5Aa	84.623 6±0.195 9Aabc
9	86.582±2.224 9Aa	84.884 7±1.851 5Aab	82.534 1±0.966 3ABbc	75.351 6±2.417 7Cc	79.987 6±1.259 4Bcd	78.942 8±1.036 5BCd
11	75.939±0.791 7Ab	78.224 6±0.904 8Aab	76.984 0±2.207 5Ab	78.942 8±0.391 8Aab	79.204 0±3.640 2Aab	84.493 0±7.752 6Aa

2.2 冷激及紫外处理对橄榄果实采后总糖含量的影响

总糖含量是果实营养品质评价指标之一,其含量升高可在一定程度上掩盖其苦涩味,改善口感。在本试验中,冷激处理(表 3)及紫外辐照(表 4)影响了橄榄果实中的总糖含量及变化趋势,且冷激处理时间及紫外辐照剂量不同,作用效果也不同。由表 3 可知,与对照组相比,10 min 冷激处理组橄榄果实中总糖含量(除贮藏后 7 d 外)均与对照组差异不显著( $P>0.05$ );当冷激时间增加至 30 min 时,表现出明显的升糖效果,且在贮藏 5~9 d 期间极显著高于对照组( $P<0.01$ )。当冷激时间继续增加到 50 min 时,虽在贮藏 1~7 d 期间表现为处理组果实中总糖含量高于对照组,但贮藏后期(9~11 d),与对照组差异并不显著( $P>0.05$ )。可见,各处理组中 30 min 冷激处理能更好地延缓橄榄果实中总糖含量下降。由表 4 可知,低剂量(0.6、1.2、2.4 kJ/m<sup>2</sup>)紫外辐照可使橄榄果实中总糖含量在贮藏 1~9 d 期间高于对照组,且随着辐照

剂量增加,作用效果增强;其中,2.4 kJ/m<sup>2</sup> 的紫外辐照剂量自贮藏后 3 d(7 d 除外)开始极显著高于对照组( $P<0.01$ ),在贮藏后 9 d,紫外辐照果实中总糖含量仍极显著高于对照组( $P<0.01$ ),即在作用时间及效果方面均优于 0.6、1.2 kJ/m<sup>2</sup> 紫外辐照剂量。但当辐照剂量增加至 3.6 kJ/m<sup>2</sup> 时,处理组果实中总糖含量在贮藏 7~9 d 期间极显著低于对照组( $P<0.01$ )。当辐照剂量继续增加至 4.8 kJ/m<sup>2</sup> 时,其处理组果实中总糖含量在整个贮藏期间均低于对照组,且贮藏 5~11 d 期间差异显著( $P<0.05$ )。可见,高剂量的紫外辐照能加速总糖的消耗,致使其果实营养品质降低。综上所述,30 min 的冷激处理及 2.4 kJ/m<sup>2</sup> 的紫外辐照在延缓橄榄果实总糖含量下降、保持其果实营养品质方面优于其他处理组。

2.3 冷激处理及紫外辐照对橄榄果实采后酚糖比的影响

酚糖比是橄榄果实中总酚含量与总糖含量的比值,可作为衡量橄榄果实品质的一个指标,一般酚糖比较低的橄榄果

表 3 不同时间冷激处理对橄榄果实采后总糖含量的影响

贮藏时间(d)	总糖含量(mg/g,DW)					
	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min
1	56.634 5±0.916 9ABbc	57.156 6±1.747 0ABabc	59.448 3±1.234 8Aa	58.752 1±0.740 1Aab	54.835 9±1.871 2Bc	57.214 6±1.019 8ABab
3	52.863 4±0.251 2Cd	54.052 7±0.579 4Ccd	58.462 0±0.460 5Bb	55.242 0±0.460 5Cc	62.059 0±1.459 7Aa	55.445 1±1.934 9Cc
5	49.382 4±0.780 0CDc	49.846 5±0.830 2BCDbc	48.454 1±0.313 8Dc	52.341 2±0.880 3ABa	51.645 0±1.861 1ABCab	53.182 5±1.101 9Aa
7	48.773 2±0.641 5Dd	55.039 0±0.629 6Bb	52.138 2±1.406 8Cc	54.748 9±0.566 2Bb	55.358 1±0.954 6Bb	58.404 0±0.494 8Aa
9	49.063 3±0.529 4Bb	50.252 6±0.219 0Bb	49.498 4±0.435 1Bb	53.443 5±0.617 4Aa	52.921 4±1.654 2Aa	49.063 3±1.141 3Bb
11	51.064 9±0.529 4Aab	50.136 6±0.653 2Aab	46.597 6±0.930 5Bc	51.267 9±0.750 3Aa	49.672 5±1.218 4Ab	50.803 8±0.313 8Aab

表 4 不同紫外辐照剂量对橄榄果实采后总糖含量的影响

贮藏时间(d)	总糖含量(mg/g,DW)					
	0 kJ/m <sup>2</sup>	0.6 kJ/m <sup>2</sup>	1.2 kJ/m <sup>2</sup>	2.4 kJ/m <sup>2</sup>	3.6 kJ/m <sup>2</sup>	4.8 kJ/m <sup>2</sup>
1	56.634 5±0.916 9ABab	57.910 8±0.914 1ABa	59.042 1±2.455 8Aa	57.272 6±1.349 1ABa	53.501 6±2.057 5Bb	56.373 4±2.508 7ABab
3	52.863 4±0.251 2Dc	53.327 5±1.842 0CDc	55.880 2±0.219 0Bb	58.345 9±0.579 4Aa	55.648 2±0.962 5BCb	51.964 1±0.958 6Dc
5	49.382 4±0.780 0Cc	52.254 2±0.265 9Aa	46.046 4±0.962 5De	51.296 9±0.265 9ABab	50.629 7±0.230 2BCb	47.438 8±0.611 2Dd
7	48.773 2±0.641 5Bc	54.110 7±0.797 6Aa	55.967 3±0.893 2Aa	50.948 8±0.740 1Bb	43.899 8±2.468 1Cd	44.392 9±0.429 3Cd
9	49.063 3±0.529 4Bb	49.614 4±1.088 1Bb	48.889 2±1.316 9BCbc	53.153 4±1.316 9Aa	46.017 4±1.680 7Cd	46.858 6±0.724 6BCcd
11	51.064 9±0.529 4Aa	45.901 4±0.871 7Cc	48.251 0±1.049 1Bb	45.002 1±0.494 8CDc	43.406 7±0.980 7DEd	42.101 3±0.570 7Ed

实口感较好,即具有较好的鲜食品质。冷激处理及紫外辐照影响橄榄果实中总酚和总糖含量,从而影响其果实中的酚糖比。由图 1-a 可知,在整个贮藏期间,较对照而言,30、40 min 的冷激处理能够保持橄榄果实中较低且较为稳定的酚糖比,虽在贮藏后 11 d 2 个处理组果实中酚糖比高于对照组,但差异不显著( $P>0.05$ )。由图 1-b 可知,高剂量(3.6、4.8 kJ/m<sup>2</sup>)紫外辐照有升高果实酚糖比的趋势,而低剂量(0.6、1.2、2.4 kJ/m<sup>2</sup>)紫外辐照则可降低贮藏期间(贮藏后 5、11 d 除外)果实中的酚糖比。较对照而言,2.4 kJ/m<sup>2</sup> 紫外辐照剂量可以维持贮藏 3~9 d,期间橄榄果实的酚糖比较低且稳定;在贮藏后 11 d,处理组果实中酚糖比高于对照组,由此可见,紫外辐照对橄榄果实采后酚糖比的影响可能也与贮藏时间有关,有待进一步研究。综上所述,30、40 min 的冷激处理及 2.4 kJ/m<sup>2</sup> 的紫外辐照能够在一定程度上维持橄榄果实中较低的酚糖比,从而改善其口感,提高其鲜食品质。

2.4 冷激处理及紫外辐照对橄榄果实采后黄酮含量的影响

黄酮属于酚类物质,具有苦涩味,因此若果实中含量过高,会增加果实的苦涩味,严重影响口感。果实中黄酮含量的减少有助于降低橄榄果实苦涩味,改善口感,提高其鲜食品质。在本试验中,冷激处理(表 5)及紫外辐照(表 6)均降低了橄榄果实中黄酮含量。由表 5 可知,与对照组相比,除 20 min 的处理外,其余 4 个冷激处理组果实中的黄酮含量总体降低了。10 min 的冷激处理组自处理后 1 d 起(贮藏后 5 d 除外)就与对照组差异极显著( $P<0.01$ ),且在整个贮藏期间(除贮藏后 9 d 外)均低于对照组。而 30、40、50 min 的冷激处理组则是自贮藏后 5 d 起(贮藏后 11 d 除外)与对照组差异极显著( $P<0.01$ ),且作用效果主要表现在贮藏 5~9 d 期间。可见,冷激处理能降低橄榄果实中黄酮含量,且随冷激时间增加,作用强度减弱。由表 6 可知,5 个辐照处理组橄榄果实中黄酮含量变化趋势一致,且在贮藏 3~9 d 期间均极显著低于对照组( $P<0.01$ )。在贮藏后 7 d 作用效果最明显,分别比对照低 2.942 8、7.237 6、7.734 7、5.666 8、7.098 4 mg/g。可见,紫外辐照可以在一定程度上降低橄榄果实中的黄酮含

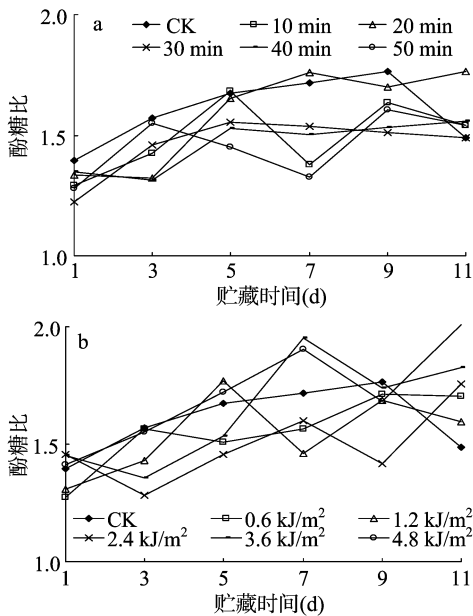


图1 不同冷激时间(a)及辐照剂量(b)对橄榄果实采后酚糖比的影响

量,且不同辐照剂量之间作用效果相似。综上所述,冷激处理(30~50 min)及紫外辐照(0.6~4.8 kJ/m<sup>2</sup>)能够在一定程度上降低果实中的黄酮含量,从而降低其苦涩味,改善口感,提高鲜食品质。

3 讨论

3.1 冷激处理对橄榄果实采后鲜品质的影响

酚类物质具有优良的生理活性以及明显的涩味、苦味<sup>[15]</sup>,而橄榄的苦涩味主要源于其酚类物质,但从口感上讲,橄榄的苦涩味与多酚和总糖密切相关<sup>[16]</sup>。果实中总糖含量高,可以在一定程度上掩盖果实的苦涩味,改善其口感。林玉芳等在大量研究的基础上,提出了橄榄品质指标的评价因子,并指出口感较好的橄榄果实具有较低的酚糖比<sup>[17]</sup>。

在本试验中,30 min冷激处理更好地延缓橄榄果实中总

表 5 不同时间冷激处理对橄榄果实采后黄酮含量的影响

贮藏时间 (d)	黄酮含量 (mg/g, DW)					
	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min
1	24.856 4 ± 0.191 7ABabc	17.459 8 ± 0.769 3Cd	20.004 8 ± 0.397 17Ce	23.325 4 ± 0.672 2Bb	26.327 7 ± 1.103 7Aa	23.146 4 ± 2.361 3Bb
3	25.810 8 ± 0.835 8Aab	20.303 0 ± 1.257 4Bd	21.655 1 ± 0.450 35Bd	24.438 8 ± 0.609 3Abc	24.259 9 ± 0.455 6Ab	26.009 6 ± 1.019 3Aa
5	20.680 9 ± 0.349 52Aa	19.348 7 ± 1.260 2ABb	18.453 9 ± 0.423 19BCbc	18.175 6 ± 0.388 1BCDc	17.340 5 ± 0.388 1CDcd	16.803 6 ± 0.541 3Dd
7	30.960 6 ± 0.672 22Ab	24.856 4 ± 0.150 1De	31.915 0 ± 0.157 82Aa	29.628 4 ± 0.397 2Bc	27.341 8 ± 0.478 4Cd	26.785 1 ± 0.536 9Cd
9	28.833 0 ± 0.124 17Bb	30.761 7 ± 0.716 6Aa	27.540 6 ± 0.364 47Ce	27.679 8 ± 0.179 0Cc	27.321 9 ± 0.215 1Cc	25.969 8 ± 0.588 5Dd
11	25.890 3 ± 0.845 68BCc	23.524 2 ± 0.728 9Dd	28.852 9 ± 0.124 17Aa	26.864 6 ± 0.294 2Bb	25.790 9 ± 0.248 3BCc	25.413 1 ± 0.000 0Cc

表 6 不同紫外辐射剂量对橄榄果实采后黄酮含量的影响

贮藏时间 (d)	黄酮含量 (mg/g, DW)					
	0 kJ/m <sup>2</sup>	0.6 kJ/m <sup>2</sup>	1.2 kJ/m <sup>2</sup>	2.4 kJ/m <sup>2</sup>	3.6 kJ/m <sup>2</sup>	4.8 kJ/m <sup>2</sup>
1	24.856 4 ± 0.191 7Aa	23.564 0 ± 0.179 0ABbc	24.697 3 ± 0.179 0Aa	24.359 3 ± 0.993 4ABab	22.987 3 ± 0.447 7Bc	24.418 9 ± 1.028 6ABab
3	25.810 8 ± 0.835 8Aa	22.947 6 ± 0.801 0Bb	21.635 3 ± 0.300 2BCc	22.470 4 ± 0.431 5Bbc	21.814 2 ± 0.496 7BCc	20.442 3 ± 0.383 5Cd
5	20.680 9 ± 0.349 5Aa	17.360 4 ± 0.310 0Bb	16.903 0 ± 0.300 2Bb	15.710 0 ± 0.225 8Cc	17.320 6 ± 0.431 5Bb	15.232 8 ± 0.383 5Cc
7	30.960 6 ± 0.672 2Aa	28.017 8 ± 0.905 3Bb	23.723 0 ± 0.691 4Dd	23.225 9 ± 0.521 2Dd	25.293 8 ± 0.059 65Cc	23.862 2 ± 0.332 1CDd
9	28.833 0 ± 0.124 2Aa	27.242 4 ± 0.728 9Bb	26.029 5 ± 0.711 6BCc	25.512 5 ± 0.150 1Cc	25.731 2 ± 0.869 20Cc	23.444 5 ± 0.530 2Dd
11	25.890 3 ± 0.845 7Ab	25.790 9 ± 0.926 7Ab	26.367 5 ± 0.605 4Aab	25.751 1 ± 0.124 2Ab	27.003 8 ± 0.241 07Aa	26.626 0 ± 0.191 7Aab

糖含量的下降,这与王亦佳等对水蜜桃的研究结果<sup>[5]</sup>一致。30、40、50 min 的冷激处理在降酚效果之间差异并不明显,且 30、40 min 的冷激处理能够保持橄榄果实中的酚糖比较低且较为稳定,能改善其口感,提高其鲜食品质,这在实际应用上具有一定的参考价值。但果实长时间在低温条件下会使其电导率增大,降低果实品质,缩短其货架寿命<sup>[18]</sup>。考虑到冷激时间过长可能会使橄榄出现冷害及实际操作方便等问题,在保证其作用效果的前提下,可选取 30 min 的冷激处理作为橄榄采后贮藏及品质改善的措施之一,但具体的保鲜效果还有待进一步研究。

3.2 紫外辐射对橄榄果实采后鲜食品质的影响

对莲雾<sup>[7]</sup>、冬枣<sup>[19]</sup>的研究结果表明,适宜的紫外处理可以增加其果实糖度,这与本试验中低剂量(0.6、1.2、2.4 kJ/m<sup>2</sup>)紫外辐射处理橄榄果实的研究结论相似,但与高剂量(3.6、4.8 kJ/m<sup>2</sup>)紫外处理橄榄果实的结果不同,可能是因为紫外辐射对果实总糖的影响与其辐射剂量有关,低剂量的紫外辐射可促使果实总糖含量增加,提高其品质;高剂量的紫外辐射反而会加速果实总糖消耗,降低果实品质。

据报道,一定的短波紫外辐射可以诱导葡萄果实总酚和黄酮含量迅速增加<sup>[10]</sup>;促进柑橘果肉中黄酮和总酚的合成<sup>[20]</sup>;增加木瓜果皮和果肉黄酮含量。这与本试验的结论(即适宜的紫外辐射可以降低橄榄果实中总酚、黄酮的含量)差异较大,出现这种结果除了与水果种类不同及紫外辐射剂量不同之外,还可能与橄榄成熟度、品种、贮藏时间及贮藏温度有关,其作用机制尚须进一步研究。

本试验中 2.4 kJ/m<sup>2</sup> 紫外辐射剂量能够维持橄榄果实较低的酚糖比,改善其口感,提高果实鲜食品质,这在实际应用上具有一定的参考价值,因此可选取 2.4 kJ/m<sup>2</sup> 的辐射剂量作为橄榄采后贮藏及品质改善的措施之一,但具体的保鲜效果还有待进一步研究。

4 结论

冷激处理与紫外辐射均属于高效、无污染、无残留的物理

处理方式,符合当前消费者追求“营养、安全、天然食品”的需求。在 5 个不同时间冷激处理中,30 min 的冷激处理能够较好地降低果实中的总酚、黄酮含量,延缓总糖含量下降,维持橄榄果实的酚糖比在贮藏期间较低且稳定,改善其口感,提高果实的鲜食品质。在 5 个不同辐照剂量的紫外处理中,2.4 kJ/m<sup>2</sup> 紫外辐照能够较好地降低果实中的总酚、黄酮含量,延缓总糖含量下降,维持橄榄果实的酚糖比在贮藏期间较低且稳定,改善其口感,提高果实鲜食品质。

参考文献:

[1] 吴如健,韦晓霞,潘少林,等. 优质鲜食橄榄新品种“甜榄 1 号”选育研究[J]. 福建果树,2009(1):1-3.

[2] 吴如健,万继锋,韦晓霞,等. 优质鲜食橄榄新品系‘光甜’的选育[J]. 热带作物学报,2011,32(8):1445-1448.

[3] 陈留勇,孟宪军,宋义忠,等. 冷激处理对黄桃保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技,2003(11):67-69.

[4] 谢谊芬. 贡柑果实冷激处理的生理效应研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2005.

[5] 王亦佳,刚成诚,陈奕兆,等. 不同冷激处理对凤凰水蜜桃保鲜效果的研究[J]. 天津农业科学,2012,18(3):33-38.

[6] 刚成诚,李建龙,王亦佳,等. 利用不同物理方法处理水蜜桃保鲜效果的对比研究[J]. 江苏农业科学,2012,40(2):204-207.

[7] 朱丽霞,魏 东. 冷激处理对櫻桃果实抗冷性和贮藏品质的影响[J]. 贵州农业科学,2009,37(11):167-169.

[8] 李 宁,阎瑞香,关文强. 短波紫外线处理对冬枣贮藏期生理衰老和抗病性的影响[J]. 西北农业学报,2013,22(1):104-108.

[9] 李天略,史载锋,梅平波. 紫外照射对莲雾贮藏保鲜效果的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(21):10136-10138.

[10] 温鹏飞,邢延富,牛铁泉,等. UV-C 对葡萄果实发育过程中黄烷醇类多酚积累及隐色花色素还原酶表达的影响[J]. 中国农业科学,2012,45(21):4428-4436.

[11] 荣瑞芳,郭 堃,李京霞,等. UV-C 处理采后桃防御酶活性与贮藏效果研究[J]. 食品科学,2007,28(8):505-509.

[12] 林玉芳,陈清西,关夏玉,等. 橄榄总多酚提取工艺优化研究[J]. 中国农学通报,2011,27(5):396-400.

王毓宁,刘红锦,李鹏霞,等. 干制金针菜复水前后水分状态的变化[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):343-346.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.111

# 干制金针菜复水前后水分状态的变化

王毓宁,刘红锦,李鹏霞,胡花丽,李志强

(江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏南京 210014)

**摘要:**采用低场核磁(NMR)及其成像技术(MRI)研究热风干燥处理后的金针菜干制品在复水前后水分分布与状态变化,测量金针菜干制品复水前后的弛豫时间  $T_2$  值和质子密度像,根据弛豫时间及其对应的信号分量,观察金针菜干制品复水前后自由水、不易流动水和结合水分布的变化情况。结果表明,金针菜干制品复水后,自由水含量增加,不易流动水和结合水含量也有所增加,但结合水变化不明显。低场核磁技术为金针菜复水加工过程中物性参数的研究提供了一种有效方法。

**关键词:**金针菜;干制品;低场核磁技术;复水;水分

**中图分类号:** TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0343-05

金针菜别称黄花菜,与冬笋、香菇、木耳齐名,被誉为“山珍海味”中的山珍之一,具有极高的营养价值,历来是我国人们普遍喜爱的食品。中国医学科学院卫生研究所曾对其营养成分作出分析,每 100 g 含蛋白质 14.1 g、各种维生素 8 g、脂肪 0.5 g、粗纤维 6.7 g,此外还富含人体必需的糖、核黄素、胡萝卜素、尼克酸、铁、磷等物质。国内外研究结果表明,金针菜具有显著降低动物血清胆固醇的作用,是预防中老年人疾病、延缓机体和智力衰老的佳蔬<sup>[1-2]</sup>。然而,由于金针菜开花正值 6—8 月高温季节,采摘后的呼吸强度非常旺盛,在常温下一般 3~4 d 开始腐烂,不宜贮藏<sup>[3]</sup>,因此目前市场上金针菜制品以干金针菜为主,约有 90% 以上的鲜金针菜被加工成干制品,所以对金针菜干燥工艺以及如何提高干制品复水后的特性研究尤为必要。在复水过程中,随着水分向金针菜内部渗透,水分的分布和状态变化对金针菜物化特性的改变有重要作用。水分按与组织中底物的结合程度可分为结合水、不易流动水、自由水 3 种类型<sup>[4]</sup>,结合水主要是依靠氢键与蛋白质的极性基(羧基和氨基)相结合形成的水分子层,不易流动

水可能表示存在于肌纤维、肌原纤维及膜之间的不易流动的水分子,自由水表示存在于细胞外的间隙中能自由流动的水<sup>[5]</sup>。低场核磁及成像技术作为近年来兴起的研究方法,在直接测量水含量,间接测量冻结水比例、水分活度、玻璃化转变等很多重要物理指标和不同成分分布成像研究中显示出独特的优越性<sup>[6]</sup>。目前,核磁共振技术应用广泛,它被用于研究大米复水过程水分状态的变化,揭示水分进入糯米中心所需复水时间及不同品种大米复水过程中水分状态呈现明显差异等<sup>[7]</sup>。李然等应用低场核磁研究绿豆复水过程,了解绿豆吸水这一动态过程,观测到绿豆内部吸水状况<sup>[8]</sup>;张绪坤等利用低场核磁共振的横向弛豫时间分析胡萝卜切片在干燥过程中不同形态水分的变化<sup>[9]</sup>。目前,人们对金针菜干制品的大量研究主要集中于其干燥工艺和复水效果的分析方面,而关于水分分布和状态变化对金针菜物化特性影响的研究很少。本试验采用低场核磁(NMR)及其成像技术(MRI)研究热风干燥处理后的金针菜干制品在复水前后水分状态变化及持水性能,为金针菜干燥加工中质构参数的变化提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

新鲜金针菜为大乌嘴品种,采自江苏宿迁丁庄金针菜种植基地。

### 1.2 仪器与设备

BEL-M124A 分析天平,巴拉特电子有限公司;DH6-907385 型电热恒温鼓风干燥箱,上海新苗医疗器械制造有限

收稿日期:2014-10-17

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)4094]。

作者简介:王毓宁(1979—),男,硕士,副研究员,主要从事果蔬保鲜与加工、植物功能成分提取技术研究。Tel:(025)84392409;  
E-mail:wyn705@163.com。

通信作者:李鹏霞,博士,副研究员,主要从事果蔬保鲜与加工研究。  
Tel:(025)84392409;E-mail:jsnky203@163.com。

[13]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:165-168.

[14]林 烽. 橄榄叶总黄酮代谢和提取工艺优化及其抗氧化作用[D]. 福州:福建农林大学,2008.

[15]李春兰. 葡萄果实中莽草酸途径与多酚积累的关系[J]. 现代农业科技,2010(12):33-36,38.

[16]林玉芳. 福建橄榄[*Canarium album* (Lour.) Raeusch.] 若干功能成分和品质相关指标的研究[D]. 福州:福建农林大学,2012.

[17]林玉芳,杜正花,陈清西. 橄榄果实品质评价因子的筛选及指标

确定[J]. 热带作物学报,2014,35(4):805-810.

[18]Liang L, Zhang B, Yin X R, et al. Differential expression of the CBF gene family during postharvest cold storage and subsequent shelf-life of peach fruit[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 2013, 31(6):1358-1367.

[19]王金丽,林 强,李建杰,等. 壳聚糖及 UV-C 处理对大枣贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2010,31(22):462-466.

[20]韩晓旭. 短波紫外线调节柑橘采后品质的效应与机理研究[D]. 杭州:浙江大学,2012.