

## 研究报告

## 过氧化氢漂白对开心果中花青素的影响

王玳,方明,杜磊,孙贵朋,戴玉婷,谢静莉

(华东理工大学生物反应器工程国家重点实验室,生物工程学院食品科学与工程系,上海 200237)

**摘要:**目的 考察漂白剂过氧化氢及碱液漂白对开心果中花青素的影响,并对漂白工艺的必要性进行探讨。方法 用带有二极管阵列检测器的高效液相色谱仪检测漂白过的开心果果衣中矢车菊素-3-O-葡萄糖苷和矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量;对开心果的硬外壳、果衣及果仁的外观进行对比。结果 开心果中2种花青素含量对 $H_2O_2$ 很敏感。用0.1%过氧化氢漂白30 min,就可使花青素含量减少约60%。当 $H_2O_2$ 浓度为5%以上时,开心果中矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量减少至检测不出,而矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量损失达到90%。漂白的动力学过程也指出,反应发生迅速、直接,渗透过程不是反应的限速步骤。碱液与过氧化氢的协同漂白可使开心果外壳漂得更洁白,但果仁中花青素含量损失更多。检测了5种市售漂白过的开心果和2种市售未漂白的开心果,漂白过的开心果中2种花青素均未检出,而未漂白开心果中花青素均有保留。结论 漂白过程破坏了食用部分中的花青素,因而这一工艺步骤是否有必要,值得结合《中华人民共和国食品安全法》和《食品添加剂使用卫生标准》进一步讨论。

**关键词:**过氧化氢;漂白;开心果;花青素;食物营养**中图分类号:**TS201.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-8456(2011)05-0414-05**Effect of hydrogen peroxide bleaching on anthocyanidin in roasted pistachio**

Wang Dai, Fang Ming, Du Lei, Sun Guipeng, Dai Yuting, Xie Jingli

(State Key Laboratory of Bioreactor Engineering, and Department of Food Science and Engineering in School of Biotechnology, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

**Abstract: Objective** To investigate the effect of bleaching agent hydrogen peroxide and alkali on anthocyanidin in pistachio and the necessity of bleaching techniques. **Methods** High performance liquid chromatography (HPLC) with diode array detector (DAD) was used to determinate the content of cyanidin-3-O-glucoside and cyanidin-3-O-galactoside in pistachio. The appearances of hard shell, kernel skin and kernel of raw, natural and bleached pistachio were compared. **Results** Anthocyanidins were rather sensitive to hydrogen peroxide. The content of anthocyanidins in pistachio treated by 0.1%  $H_2O_2$  was reduced 60%. As the concentration of  $H_2O_2$  was increased to more than 5%, the content of cyanidin-3-O-glucoside was not able to be detected while the content of cyanidin-3-O-galactoside was reduced more than 90%. The dynamics of bleaching process indicated that the reaction was rather rapid and straightforward and the permeation seemed not to be controlled. The cooperation of alkali with hydrogen peroxide was able to make pistachio shell more pure-white, however, more anthocyanidin was lost. The contents of anthocyanidin in five types of bleached pistachio and two types of unbleached pistachio collected from markets were also inspected, however, no anthocyanidin could be detected in bleached pistachio but it was detected in unbleached pistachio. **Conclusion** It led to a question that whether the bleaching processing was necessary for roasted pistachio products, because anthocyanidin in kernel was completely destroyed after bleaching. It might deserve to be further discussed according to the *Food Safety Law of the People's Republic of China* and *Sanitary Standards for Food Additives*.

**Key words:** Hydrogen peroxide; bleaching; pistachio; anthocyanidin; food and nutrition

市场上的烘炒开心果主要有天然不漂白及漂白两种,天然不漂白开心果果衣是紫红色,而漂白的开心果果衣为灰褐色或灰白色。漂白过程在对

开心果外壳进行漂白的同时,也对开心果可食用部分——果衣产生显著的影响。

有研究表明开心果果衣中含有花青素,Wu和Prior<sup>[1]</sup>在2005年研究发现,开心果中含有2种花青素,矢车菊素-3-O-半乳糖苷(cyanidin-3-galactoside)和矢车菊素-3-O-葡萄糖苷(cyanidin-3-glucoside),前者在开心果中含量较多,后者含量较少。Bellomo和Fallico<sup>[2]</sup>、美国农业部营养数据库数据<sup>[3]</sup>(USDA Nutrition Data Base for Standard Reference)也表明开

收稿日期:2011-04-11

作者简介:王玳 男 硕士生 研究方向为食品安全与检测 E-mail:wangdai-007@163.com

通信作者:谢静莉 女 副教授 研究方向为食品生物技术、食品安全 E-mail:jlxie@ecust.edu.cn

心果果衣中含有这两种花青素。诸多文献报道,花青素是一种抗氧化性物质,具有预防人类心血管疾病,抵抗人体细胞衰老及预防细胞癌变的作用,尤其是预防动脉粥样硬化有很好的效果<sup>[4-6]</sup>。中国营养学会在《中国居民膳食指南》<sup>[7]</sup>中鼓励多食用包括花青素在内的植物化学物质。

本文除了采用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 漂白方法外,还采用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 NaOH 共同漂白开心果的方法,并深入研究了这两种漂白剂作用时间和浓度对开心果果衣中花青素的影响。同时,还检测了市场上销售的 7 种开心果果衣中花青素含量。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品

生干开心果样品由美国某农场提供,天然不漂白盐炒开心果及其他漂白盐炒开心果购买于上海某超市。

### 1.2 试剂

乙腈(HPLC级,德国CNW),30%过氧化氢、甲醇和甲酸均为分析纯,矢车菊素-3-O-葡萄糖苷标准品和矢车菊素-3-O-半乳糖苷标准品(纯度大于99%)购自 Polyphenols 公司,纯净水。

### 1.3 仪器与设备

Agilent1100 高效液相色谱仪附带 DAD 检测器(Agilent 公司)、CQ-2200 超声波清洗机、DHG-9123A 型电热恒温鼓风干燥箱、T-114 电子天平(精确至 0.000 1g)、UB-7 pH 计。

### 1.4 实验方法

#### 1.4.1 色谱条件

色谱柱 Zorbax SB-C<sub>18</sub> (250 mm × 4.6 mm, 5 μm),柱温 30 °C,检测波长 520 nm,进样量 20 μl,流速 1 ml/min。

流动相:A 乙腈,B 水(1%甲酸,pH 约为 2.4)。梯度洗脱:0 min, A:B=5:95; 60 min, A:B=25:75; 70 min, A:B=5:95。

#### 1.4.2 花青素标准溶液的制备

分别取矢车菊素-3-O-半乳糖苷标准品和矢车菊素-3-O-葡萄糖苷标准品各 5 mg 于两个不同的烧杯中,分别用酸性甲醇(含 2% 甲酸,pH 为 2.2)溶液溶解,然后分别用棕色容量瓶定容至 10 ml,混匀后,制成矢车菊素-3-O-半乳糖苷标准储备溶液和矢车菊素-3-O-葡萄糖苷标准储备溶液,浓度为 500 μg/ml。

分别取上述矢车菊素-3-O-半乳糖苷和矢车菊素-3-O-葡萄糖苷标准储备液 1 ml 于 10 ml 棕色容量瓶中,用酸性甲醇(含 2% 甲酸,pH 为 2.2)溶液

定容,制成矢车菊素-3-O-半乳糖苷标准工作液,浓度为 50 μg/ml; 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷,浓度为 50 μg/ml,标准工作溶液待用。

#### 1.4.3 开心果样品的漂白

##### 1.4.3.1 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液漂白开心果

称取 50 g 生干开心果样品于 250 ml 烧杯中,共称 8 份,烧杯分别编号 1~8。再向上述已编号烧杯中分别依次倒入 100 ml 不同浓度(0.1%、0.3%、0.5%、1%、5%、10%、15%、30%)的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液,确保开心果完全浸入其中,搅拌 30 min 后,滤去漂白溶液,再用 100 ml 清水冲洗开心果 1 min,重复洗涤 2 次,除去残留的漂白剂,然后将开心果放入 60 °C 恒温干燥箱干燥 6 h,此时开心果水分含量在 3%~5%,然后将开心果取出冷却至室温,室温下密封、避光保存。漂白过程在常温下进行。

##### 1.4.3.2 碱液和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 漂白开心果

称取 50 g 生干开心果样品于 250 ml 烧杯中,共称取 8 份,烧杯分别编号 1~8。再向上述已编号的烧杯中分别依次倒入 100 ml 含有 1.25% NaOH 的不同浓度(0.1%、0.3%、0.5%、1%、5%、10%、15%、30%)的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液,确保开心果完全浸入其中,30 min 后,滤去漂白溶液,再用 100 ml 清水冲洗开心果 1 min,重复洗涤 2 次,除去残留的漂白剂,然后将开心果放入 60 °C 恒温干燥箱干燥 6 h,此时开心果水分含量在 3%~5%,然后将开心果取出冷却至室温,室温下密封、避光保存。漂白过程在常温下进行。

#### 1.4.4 开心果果衣花青素的提取步骤

见文献[8-9]。

#### 1.4.5 花青素工作曲线的制备

分别取 1.4.2 中矢车菊素-3-O-半乳糖苷和矢车菊素-3-O-葡萄糖苷标准工作溶液 20、100、200、400 μl 于 2 ml 样品瓶中,定容至 1 ml,浓度分别为 1、5、10、20 μg/ml。

## 2 结果与分析

### 2.1 花青素标准曲线

以花青素浓度为横坐标、相应的吸光度为纵坐标建立标准曲线,见图 1。

### 2.2 花青素色谱图

花青素标准品色谱图见图 2,其中在 2.349 min 处的色谱峰为溶剂峰,在 14.363 min 处的色谱峰为矢车菊素-3-O-半乳糖苷,在 16.031 min 处的色谱峰为矢车菊素-3-O-葡萄糖苷。在相同的色谱条件下,检测开心果样品中花青素,根据相同条件下的出峰时间,将所得色谱图与标准品色谱图(见图 3)进行

比较。之后再用 HPLC-MS 对花青素标准品和开心果样品做进一步验证,得到在 14.363 min 处及在 16.031 min 处的质荷比均为 449,与 Navindra 等<sup>[10]</sup>报道的相同。

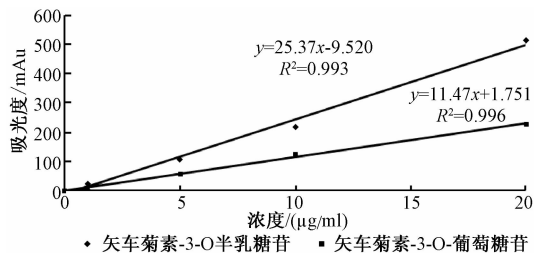
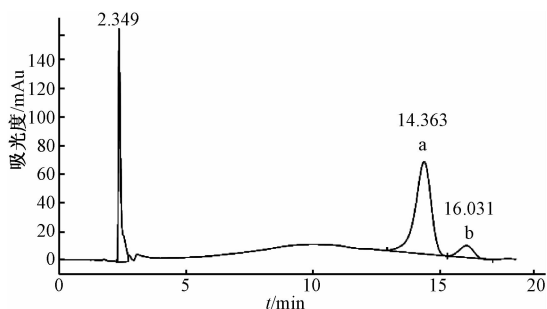


图1 花青素标准曲线

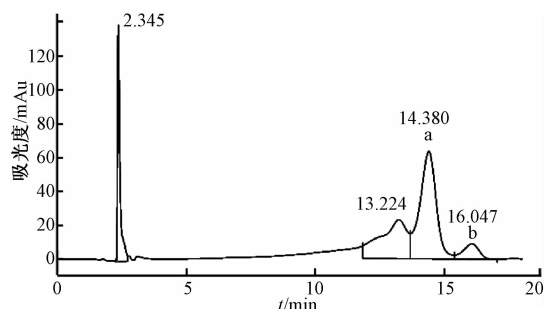
Figure 1 Standard curve of anthocyanidin



a: 矢车菊素-3-O-半乳糖苷; b: 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷

图2 花青素标准品在 520 nm 处色谱图

Figure 2 Chromatogram of standard cyanidine at 520 nm



a: 矢车菊素-3-O-半乳糖苷; b: 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷

图3 开心果样品在 520 nm 处色谱图

Figure 3 Chromatogram of pistachio sample at 520 nm

### 2.3 漂白效果的比较

宁正祥和周俊梅<sup>[11]</sup>曾对开心果漂白工艺进行研究,他们分别用亚硫酸钠、保险粉、高锰酸钾、甲基次合硫酸钠、过氧化氢以及 NG 漂白剂(10% 二氧化氯、50% 过氧苯甲酸、9% 硬脂酸钠、1% 碘酸钠)漂白开心果,认为用 10% 的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 在 90 °C 下漂白 10 min,可对开心果产生良好的漂白效果。该研究注意到漂白时间及温度等因素会对果仁的外观、口感及风味等品质指标有影响,但没有就漂白对开心果营养成分影响进行研究。Navindra 等<sup>[10]</sup>在 2006 年就 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 漂白开心果所造成营养损失进行了研究,他们采用 9 种不同浓度 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,漂白开心果

1 min,检测果衣中花青素含量及总抗氧化能力(trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)。发现当 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度增至 15% 时,花青素含量减少 98%,同时总抗氧化能力减少 40%,但没有就反应时间对花青素的影响进行深入研究。

过氧化氢不稳定,为提高过氧化氢漂白效果,可加入适量的氢氧化钠,其作用是提供 OH<sup>-</sup>,使 HOO<sup>-</sup> 离解出来发生漂白反应。漂白前后开心果果衣颜色发生了变化,本身为紫红色的生干开心果果衣经 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 NaOH 共同漂白成暗灰色或灰褐色,经 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 单独漂白成淡灰白色。果仁表面颜色也发生了变化,鲜绿色的生开心果果仁经 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 NaOH 协同漂白成暗黄色或浅棕色,经 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 单独漂白成暗黄色。上述结果表明,要达到市售漂白开心果的洁白程度,过氧化氢浓度至少要在 7% 以上,并要添加氢氧化钠。

### 2.4 过氧化氢含量对开心果中花青素含量的影响

矢车菊素-3-O-葡萄糖苷和矢车菊素-3-O-半乳糖苷是化学结构不稳定的花青素类型,容易受碱、强氧化性物质破坏<sup>[12,13]</sup>。据检测,生干开心果果衣中矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量为 745 μg/g,矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量为 256 μg/g。根据实验结果,生干开心果果衣重量占开心果可食部分重量的 10.7%,因此,可计算生干开心果可食部分中矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量为 80 μg/g,矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量为 27 μg/g。从表 1 可看出,花青素对过氧化氢的漂白很敏感,在常温下,当用 0.1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 漂白开心果 30 min 后,矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量减少 58% 即 26 μg/g,矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量减少 70% 即 6 μg/g;当用 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 漂白开心果时,矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量减少 89%,而矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量减少 91%;而当 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度高于 5% 时,矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量减少 98%,矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量低至无法检出。Navindra 等<sup>[10]</sup>发现短时间反应(1 min),H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度需要高达 15%,可氧化破坏 98% 以上的花青素。

### 2.5 过氧化氢浓度和漂白时间对花青素含量的影响

表 2 和表 3 分别是漂白作用时间和过氧化氢浓度对矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量及矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量的影响。选择 0.1%、0.5% 和 1.0% 浓度的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 进行漂白,开心果中的两种花青素含量随着 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度和漂白时间的增加而逐渐减少。这两种花青素含量在 10 min 内随时间延长而迅速减少,约 10 min 后,花青素含量随时间延长而减少的趋势变得缓慢,约 30 min 后反应接近停止。从浓

表1 过氧化氢含量对开心果中花青素的影响

Table 1 Effect of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on pistachio cyanidine(μg/g)

过氧化氢含量	矢车菊素-3-O-半乳糖苷	矢车菊素-3-O-葡萄糖苷
0.1% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	25.569	6.331
0.3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	11.039	3.977
0.5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.737	1.948
1.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.007	1.867
3.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4.059	1.705
5.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.136	0
10.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.812	0
15.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.731	0
20.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	0
25.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	0
30.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	0

表2 矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量随 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度和漂白时间的变化情况Table 2 Changes of cyanidin-3-O-galactoside with different H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations and bleaching time

漂白时间 (min)	矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量(μg/g)		
	0.1% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
0	80.005	80.005	80.005
5	42.453	25.082	20.131
10	37.014	16.803	15.423
15	31.495	13.556	9.822
20	30.277	10.715	8.361
25	29.384	8.28	7.955
30	25.569	6.737	6.007
35	20.049	6.331	5.439
40	16.316	6.169	5.114
45	14.854	5.115	3.896
50	12.419	4.951	3.653
55	11.689	4.302	3.409
60	10.715	3.977	2.922

表3 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量随 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度和漂白时间的变化情况Table 3 Changes of cyanidin-3-O-glucoside with different H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations and bleaching time

漂白时间 (min)	矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量(μg/g)		
	0.1% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
0	26.997	26.997	26.997
5	16.316	12.906	7.631
10	12.582	8.281	5.601
15	9.822	4.464	3.409
20	8.478	3.653	2.679
25	8.279	3.085	2.273
30	6.331	2.273	1.867
35	4.789	2.029	1.542
40	4.464	2.111	1.786
45	3.815	1.867	1.705
50	3.166	1.949	0.974
55	2.273	1.381	0.649
60	2.221	0.974	0

度相差约 10 倍的 3 种不同浓度的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 对花青素影响的趋势基本相同。

## 2.6 过氧化氢和氢氧化钠协同漂白对开心果中花青素含量的影响

在 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液中增加 NaOH 后,可增强其漂白作用——开心果果壳被漂白的洁白程度高,且对其中矢车菊素-3-O-半乳糖苷和矢车菊素-3-O-葡萄糖苷也有很强的破坏作用。由表 4 可以看出,用 0.1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液加 1.25% NaOH 溶液漂白开心果 30 min, 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量减少 77%, 而矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量减少 65%。当增加过氧化氢浓度至 0.5%, 添加的氢氧化钠浓度不变, 矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量减少 91%, 矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量减少 93%。而 7.5% 的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液加上碱液的协同作用能使花青素含量减少至检测限以下。

表4 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 1.25% NaOH 对开心果花青素含量的影响Table 4 Effect of 1.25% NaOH and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on pistachio cyanidines(μg/g)

漂白溶液	矢车菊素-3-O-葡萄糖苷	
	半乳糖苷	葡萄糖苷
1.25% NaOH + 0.1% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	22.728	4.708
1.25% NaOH + 0.3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	8.281	3.003
1.25% NaOH + 0.5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5.521	1.542
1.25% NaOH + 1% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4.059	0.812
1.25% NaOH + 3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2.273	0
1.25% NaOH + 5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.649	0
1.25% NaOH + 10% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	0
1.25% NaOH + 15% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	0
1.25% NaOH + 20% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	0
1.25% NaOH + 25% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	0
1.25% NaOH + 30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	0

## 2.7 市售开心果中花青素含量

表 5 是市售 7 种不同厂家的开心果中花青素含量检测,其中 5 种开心果果壳颜色均呈漂白色,编号为漂白样品 1~5。两种厂家宣称不漂白的烘炒开心果产品作为对照,编号为非漂白 1 和 2。含量见表 5。

表5 市场上销售的开心果中花青素含量

Table 5 Cyanidine content of commercial available pistachio(μg/g)

样品名称	矢车菊素-3-O-半乳糖苷	矢车菊素-3-O-葡萄糖苷
非漂白 1	48.216	16.072
非漂白 2	48.608	15.778
漂白样品 1	ND	ND
漂白样品 2	ND	ND
漂白样品 3	ND	ND
漂白样品 4	ND	ND
漂白样品 5	ND	ND

注:ND 未检出。

据检测,不漂白烘炒开心果果衣中矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量为 490 μg/g, 矢车菊素-3-O-葡萄糖

苷含量为 165  $\mu\text{g/g}$ ,此数值与 Navindra 等<sup>[10]</sup>检测美国不漂白烘炒开心果的数据相接近。根据实验结果,未漂白但是经过烘炒加工过的开心果果衣占开心果可食部分为 9.8%,将花青素含量换算成以可食部分计,开心果中矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量为 48  $\mu\text{g/g}$ ,矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量为 16  $\mu\text{g/g}$ ,此数值与 Navindra 等<sup>[10]</sup>检测数值相近。

### 3 结论

开心果在成熟时,包裹在外壳上的一层软皮与果壳自然脱离,果壳暴露在空气中会变色,颜色为灰黄色或者奶黄色,有的还会带有黄色的斑点,这是其植物食品的原有特征,并不影响开心果的食用部分。果衣中的花青素是多酚类的植物化学物质,具有抗氧化活性,可作为抗氧化剂,花青素对健康的好处之一是可以中和人体内自由基,延缓细胞衰老,因而,在食品加工过程中应尽可能保存花青素。

用  $\text{H}_2\text{O}_2$  作为漂白剂来漂白开心果,能对其外壳起到良好的漂白效果,尤其是加入一定的 NaOH 溶液,漂白效果更加明显。但花青素极易在漂白过程中被破坏:在室温下,只用 0.1%  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,对开心果漂白 15 min,其中的矢车菊素-3-O-半乳糖苷含量就减少 58%,矢车菊素-3-O-葡萄糖苷含量减少 70%;当  $\text{H}_2\text{O}_2$  浓度超过 5% 时,对开心果漂白 30 min,其中的花青素含量减少 98% 以上;如再加上 NaOH 的协同作用,花青素含量可减少至检测不出。

漂白过程中花青素含量变化的动力学指出,在前 10 min 内,花青素含量减少迅速,这可能是由于开心果的硬壳是开口的,果仁暴露,漂白剂直接与果仁上的果衣接触,反应即刻开始。同时由于果衣只是约 0.3~0.4 mm 厚,漂白剂渗透至果衣内的传质过程不是反应的限制性步骤,因而反应迅速至反应物耗完而终止。

要达到市售漂白开心果的白色度即 90% 以上白纸张的白色,至少要用 7% 以上的过氧化氢。在此浓度下,即使作用 1 min,也会使花青素损失 95% 以上<sup>[10]</sup>。如作用 30 min,则花青素损失至几乎检测不出。这从检测市售漂白开心果中花青素含量结果也得到证实。

烘炒过程对花青素含量也有影响,但至少可保留约 60% 的花青素,而且还保留果衣的紫红色及裸

果仁的鲜绿色这些原植物食品的特有颜色。烘炒的工艺是必需的,因为要将生开心果加工成熟制开心果。但漂白过程是将非食用部分的外壳漂成洁白的产品,并且破坏食用部分果仁中全部的花青素,因而这一工艺步骤在生产中是否有必要,值得结合《中华人名共和国食品安全法》及《食品添加剂使用标准》进一步讨论。此外,本研究中用于确定花青素的方法可建议作为检测开心果是否被漂白或至少被过氧化氢漂白的定性方法。

### 参考文献

- [1] WU X, PRIOR R L. Identification and characterization of anthocyanins by high performance liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry in common foods in the United States: vegetables, nuts and grains [J]. *J Agri Food Chem*, 2005, 53(6):3101-3113.
- [2] BELLOMO M G, FALLICO B. Anthocyanins, chlorophylls and xanthophylls in pistachio nuts (*Pistacia vera*) of different geographic origin [J]. *J Food Comp Anal*, 2007, 20(3-4):352-359.
- [3] USDA. USDA National Nutrient Database for Standard Reference [EB/OL]. [2011-03-08]. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/>.
- [4] SARA Z S, YASMIN T M, BAGCHI A, et al. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention [J]. *Mol Nutr Food Res*, 2007, 51(5):675-683.
- [5] WANG L S, STONER G D. Anthocyanins and their role in cancer prevention [J]. *Cancer Lett*, 2008, 269(2):281-290.
- [6] ETHERTON P M, ZHAO G, BINKOSKI A E, et al. The effects of nuts on coronary heart disease risk [J]. *Nutr Rev*, 2001, 59(10):103-111.
- [7] 中国营养学会. 中国居民膳食指南 [M]. 7 版. 西藏: 西藏人民出版社, 2007.
- [8] 刘仁道, 张猛, 李新贤. 草莓和蓝莓果实花青素提取及定量方法的比较 [J]. *园艺学报*, 2008, 35(5):655-660.
- [9] 李文鹏, 张艳, 程建军. 黑加仑果中花青素的提取及其抗氧化性的研究 [J]. *食品工业科技*, 2008, 29(6):220-222.
- [10] NAVINDRA P, SEERAM, ZHANG Y J, et al. Pistachio skin phenolics are destroyed by bleaching resulting in reduced antioxidative capacities [J]. *J Agric Food Chem*, 2006, 54(9):7036-7040.
- [11] 宁正祥, 周俊梅. 开心果漂白工艺研究 [J]. *食品科学*, 1996, 201(9):30-31.
- [12] 徐玉娟, 肖更生, 刘学铭, 等. 桑椹红色素稳定性的研究 [J]. *蚕业科学*, 2002, 28(3):265-269.
- [13] HRAZDINA G, FRANESE A J. Oxidation products of acylated anthocyanins under acidic and neutral conditions [J]. *Phytochemistry*, 1974, 13(8):231-234.