

# 天然护色剂对酱牛肉护色效果的研究

李博文,孔保华\*,夏秀芳,陈倩

(东北农业大学食品学院,黑龙江哈尔滨 150030)

**摘要:**针对于用红曲红色素作为表面着色剂的小包装方便酱卤肉制品在贮藏期间易发生氧化褪色这一现象,通过测定贮藏过程中酱牛肉的 pH、红度值、色素残留率、感官评价,研究抗坏血酸钠、葡萄糖、茶多酚及其复合剂作为抗氧化剂对产品表面红曲红色素的保护效果。研究表明:0.05%的茶多酚护色效果最为显著,0.06%的抗坏血酸钠和 0.01%的葡萄糖也明显起到了护色的效用,复合剂的相乘效用使其比单一组抗氧化效果更明显,且与市售护色剂间存在明显差异性( $P < 0.05$ )。复配护色剂(0.06%抗坏血酸钠+0.01%葡萄糖+0.05%茶多酚)能使酱牛肉储存 28d 后,红度值仍能达到 12.51、色素残留率达到 46.54%、感官评价达到 3.5 分,与对照组差异显著( $P < 0.05$ )。

**关键词:**酱牛肉,护色剂,护色效果

## Effect of protecting-color of natural color protective agent on spiced beef

LI Bo-wen, KONG Bao-hua\*, XIA Xiu-fang, CHEN Qian

(College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** Considering the monascus pigment was prone to oxidative and fade as the surface red pigment on small package convenient sauced meat products during storage. The effects of different antioxidants, vitamin C, tea polyphenols, glucose and their combination on pH, color, pigment retention rate were studied. The results showed that the effect of tea polyphenols was the most significant, and vitamin C and glucose were also found to protect the color of monascus pigment. Combinational antioxidants were more effective significantly than those individual use of antioxidants and commercial color fixative. It proved that the combination of vitamin C, tea polyphenols and glucose could protect the color of samples until twenty-eight days later, having a very wide prospect of applications.

**Key words:** sauced products; color fixative; color protection

中图分类号:TS202

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2012)08-0352-05

中华传统美食酱卤肉制品虽深受消费者喜爱,但当天卤煮当天销售的生产方式已限制其发展,因此工业化大生产的酱卤制品的小包装方便食品便应运而生。肉制品的色泽是一系列物理化学反应的外在表现<sup>[1]</sup>,体现产品的新鲜程度,是影响消费者购买的重要因素之一<sup>[2]</sup>。因为卤肉制品中不使用发色剂,产品的颜色会随着贮藏时间的延长逐渐变暗,严重影响产品的可接受性。为了提高酱卤肉制品的竞争力,添加一些天然色素以保持肉制品良好的色泽就显得尤为重要,可以给消费者带来良好的感官接受性和强烈购买欲。由于化学合成色素总有着那样或那样的安全隐患,故天然色素日益受到人们重视。天然红曲红色素凭其对蛋白质良好的着色性、色泽鲜艳、安全无毒以及耐热、耐酸碱性<sup>[3]</sup>已成为酱卤制品加工业中使用最为普遍的着色剂。但是使用红曲

红色素着色的肉制品在储存或者销售过程中易因光照和氧化作用而发生褪色,严重影响产品的外观<sup>[4]</sup>,其中桔红色色素是红曲红色素中最不稳定的成分<sup>[5]</sup>,这在一定程度上限制了红曲红色素在工业上的实际应用和发展,每年由于肉制品的褪色作用而造成的经济损失是巨大的<sup>[6]</sup>。对红曲红色素着色产品的护色研究以往多以肉糜类的低温肉制品为载体<sup>[7-8]</sup>,对于酱卤肉制品这类用红曲红色素进行表面着色并进行过高温加工的产品的护色研究还比较少见。本文将红曲红色素应用于酱牛肉中,研究几种抗氧化剂单体,主要包括抗坏血酸钠、茶多酚和葡萄糖分别对酱牛肉的护色效用,并对这几种单体进行复配,发挥不同单体特性的协同效应,确定最佳护色剂搭配,期望通过研究得到一种高效的复合护色剂,使酱卤制品存储较长时间后仍能保留较好的红色。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

原料肉 哈尔滨好又多超市牛臀肉;肉蔻、丁香、花椒、茴香、桂皮、八角等十六种香辛料 哈尔滨

收稿日期:2011-08-01 \*通讯联系人

作者简介:李博文(1987-),女,硕士研究生,研究方向:畜产品加工。

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903012-02);东北农业大学创新团队项目(CXZ011-1)。

滨市宝丰药店;红曲红色素、葡萄糖、抗坏血酸钠、茶多酚 哈尔滨市亿人添加剂股份有限公司。

DZ-400/2L 型真空包装机 山东省诸城市正泰机械有限责任公司;TC-P2A 型全色电 ZE-6000 色差计 日本色电公司;Delta 320 pH 计 上海 METTLER-TOLEDO 仪器设备有限公司;DU-800 紫外/可见分光光度计 美国 Beckman Coulter 公司;组织捣碎机 荷兰 Philips 公司;尼龙蒸煮袋 广东中兴塑料纸类印刷有限公司。

## 1.2 实验方法

选取新鲜的牛臀肉,切割成 80g 左右重的肉块,用料包熬制料水,每千克料水中放入 150mg 红曲红色素对酱牛肉进行着色,将肉块放在老汤中卤煮,熟制后分别浸泡在添加不同护色剂的老汤中,浸泡 30min,采用老汤为护色剂载体浸泡样品这种方法既能防止长时间高温卤煮对护色剂成分起到破坏作用,又能进一步对酱卤制品的滋味进行修正。浸泡后将肉块进行真空包装,并进行二次杀菌以减免制品在研究期间发生腐败变质的现象。分组见表 1,整个实验主要分为护色剂单体实验组及护色剂单体复配实验组,其中市售护色剂组是用市面上销售的成品护色剂以常用量 0.01% 的用量设计的实验组,作为本实验研发的护色剂护色效果的一个参照,将处理过的样品置于有荧光灯和太阳光照射的台面上保存 0、7、14、21、28d 后,进行指标测定。

表 1 实验分组表

Table 1 Table of experimental groups

处理组	抗氧化剂种类及用量(%)		
	茶多酚 0.05	葡萄糖 0.01	抗坏血酸钠 0.06
空白			
市售护色剂			
茶多酚	+		
葡萄糖		+	
抗坏血酸钠			+
葡萄糖+茶多酚	+	+	
葡萄糖+抗坏血酸钠		+	+
茶多酚+抗坏血酸钠	+		+
葡萄糖+茶多酚+抗坏血酸钠	+	+	+

## 1.3 测定指标

1.3.1 pH 测定 参照 GB/T9695.5-2008《肉与肉制品 pH 测定》。

1.3.2 色差的测定 用 ZE6000 色差计( $X = 90.18$ ,  $Y = 95.08$ ,  $Z = 103.29$ )测定酱牛肉表面的颜色。采用 D65 光源,2°视角,30mm 聚光镜测定。

1.3.3 色素残留率的测定 准确称取 2g 各实验组的酱牛肉(取样部位为酱牛肉表层 1mm 厚的肉样),剪成黄豆粒大小的颗粒,加入 200mL 蒸馏水,用打浆机打成浆状,室温放置 1h 后,离心分离,取上清液,于 520nm 处测吸光度值<sup>[9]</sup>。色素残留率的计算:

$$\text{色素残留率}(\%) = \frac{A_2}{A_1} \times 100\%$$

式中, $A_1$ -光照前测得的成品的吸光度; $A_2$ -光照

后测得的成品的吸光度。

1.3.4 感官评定 由本实验室的教师和研究生组成 10 人感官评定小组,男女各半。在进行评定前要对评定小组进行培训,并使用对照样品作热身样品,统一评定标准。评定指标为颜色,评定采用 5 分制<sup>[10]</sup>,5 分为色泽鲜红,有光泽;4 分为色泽较鲜红,有光泽;3 分为色泽暗红,无光泽;2 分为色泽灰暗或苍白,无光泽;1 分为色泽暗褐色,不能接受。

1.3.5 统计分析 每个实验重复三次,结果表示为  $\bar{X} \pm SD$ 。数据统计分析采用 Statistix 8.1 软件包(美国 St Paul 公司)中 Linear Models 程序进行,差异显著性 ( $P < 0.05$ ) 分析使用 Tukey LSD 程序,采用 Sigmaplot 9.0 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 护色剂单体对酱牛肉护色效果的影响

2.1.1 护色剂单体对酱牛肉 pH 的影响 图 1 是不同护色剂单体对酱牛肉 pH 的影响。各实验组的 pH 总体上呈先上升后下降或前期上升的较快,后期上升的较迟缓的趋势,说明真空包装的酱牛肉在相对无氧条件下,产生的酸性成分对 pH 的升高具有一定缓冲作用。茶多酚实验组的 pH 呈最稳定的趋势,这是因为茶多酚本身还具有一定的防腐作用<sup>[11]</sup>。到贮存后期,各组样例的 pH 大多处于 6.4~6.6 之间,新鲜度为次级鲜肉,说明样例基本没有发生腐败变质,不会影响到肉样表面颜色的观察。

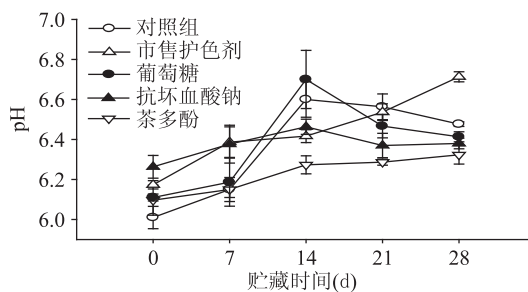


图 1 不同护色剂单体对酱牛肉 pH 的影响

Fig.1 Effect of different color fixative monomer on pH of sauced beef

### 2.1.2 护色剂单体对酱牛肉红度值( $a^*$ )的影响

表 2 是不同护色剂单体对酱牛肉红度值( $a^*$ )的影响,添加有护色剂成分的实验组在存放期间,整体比对照组和市售护色剂参照组的红度值要高,这主要是因为抗坏血酸钠有着一定的抗氧化能力,而茶多酚也具有抗脂质氧化的作用,它本身的 A 环和 B 环上的羟基能阻止过氧化自由基的生成,都能抑制红曲红色素发生氧化褪色的现象。葡萄糖较茶多酚和抗坏血酸钠组护色效果要差一些,但使用葡萄糖的实验组产品表面很有光泽。

2.1.3 护色剂单体对酱牛肉色素残留率的影响 红曲红色素作为表面着色剂,在贮存期间因光照作用会发生分解,要看护色剂对红曲红色素的具体保护作用,就要测定样例表面色素的最终残留率为多少。图 2 是不同护色剂单体对酱牛肉色素残留率的影响,对照组和市售护色剂参照组的样例在存放到第

表2 不同护色剂单体对酱牛肉红度值(a\*)的影响

Table 2 Effect of different color fixatives monomer on the color(a\*) of sauced beef

项目	贮存时间(d)				
	0	7	14	21	28
对照组	14.78 ± 0.75 <sup>A</sup>	11.30 ± 0.34 <sup>A</sup>	8.49 ± 0.38 <sup>A</sup>	8.86 ± 0.32 <sup>C</sup>	7.63 ± 0.49 <sup>B</sup>
市售护色剂	14.98 ± 0.31 <sup>A</sup>	12.16 ± 0.36 <sup>A</sup>	10.91 ± 0.97 <sup>A</sup>	10.50 ± 0.42 <sup>AB</sup>	8.81 ± 0.29 <sup>AB</sup>
抗坏血酸钠	15.29 ± 0.33 <sup>A</sup>	14.77 ± 0.30 <sup>A</sup>	12.53 ± 0.41 <sup>A</sup>	11.98 ± 0.25 <sup>A</sup>	9.28 ± 0.23 <sup>AB</sup>
茶多酚	15.20 ± 0.29 <sup>A</sup>	13.84 ± 1.05 <sup>A</sup>	11.29 ± 0.59 <sup>A</sup>	11.65 ± 0.35 <sup>AB</sup>	9.93 ± 0.26 <sup>A</sup>
葡萄糖	14.49 ± 1.34 <sup>A</sup>	12.40 ± 0.28 <sup>A</sup>	10.62 ± 0.46 <sup>A</sup>	9.41 ± 0.29 <sup>AB</sup>	8.10 ± 0.14 <sup>AB</sup>

注:所得数值来自三次重复的平均值 ± 标准差, A-C; 同一列字母不同则说明差异显著(P < 0.05)。表3~表5同。

表3 不同护色剂单体对酱牛肉颜色感官评定的影响

Table 3 Effect of different color fixatives monomer on the sensory evaluation of sauced beef

项目	贮存时间(d)				
	0	7	14	21	28
对照组	4.0 ± 0.1 <sup>A</sup>	2.7 ± 0.15 <sup>C</sup>	2.6 ± 0.3 <sup>CB</sup>	2.6 ± 0.1 <sup>D</sup>	2.1 ± 0.2 <sup>C</sup>
市售护色剂	4.0 ± 0.0 <sup>A</sup>	3.6 ± 0.1 <sup>B</sup>	3.4 ± 0.2 <sup>BC</sup>	3.0 ± 0.1 <sup>BC</sup>	2.7 ± 0.1 <sup>B</sup>
茶多酚	4.1 ± 0.1 <sup>A</sup>	4.0 ± 0.1 <sup>A</sup>	3.9 ± 0.2 <sup>AB</sup>	3.4 ± 0.1 <sup>B</sup>	3.2 ± 0.1 <sup>A</sup>
葡萄糖	4.0 ± 0.0 <sup>A</sup>	3.5 ± 0.2 <sup>B</sup>	3.5 ± 0.2 <sup>AB</sup>	3.3 ± 0.1 <sup>B</sup>	2.7 ± 0.1 <sup>B</sup>
抗坏血酸钠	4.1 ± 0.1 <sup>A</sup>	3.6 ± 0.2 <sup>B</sup>	3.7 ± 0.2 <sup>AB</sup>	3.5 ± 0.27 <sup>A</sup>	3.1 ± 0.1 <sup>A</sup>

7d时,色素残留率较添加有护色剂成分的实验组要低一些,其中对照组的颜色在第7d时已接近灰白色。抗坏血酸钠的护色效用基本与市售护色剂的护色效果相仿。而抗坏血酸钠和茶多酚在整个贮存期间对色素的保护作用非常显著,直至放置到28d时,样例的颜色才略显灰白色。

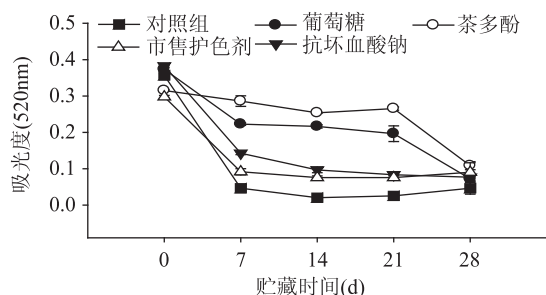


图2 不同护色剂单体对酱牛肉色素残留率的影响

Fig.2 Effect of different color fixatives monomer on the pigment retention rate of sauced beef

#### 2.1.4 护色剂单体对酱牛肉颜色感官评定的影响

表3 是不同护色剂单体对酱牛肉颜色感官评定的影响,感官评定的结果与色素残留率的测定以及红度值的测定结果显示的护色效果趋势基本一致,茶多酚和抗坏血酸钠实验组的护色效果明显比其他实验组的护色效果好一些。

### 2.2 复合护色剂对酱牛肉护色效果的影响

2.2.1 复合护色剂对酱牛肉 pH 的影响 图3 是不同护色剂复配后对酱牛肉 pH 的影响,不同实验组在存放期间的 pH 显示肉样处于一级、二级新鲜度之间,这主要是由于抗坏血酸钠和茶多酚都是天然的抗氧化剂<sup>[12-14]</sup>,能够减免由于脂质氧化对 pH 造成影响这一现象的发生,其中茶多酚本身的 A 环和 B 环上的羟基是其具有抗氧化作用的主要功能基团<sup>[15-18]</sup>,同时茶多酚、葡萄糖还具有防腐的功效。

#### 2.2.2 复合护色剂对酱牛肉红度值(a\*)的影响

表4 是不同护色剂复配后对酱牛肉颜色(a\*)的影

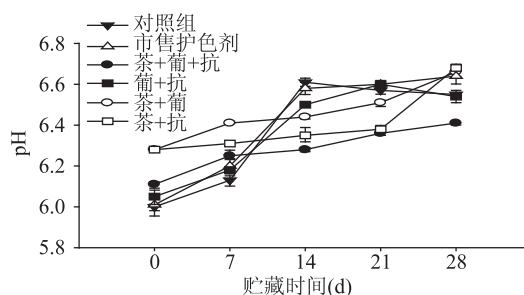


图3 不同护色剂复配对酱牛肉 pH 的影响

Fig.3 Effect of different combinational color fixatives on pH of sauced beef

响,抗坏血酸钠和茶多酚复配组的护色效果要好于茶多酚和葡萄糖的复配组以及葡萄糖和抗坏血酸钠的复配组,说明抗坏血酸钠和茶多酚起主要的护色效用,而葡萄糖起辅助作用。但各复配组的护色效果都要好于对照组和市售护色剂参照组。抗坏血酸钠和茶多酚以及葡萄糖三种护色剂的复配组在存放的整个期间红度值都是最高的,并且和其他组间存在着明显差异。

2.2.3 复合护色剂对酱牛肉色素残留率的影响 图4 是不同护色剂复配后对酱牛肉色素残留率的影响,复配组的样例在放置到第21d后还有相当的红色,三种护色剂的护色效用能够叠加,从而达到了功能互补、协同增效的作用。而且抗坏血酸钠和茶多酚以及葡萄糖三种护色剂复配组的起始色泽也要高于其他组,这说明这三种护色剂还能起到增强红曲红色素着色力的效用。

#### 2.2.4 复合护色剂对酱牛肉颜色感官评定的影响

表5 是不同护色剂复配后对酱牛肉颜色感官评定的影响,感官评定的结果与复配实验组色素残留率的测定以及红度值的测定结果显示的护色效果趋势基本一致,茶多酚和抗坏血酸钠以及葡萄糖复配实验组的护色效果明显比其他实验组的护色效果好一些。



表4 不同护色剂复配对酱牛肉红度值(a\*)的影响

Table 4 Effect of different combinational color fixatives on the color(a\*) of sauced beef

项目	贮存时间(d)				
	0	7	14	21	28
对照组	14.47 ± 0.69 <sup>A</sup>	10.03 ± 0.31 <sup>C</sup>	9.86 ± 1.04 <sup>CB</sup>	9.33 ± 0.39 <sup>D</sup>	7.60 ± 0.58 <sup>C</sup>
市售护色剂	14.51 ± 0.61 <sup>A</sup>	13.04 ± 0.38 <sup>B</sup>	11.77 ± 0.83 <sup>BC</sup>	10.68 ± 0.39 <sup>C</sup>	9.78 ± 0.37 <sup>B</sup>
抗+茶	14.98 ± 0.37 <sup>A</sup>	14.63 ± 0.64 <sup>A</sup>	13.69 ± 0.68 <sup>AB</sup>	12.29 ± 0.45 <sup>B</sup>	11.53 ± 0.39 <sup>A</sup>
抗+葡	14.78 ± 0.17 <sup>A</sup>	12.76 ± 0.66 <sup>B</sup>	12.51 ± 0.72 <sup>AB</sup>	11.89 ± 0.32 <sup>CB</sup>	10.22 ± 0.25 <sup>B</sup>
葡+茶	14.92 ± 0.14 <sup>A</sup>	13.03 ± 0.56 <sup>B</sup>	12.27 ± 0.87 <sup>AB</sup>	12.20 ± 0.61 <sup>B</sup>	11.88 ± 0.13 <sup>A</sup>
抗+茶+葡	15.01 ± 0.21 <sup>A</sup>	14.78 ± 0.51 <sup>A</sup>	14.10 ± 0.13 <sup>A</sup>	13.51 ± 0.29 <sup>A</sup>	12.51 ± 0.49 <sup>A</sup>

表5 不同护色剂复配对酱牛肉颜色感官评定的影响

Table 5 Effect of different combinational color fixatives on the sensory evaluation of sauced beef

项目	贮存时间(d)				
	0	7	14	21	28
对照组	4.0 ± 0.1 <sup>A</sup>	2.7 ± 0.15 <sup>C</sup>	2.7 ± 0.3 <sup>CB</sup>	2.6 ± 0.1 <sup>D</sup>	2.1 ± 0.2 <sup>C</sup>
市售护色剂	4.0 ± 0.1 <sup>A</sup>	3.6 ± 0.1 <sup>B</sup>	3.4 ± 0.2 <sup>BC</sup>	3.0 ± 0.1 <sup>C</sup>	2.7 ± 0.1 <sup>B</sup>
抗+茶	4.1 ± 0.1 <sup>A</sup>	4.0 ± 0.1 <sup>A</sup>	3.8 ± 0.2 <sup>AB</sup>	3.4 ± 0.1 <sup>B</sup>	3.2 ± 0.1 <sup>A</sup>
抗+葡	4.0 ± 0.0 <sup>A</sup>	3.5 ± 0.2 <sup>B</sup>	3.5 ± 0.2 <sup>AB</sup>	3.3 ± 0.1 <sup>B</sup>	2.8 ± 0.1 <sup>B</sup>
葡+茶	4.1 ± 0.0 <sup>A</sup>	3.6 ± 0.2 <sup>B</sup>	3.4 ± 0.2 <sup>AB</sup>	3.4 ± 0.2 <sup>B</sup>	3.3 ± 0.1 <sup>A</sup>
抗+茶+葡	4.1 ± 0.1 <sup>A</sup>	4.1 ± 0.1 <sup>A</sup>	3.9 ± 0.1 <sup>A</sup>	3.7 ± 0.1 <sup>A</sup>	3.5 ± 0.1 <sup>A</sup>

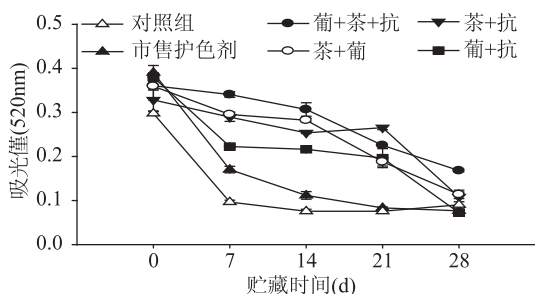


图4 不同护色剂复配对酱牛肉颜色色素残留率的影响

Fig.4 Effect of different combinational color fixatives on the pigment retention rate of sauced beef

### 3 结论

针对红曲红色素的易氧化和对光的不稳定性,本实验研究全部在有光条件下进行,主要采用三种护色剂成分:抗坏血酸钠、茶多酚、葡萄糖。这几种添加剂对色素的发色基因进行了保护,降低了减色效应<sup>[19]</sup>。对各处理样例的检测指标有色差、pH、色素残留率、感官评定,但通过各指标的检测结果显示,各护色单体在单独使用时对酱卤肉制品的护色效果并不是特别理想,若增加用量,又会增加成本,且可能影响风味。这几种护色单体中抗坏血酸钠是速效型的护色剂,葡萄糖是中效型的,茶多酚是长效型的。因此,我们将几种具有护色功能或助于护色的单体搭配使用,并达到了功能互补、协同增效的目的。本实验得出最佳护色剂为抗坏血酸钠+葡萄糖+茶多酚的复配型护色剂,护色剂的使用方法就是将卤煮熟制后的酱卤肉制品再放在添加有护色剂成分的老汤中继续浸泡一定时间,采用这一方法既是对酱卤肉制品风味的一种修正,又能使护色剂多次使用,经验证该护色剂护色效果很好,在储存28d之后还有相当的红色。具有很广泛的应用前景。

### 参考文献

[1] Zhang X, Kong B H, Xiong Y L. Production of cured meat color in nitrite-free Harbin red sausage by *Lactobacillus fermentum* fermentation [J]. *Meat Science*, 2007, 77 (4): 593-598.

[2] 李沛军,孔保华,郑冬梅.微生物发酵法替代肉制品中亚硝酸盐呈色作用的研究进展[J]. *食品科学*, 2010, 31 (17): 388-391.

[3] 孙平. *食品添加剂使用手册* [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.

[4] 沈士秀. 红曲的研究、生产及应用[J]. *食品工业科技*, 2001, 22(1): 85-88.

[5] 王红娟,连喜军,郭坤亮,等.红曲红色素光稳定性测定方法探讨[J]. *食品科学*, 2005, 26(1): 201-205.

[6] Hood D E. Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-packaged beef [J]. *Meat Science*, 1980, 4 (4): 247-265.

[7] 廖婵,靳国锋,章建浩,等.迷迭香、茶多酚、V<sub>E</sub>对干腌火腿贮藏过程中抗脂质氧化及护色效果的研究[J]. *食品工业科技*, 2008, 29(8): 82-86.

[8] 于功明,赵振玲,孙春禄,等.低温肉制品复合护色剂的研制[J]. *肉类工业*, 2008, 31(1): 25-28.

[9] 祝义亮,李峰,周辉.新型复合护色剂及其在盐水方腿中的应用研究[J]. *食品科技*, 2006, 15(3): 13-15.

[10] Pohlman F W, Stivarius M R, Mcelyea K S, et al. The effects of ozone, chlorine dioxide, cetylpyridinium chloride and trisodium phosphate as multiple antimicrobial interventions on microbiological, instrumental color, and sensory color and odor characteristics of ground beef [J]. *Meat Science*, 2002, 61 (3): 307-313.

[11] 肖雷,姚菁华,朱红菊,等.茶多酚防腐机理及其在肉制品加工中的应用[J]. *食品研究与开发*, 2009, 30(6): 160-163.

[12] Buys E M, Nortje G L. Microbiological shelflife of bulk-

(下转第383页)

业和研究单位进行大批量的抗氧化剂筛选或检测。但是,该法容易受样品颜色和浓度、DPPH 浓度,以及反应条件等影响,以后的研究必须考虑各类影响因素,建立标准的 DPPH-分光光度检测法和完善的评价指标。电子顺磁共振法、电化学法和高效液相色谱法检测快速、简单、准确性和精确性高,重复性强,干扰少,适合于抗氧化剂自由基清除效果的精细测定。然而这些方法对 DPPH 自由基的测定还不够成熟,以后须考虑各类抗氧化剂的特性和 DPPH 自由基反应特性等,研究不同测定参数对测定值的影响,建立相应的标准检测方法和评价指标。

### 参考文献

- [1] Li J W, Liu Y F, Fan L P, et al. Antioxidant activities of polysaccharides from the fruiting bodies of *Zizyphus Jujuba cv Jinsixiaozao* [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2011, 84(1):390-394.
- [2] Locatelli M, Gindro R, Travaglia F, et al. Study of the DPPH-scavenging activity: development of a free software for the correct interpretation of data [J]. *Food Chemistry*, 2009, 114(3):889-897.
- [3] Chandrasekar D, Madhusudhana K, Ramakrishna S, et al. Determination of DPPH free radical scavenging activity by reversed-phase HPLC: A sensitive screening method for polyherbal formulations [J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2006, 40(2):460-464.
- [4] Sharma O P, Bha T K. DPPH antioxidant assay revisited [J]. *Food Chemistry*, 2009, 113(4):1202-1205.
- [5] Milardovic S, Ivekovic D, Grabaric B S. A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical [J]. *Bioelectrochemistry*, 2006, 68(2):175-180.
- [6] Wettasinghe M, Shahidi F. Scavenging of reactive-oxygen species and DPPH free radicals by extracts of borage and evening primrose meals [J]. *Food Chemistry*, 2000, 70(1):17-26.
- [7] Scalzo R L. Organic acids influence on DPPH · scavenging by ascorbic acid [J]. *Food chemistry*, 2008, 107(1):40-43.
- [8] Al-Dabbas M M, Al-Ismail K, Kitahara K, et al. The effects of different inorganic salts, buffer systems, and desalting of varthemia crude water extract on DPPH radical scavenging activity [J]. *Food Chemistry*, 2007, 104(2):734-739.
- [9] Chat O A, Najar M H, Mir M A, et al. Effects of surfactant micelles on solubilization and DPPH radical scavenging activity of rutin [J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2011, 355(1):

140-149.

- [10] 滕道祥, 马利华, 秦卫东. 电子顺磁共振技术研究牛蒡多糖清除 DPPH 自由基作用 [J]. *粮油加工*, 2010(8):132-134.
- [11] Zalibera M, Stasško A, šlebodová A, et al. Antioxidant and radical-scavenging activities of Slovak honey - An electron paramagnetic resonance study [J]. *Food Chemistry*, 2008, 110(2):512-521.
- [12] Ruiz M A, Reviejo A J, C Parrado JM, Pingarron. Development of an amperometric enzyme biosensor for the determination of the antioxidant tert-butylhydroxyanisole in a medium of reversed micelles [J]. *Electroanalysis*, 1996, 8(6):529-533.
- [13] Chevion S, Berry E M, Kitrossky N K, et al. Evaluation of plasma low molecular weight antioxidant capacity by cyclic voltammetry [J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 1997, 22(3):411-421.
- [14] Simirgiotis M J, Schmeda-Hirschmann G. Determination of phenolic composition and antioxidant activity in fruits, rhizomes and leaves of the white strawberry (*Fragaria chiloensis* spp. *chiloensis* form *chiloensis*) using HPLC-DAD-ESI-MS and free radical quenching techniques [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2010, 23(6):545-553.
- [15] Yamaguchi T, Takamura H, Matoba T, et al. HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 1998, 62(6):1201-1204.
- [16] Bandoniene D, Murkovic M. On-line HPLC-DPPH screening method for evaluation of radical scavenging phenols extracted from apples (*Malus domestica* L.) [J]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50(9):2482-2487.
- [17] Song H F, Zhang Q B, Zhang Z S, et al. In vitro antioxidant activity of polysaccharides extracted from bryopsis plumose [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2010, 80(4):1057-1061.
- [18] Scherer R, Godoy H T. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method [J]. *Food Chemistry*, 2009, 112(3):654-658.
- [19] Lim Y Y, Lim T T, Tee J J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study [J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(3):1003-1008.
- [20] Deng J, Cheng W Y, Yang G Z. A novel antioxidant activity index (AAU) for natural products using the DPPH assay [J]. *Food Chemistry*, 2011, 125(4):1430-1435.

(上接第 355 页)

- packaged musufus glutens medius supplemented with dietary Vitamine [J]. *Meat Science*, 2000, 55(21):411-433.
- [13] Eikelenboom G, Hovink A H. Effect on dietary Vitamin E supplement on beef color stability [J]. *Meat Science*, 2000, 54(31):17-22.
- [14] 唐丹, 袁英良, 金恩姬, 等. 喷涂维生素 A、维生素 E 对冷藏期间延边黄牛肉色和氧化稳定性的影响 [J]. *食品工业科技*, 2009, 30(4):93-95.
- [15] 王清滨, 陈国良. 食品着色剂及分析方法 [J]. *食品科技*,

2006, 11(3):153-155.

- [16] 潘素君, 李向荣, 谭周进, 等. 茶多酚的抑菌作用研究 [J]. *湖南农业科学*, 2009, 100(11):96-97.
- [17] 王莹. 茶多酚的抗氧化和抑菌活性及其增效剂 [J]. *生物学杂志*, 2007, 24(5):54-56.
- [18] 徐芄, 刘东成. 茶多酚抗氧化和抑菌机制的研究 [J]. *中国医药导报*, 2008, 23(5):21-22.
- [19] 黄宇峰, 赵海, 王忠彦, 等. 护色剂对红曲红色素稳定性的研究 [J]. *食品添加剂*, 2006, 11(4):186-189.