

铁棍山药片护色工艺与无硫护色剂的筛选

赵喜亭, 王会珍, 李明军

(河南师范大学 生命科学学院 河南 新乡 453007)

摘要: 为了解决铁棍山药片加工过程中的褐变问题, 寻找安全有效的无硫护色剂, 在对其护色工艺(厚度及处理方式)研究的基础上, 以柠檬酸、乙酸、植酸、次氯酸钠、EDTA 二钠、氯化钙对铁棍山药片进行单一和复合护色处理, 并研究其护色效果。结果表明: 经 0.25% 柠檬酸+0.1% 植酸+0.25% 氯化钙处理的山药片感官质量最好, 可替代含硫护色剂, 护色工艺关键是将铁棍山药切成 2mm 左右厚的薄片, 室温下在含 0.25% 柠檬酸和 0.1% 植酸的溶液中浸泡 2h 后, 放入 0.25% 氯化钙溶液中浸泡 1h, 40℃ 烘干。

关键词: 铁棍山药; 切片; 护色

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2009)01-0081-05

Study on Anti-browning Technology and Reagents without Sulfite of *Dioscorea opposita* Thunb. cv. Tiegun Slice

ZHAO Xi-ting, WANG Hui-zhen, LI Ming-jun

(College of Life Science, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: In order to solve the problem of browning during the process of *Dioscorea opposita* Thunb. cv. Tiegun slices, based on the study of the slices thickness and the treatment method, Chinese yam slices were treated with citric acid, acetic acid, phytic acid, sodium hypochlorite, disodium EDTA and CaCl₂, individual or combined multiple factor, to study its anti-browning effects for finding a safe and effective reagent without sulfite. The results showed that the sensory quality of slices treated with 0.25% citric acid+0.1% phytic acid+0.25% CaCl₂ was the best, so, 0.25% citric acid+0.1% phytic acid+0.25% CaCl₂ could replace sulfite sodium. The key points of anti-browning technology without sulfite were as follows: at room temperature, the Chinese yam were sliced into about 2 mm thickness, the slices were dipped into the mixed solutions of 0.25% citric acid and 0.1% phytic acids for 2h, then soaked in the 0.25% CaCl₂ solution for 1h, finally, dried at 40℃.

Key words: *Dioscorea opposita* Thunb. cv. Tiegun; Slice; Anti-browning

怀山药主产于河南省温县、武陟、沁阳等地(古怀庆府所辖), 药食兼优, 为滋补佳品。铁棍山药(*Dioscorea opposita* Thunb. cv. Tiegun)属怀山药中的极品, 素有“怀参”之称。铁棍山药加工成饮片可以提高其产品附加值, 在加工过程中鲜切片的防褐护色是决定其品质的关键步骤, 目前, 传统的方法

为硫熏蒸或亚硫酸盐类浸泡, 但越来越多的证据表明, 二氧化硫和亚硫酸盐对人类的健康存在潜在危害^[1]。因此, 铁棍山药饮片加工过程中鲜切片的无硫护色已成为该领域亟待研究的课题。

目前, 国内外鲜切方面无硫护色的研究主要集中在莲藕^[2]、板栗^[3]、马铃薯^[4-6]、茼蒿^[7]、菊苣^[8]及

收稿日期: 2008-07-31

基金项目: 河南省教育厅基础项目(2007180027)和河南师范大学博士启动基金(051007)

作者简介: 赵喜亭(1971-), 女, 河南孟津人, 副教授, 博士, 主要从事植物生理和植物生物技术的教学与研究工作。

糖姜片^[9]等果蔬上,虽然对山药的无硫护色也曾有报道,但所选材料或为市场采购的菜山药或来历不明^[10~12]。从 2006 年开始,河南师范大学四大怀药研究室就铁棍山药片的无硫护色展开了系列研究。现报道铁棍山药片的部分护色工艺(处理方式及厚度)和无硫护色剂的筛选。

1 材料和方法

1.1 材料

铁棍山药(*Dioscorea opposita* Thunb. cv. Tie-gun)由温县农科所提供。挑选大小一致、无创伤、无病虫斑的铁棍山药块茎。用清水洗净、淋干,去皮并剔除芽眼等异色部分。

亚硫酸钠、柠檬酸、乙酸、植酸、次氯酸钠、EDTA 二钠和氯化钙均为分析纯。

1.2 方法

1.2.1 护色工艺及护色处理 最佳切片厚度和处理方式确定:清洗去皮后迅速用不锈钢单面刀片将其分别切成 1mm、2mm、3mm、4mm、5mm 厚的薄片。然后对切片进行 2 种处理,一是取各种厚度的切片 3~5 片在 80℃热水中漂烫 2min,立即冷却,再浸泡在蒸馏水中 2h(热处理);二是取各种厚度的切片直接浸泡在蒸馏水中 2h(冷处理),最后均在 40℃烘箱中烘干至恒重并根据处理效果确定最佳厚度与处理方式。

护色处理:在确定最佳厚度与处理方式的基础上,按照每片 10mL 护色液的比例对鲜切铁棍山药片分别进行单因素处理及二因素和三因素复合处理,根据护色成分的性质,对护色工艺进行适当调整。

烘干:用培养皿盛放经护色处理的铁棍山药片,将其转入恒温箱于 40℃烘干至恒重。

1.2.2 护色效果评价 采用感官评分法和分光光度计比色法(褐变度的测定)2 种评价方式。

(1)感官评分法:分别从颜色及均匀度、光泽、褐变情况 4 个方面,采用 10 分制的感官评分法(表 1)对烘干的铁棍山药片进行评分。

(2)分光光度计比色法(褐变度的测定):参照彭贵霞等^[13]的方法,略有改进。分别取冷、热处理的山药干切片数片研磨成粉并用纱网过筛,称取 0.5g 过筛后的山药粉,按 1:10(W:V)加入甲醇 5mL,在 40℃水浴锅中浸提 30min,立即冷却后,4℃下 12000r/min 离心 10min,取上清液测定 A_{420nm},褐变度以 A_{420nm}×10 表示。3 次重复。

表 1 10 分制感官评分细则

分值	颜色	均匀度	光泽	褐变情况
10	白	均匀	+++	—
9	白	均匀	++	—
8	白	均匀	+	—
7	浅黄	均匀	+++	+
6	浅黄	均匀	++	+
5	浅黄	均匀	+	+
4	浅黄	不均匀	—	+
3	浅黄	不均匀	—	+
2	黄	均匀	—	++
1	深黄	均匀	—	+++

注:“+”代表有光泽或褐变,“+”越多越有光泽或褐变越严重;“—”代表无光泽或无褐变。

2 结果与分析

2.1 切片厚度与处理方式对铁棍山药片护色效果的影响

切片厚度与处理方式对铁棍山药片的护色有一定影响,结果见表 2。对切片厚度来说,冷处理以 2mm 和 4mm 的效果最好,热处理以 2mm 和 1mm 的效果最好。对处理方式来说,对于相同厚度的铁棍山药片,冷处理的感官评分普遍高于热处理的,褐变度普遍小于热处理的,说明冷处理的护色效果优于热处理的。

综合以上结果,在进行铁棍山药饮片加工时,其鲜切片厚度以 2mm 为宜,处理方式为冷处理。

表 2 切片厚度和处理方式对铁棍山药片护色效果的影响

处理方式	切片厚度 (mm)	感官评分	褐变度(A _{420nm} ×10)
冷处理	1	3.0	0.099
	2	5.0	0.079
	3	3.0	0.094
	4	4.0	0.075
	5	3.0	0.096
热处理	1	3.0	0.115
	2	3.5	0.117
	3	2.0	0.132
	4	1.0	0.151
	5	1.0	0.136

2.2 单因素无硫护色剂处理对铁棍山药片护色效果的影响

柠檬酸、乙酸、植酸均为食品加工中防止变色的络合剂。其护色原理可能是能降低产品的 pH 值,并与多价金属离子络合,抑制 PPO 的活性和多价金属对褐变的催化作用,从而减缓加工果蔬的酶促褐变发生^[13~15]。EDTA 二钠能与多种多价金属络和(如 Ca²⁺),抑制多价金属对褐变反应的催化作用,从而起到护色的效果。为了了解它们及氯化钙、次氯酸钠等护色剂护色效果的差异,进行了多种护色剂单独护色效果的研究,结果见表 3。以感官评分

为依据,护色效果依次为:0.25%柠檬酸>0.25%乙酸>0.25%氯化钙>0.02%次氯酸钠>0.25%亚硫酸钠>0.02%EDTA二钠>0.02%植酸>蒸馏水。经0.25%柠檬酸浸泡处理的切片感官评价最好,褐变度最小。

表3 单因素无硫护色剂对铁棍山药片的护色效果		
处理	感官评分	褐变度(A _{420nm} ×10)
蒸馏水(CK ₁)	5.0	0.79
0.25%亚硫酸钠(CK ₂)	6.5	0.75
0.25%柠檬酸	9.0	0.44
0.25%乙酸	8.0	0.77
0.25%氯化钙	7.5	0.50
0.02%次氯酸钠	7.0	0.58
0.02%EDTA二钠	6.0	0.97
0.02%植酸	5.5	0.86

2.3 二因素无硫护色剂复合处理对铁棍山药片护色效果的影响

在2.2的基础上,进一步采用最佳单因素护色剂0.25%柠檬酸与不同浓度的氯化钙、植酸、乙酸、次氯酸钠对铁棍山药片进行复合处理。在氯化钙与0.25%柠檬酸的复合处理中,由于Ca²⁺可与柠檬酸络合,因此护色时将切片先后浸泡于柠檬酸和不同浓度的氯化钙溶液中,结果见表4。与柠檬酸复合的整体效果依次为:植酸>乙酸>氯化钙>次氯酸钠,柠檬酸和不同浓度的植酸、乙酸组成无硫护色剂复合处理效果均明显优于对照。0.1%植酸+0.25%柠檬酸是二因素无硫护色剂中效果最好的,且比单因素(0.25%柠檬酸)感官评价好,褐变度低。植酸浓度以0.1%时效果最好,褐变度最小。乙酸浓度在1%时达到最好,虽然0.5%的乙酸与1%的感官评分也相同,但褐变度较大。氯化钙浓度以0.25%效果最好,浓度高时发黄。次氯酸钠整体效

果最差且高浓度的2个处理都发红褐色,感官太差,因此在进行三因素复合处理时将其舍去。

2.4 三因素无硫护色剂复合处理对铁棍山药片护色效果的影响

以2.3筛选出的最佳二因素复合护色剂0.25%柠檬酸+0.1%植酸为不变因素,与乙酸和氯化钙在二因素复合处理中效果较好的浓度进行三因素复合,对铁棍山药片进行处理,其中与氯化钙复合时,先将切片在含0.25%柠檬酸和0.1%植酸的溶液中浸泡2h后,于蒸馏水中淘尽残留溶液并擦干再放入0.25%氯化钙溶液中浸泡1h,结果见表5。

表4 0.25%柠檬酸与不同浓度氯化钙、植酸、乙酸、次氯酸钠复合对铁棍山药片的护色效果		
处理	感官评分	褐变度(A _{420nm} ×10)
蒸馏水(CK ₁)	5.0	0.79
0.25%亚硫酸钠(CK ₂)	6.5	0.67
0.25%柠檬酸+0.05%氯化钙	7.0	0.34
0.25%柠檬酸+0.25%氯化钙	7.3	0.54
0.25%柠檬酸+1%氯化钙	7.2	0.61
0.25%柠檬酸+3%氯化钙	6.6	0.78
0.25%柠檬酸+0.02%植酸	7.0	0.49
0.25%柠檬酸+0.04%植酸	8.0	0.32
0.25%柠檬酸+0.06%植酸	7.5	0.42
0.25%柠檬酸+0.1%植酸	9.5	0.35
0.25%柠檬酸+0.15%植酸	8.5	0.41
0.25%柠檬酸+0.05%乙酸	7.5	0.46
0.25%柠檬酸+0.25%乙酸	7.3	0.38
0.25%柠檬酸+0.5%乙酸	9.0	0.37
0.25%柠檬酸+1%乙酸	9.0	0.32
0.25%柠檬酸+0.02%次氯酸钠	8.0	0.48
0.25%柠檬酸+0.06%次氯酸钠	7.0	0.66
0.25%柠檬酸+0.1%次氯酸钠	6.0	0.72
0.25%柠檬酸+0.15%次氯酸钠	5.5	0.84

表5 0.25%柠檬酸和0.1%植酸与不同浓度氯化钙、乙酸复合对铁棍山药片的护色效果

处理	感官评分	褐变度(A _{420nm} ×10)
蒸馏水(CK ₁)	5.0	0.79
0.25%亚硫酸钠(CK ₂)	6.5	0.67
0.25%柠檬酸+0.1%植酸+0.05%氯化钙	9.0	0.42
0.25%柠檬酸+0.1%植酸+0.25%氯化钙	9.6	0.36
0.25%柠檬酸+0.1%植酸+0.5%乙酸	8.0	0.58
0.25%柠檬酸+0.1%植酸+1%乙酸	8.5	0.52

0.25%柠檬酸+0.1%植酸和不同浓度的氯化钙、乙酸组成的三因素无硫护色剂对铁棍山药片进行处理后的感官评分均明显优于对照,褐变度均低于对照,且氯化钙的组合效果优于乙酸的。三因素中,0.25%柠檬酸+0.1%植酸+0.25%氯化钙的复合护色效果最好,褐变度最小。虽然与二因素中0.25%柠檬酸+0.1%植酸的效果相当,但添加的氯化钙可以防止切片表面皱缩,以进一步改善外观品

质。综上所述,铁棍山药片的最佳无硫护色剂组成为:0.25%柠檬酸、0.1%植酸和0.25%氯化钙。

3 结论与讨论

3.1 切片厚度与处理方式对铁棍山药片护色效果的影响

铁棍山药切片的厚薄直接影响护色剂渗透的难易程度。切片太厚不利于护色剂渗透,导致山药切

片表里颜色不均一;切片太薄则不利于切片的饱满和平整。试验观察,新鲜的 2mm 厚的山药切片在冷处理加工后色泽均匀、表面平整,可以使山药切片内外受护色剂的作用均一,减少肉眼误差。这与农绍庄等^[6]关于马铃薯切片护色工艺研究中切片厚度的选择一致。

热处理能破坏细胞壁和细胞膜的结构,为护色剂的渗入打开通道,使护色剂能与细胞内的多种成分作用,从而达到护色目的;温度的高低又直接影响酶褐变和非酶褐变,表现为一定范围内温度越高酶促反应速度越快^[17]。所以温度的高低对切片本身的褐变和护色剂作用的发挥都很重要。本试验结果表明,冷处理的效果要比热处理的好,不论是色泽还是均匀度或是切片的质感,冷处理 2mm 的切片效果都优于热处理的,所以我们选择这种处理方式作为护色剂筛选试验的处理方式。这与糖姜片^[9]、马铃薯切片^[16]和江苏徐州山药切片^[13]护色工艺研究中报道的热烫可以有效抑制褐变的结论不同,原因可能是铁棍山药在切片后外表面会形成一层黏性物质,它阻碍了护色剂的快速渗透,在进行热处理时,细胞壁和细胞膜结构的破坏使酶与底物充分结合并反应,而此时护色剂还没有渗透进切片内。

3.2 铁棍山药片无硫护色剂的效果分析

乙酸、草酰乙酸、柠檬酸、酒石酸、苹果酸等为果蔬中常见的羧酸,能降低产品的 pH,或者具有络合金属离子的作用,可抑制 PPO 的活性,从而减缓加工果蔬的酶促褐变发生^[13-15],其中最常用的为柠檬酸。柠檬酸能有效抑制荔枝^[18]和苹果汁^[19]的褐变,并能改善鲜切果蔬的风味^[20]。EDTA 二钠为食品加工中防止变色的络合剂,其原理是 EDTA 二钠能与多种多价金属络和(如 Ca^{2+}),抑制多价金属对褐变反应的催化作用,从而起到护色的效果。植酸是维生素 B 族的一种肌醇六磷酸酯,其环状对称结构对促进氧化作用的微量金属离子有很强的螯合作用,且植酸与金属离子形成的络合物不能活化氧分子,使氧较难实现对双键的加成反应或形成过氧化物,从而起一定的稳定色泽的作用^[21];而氯化钙的护色作用可能是钙与氨基酸发生沉淀作用抑制羟氨反应,同时钙的存在使钙离子与细胞壁上的果胶酸作用形成果胶酸钙,增加组织的硬度,从而阻止液泡中组织液外渗到细胞质中与酶类接触,降低酶褐变程度,如 0.2%氯化钙可以抑制苹果切片的褐变^[20]。另外,氯化钙也具有防止切片表面皱缩的作用。据报道,新鲜山药块茎表面的黏液蛋白在钙离子作用

下会发生脱水、变性,并形成具有三维网状特征的蛋白凝胶,从而截留各种食品成分,被截留的成分与蛋白凝胶一起在山药块茎表层形成难以溶解的保护层。因此,鲜切山药片经一定浓度的氯化钙护色液处理后硬度增加,从而较好保持山药切片新鲜脆爽的组织特性。

试验结果表明:以 3 种试剂复合护色的效果优于 2 种试剂的复合和单试剂处理的效果。这与莫开菊等^[9]研究的糖姜片的无硫护色及加工工艺中的结论相同,即都是 3 种护色剂的效果最好。这可能与山药切片的变色是多途径的综合表现有关。在铁棍山药的加工中与荔枝^[18]和荸荠^[22]一样,可能存在迈拉德反应、酚类化合物的氧化变色反应、酚类化合物与金属离子的络和显色反应。然而,所选用的护色剂各自所起的作用是不尽相同的。其中,柠檬酸和植酸既是酸味调节剂,又是金属离子螯合剂,能适当降低山药切片的 pH 值,有效地抑制迈拉德反应和酚类化合物的氧化变色反应,还对多种金属离子具有较强的螯合作用,但对铜的螯合作用能力较弱,而对其他的金属离子需要在碱性条件下才有较强的螯合作用^[21]。钙离子既可以与氨基酸结合适当抑制迈拉德反应,又可以与酚类物质结合生成无色化合物,竞争性的抑制其他金属离子与酚类结合产生有色反应^[23],但是其作用都较弱。因此,单一护色剂都存在其局限性,而多种护色剂的结合使用可全面抑制各种变色途径,从而达到良好的护色效果。

综合以上内容,可得出结论:

1) 护色工艺对护色有较大的影响。切片厚度以 2mm 左右为宜,护色以冷处理方式较好,有利于保持铁棍山药切片粉质、亮白。

2) 试验筛选的最佳无硫护色剂组成为:0.25%柠檬酸+0.1%植酸+0.25%氯化钙,经过其处理的山药片感官质量最好,褐变度最小,产品保持亮白色,可替代含硫护色剂。

3) 铁棍山药无硫护色工艺的加工关键是将其切成 2mm 左右厚的薄片,室温下在含 0.25%柠檬酸和 0.1%植酸的溶液中浸泡 2h 后,放入 0.25%氯化钙溶液中浸泡 1h,最后 40℃烘干,可获得感官较好的铁棍山药片。

参考文献:

- [1] 吴永宁.现代食品安全科学[M].北京:化学工业出版社,2003:509.
- [2] 吴光旭,张长峰.复合护色液对鲜切莲藕护色效果研究[J].食品科技,2006(5):111-114.

长枝修剪对早熟油桃生长及果实品质的影响

顾 红¹, 方金豹¹, 陈锦永¹, 张威远¹, 赵长竹¹, 魏世忠¹, 陈素梅²

(1. 中国农业科学院 郑州果树研究所, 河南 郑州 450009; 2. 商丘市林业局, 河南 商丘 476000)

摘要: 2004—2006 年, 对露地栽培油桃华光进行长枝修剪和短枝修剪 2 种冬剪方式比较试验, 研究长枝修剪对油桃华光生长及果实品质的影响。结果表明:长枝修剪降低华光单果重、果实可溶性固形物含量, 但促进果实着色。新梢中第 1 个大于 30 cm 长梢距结果母枝基部距离比短枝修剪小 12.6%, 可有效控制结果枝外移。结果枝长放后抽生的新梢比对照弱。相关分析表明, 短枝修剪的留枝长度和粗度与留花量和枝产量呈极显著正相关, 与单果重呈负相关, 但未达到显著水平。长枝修剪的结果枝长度和粗度与留花量、单果重及枝产量均呈正相关, 但仅有粗度与枝产量达到极显著正相关, 说明油桃华光长枝修剪选留的枝条适当粗壮一些更有利于果实发育。

关键词: 油桃; 长枝修剪; 生长; 品质

中图分类号: S662.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2009)01-0085-03

随着果树集约化栽培的发展, 一种新型桃树修剪方式——长枝修剪技术逐渐被果农接受。长枝修剪可以避免桃树传统的短枝修剪在生产中逐渐暴露出的树体发枝量过大、形成叶幕过厚、树冠郁闭、

收稿日期: 2008-08-25
基金项目: 国家“948”项目(2006—G30)
作者简介: 顾 红(1973-), 女, 江苏徐州人, 助理研究员, 在读硕士研究生, 主要从事果树栽培和生理研究。

[3] 陈明之. 板栗加工过程的护色技术研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(5): 28—29, 124.

[4] Gurbuz G, Lee C Y. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning reagents[J]. Journal Food Science, 1997, 62(3): 572—576.

[5] Sapers G M, Miller R L. Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates [J]. Journal Food Science, 1992, 57(5): 1132—1135.

[6] 曾顺德, 张迎君, 漆巨容. 鲜切马铃薯薯褐变抑制剂筛选[J]. 食品工业科技, 2006, 27(2): 90—91.

[7] 王武, 陈从贵, 张莉, 等. 鲜切茼蒿护色处理的试验研究[J]. 食品科技, 2004(3): 32—33, 38.

[8] Castañer M, Gil M I, Artés F. Organic acids as browning inhibitors on harvested “Baby” lettuce and endive [J]. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A, 1997, 205(5): 375—379.

[9] 莫开菊, 汪兴平, 程超. 糖姜片的无硫护色及护色及加工工艺研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 155—158.

[10] 韩涛, 李丽萍, 赵佳. 切割山药片在贮存期间的色泽变化及护色工艺研究[J]. 食品工业科技, 2005, 26(1): 175—177.

[11] 顾林, 鲁茂林, 姜军, 等. 山药多酚氧化酶酶学特性及褐变控制研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(6): 26—29.

[12] 樊黎生, 邱雁临, 李冬生, 等. 山药清水罐头的加工工艺[J]. 食品工业科技, 1997, 18(4): 69—70.

[13] 彭贵霞, 郁志芳, 夏志华, 等. 鲜切山药片生产工艺技术的研究[J]. 食品科学, 2003, 24(2): 66—69.

[14] de Souza B S, O'Hare T J, Durigan J F, et al. Impact of atmosphere, organic acids, and calcium on quality of fresh-cut ‘ensington’ mango[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 42(2): 161—167.

[15] Cano M P, de Ancos B, Lobo M G, et al. Improvement of frozen banana (*Musa cavendishii*, cv. Enana) colour by blanching: relationship between browning, phenols and polyphenol oxidase and peroxidase[J]. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A, 1997, 204(1): 60—65.

[16] 农绍庄, 孙立东, 尚维. 马铃薯切片护色工艺的研究[J]. 大连轻工业学院学报, 1996, 15(3): 12—16.

[17] 朱定和, 夏文水. 莲藕食品的加工现状与发展[J]. 食品工业科技, 2002, 23(8): 99—100.

[18] Jiang Y M, Fu J R. Inhibition of polyphenol oxidase and the browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid[J]. Food Chemistry, 1998, 62(1): 49—52.

[19] Özoğlu H, Bayindirli A. Inhibition of enzymatic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents[J]. Food Control, 2002, 13: 213—221.

[20] 董全. 鲜切果蔬的加工工艺和保鲜技术[J]. 四川食品与发酵, 2002, 38(2): 31—35.

[21] 万素英, 赵亚军, 李琳, 等. 食品抗氧化剂[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 19—20, 96, 111.

[22] 黄雪松, 焦建, 杨爱华. 几种加工处理对鲜切荸荠褐变的影响[J]. 食品科技, 2006(7): 255—257.

[23] 石碧, 狄莹. 植物多酚[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 100—111.