

# 辣椒籽对猪油抗氧化作用研究

## Study on the antioxidation of chilli seed in lard oil

沈文娇<sup>1,2</sup> 何新益<sup>1,2</sup> 冯长禄<sup>3</sup> 刘 斌<sup>3</sup>

SHEN Wen-jiao<sup>1,2</sup> HE Xin-yi<sup>1,2</sup> FENG Chang-lu<sup>3</sup> LIU Bin<sup>3</sup>

(1. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384; 2. 天津市农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384; 3. 天津市鸿禄食品有限公司, 天津 301713)

(1. Department of Food Science and Biotechnology, Tianjin Agriculture University, Tianjin 300384, China;

2. Tianjin Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384, China;

3. Tianjin Hong Lu Food co., LTD, Tianjin 301713, China)

**摘要:**为研究辣椒籽对猪油的抗氧化作用效果,将不同添加量的辣椒籽粒、辣椒籽粉和辣椒籽乙醇提取物分别添加到猪油中并于 $(63\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 放置。通过定期测定猪油的过氧化值,观察其变化规律,并建立回归模型,计算出诱导时间和抗氧化指数,评价辣椒籽的抗氧化能力。结果表明,辣椒籽 3 种添加方式对猪油均具有较强的抗氧化作用。辣椒籽粒添加量为 7%、辣椒籽粉添加量为 11%,辣椒籽乙醇提取物添加浓度为 0.12% 时对猪油的抗氧化效果最强,但各浓度辣椒籽提取物之间的抗氧化效果差距不大,以低浓度乙醇提取物进行抗氧化也可达到抗氧化效果,可见,辣椒籽具有抗氧化作用。

**关键词:**辣椒籽;猪油;抗氧化指数;抗氧化能力

**Abstract:** The antioxidation of chilli seed was investigated in this study. The unmilled and milled chilli seeds, and the ethanol extracts from them, with different concentration were added into lard oil, respectively, and put at  $(63\pm 2)^{\circ}\text{C}$ . The POV value of the lard oil under different period was determined. The regression model between POV and storage time was established, and the induction time and oxidation protection factor were also calculated to evaluate antioxidant capacity of chilli seed. The results showed that the three kinds of chilli seed added in lard had antioxidant capacity. Best antioxidant effect was showed when unmilled added in 7%, milled chilli seed added in 11%, extract concentration for 0.12%. Moreover, no significant difference was found among the extracts with different concentrations, and a low concentration extract showed an achieve antioxidant effect. Therefore, a good antioxidant capacity was con-

firmed in chilli seeds.

**Keywords:** chilli seed; lard oil; oxidation protection factor; antioxidant capacity

油脂氧化酸败是在加工和储藏过程中极易发生的情况,氧化过程中产生低分子量的羰基化合物醛、酮、酸等,从而影响油脂的品质,这是内外因素共同作用的结果。而抗氧化剂可通过延长氧化诱导期、降低氧化速率来实现油脂的抗氧化<sup>[1]</sup>。食品加工中最普遍使用的油脂类抗氧化剂是丁基羟基茴香醚(BHA)、二丁基羟基甲苯(BHT)、没食子酸丙酯(PG)和叔丁基对苯二酚(TBHQ)等化工合成的酚类抗氧化剂<sup>[2-3]</sup>。虽然这类抗氧化剂允许使用于食品已有半个多世纪<sup>[4]</sup>,但其安全性越来越受关注。

天然食物中存在的必需脂肪酸、某些植物酶、类黄酮化合物、维生素、特别是多酚类化合物都是天然抗氧化有效成分<sup>[4]</sup>。近年来,国内外对香辛料包括生姜、八角、茴香、迷迭香等的抗氧化能力进行了研究,取得了诸多成果。翟柱成等<sup>[5]</sup>研究发现,迷迭香提取物、抗坏血酸、没食子酸、茶多酚等 7 种天然抗氧化剂对葵花籽油均具有抗氧化作用,其中迷迭香提取物对葵花籽油的抗氧化效果最佳,对没食子酸和迷迭香提取物进行复配最佳质量比为 4:1,最佳添加量为 0.02%。谢思宇等<sup>[6]</sup>对生姜精油的提取工艺及其抗氧化性进行研究,得到宁德红芽姜和黄芽姜均具有抗氧化作用并且黄芽姜精油抗氧化能力大于红芽姜。王硕等<sup>[7]</sup>研究发现八角茴香总黄酮对羟自由基和超氧自由基的清除率随着浓度的上升逐渐增加,表明其具有一定抗氧化活性,但效果仍不及  $V_C$ 。

辣椒原产于南美洲和中美洲,现种植遍布全球<sup>[8]</sup>,主要由辣椒果肉和辣椒籽组成,其产品价值往往集中于果肉,而占干红辣椒全果质量的 15%~30% 的辣椒籽往往被忽略。辣椒籽营养丰富,约有 20% 的油脂和人体必需脂肪酸,还有

**基金项目:**天津市农业科技合作项目(编号:201410061027)

**作者简介:**沈文娇,女,天津农学院在读硕士研究生。

**通信作者:**何新益(1974—),男,天津农学院教授,博士。

E-mail: hedevid@163.com

**收稿日期:**2016-09-14

磷脂、聚合脂色素、固醇和脂溶性维生素、辣椒素等<sup>[9]</sup>。中国对辣椒籽的研究主要涉及品质评价、脂肪酸组成等<sup>[10]</sup>，而关于辣椒籽提取物的抗氧化性及其在食品中应用的文献报道较少。本研究拟采用 Schaal 烘箱法<sup>[11]</sup>，得到过氧化值变化回归模型，通过计算诱导时间及抗氧化指数来评价辣椒籽在猪油中的抗氧化活性。该研究为辣椒籽及其提取物作为天然抗氧化剂在食品中应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

辣椒籽：河南新一代朝天椒辣椒籽，市售；  
猪板油：市售；  
硫酸铜、硫酸钾、硼酸、碳酸钠、碘化钾、硫代硫酸钠等试剂：分析纯，天津市科威有限公司；  
无水乙醇、三氯甲烷、冰乙酸、可溶性淀粉：分析纯，天津市光复科技发展有限公司。  
1.2 仪器与设备  
电热恒温鼓风干燥箱：DH-101-0 BS 型，天津中环实验电炉有限公司；  
电子天平：FA2204B 型，上海佑科仪器仪表有限公司；  
旋转蒸发器：RE-2000 型，上海亚荣生化仪器厂；  
电热恒温培养箱：BPX-82 型，上海博迅实业有限公司医疗设备厂；  
凯氏定氮仪：VelpUDK-1 59 型，北京盈盛恒泰科技有限责任公司；  
电热恒温水浴锅：HWS24 型，上海一恒科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 辣椒籽营养成分的测定

(1) 水分含量：按 GB/T 5009.3—2003 执行。  
(2) 总灰分含量：按 GB/T 5009.4—2003 执行。  
(3) 脂肪含量：按 GB/T 5009.6—2003 第一法(索氏提取法)执行。  
(4) 蛋白质含量：按 GB/T 5009.5—2003 第一法(凯氏定氮法)执行。  
(5) 粗纤维：按 GB/T 5009.10—2003 执行。  
(6) 辣椒碱含量：磷钨酸—磷钼酸显色法<sup>[12]</sup>。

1.3.2 猪油的制备 将市售新鲜猪肥膘，去皮洗净，切制 1.5 cm×1.5 cm 小块，热锅加入约 50 mL 水(以 2.0~2.5 kg 肥膘计)，放入肥膘，开火加热至 220 ℃，保持 2~3 min，然后转 90~120 ℃小火慢慢熬制，保持约 45 min，熬油期间间歇翻炒，具体时间依肥膘质量及大小可适当调整，当肉丁缩小至原体积 1/3，且猪油呈微黄色即可捞出油渣，成品盛装备用。

1.3.3 辣椒籽粒添加试验 准确称取辣椒籽 3.0, 5.0, 7.0, 9.0, 12.0 g 于玻璃瓶中，分别加入 100 g 新熬制猪油，搅拌混合溶解，配制成 3%，5%，7%，8%，11% 的油样，另取 0.02 g BHA 添加新熬制猪油制成 0.02% 的抗氧化剂油样，同时以未盛装辣椒籽的猪油为空白对照。

1.3.4 辣椒籽粉添加试验 辣椒籽粒粉碎，过 20 目筛，得辣椒籽粉。准确称取辣椒籽粉 3.0, 5.0, 7.0, 9.0, 12.0 g 于玻璃

瓶中，分别加入 100 g 新熬制猪油，搅拌混合溶解，配制成 3%，5%，7%，8%，11% 的油样，另取 0.02 g BHA 添加新熬制猪油制成 0.02% 的抗氧化剂油样，同时以未盛装辣椒籽粉的猪油为空白对照。

1.3.5 辣椒籽乙醇提取物的制备 称取一定量辣椒籽粉，以无水乙醇为溶剂在 80 ℃下回流 6 h。提取液混合物经旋转蒸发去除溶剂，于 45 ℃干燥至恒重，得到辣椒籽乙醇粗提取物，提取物为流体的。

1.3.6 辣椒籽乙醇提取物 添加试验精确称取辣椒籽乙醇提取物 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12 g 于玻璃瓶中，分别加入 100 g 新熬制猪油，制成 0.02%，0.04%，0.06%，0.08%，0.10%，0.12% 的提取物油样。另取 0.02 g BHA 添加新熬制猪油制成 0.02% 的抗氧化剂油样，同时制备空白对照。

1.3.7 油脂抗氧化能力测定

(1) 将所制备油样全部置于(63±2) ℃的恒温培养箱中强化保存，敞盖放置，每隔 2~5 d 充分搅拌一次，并随机交换其在培养箱中的位置，定期取样，测定各油样的过氧化值(peroxide value, POV)观测油脂氧化程度<sup>[13]</sup>。过氧化值达到卫生标准规定的最低值 0.2 g/100 g 时为诱导终点，此时所经历的时间为诱导时间，进而评价辣椒籽原粒、辣椒籽粉末及辣椒籽乙醇提取物对猪油的抗氧化作用。

(2) 抗氧化系数(oxidation protection factor, PF)：是用来判断抗氧化性能强弱的指数，表示了物质的抗氧化性能。PF 计算公式见式(1)。PF 值越大，表示抗氧化活性越好。PF<1，表明该添加物有催化氧化活性；PF=1，表明该添加物既无抗氧化活性也无催化氧化活性；1<PF<2，表明该添加物有抗氧化活性；2<PF<3，表明该添加物有明显的抗氧化活性；PF>3，表明该添加物具有较强的抗氧化活性<sup>[14]</sup>。

$$PF = \frac{IP_{Antiox}}{IP_{Contr}}$$

式中：  
PF——抗氧化系数；  
IP<sub>Antiox</sub>——添加了添加物或抗氧化剂的氧化诱导期；  
IP<sub>Contr</sub>——未加添加物的氧化诱导期。

1.3.8 过氧化值的测定 脂肪氧化的初级产物是氢过氧化物，可通过测定脂肪中氢过氧化物的量来评价脂肪的氧程度<sup>[15-16]</sup>。参照 GB 5009.37—2003 进行测定，以此衡量油脂的氧化程度。

1.4 数据处理

数据趋势图采用 Excel 2010 制作，数据统计采用 SPSS 17.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 辣椒籽的营养成分分析

辣椒籽的营养成分分析结果显示：试验所用辣椒籽原料主要成分为：粗脂肪 18.55%，粗蛋白 2.60%，水分 8.34%，灰分 4.77%，粗纤维 21.55%，辣椒素为 0.33%。可看出粗脂肪含量相对较多，与大豆中粗脂肪相当(李杨等<sup>[17]</sup>测定大豆粗脂肪约为 17.5%)。

2.2 辣椒籽粒对猪油的抗氧化效果

由图 1 可知,辣椒籽粒以不同添加量添加于猪油中,对猪油均具有一定抗氧化作用,且各添加量随着保存时间的延长,过氧化值呈现上升趋势,且呈现显著的线性相关关系( $P<0.05$ )。与对照组猪油相比,各添加量组猪油的过氧化值明显较低且爬升缓慢。

随着放置时间延长,辣椒籽粒添加量 0%,3% 两组猪油试样的过氧化值开始快速上升,且在第 4 天之后,对照组猪油过氧化值远高于其他组。在 10 d 后,各添加量猪油的过氧化值依次为 0% > 3% > 5% > 7% > 8% > 11% > 0.02% BHA。该结果表明随着辣椒籽粒添加量的增加,抗氧化效果越强。其抗氧化机理可能是未经机械粉碎的辣椒籽保留了其大部分活性物质,并且在新熬制热油的作用下部分释放,进而表现出明显的抗氧化作用。

对图 1 数据进行线性回归,得到不同添加量辣椒籽的回归方程及相关系数,结果见表 1。

由表 1 可知,回归方程拟合较好,且经  $F$  值检验,方程均达到极显著( $P<0.01$ ),曲线所代表的回归关系真实可信,可以进行诱导时间和 PF 值的计算,结果见表 2。

由表 2 可知,辣椒籽添加量为 3%~11% 的猪油 PF 值均大于 1,说明各添加量辣椒籽对猪油均有抗氧化作用,且 PF 值大小依次为 0.02% BHA > 11% > 8% > 7% > 5% > 3% > 0%,可见,随着添加量增加,抗氧化能力逐渐增强,且线性相关关系成立。各添加量中,11% 的抗氧化指数最大,说明辣椒籽添加量为 11% 时,对猪油的抗氧化效果最好。但辣椒籽添加量为 7%,8% 时的抗氧化指数和 11% 相差很小,

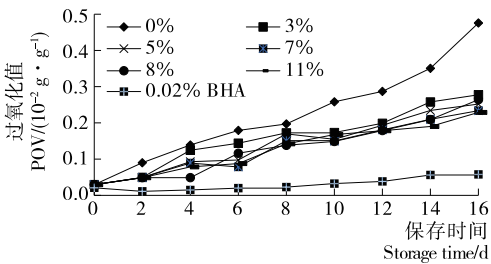


图 1 辣椒籽粒对猪油过氧化值的影响

Figure 1 Effect of unmilled chilli seeds on lard oil POV

表 1 不同添加量辣椒籽的回归方程<sup>†</sup>

Table 1 The regression equation of unmilled chilli seeds in different supplementation

| 添加量/%     | 回归方程                 | $R^2$ | P     |
|-----------|----------------------|-------|-------|
| 0         | $\ln C=0.142t-2.873$ | 0.932 | 0.000 |
| 3         | $\ln C=0.125t-3.038$ | 0.912 | 0.001 |
| 5         | $\ln C=0.127t-3.165$ | 0.948 | 0.000 |
| 7         | $\ln C=0.122t-3.204$ | 0.953 | 0.000 |
| 8         | $\ln C=0.133t-3.312$ | 0.962 | 0.000 |
| 11        | $\ln C=0.122t-3.209$ | 0.957 | 0.000 |
| 0.02(BHA) | $\ln C=0.079t-4.284$ | 0.980 | 0.000 |

<sup>†</sup> C 表示贮存  $t$  d 的过氧化值,  $g/100\text{ g}$ ;  $t$  表示贮存时间, d。

表 2 不同添加量辣椒籽在猪油中的诱导时间及 PF 值

Table 2 Induction period and PF of different supplementation unmilled chilli seeds in lard

| 添加量/%     | 诱导时间/d | PF   |
|-----------|--------|------|
| 0         | 9.00   | 1.00 |
| 3         | 11.42  | 1.26 |
| 5         | 12.24  | 1.36 |
| 7         | 13.07  | 1.45 |
| 8         | 12.80  | 1.42 |
| 11        | 13.11  | 1.46 |
| 0.02(BHA) | 33.85  | 3.76 |

故综合考虑可选择 7% 为最优添加量。

辣椒籽的抗氧化作用无法达到 BHA 水平,其原因可能与辣椒籽的粒度较大及活性物质释放量不足有关,且细胞未破裂,辣椒籽中活性物质无法与油脂相融合。

2.3 辣椒籽粉对猪油的抗氧化效果

图 2 中各添加量辣椒籽粉对猪油均具有一定的抗氧化作用,添加辣椒籽粉的猪油在  $(63\pm 2)^\circ\text{C}$  下放置,在 0~17 d,所有猪油样品的过氧化值均呈现上升趋势,且各添加量猪油过氧化值基本呈线性相关关系。

其中,可明显看出 3 d 后,对照猪油的过氧化值快速增大,上升幅度也明显高于其他添加量猪油的过氧化值,而在 0~3 d,各添加量辣椒籽粉的过氧化值与 0.02% BHA 的作用相当。7 d 后,各添加量的辣椒籽均呈现爬升趋势,其中添加量为 3% 和 5% 猪油的过氧化值的上升速率大于 7% 和 8%,向对照组猪油靠拢。另外,可明显看出添加量为 11% 时,其抗氧化效果最接近 0.02% BHA。

对图 2 数据进行线性回归,得到不同添加量辣椒籽粉的回归方程,结果见表 3。

由表 3 可知,回归方程拟合较好,且经  $F$  值检验,方程均达到极显著( $P<0.01$ ),所代表的回归关系真实可信,可以进行诱导时间和 PF 值的计算,结果见表 4。

表 4 结果显示,添加量为 3%~11% 的辣椒籽粉对猪油均具有抗氧化活性。当添加量为 11% 时,  $2<PF<3$ , 表现出了明显的抗氧化作用,接近 0.02% BHA 的抗氧化效果。故辣椒籽粉的最佳添加量为 11%,抗氧化效果明显可能是经机械粉碎的辣椒籽在外加机械的作用下,细胞被破坏,促进了细胞内与细胞间的生理活性物质的快速溶出,并且粉碎使辣

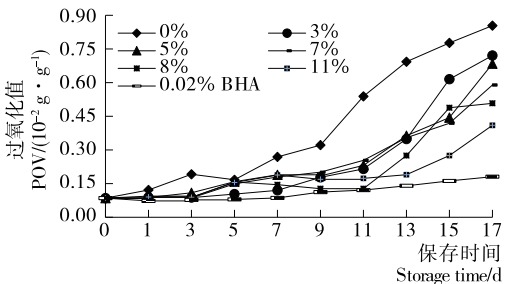


图 2 辣椒籽粉对猪油过氧化值的影响

Figure 2 Effect of milled chili seeds on lard oil POV

表 3 不同添加量辣椒籽粉的回归方程<sup>†</sup>

Table 3 The regression equation of milled chilli seeds in different supplementation

| 添加量/%     | 回归方程                      | <i>R</i> <sup>2</sup> | P     |
|-----------|---------------------------|-----------------------|-------|
| 0         | lnC=0.136 <i>t</i> −2.286 | 0.982                 | 0.000 |
| 3         | lnC=0.132 <i>t</i> −2.755 | 0.962                 | 0.000 |
| 5         | lnC=0.116 <i>t</i> −2.537 | 0.984                 | 0.000 |
| 7         | lnC=0.116 <i>t</i> −2.573 | 0.989                 | 0.000 |
| 8         | lnC=0.102 <i>t</i> −2.606 | 0.901                 | 0.000 |
| 11        | lnC=0.081 <i>t</i> −2.472 | 0.941                 | 0.000 |
| 0.02(BHA) | lnC=0.056 <i>t</i> −2.686 | 0.973                 | 0.000 |

† C 表示贮存 *t* d 的过氧化值,g/100 g;*t* 表示贮存时间,d。

表 4 不同添加量辣椒籽粉在猪油中的诱导时间及 PF 值

Table 4 Induction period and PF of different supplementationmilled chilli seeds in lard

| 添加量/%     | 诱导时间/d | PF   |
|-----------|--------|------|
| 0         | 5.01   | 1.00 |
| 3         | 8.67   | 1.73 |
| 5         | 8.00   | 1.60 |
| 7         | 8.31   | 1.66 |
| 8         | 9.77   | 1.95 |
| 11        | 10.69  | 2.14 |
| 0.02(BHA) | 19.23  | 3.84 |

椒籽粒径变小,有效增大了提取溶剂接触面积,从而使辣椒籽中活性物质的释放速度和释放量增加<sup>[18]</sup>。

2.4 辣椒籽乙醇提取物对猪油的抗氧化效果

由图 3 可知,各浓度辣椒籽乙醇提取物对猪油均有抗氧化作用。3~11 d,各浓度的猪油均缓慢增长,但可以看出 0.02%~0.12% 6 组间的差距并不大,且趋势线相对紧密,说明此时各浓度之间过氧化值相差程度较小。从第 7 天开始,对照组过氧化值呈现快速增长趋势且明显大于其他组。另外,0~3 d,0.02%的辣椒籽提取物的抗氧化效果与 BHA 相当,所以从经济角度考虑,可以选择较低浓度添加。结果与刘彩丽等<sup>[19]</sup>所研究辣椒籽甲醇提取物的结果相符,辣椒籽乙醇提取物的效果略差于甲醇提取物,但也表现出明显的抗氧化性且安全性更高。

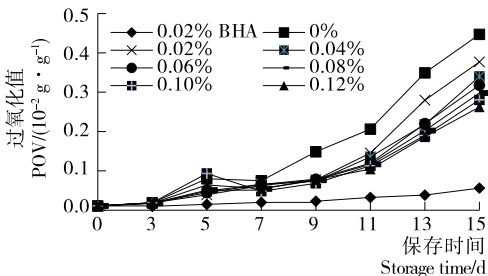


图 3 辣椒籽提取物对猪油过氧化值的影响

Figure 3 Effect of the extracts from chilli seeds on lard oil POV

对图 3 进行线性回归,得到不同浓度辣椒籽乙醇提取物对猪油抗氧化能力的线性回归方程,结果见表 5。

表 5 不同浓度辣椒籽提取物的回归方程<sup>†</sup>

Table 5 The regression equation of milled chilli seeds ethanol extracts in different concentration

| 浓度/%      | 回归方程                      | <i>R</i> <sup>2</sup> | P     |
|-----------|---------------------------|-----------------------|-------|
| 0.00      | lnC=0.253 <i>t</i> −4.364 | 0.977                 | 0.000 |
| 0.02      | lnC=0.243 <i>t</i> −4.574 | 0.995                 | 0.000 |
| 0.04      | lnC=0.229 <i>t</i> −4.496 | 0.988                 | 0.000 |
| 0.06      | lnC=0.224 <i>t</i> −4.474 | 0.992                 | 0.000 |
| 0.08      | lnC=0.219 <i>t</i> −4.468 | 0.988                 | 0.000 |
| 0.10      | lnC=0.203 <i>t</i> −4.307 | 0.937                 | 0.001 |
| 0.12      | lnC=0.205 <i>t</i> −4.371 | 0.971                 | 0.000 |
| 0.02(BHA) | lnC=0.082 <i>t</i> −4.536 | 0.982                 | 0.000 |

† C 表示贮存 *t* d 的过氧化值,g/100 g;*t* 表示贮存时间,d。

由表 5 可知,回归方程拟合较好,且经 *F* 值检验,方程均达到极显著(*P*<0.01),其所代表的回归关系真实可信,可以进行诱导时间和 PF 值的计算,结果见表 6。

表 6 不同浓度辣椒籽乙醇提取物在猪油中的诱导时间及 PF 值

Table 6 Induction period and PF of different concentration-milled chilli seeds extracts in lard

| 浓度/%      | 诱导时间/d | PF   |
|-----------|--------|------|
| 0.00      | 10.88  | 1.00 |
| 0.02      | 12.20  | 1.12 |
| 0.04      | 12.61  | 1.15 |
| 0.06      | 12.80  | 1.17 |
| 0.08      | 13.10  | 1.20 |
| 0.10      | 13.29  | 1.22 |
| 0.12      | 13.47  | 1.23 |
| 0.02(BHA) | 35.69  | 3.28 |

由表 6 可知,0.02%~0.12%的辣椒籽乙醇提取物对猪油的 PF 值均大于 1,说明各浓度提取物对猪油均具有抗氧化活性。且 PF 值大小随着浓度的增高而增大,呈正效应关系。

与添加 0.02%BHA 的猪油相比,添加 0.12%提取物猪油的抗氧化系数基本达 BHA 的 50%。经分析,提取物未达到 BHA 的同等效果,可能是辣椒籽的含油量较高,在一定程度上影响了抗氧化物质的提取,刘彩丽等<sup>[18]</sup>研究表明脱脂甲醇提取物的抗氧化效果强于未脱脂。另外,辣椒籽中含酚酸及黄酮类等化合物具有抗氧化活性的物质,这些活性成分的释放与其在溶剂中的溶解度相关<sup>[20]</sup>。酚类物质和黄酮类化合物易溶于乙醇,故辣椒籽乙醇提取物具有明显的抗氧化作用。

3 结论

辣椒籽粒、辣椒籽粉、辣椒籽乙醇提取物对猪油均有抗氧化作用。辣椒籽粒添加量为 7%、辣椒籽粉添加量为

11%、辣椒籽乙醇提取物浓度为 0.12%时抗氧化效果最好,PF 值分别达到 1.45,2.14,1.23。但由于各浓度辣椒籽提取物之间的抗氧化效果差距不大,从抗氧化系数角度,以 0.02%浓度乙醇提取物的抗氧化效果接近 0.02% BHA 的 30%。从添加方式来看,直接添加辣椒籽或辣椒籽粉能够达到抗氧化目的,且辣椒籽粉的添加效果要明显强于辣椒籽粒,可见,辣椒籽中的活性物质的释放会随着粒度的减小而增加。但在生产上,辣椒籽或辣椒籽粉的去除较为困难,且用量较大,造成浪费,相比之下添加低浓度提取物的方式最为可取。

虽然与人工抗氧化剂 BHA 相比较仍具有一定差距,但辣椒籽成本低廉,对食品具有增香作用,天然安全性,足具开发潜力。本研究结果可为辣椒籽的进一步开发与研究提供理论依据。

参考文献

[1] 王庆波. 谷糠油的提取与氧化机理研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2014: 5.

[2] 王伯帅, 王宝维. 天然抗氧化剂在油脂中的应用研究进展[J]. 肉类工业, 2010(10): 54-56.

[3] 张继红, 周兴旺, 杨代明, 等. 油脂及油炸食品中四种抗氧化剂的同时测定[J]. 食品与机械, 2010, 26(3): 79-81.

[4] 杨崇武. 植物源性天然抗氧化物质对食物抗氧化保护研究进展[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(17): 7 676-7 678.

[5] 翟柱成, 吴克刚, 柴向华, 等. 天然抗氧化剂对葵花籽油抗氧化作用的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(3): 148-150.

[6] 谢思宇, 薛余兴, 陈丽贤, 等. 宁德本地生姜精油提取工艺及其抗氧化性研究[J]. 宁德师范学院学报: 自然科学版, 2015, 27

(4): 395-397.

[7] 王硕, 司建志, 龚小妹, 等. 八角茴香总黄酮抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(23): 75-78.

[8] 王知松, 李达, 丁筑红, 等. 贵州主要品种辣椒籽营养成分分析[J]. 中国调味品, 2010, 35(5): 93-96.

[9] 李达, 王知松, 丁筑红, 等. 辣椒籽品质分析及黄酮提取工艺研究[J]. 中国调味品, 2010, 35(4): 49-51.

[10] 韩文杰, 张俊强, 袁新英, 等. 辣椒籽油的抗氧化性和生产方法的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(4): 149-152.

[11] 李加兴, 孙金玉, 陈双平, 等. 猕猴桃籽油的抗氧化稳定性研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(4): 88-93.

[12] 俞灵芳, 沈勇根, 上官新晨, 等. 超声波辅助提取辣椒碱的工艺研究[J]. 中国食品学报, 2015, 15(1): 158-163.

[13] 董新荣, 刘宇光, 李本祥. 芝麻酚对茶油抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(7): 19-21.

[14] 樊亚苏. 四种含笑提取物抗氧化作用研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007: 30-31.

[15] 李莉, 田士林. 苹果多酚抗氧化性的测定[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(21): 5 659-5 717.

[16] 郭娇娇, 方敏, 林利美, 等. 苹果多酚的提取及抗氧化活性的研究[J]. 食品科学, 2011, 32(20): 95-98.

[17] 李杨, 张雅娜, 王欢, 等. 水酶法提取大豆油与其他不同品种大豆油品质差异研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(6): 46-51.

[18] 蔡亭. 苦荞加工方式对其多酚类活性成分的影响研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015: 6-7.

[19] 刘彩丽, 马雪平, 王瑞霞, 等. 辣椒籽甲醇提取物的抗氧化性能的研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(3): 277-279.

[20] 丁筑红, 张汝练, 蒋航. 辣椒籽提取物对菜籽油的抗氧化作用[J]. 食品科技, 2004(9): 56-58.

(上接第 165 页)

[14] 马养民, 王改利, 杨秀芳. 植物黑色素的研究进展[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(8): 189-194.

[15] 马爱民, 李琦, 蒋志武, 等. 一种从银耳栽培废料中提取黑色素的方法: 中国, 102229754 A[P]. 2011-11-02.

[16] 张吉祥, 白晓杰, 周秋香. 正交试验法对黑米黑色素的微波提取工艺研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(3): 86-89.

[17] 马萍, 郭希娟, 郭增旺.黑米黑色素微波辅助提取工艺优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(5): 229-231.

[18] 陶浚, 乔李娜, 童晶晶, 等. 蚂蚁黑色素的提取、纯化及抗氧化活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2012(24): 873-876, 915.

[19] 李琦, 侯丽华, 刘鑫, 等. 黑木耳黑色素鉴定及提取工艺优化[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 87-92.

[20] 吴尧, 马爱民, 吕国涵, 等. 香灰菌黑色素的分离及抗氧化活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2007(19): 470-473.

[21] 袁丽, 高瑞昌, 薛长湖等.超声波对鲑鱼墨黑色素成分和物理结构的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 12(增2): 376-380.

[22] 邹宇, 尹冬梅, 江洁, 等. 黑木耳黑色素组分分析及其抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 138-141.

[23] 卫强, 纪小影, 龙先顺, 等. 滁菊叶化学成分及其体外抗氧化活性研究[J]. 中药材, 2015, 38(2): 305-310.

[24] LI Xi-can. Improved Pyrogallol Autoxidation Method: A reliable and cheap superoxide scavenging assay suitable for all antioxidants[J]. J. of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(25): 6 418-6 424.

[25] KUMAR C G, MONGOLLA P, POMBALA S, et al. Physico-chemical characterization and antioxidant activity of melanin from a novel strain of Aspergillus bridgeri ICTF-201[J]. Lett Appl Microbiol, 2011, 53(3): 350-358.

[26] 陈松, 韦万兴, 刘志平, 等. 从藜豆中提取天然黑色素的工艺研究[J]. 应用化工, 2011, 40(11): 1 915-1 917.

[27] MANIVASAGAN P, VENKATESAN J, SENTHILKUMAR K, et al. Isolation and characterization of biologically active melanin from Actinoalloterichus sp. MA-32 [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013(58): 263-274.

[28] 袁丽, 高瑞昌, 郭雪霞, 等. 几种物理处理法对鲑鱼墨黑色素理化特性的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 36-38.

[29] 吴晨霞, 陈萍, 金晖, 等. 木耳黑色素的提取及其抗氧化研究[J]. 食用菌, 2013, 35(4): 73-75.

[30] 郑淑英. 乌饭树叶黑色素抗氧化性及其着色能力初步研究[J]. 宁德师范学院学报: 自然科学版, 2016, 28(2): 169-173.

[31] 邹宇, 尹冬梅, 江洁, 等. 黑木耳黑色素组分分析及其抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 138-141.