

在 5 种食用油中野菊花挥发油的抗氧化能力研究

房海灵, 郭巧生^①, 申海进

(南京农业大学中药材研究所, 江苏 南京 210095)

摘要: 采用水蒸气蒸馏法提取野菊 [*Dendranthema indicum* (L.) Des Moul.] 干燥头状花序的挥发油, 以常用抗氧化剂二丁基羟基甲苯 (BHT) 为对照, 并以油脂的过氧化值 (POV) 为指标, 对野菊花挥发油在猪油、花生油、葵花籽油、玉米油和 大豆油中的抗氧化能力进行了比较分析。结果表明, 在供试的 5 种食用油中, 各处理组 (50.0 g 食用油中野菊花挥发油添加量分别为 0.005、0.025、0.050、0.075 和 0.100 g) 的 POV 值均随贮藏时间 (猪油和大豆油为 28 d, 花生油、葵花籽油和玉米油为 35 d) 的延长逐渐增大; 随挥发油添加量的增加, 5 种食用油的 POV 值总体上呈逐渐减小的趋势。在 28 d 的贮藏期内, 仅添加了 0.075~0.100 g 挥发油的玉米油和大豆油的 POV 值极显著低于对照 (0.010 g BHT) 和空白; 在贮藏的前中期, 仅添加了 0.075~0.100 g 挥发油的花生油和葵花籽油的 POV 值极显著低于对照和空白, 但在贮藏的中后期花生油和葵花籽油各处理组的 POV 值则极显著高于对照; 添加了挥发油的猪油在 28 d 的贮藏期内其 POV 值基本上极显著高于对照但低于空白。说明在玉米油和大豆油中添加适量的野菊花挥发油具有较强抗氧化能力, 且抗氧化效果总体上高于 BHT; 而添加适量的野菊花挥发油也能在一定程度上延缓花生油和葵花籽油的氧化过程, 但抗氧化效果低于 BHT; 而添加适量的野菊花挥发油仅能部分缓解猪油的氧化过程, 其抗氧化效果明显低于 BHT。研究结果显示, 在不同的食用油中野菊花挥发油均有一定的抗氧化作用, 但其抗氧化能力有一定的差异, 这种差异与食用油种类、野菊花挥发油的添加量及食用油的贮藏时间均有一定的关系。

关键词: 野菊花; 挥发油; 抗氧化能力; 食用油

中图分类号: TS202.3; TS225 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)02-0054-06

Study on antioxidation ability of essential oil from *Dendranthema indicum* dry flower in five edible oils FANG Hai-ling, GUO Qiao-sheng^①, SHEN Hai-jin (Institute of Chinese Medicinal Materials, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2010, 19(2): 54-59

Abstract: The essential oil was extracted from dry flower of *Dendranthema indicum* (L.) Des Moul. by steam distillation method. Using dibutyl hydroxy toluene (BHT) as the control, the antioxidation ability of essential oil in lard, peanut oil, sunflower oil, corn oil and soybean oil was studied by mean of peroxide value (POV) as index. The results show that in five edible oils, the POV of different treatment groups added 0.005, 0.025, 0.050, 0.075 and 0.100 g essential oil in 50.0 g edible oils increases gradually with prolonging of storage time (28 d of lard and soybean oil, 35 d of peanut oil, sunflower oil and corn oil). And generally, the POV of five edible oils appears the trend of gradually decreasing with increasing of addition amount of essential oil. In 28 d storage time, only the POV of corn oil and soybean oil with an adding of 0.075-0.100 g essential oil is very obviously lower than that of the control (0.010 g BHT) and the blank. During the early and mid storage stage, only the POV of peanut oil and sunflower oil with an adding of 0.075-0.100 g essential oil is very obviously lower than that of the control and the blank, but during the mid and late storage stage very obviously higher than that of the control. The POV of lard added essential oil generally is very obviously higher than that of the control but very obviously lower than that of the blank in 28 d storage time. It is revealed that the corn oil and soybean oil with an adding of suitable amount of essential oil have a stronger antioxidation ability which is

收稿日期: 2009-09-21

基金项目: 国家科技基础条件平台项目 (2005DKA21000)

作者简介: 房海灵 (1983—), 女, 山西晋中人, 博士研究生, 主要从事药用植物资源开发与利用研究。

^①通信作者 E-mail: gqs@njau.edu.cn

generally higher than that of BHT. Also in a certain extent, the peanut oil and sunflower oil with an adding of suitable amount of essential oil may delay the oxidation, but their antioxidation effect is lower than that of BHT. While the lard with an adding of suitable amount of essential oil only partly relieves the oxidation, and its antioxidation effect is obviously lower than that of BHT. It is concluded that the essential oil from *D. indicum* dry flower has an antioxidation ability in different edible oils, but its antioxidation ability has some differences which relate to the type and storage time of edible oils and the addition amount of essential oil.

Key words: dry flower of *Dendranthema indicum* (L.) Des Moul.; essential oil; antioxidation ability; edible oil

由于含有不饱和脂肪酸,食用油、油炸和含油食品在储存过程中易发生氧化和分解反应,导致其中的维生素和必需脂肪酸等成分遭到破坏,不但影响食品的风味,而且还降低了食用价值,甚至引起食物中毒,严重危害人体健康。为了延缓或抑制氧化反应的发生,常需在食用油或含油食品中加入一定量的抗氧化剂,目前常用的食品抗氧化剂有丁基羟基茴香醚(BHA)和二丁基羟基甲苯(BHT)等合成抗氧化剂,但一些合成抗氧化剂在大量使用时对人体具有一定的副作用,如BHT可引起动物肝脏扩大、BHA对白鼠有致癌作用等,目前已被限制或暂停使用^[1]。近年来,对天然抗氧化剂的研发已经成为食品添加剂领域的研究热点,并已相继开发出多种天然抗氧化剂,如:大蒜(*Allium sativum* L.)中的大蒜精油^[2]、茶[*Camellia sinensis* (L.) O. Ktze.]叶中的茶多酚^[3]、迷迭香(*Rosmarinus officinalis* L.)花和叶中的迷迭香酚^[4]等。

野菊花为菊科(Compositae)多年生草本植物野菊(*Dendranthema indicum* (L.) Des Moul.)的干燥头状花序,具有疏风清热和消肿解毒的功效,主治风热感冒、高血压及肺炎等症。现代药理实验表明,野菊花还具有降血压、抗病原微生物和抗氧化的功效^[5]。目前,关于野菊花抗氧化活性的研究主要集中在野菊花多糖提取物、水提液及黄酮类化合物等方面^[6-8]。挥发油是植物中一类重要的化学成分,对植物挥发油的抗氧化活性已有研究报道^[9-10]。野菊花也含有一定量的挥发油,但有关野菊花挥发油抗氧化活性的研究报道尚不多见^[11]。

作者利用水蒸气蒸馏法提取野菊花挥发油,并研究了在猪油、花生油、葵花籽油、玉米油和大豆油等5种食用油中野菊花挥发油的抗氧化性能,以期为野菊花挥发油作为食品天然抗氧化剂的开发利用提供一定的科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试野菊花于2007年11月采自江苏省南京市汤山镇,经南京农业大学郭巧生教授鉴定。采集野菊的新鲜头状花序,于105℃杀青3min后置于45℃烘干,备用。

供试猪油为市售板油加水熬制,花生油(鲁花牌一级压榨花生油)、葵花籽油(鲁花牌浓香葵花仁油)、玉米油(福临门牌非转基因压榨玉米油)和大豆油(福临门牌一级大豆油)均为市售商品;二丁基羟基甲苯(BHT)为食品级,纯度99.8%,由上海化学试剂站分装厂出品;其他试剂均为分析纯级。

1.2 方法

1.2.1 野菊花挥发油的提取及供试液配制 称取200g干燥野菊花置于5000mL圆底烧瓶中,加入适量水,按照文献[12]的方法提取挥发油,回流提取5h后得到野菊花挥发油。

精确称取野菊花挥发油2.0g,溶于100mL无水乙醇中,得到质量浓度为20g·L⁻¹的野菊花挥发油乙醇溶液。

1.2.2 野菊花挥发油抗氧化性能分析 采用相同方法分别测定野菊花挥发油在猪油、花生油、葵花籽油、玉米油和大豆油中的抗氧化性能。具体方法如下:取7只100mL锥形瓶,各加入50.0g食用油,在1~5号锥形瓶中分别加入0.25、1.25、2.50、3.75和5.00mL野菊花挥发油乙醇溶液,使食用油中野菊花挥发油的添加量分别为0.005、0.025、0.050、0.075和0.100g;在6号锥形瓶中加入一定量的BHT乙醇溶液,使食用油中BHT添加量为0.010g,作为对照(CK);7号锥形瓶为空白。摇匀后,置于(45±1)℃恒温培养箱中暗培养,其中猪油和大豆油培养28d,

花生油、葵花籽油和玉米油培养 35 d。实验起始时即测定过氧化值(POV),以后每 7 天测定 1 次 POV 值,每个样品平行测定 3 次。参照 GB/T 5538—2005(碘量法)的方法测定 POV 值。

1.3 数据统计

采用 SPSS 16.0 软件进行数据统计和分析,并采用邓肯氏新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果和分析

2.1 猪油中野菊花挥发油抗氧化性能分析

在 28 d 的贮藏期间野菊花挥发油添加量不同的猪油 POV 值的变化见表 1。由表 1 可见,在 28 d 的实验期间,各处理组及空白组的 POV 值随时间的延长明显增大,而对照组(添加 0.010 g BHT)的 POV 值呈缓慢增大的趋势。在 28 d 的贮藏期内,各时间段猪油的 POV 值均随野菊花挥发油添加量的增加逐渐减小,其中野菊花挥发油添加量最高(0.100 g)的处理组 POV 值最小,各处理组间的差异总体上达到极显著水平。在 28 d 的贮藏期内,各处理组的 POV 值均极显著低于空白组。在贮藏的前期(7 d),野菊花挥发油添加量为 0.100 g 的猪油的 POV 值极显著低于对照,而其他处理组的 POV 值极显著高于对照;在贮藏的中后期(14~28 d),各处理组的 POV 值均极显著高于对照。

实验结果显示,在猪油中野菊花挥发油具有一定的抗氧化能力,且其抗氧化能力具有量效关系,并与贮藏时间有关。随野菊花挥发油添加量的增加,其抑制猪油生成过氧化物的能力逐渐加强,即其抗氧化效

率逐渐增强。此外,在较短时间(7 d)及较高添加量(0.100 g)的条件下,野菊花挥发油的抗氧化能力高于 BHT(0.010 g),但随贮藏时间的延长(14 d 后),猪油中野菊花挥发油的抗氧化能力减弱并极显著低于 BHT。总体上看,在猪油中野菊花挥发油的抗氧化能力低于 BHT。

2.2 花生油中野菊花挥发油抗氧化性能分析

在 35 d 的贮藏期间野菊花挥发油添加量不同的花生油 POV 值的变化见表 2。由表 2 可见,在 35 d 的贮藏期内,添加野菊花挥发油的花生油 POV 值基本上均极显著低于空白组;在各个贮藏时间段,随野菊花挥发油添加量的逐渐增加,花生油的 POV 值逐渐减小,其中挥发油添加量最高(0.100 g)的处理组 POV 值最小,各处理组间的差异总体上达到极显著水平。在贮藏的中前期(0~14 d),野菊花挥发油添加量为 0.050~0.100 g 的花生油的 POV 值极显著低于对照(添加 0.010 g BHT),而其他处理组的 POV 值高于或接近于对照;在贮藏的中后期(21~35 d),各处理组的 POV 值均极显著高于对照。

实验结果显示,野菊花挥发油对花生油的氧化反应有明显的抑制作用,具有一定的抗氧化能力,且其抗氧化能力的大小与野菊花挥发油添加量及贮藏时间有关。随野菊花挥发油添加量的增加,其抗氧化能力极显著增强。此外,在一定的贮藏期内(14 d),一定量的野菊花挥发油(0.050 g 以上)的抗氧化能力大于 BHT(0.010 g),但随贮藏时间的延长(21 d 后),花生油中野菊花挥发油的抗氧化能力小于 BHT。

表 1 在猪油(50.0 g)中添加野菊花挥发油对不同贮藏期猪油过氧化值(POV)的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 1 Effect of essential oil from dry flower of *Dendranthema indicum* (L.) Des Moul. added in lard (50.0 g) on peroxide value (POV) of lard at different storage times ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

添加量/g Addition amount	不同贮藏期的 POV/mmole · kg ⁻¹ POV at different storage times				
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
0.005	10.17±0.11Aa	14.44±0.52Bb	18.18±1.03Bb	22.46±0.67Bb	44.52±0.46Cc
0.025	10.17±0.11Aa	13.83±0.37Cc	17.35±0.32Cc	21.45±0.08Cc	45.90±0.34Bb
0.050	10.17±0.11Aa	13.10±0.68Dd	16.57±0.61Dd	19.98±0.57Dd	43.22±0.62Dd
0.075	10.17±0.11Aa	12.66±0.53Ee	16.16±0.13Ee	19.43±0.61Ee	28.89±0.17Ee
0.100	10.17±0.11Aa	11.34±0.17Gg	14.97±0.26Ff	19.38±0.14Ee	25.33±0.28Ff
对照 CK	10.17±0.11Aa	12.56±0.08Ff	13.53±0.05Gg	13.82±0.36Ff	15.39±0.07Gg
空白 Blank	10.17±0.11Aa	16.55±0.74Aa	25.62±0.53Aa	33.32±0.05Aa	84.86±0.63Aa

¹⁾ CK; 0.010 g BHT. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 Different capitals and small letters in same column indicate the significant differences at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

表 2 在花生油 (50.0 g) 中添加野菊花挥发油对不同贮藏期花生油过氧化值 (POV) 的影响 ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾Table 2 Effect of essential oil from dry flower of *Dendranthema indicum* (L.) Des Moul. added in peanut oil (50.0 g) on peroxide value (POV) of peanut oil at different storage times ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

添加量/g Addition amount	不同贮藏期的 POV/mmol · kg ⁻¹ POV at different storage times					
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d
0.005	10.67±0.24Aa	16.78±0.55Bb	18.81±0.04Bb	25.62±0.58Bb	30.10±0.14Aa	31.51±0.16Bb
0.025	10.67±0.24Aa	15.72±0.26Dd	17.10±0.51Cc	21.69±0.31Cc	24.76±0.33Cc	26.70±0.73Cc
0.050	10.67±0.24Aa	14.50±0.70Ee	15.83±0.68Ee	20.85±0.11Dd	24.18±0.16Dd	25.32±0.42Dd
0.075	10.67±0.24Aa	13.59±0.31Ff	15.09±0.17Ff	20.29±0.28Ee	21.99±0.61Ee	22.83±0.04Ee
0.100	10.67±0.24Aa	12.00±0.33Gg	14.47±0.42Gg	19.54±0.49Ff	21.52±0.07Ff	21.94±0.32Ff
对照 CK	10.67±0.24Aa	15.78±0.41Cc	16.64±0.09Dd	17.78±0.36Gg	18.75±0.94Gg	20.51±0.37Gg
空白 Blank	10.67±0.24Aa	23.85±0.30Aa	27.90±1.00Aa	28.53±0.46Aa	29.58±0.27Bb	33.23±0.34Aa

¹⁾ CK; 0.010 g BHT. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 Different capitals and small letters in same column indicate the significant differences at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

2.3 葵花籽油中野菊花挥发油抗氧化性能分析

在 35 d 的贮藏期间野菊花挥发油添加量不同的葵花籽油 POV 值的变化见表 3。由表 3 可以看出,随贮藏时间的延长,葵花籽油的 POV 值越来越大,在贮藏期结束时,添加野菊花挥发油的各处理组葵花籽油的 POV 值极显著高于对照组及空白组。在贮藏中期 (14 ~ 21 d),野菊花挥发油添加量较高 (0.075 和 0.100 g) 的各处理组的 POV 值极显著低于对照组 (添加 0.010 g BHT),甚至在贮藏的第 14 天,野菊花挥发油添加量较低 (0.005、0.025 和 0.050 g) 的各处理组的 POV 值也极显著低于对照组。在 0 ~ 28 d 的贮藏期内,随野菊花挥发油添加量的增加,葵花籽油的 POV 值逐渐减小;在贮藏 21 d 后,添加野菊花挥发油的葵花籽油的 POV 值陡增,且在贮藏的第 35 天,葵花

籽油的 POV 值呈现出随野菊花挥发油添加量的增加逐渐增大的趋势。

实验结果显示,野菊花挥发油能在一定程度上延缓葵花籽油的自动氧化过程,且在一定的贮藏期内 (28 d 内) 随野菊花挥发油添加量的增加,其抗氧化能力显著增强。由于野菊花挥发油含有酚羟基,具有很强的提供 H⁺ 的能力,因此,在贮藏中期,野菊花挥发油的抗氧化能力高于 BHT。但由于野菊花挥发油中的酚羟基在提供质子的同时,自身的氧化还原电位也在发生变化,即自身也在进行被氧化的反应,而且其氧化产物邻醌是一类强氧化剂,导致贮藏中后期葵花籽油的 POV 值显著增大,因此,贮藏期超过一定时间后野菊花挥发油的抗氧化能力下降。总的看来,在葵花籽油中野菊花挥发油的抗氧化能力低于 BHT。

表 3 在葵花籽油 (50.0 g) 中添加野菊花挥发油对不同贮藏期葵花籽油过氧化值 (POV) 的影响 ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾Table 3 Effect of essential oil from dry flower of *Dendranthema indicum* (L.) Des Moul. added in sunflower oil (50.0 g) on peroxide value (POV) of sunflower oil at different storage times ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

添加量/g Addition amount	不同贮藏期的 POV/mmol · kg ⁻¹ POV at different storage times					
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d
0.005	13.25±0.35Aa	29.26±0.30Bb	31.38±0.71Cc	51.97±0.15Bb	83.54±0.16Aa	134.86±0.12Ee
0.025	13.25±0.35Aa	29.12±0.26Cc	29.09±0.21Dd	48.87±0.24Cc	79.86±0.87Cc	137.97±0.34Dd
0.050	13.25±0.35Aa	27.29±0.73Dd	25.69±0.14Ee	48.18±0.26Dd	79.07±0.50Dd	164.28±0.81Cc
0.075	13.25±0.35Aa	25.18±0.20Ee	24.96±0.14Ff	40.70±0.35Ff	77.44±0.71Ee	177.56±0.41Bb
0.100	13.25±0.35Aa	24.62±0.84Ff	23.89±0.21Gg	36.13±0.30Gg	76.40±0.15Ff	194.97±0.49Aa
对照 CK	13.25±0.35Aa	20.89±0.23Gg	36.14±0.64Bb	47.21±0.96Ee	51.14±0.90Gg	107.50±0.32Gg
空白 Blank	13.25±0.35Aa	41.50±0.40Aa	40.95±0.62Aa	67.49±0.26Aa	83.38±0.16Bb	134.38±0.59Ff

¹⁾ CK; 0.010 g BHT. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 Different capitals and small letters in same column indicate the significant differences at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

2.4 玉米油中野菊花挥发油抗氧化性能分析

在 35 d 的贮藏期间野菊花挥发油添加量不同的

玉米油 POV 值的变化见表 4。由表 4 可见,在 35 d 的贮藏期间,各处理组、对照组和空白组玉米油的 POV

值均随贮藏时间的延长逐渐增大,但增大的幅度不同。在贮藏的 28 d 内,各处理组玉米油的 POV 值均小于空白,其中野菊花挥发油添加量较高(0.075 和 0.100 g)的处理组玉米油的 POV 值均极显著小于对照(0.010 g BHT);而在贮藏的第 35 天,各处理组的 POV 值均极显著大于对照,其中野菊花挥发油添加量较低的玉米油的 POV 值甚至接近或高于空白组。此外,随野菊花挥发油添加量的增加,玉米油的 POV 值

逐渐减小。

实验结果显示,野菊花挥发油能在一定程度上缓解玉米油的氧化过程,但在玉米油中野菊花挥发油的抗氧化能力与野菊花挥发油的添加量及玉米油的贮藏时间有一定的关系。总体上看,在 28 d 的贮藏期内,0.075 和 0.100 g 野菊花挥发油的抗氧化能力优于 0.010 g BHT;超过 28 d,野菊花挥发油的抗氧化能力低于 0.010 g BHT。

表 4 在玉米油(50.0 g)中添加野菊花挥发油对不同贮藏期玉米油过氧化值(POV)的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 4 Effect of essential oil from dry flower of *Dendranthema indicum* (L.) Des Moul. added in corn oil (50.0 g) on peroxide value (POV) of corn oil at different storage times ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

添加量/g Addition amount	不同贮藏期的 POV/mmol·kg ⁻¹ POV at different storage times					
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d
0.005	8.49±0.48Aa	13.22±0.19Bb	13.90±0.13Bb	17.94±0.53Bb	22.17±0.21Bb	29.84±0.53Aa
0.025	8.49±0.48Aa	12.55±0.31Cc	13.67±0.87Cc	15.03±0.99Dd	19.05±0.15Cc	25.51±0.55Bb
0.050	8.49±0.48Aa	11.80±0.91Dd	13.42±0.35Dd	14.73±0.76Ee	17.77±0.52Dd	25.05±0.97Cc
0.075	8.49±0.48Aa	10.23±0.28Ff	10.57±0.48Ff	10.60±0.36Ff	16.02±0.85Ff	22.60±0.38Dd
0.100	8.49±0.48Aa	10.02±0.23Gg	10.51±0.67Ff	10.51±0.59Gg	14.25±0.10Gg	19.79±0.55Ee
对照 CK	8.49±0.48Aa	10.74±0.19Ee	12.57±0.76Ee	15.78±0.81Cc	17.63±0.63Ee	19.00±0.44Ff
空白 Blank	8.49±0.48Aa	15.06±0.37Aa	16.67±0.21Aa	20.58±0.55Aa	22.39±0.62Aa	25.56±0.53Bb

¹⁾ CK: 0.010 g BHT. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 Different capitals and small letters in same column indicate the significant differences at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

2.5 大豆油中野菊花挥发油抗氧化性能分析

在 28 d 的贮藏期间野菊花挥发油添加量不同的大豆油 POV 值的变化见表 5。由表 5 可见,在 28 d 的贮藏期内,各处理组、对照组和空白组大豆油的 POV 值均随贮藏时间的延长逐渐增大,但增大的幅度略有不同;且随野菊花挥发油添加量的增加,大豆油的 POV 值逐渐减小。在 28 d 的贮藏期内,除第 21 天挥发油添加量较低(0.005、0.025 和 0.050 g)的各处理

组的 POV 值极显著高于对照(0.010 g BHT)外,各处理组在各个时间段的 POV 值均极显著低于对照组及空白组。

实验结果显示,在一定的贮藏期内,野菊花挥发油具有明显的抗氧化能力,能显著缓解大豆油的氧化过程,并且其抗氧化能力与其添加量呈明显正相关。在大豆油中,野菊花挥发油的抗氧化效果极显著强于 0.010 g BHT。

表 5 在大豆油(50.0 g)中添加野菊花挥发油对不同贮藏期大豆油过氧化值(POV)的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 5 Effect of essential oil from dry flower of *Dendranthema indicum* (L.) Des Moul. added in soybean oil (50.0 g) on peroxide value (POV) of soybean oil at different storage times ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

添加量/g Addition amount	不同贮藏期的 POV/mmol·kg ⁻¹ POV at different storage times				
	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
0.005	8.53±0.45Aa	11.33±0.31Cc	12.21±0.10Cc	15.80±0.47Bb	17.23±0.16Cc
0.025	8.53±0.45Aa	10.21±0.49Dd	11.45±0.91Dd	15.77±0.52Cc	16.78±0.95Dd
0.050	8.53±0.45Aa	10.09±0.57Ee	11.16±0.74Ee	13.93±0.95Dd	14.70±0.61Ee
0.075	8.53±0.45Aa	9.06±0.58Ff	9.78±0.85Ff	12.78±0.59Ff	13.65±0.67Ff
0.100	8.53±0.45Aa	8.68±0.62Gg	9.01±0.29Gg	11.89±0.77Gg	12.64±0.75Gg
对照 CK	8.53±0.45Aa	12.36±0.42Bb	13.35±0.56Bb	13.71±0.27Ee	18.75±0.37Aa
空白 Blank	8.53±0.45Aa	13.72±0.17Aa	17.97±0.45Aa	17.81±0.26Aa	18.43±0.60Bb

¹⁾ CK: 0.010 g BHT. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 Different capitals and small letters in same column indicate the significant differences at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

3 讨论和结论

研究表明,在猪油、花生油、葵花籽油、玉米油和大豆油中添加一定量野菊花挥发油均可以在一定程度上延缓这些食用油的酸败进程,延长脂肪氧化的诱导期;野菊花挥发油的抗氧化能力随添加量的增加而增强,但是,野菊花挥发油在不同食用油中的抗氧化作用与常用的抗氧化剂 BHT 有一定差异,这种差异与食用油种类、野菊花挥发油的添加量以及食用油的贮藏时间均有一定的关系。在猪油的贮藏过程中,空白组的猪油 POV 值变化较大,加入野菊花挥发油的猪油 POV 值变化比较平缓;而在葵花籽油的贮藏过程中,添加了野菊花挥发油的葵花籽油贮藏前期 POV 值变化较平缓,但后期 POV 值显著增大。这可能是因为猪油中饱和脂肪酸含量大大高于不饱和脂肪酸,虽然两者均可发生自由基的氧化反应,但不饱和脂肪酸发生氧化反应的速率一般要比饱和脂肪酸大 10 倍以上,所以,猪油氧化反应的诱导期较长^[13],表现为添加了野菊花挥发油的猪油 POV 值变化平缓。

野菊花挥发油中主要含有萜类、酚类和酸类成分^[14-15],推测其抗氧化功能与这些成分有关,而且已有实验证明野菊花中的酚类成分具有显著的清除自由基的作用^[16]。萜类成分含不饱和键,其抗氧化机制与有机酸类成分相似;脂肪酸中的油酸、亚油酸和棕榈酸等是不饱和脂肪酸,易被氧化,可降低介质中的含氧量,延缓食品氧化;酚类是研究较多的一类天然抗氧化成分,主要通过捕获过氧化自由基抑制过氧化链式反应,由于生成的酚氧自由基相对稳定且与脂类化合物反应很慢,从而阻断了自由基链传递和增长,抑制脂肪的自动氧化过程^[17]。有关野菊花挥发油中抗氧化活性成分还需进行细致和深入的系统研究。

由实验结果可以看出,在玉米油和大豆油中,一定量的野菊花挥发油抗氧化效果明显好于 BHT,且这种抗氧化能力可维持较长时间;而添加一定量的野菊花挥发油也能在一定程度上延缓花生油和葵花籽油的氧化过程,但作用时间较短且抗氧化效果低于 BHT;添加一定量的野菊花挥发油也能部分缓解猪油的氧化过程,但其抗氧化效果明显低于 BHT。研究结

果表明,在供试的 5 种食用油中野菊花挥发油均具有一定的抗氧化能力,若将其开发为食品抗氧化剂,不仅对食品添加剂研究领域具有一定的应用意义,而且对开拓和挖掘野菊花资源的应用领域具有重要意义。作为食品抗氧化剂,野菊花挥发油在适用范围和适用量等方面还有待于进一步的实验研究。

参考文献:

- [1] 陈琳,陈育平,伍焜贤,等. 猪油中复合型抗氧化剂的研究[J]. 食品科学, 2000, 21(4): 37-39.
- [2] 刘书成,李元瑞,王丽华,等. 大蒜精油对食用油脂的抗氧化特性[J]. 食品科学, 2002, 23(1): 128-131.
- [3] 陈玉香,刘阳,周道玮. 茶多酚对豆油及猪油的抗氧化作用[J]. 食品科学, 2001, 22(11): 27-29.
- [4] 刘士德,余玉雯,张建华,等. 迷迭香抗氧化提取物的应用研究[J]. 食品科学, 2003, 24(2): 95-99.
- [5] 张建朝,赵海峰,薛泉. 野菊花制汤方法研究[J]. 陕西中医, 1999, 20(3): 135-136.
- [6] 李贵荣. 野菊花多糖的提取及其对活性氧自由基的清除作用[J]. 中国公共卫生, 2002, 18(3): 269-270.
- [7] 严亦慈,娄小娥,蒋惠娣. 野菊花水提液抗氧化作用的实验研究[J]. 中国现代应用药学, 1999, 16(6): 16-18.
- [8] 郑学钦,胡春. 用化学发光法检测芦丁等物质清除超氧阴离子自由基的作用[J]. 中国药学杂志, 1997, 32(3): 140-142.
- [9] 刘朝霞,王宁,邹坤,等. 神农香菊精油抗菌与抗氧化活性研究(I)[J]. 三峡大学学报:自然科学版, 2006, 28(2): 181-184.
- [10] 顾仁勇,李佑蓁,傅伟昌. 连翘精油抑菌及抗氧化作用研究[J]. 现代食品科技, 2008, 24(2): 120-122.
- [11] 钟才宁,何敏,杨再波,等. 均匀设计优化野菊花挥发油提取工艺及抗氧化研究[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(4): 888-889.
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2005 年版(一部)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 附录 57.
- [13] 王延平,赵谋明,张羽航,等. 不同抗氧化剂对油脂抗氧化性能影响的研究[J]. 中国油脂, 1999, 24(3): 37-39.
- [14] 吕琳,秦民坚,吴刚,等. 不同种源野菊及菊花脑花的挥发油成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(1): 53-57.
- [15] 陈晓辉,谭晓杰,田中克佳,等. 野菊花挥发油化学成分的气相色谱-质谱联用分析[J]. 色谱, 2005, 23(2): 213.
- [16] 申海进,郭巧生,房海灵. 野菊花 60% 乙醇提取物的酚类成分组成及其清除自由基和防霉变能力分析[J]. 植物资源与环境学报, 2010, 19(1): 20-25.
- [17] 严守雷,王清章,彭光华. 莲蕊多酚抗氧化作用研究[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(4): 77-81.