

秦岭山脉野生蒲公英提取物的抗氧化活性 及其对胡麻油氧化稳定性的影响

王彦博, 石燕, 袁毅君

(天水师范学院 化学工程与技术学院, 甘肃 天水 741000)

摘要:以秦岭山脉野生蒲公英全草为原料,采用超声波纤维素酶同步法提取总活性成分。对蒲公英提取物的 DPPH 自由基清除能力、超氧阴离子自由基清除能力、羟自由基清除能力和总还原能力进行了测定,并与人工合成 V_C 进行了比较,同时采用加速氧化的方法评价蒲公英提取物对胡麻油氧化稳定性的影响,并与 BHT、迷迭香提取物进行比较。结果表明:蒲公英提取物比人工合成 V_C 有更高的抗氧化活性;3 种抗氧化剂抗氧化能力大小为迷迭香提取物(700 mg/kg) > 蒲公英提取物(700 mg/kg) > BHT(200 mg/kg),并且蒲公英提取物添加量与胡麻油的氧化稳定性呈正相关。因此,秦岭山脉野生蒲公英全草总活性成分提取物可作为天然抗氧化剂用于延缓食用油氧化。

关键词:野生蒲公英;抗氧化能力;天然抗氧化剂;胡麻油;氧化稳定性

中图分类号:TS201.6; TQ646 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2020)05-0042-06

Antioxidant activity of wild dandelion extracts from Qinling mountains and its effects on oxidation stability of flaxseed oil

WANG Yanbo, SHI Yan, YUAN Yijun

(School of Chemical Engineering and Technology, Tianshui Normal University, Tianshui 741000, Gansu, China)

Abstract:The total active constituents in the wild whole dandelion grass, growing in Qinling mountains, were extracted by simultaneous ultrasonic and cellulases enzymatic treatment, and the DPPH radical scavenging capacity, superoxide anion radical scavenging capacity, hydroxyl radical scavenging capacity and total reduction capacity of the extracts were determined and compared with synthetic V_C. In addition, the effects of dandelion extracts on the oxidation stability of flaxseed oil were evaluated by accelerated oxidation method, and compared with BHT and rosemary extract. The results showed that the dandelion extracts had higher antioxidant activity than synthetic V_C, the antioxidant capacity order of the three antioxidants was rosemary extract(700 mg/kg) > dandelion extracts(700 mg/kg) > BHT(200 mg/kg), and there was a positive correlation between the dosage of dandelion extracts and the oxidative stability of flaxseed oil. Therefore, the active constituents extract of wild dandelion grass from Qinling mountains could be used as a natural antioxidant to delay the oxidation of edible oil.

Key words:wild dandelion; antioxidant capacity; natural antioxidant; flaxseed oil; oxidation stability

蒲公英为菊科植物蒲公英(*Taraxacum mongolicum* Hand. - Mazz.)、碱地蒲公英(*Taraxacum bore-*

alisenense Kitam.)或同属数种植物的干燥全草^[1],其野生资源丰富,活性成分复杂^[2],全株均能入药。天水市位于秦岭山脉,野生蒲公英资源丰富,秦岭山脉一带居民将野生蒲公英作为一种功能性“药食同源”食品。研究表明^[2-4],蒲公英提取物中的有效成分多酚、黄酮及多糖对羟自由基($\cdot\text{OH}$)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基(DPPH \cdot)、超氧阴

收稿日期:2019-11-06;修回日期:2019-12-27

基金项目:国家自然科学基金项目(81360619)

作者简介:王彦博(1963),男,副教授,硕士,研究方向为天然有机化学(E-mail)tsncwyb@163.com。

通信作者:袁毅君,教授,博士(E-mail)515391147@qq.com。

离子自由基($\cdot O_2^-$)均有很强的清除能力,且显著高于 V_C ,并且蒲公英药理活性显著,如抑菌作用^[5]、抗炎作用^[6]、抗肿瘤作用^[7-8]等,所以可将其作为天然抗氧化剂。

胡麻油又称亚麻籽油,其多不饱和脂肪酸含量达70%以上,其中 $\omega-3$ 多不饱和脂肪酸含量高达47%~57%,营养价值高,具有重要生理功能,如调节血脂、降低胆固醇、降压、抗炎、抗肿瘤、抗氧化、延缓衰老等^[9]。不饱和脂肪酸含量高的油脂在贮存过程中,受温度、光照、水分等影响易发生氧化酸败,而添加抗氧化剂是有效延缓油脂氧化酸败的重要手段。抗氧化剂有天然和合成两种,天然抗氧化剂因其安全、无毒而备受关注。

目前,对于蒲公英提取物抗氧化活性研究均建立在单一活性成分层面上,而对全草提取物的抗氧化活性研究,以及用于延缓胡麻油氧化的研究未见报道。本研究以野生蒲公英全草为原料,提取总活性成分,通过对其DPPH \cdot 、 $\cdot OH$ 、 $\cdot O_2^-$ 清除能力和总还原能力的测定研究其抗氧化活性,并将提取的总活性成分作为天然抗氧化剂添加到胡麻油中,通过加速氧化的方法,探究野生蒲公英提取物对胡麻油氧化稳定性的影响,为野生蒲公英在食用油中的应用提供一定的实验依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

野生蒲公英,采自秦岭山脉自然保护区,采集时间为2018年6月。

70%乙醇、无水乙醇、石油醚、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、铁氰化钾、三氯乙酸、三氯化铁、硫酸(H_2SO_4)、抗坏血酸(V_C)、浓盐酸、Tris-HCl萃取液、邻苯三酚、碳酸钠、硫酸亚铁、过氧化氢、水杨酸等,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司提供;纤维素酶(10 000 U/g)、DPPH,美国Sigma公司;没食子酸,中国药品生物制品检定所;芦丁,北京化学试剂公司;迷迭香提取物(鼠尾草酸含量 $\geq 20.0\%$,食品级),浙江惠松制药有限公司;二丁基羟基甲苯(BHT),食品级,武汉万荣科技发展有限公司;胡麻油,购于天水某油坊,现冷榨(无添加)。

KQ-500VED型三频数控超声波清洗器;BS210S型电子天平,德国赛多利斯公司;I-mark酶标仪,美国Bio-Rad公司;DHG-9140A型电热鼓风干燥箱;Anke.KL04A型离心机;HH-S4型数显恒温水浴锅;RE-201旋转蒸发仪;FD-A10N-50冷冻干燥机;Rancimat892油脂氧化稳定性测定仪,

瑞士万通中国有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 蒲公英总活性成分的提取

采用超声波纤维素酶同步法提取蒲公英总活性成分^[10]。取野生蒲公英全草,40℃烘干、粉碎、过80目筛,于60℃恒温干燥箱中干燥至恒重,4℃避光保存。取干燥样60.00 g,用石油醚脱脂后,加600 mL 70%乙醇溶解,加纤维素酶(添加量1 600 U/g),调节pH至4.8,超声提取(功率400 W,温度50℃,时间40 min),抽滤,滤渣以相同的条件再次提取,合并滤液,5 000 r/min离心10 min,上清液旋转蒸发得到浓缩液,将浓缩液真空冷冻36 h得蒲公英提取物干品,装入棕色瓶中-20℃避光保存待用。

1.2.2 蒲公英提取物抗氧化活性的测定

1.2.2.1 DPPH·清除能力

参考文献[11]的方法并进行改进。用无水乙醇配制0.2 mmol/L的DPPH溶液(现用现配),避光贮存于室温条件下备用。取不同质量浓度(40.0、60.0、80.0、160.0、240.0、320.0 mg/L)的样品溶液各2.0 mL于1~6号25 mL具塞试管中,分别加入0.2 mmol/L DPPH溶液2.0 mL,充分摇匀混合后于室温避光条件下反应30 min后,用无水乙醇作参比液,测定其在517 nm波长处的吸光度(A_j)。另外,测定2.0 mL DPPH溶液与2.0 mL无水乙醇混合液的吸光度(A_s),以及2.0 mL样品溶液与2.0 mL无水乙醇混合液的吸光度(A_k)。以蒸馏水作空白参比液,配制与样品溶液相同质量浓度梯度的人工合成 V_C 作为对照,用相同的方法测定吸光度。按公式(1)计算DPPH·清除率。

$$\text{DPPH}\cdot\text{清除率} = \left(1 - \frac{A_j - A_k}{A_s}\right) \times 100\% \quad (1)$$

1.2.2.2 $\cdot O_2^-$ 清除能力

参考文献[12]的方法并进行改进。取不同质量浓度(20.0、40.0、60.0、80.0、120.0、160.0 mg/L)的样品溶液各2.0 mL于1~6号25 mL具塞试管,然后分别加入0.05 mol/L Tris-HCl缓冲溶液(pH 8.2)2.5 mL,加蒸馏水2.0 mL,再加入30 mmol/L邻苯三酚溶液0.5 mL,混合摇匀。将其置于25℃恒温水浴中反应10 min,加入1 mL 8 mol/L HCl终止反应,取该混合液2.0 mL于比色皿中,每隔30 s测定其在波长325 nm处的吸光度(ΔA_1),至4 min止;用蒸馏水代替样品测定空白组吸光度(ΔA_0);用10 mmol/L HCl溶液代替邻苯三酚溶液测定吸光度(ΔA_2)。以上均进行3次平行测定。以10 mmol/L HCl溶液作空白参比溶液,配制与样品

溶液相同质量浓度梯度的人工合成 V_c 作为对照,用相同的方法测定吸光度。按公式(2)计算 $\cdot O_2^-$ 清除率。

$$\cdot O_2^- \text{ 清除率} = \left(1 - \frac{\Delta A_1 - \Delta A_2}{\Delta A_0}\right) \times 100\% \quad (2)$$

1.2.2.3 $\cdot OH$ 清除能力

参考文献[13]的方法并进行改进。取不同质量浓度(15.0、30.0、45.0、60.0、75.0、90.0 mg/L)的样品溶液各 2.0 mL 于 1~6 号 25 mL 具塞试管,然后分别加入 2.0 mL 6 mmol/L 的硫酸亚铁溶液和 2.0 mL 6 mmol/L 的过氧化氢溶液,静置 20 min,再加入 6 mmol/L 的水杨酸溶液 2.0 mL,充分摇匀混合,在室温下静置 40 min 后,以无水乙醇作参比液,在 510 nm 波长处测定其吸光度(A_R);无水乙醇代替样品溶液测定混合液的吸光度(A_V),无水乙醇代替水杨酸测定混合液的吸光度(A_S)。以上均进行 3 次平行测定。用蒸馏水作空白参比溶液,配制与样品溶液相同质量浓度梯度的人工合成 V_c 作为对照,用相同的方法测定吸光度。按公式(3)计算 $\cdot OH$ 清除率。

$$\cdot OH \text{ 清除率} = \left(1 - \frac{A_R - A_S}{A_V}\right) \times 100\% \quad (3)$$

1.2.2.4 总还原能力

参考文献[14]的方法并进行改进。配制不同质量浓度(10.0、40.0、80.0、160.0、240.0、320.0、400.0 mg/L)的样品溶液。取 2 mL 样品溶液与 2 mL 磷酸盐缓冲液(0.2 mol/L、pH 6.6)、2 mL 铁氰化钾溶液(10 mg/mL)混匀,50℃水浴加热 25 min,再加入 2 mL 三氯乙酸(TCA)(100 mg/mL)溶液,混合,5 000 r/min 离心 10 min。吸取上清液 2 mL,加入 2 mL 蒸馏水和 0.4 mL 三氯化铁(质量分数 0.1%),充分混匀,室温避光放置 10 min 后于 700 nm 波长处测其 OD 值。OD 值越高表明还原能力越强,抗氧化活性越强。配制与上述样品溶液相同质量浓度梯度的人工合成 V_c 作为对照,用相同的方法测定其总还原能力。

1.2.3 蒲公英提取物对胡麻油氧化稳定性的影响

1.2.3.1 油样的制备

分别称取 200 g 胡麻油,以添加 BHT(添加量 200 mg/kg)、迷迭香提取物(添加量 700 mg/kg)的为阳性对照组,添加蒲公英提取物(添加量 200、300、500、700 mg/kg)的为实验组。抗氧化剂添加到胡麻油中,磁力搅拌 15 min,常温、超声功率 300 W 的条件下处理 20 min,使加入的抗氧化剂完全溶解,以不添加抗氧化剂的油样为空白对照组。制备好的样品放在锥形瓶中,铝箔包裹,4℃冷藏保存。

1.2.3.2 Schaal 烘箱法加速氧化实验

采用 Schaal 烘箱法,将 1.2.3.1 制备的油样在 $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$ 进行加速氧化实验,每隔 1 d 调换实验样品在烘箱中的位置,每隔 3 d 取样测定过氧化值(POV)、酸价(AV)、*p*-茴香胺值(PAV)和硫代巴比妥酸值(TBAV)。

1.2.3.3 油脂理化指标测定

POV 的测定参照 GB/T 5538—2005,AV 的测定参照 GB/T 5530—2005,PAV 的测定参照 GB/T 24304—2009,TBAV 的测定参照 GB/T 5009.181—2003,氧化诱导时间的测定参照 GB/T 21121—2007,采用 Rancimat892 油脂氧化稳定性测定仪在油样 3.00 g、空气流量 20 L/h、不同测试温度下测定。

1.2.4 数据处理

实验数据均为重复 3 次,取平均值,以“平均值 \pm 标准偏差”的形式表示,实验数据运用 Origin2018 软件绘制趋势曲线图。

2 结果与分析

2.1 蒲公英提取物的抗氧化能力

2.1.1 DPPH \cdot 清除能力(见图 1)

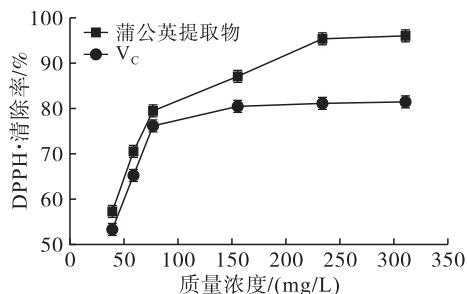


图 1 蒲公英提取物对 DPPH \cdot 清除能力

由图 1 可知:蒲公英提取物和人工合成 V_c 都有清除 DPPH \cdot 的作用;当蒲公英提取物质量浓度在 40.0~240.0 mg/L 之间时,随蒲公英提取物质量浓度的增加,清除 DPPH \cdot 的能力增强很快,清除率从 $(57.32 \pm 1.16)\%$ 增加到 $(95.43 \pm 1.25)\%$,之后 DPPH \cdot 清除率增加变平缓;当蒲公英提取物质量浓度为 320.0 mg/L 时,DPPH \cdot 清除率最大,达到 $(96.21 \pm 1.28)\%$ 。整体来看,蒲公英提取物对 DPPH \cdot 清除能力显著强于人工合成 V_c ($P < 0.05$)。

2.1.2 $\cdot O_2^-$ 清除能力(见图 2)

由图 2 可知:蒲公英提取物和人工合成 V_c 都有清除 $\cdot O_2^-$ 的作用;当蒲公英提取物质量浓度在 20.0~80.0 mg/L 之间时,清除 $\cdot O_2^-$ 的能力增强很快, $\cdot O_2^-$ 清除率从 $(18.32 \pm 1.42)\%$ 增加到 $(89.32 \pm 1.56)\%$;当蒲公英提取物质量浓度小于 44.69 mg/L 时,其清除 $\cdot O_2^-$ 的能力弱于人工合成 V_c ;当蒲公英提取物质量浓度为 44.69 mg/L 时,蒲公英提取物和

人工合成 V_C 清除 $\cdot O_2^-$ 的能力相同,此时清除率达到 56.24%;当蒲公英提取物质量浓度大于 44.69 mg/L 时,其清除 $\cdot O_2^-$ 的能力显著强于人工合成 V_C ($P < 0.05$);当蒲公英提取物质量浓度达到 160.00 mg/L 时, $\cdot O_2^-$ 清除率最大,达到 $(94.10 \pm 1.57)\%$ 。整体来看,蒲公英提取物对 $\cdot O_2^-$ 清除能力显著强于人工合成 V_C ($P < 0.05$)。

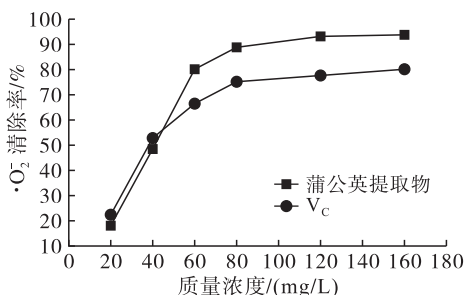


图2 蒲公英提取物对 $\cdot O_2^-$ 清除能力

2.1.3 $\cdot OH$ 清除能力(见图3)

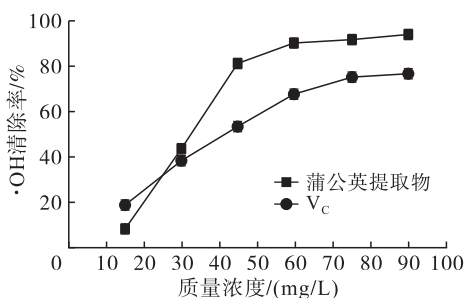


图3 蒲公英提取物对 $\cdot OH$ 清除能力

由图3可知:蒲公英提取物和人工合成 V_C 都有清除 $\cdot OH$ 的作用;当蒲公英提取物质量浓度小于 24.73 mg/L 时,其清除 $\cdot OH$ 的能力弱于人工合成 V_C ;当蒲公英提取物质量浓度为 24.73 mg/L 时,其与人工合成 V_C 清除 $\cdot OH$ 的能力相同,此时 $\cdot OH$

清除率达到 31.12%;当蒲公英提取物质量浓度大于 24.73 mg/L 时,其清除 $\cdot OH$ 的能力显著强于人工合成 V_C ($P < 0.05$);当蒲公英提取物质量浓度在 15.0 ~ 60.0 mg/L 之间时,清除 $\cdot OH$ 的能力增强很快, $\cdot OH$ 清除率从 $(8.34 \pm 1.87)\%$ 增加到 $(90.10 \pm 1.91)\%$;当蒲公英提取物质量浓度达到 60.00 mg/L 后, $\cdot OH$ 清除率增加变平缓;当蒲公英提取物质量浓度在 90.00 mg/L 时, $\cdot OH$ 清除率最大,达到 $(93.65 \pm 1.93)\%$ 。整体来看,蒲公英提取物对 $\cdot OH$ 的清除能力显著强于人工合成 V_C ($P < 0.05$)。

2.1.4 总还原能力(见图4)

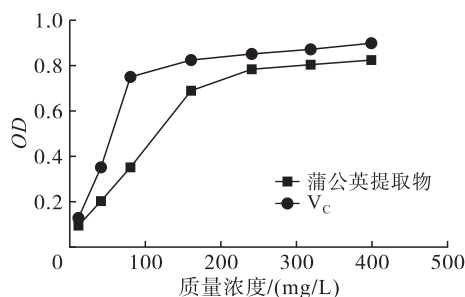


图4 蒲公英提取物总还原能力

由图4可知:蒲公英提取物的总还原能力随其质量浓度增加逐步提高,表现出明显的量效关系;当蒲公英提取物质量浓度在 10.0 ~ 160.0 mg/L 之间时,总还原能力逐渐增强;当蒲公英提取物质量浓度大于 160.0 mg/L 时,总还原能力增加逐渐趋于平缓;当蒲公英提取物质量浓度达到 400.0 mg/L 时,总还原能力最大。整体来看,蒲公英提取物的总还原能力略弱于人工合成 V_C ($P < 0.05$)。

2.2 不同添加量的蒲公英提取物对胡麻油氧化稳定性的影响(见图5)

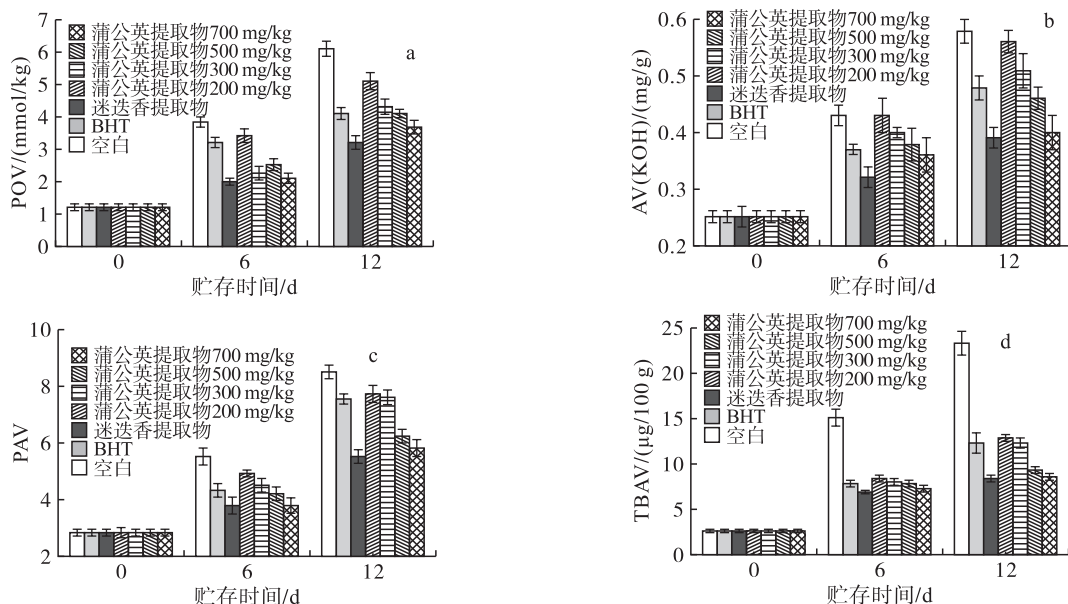


图5 不同添加量的蒲公英提取物对胡麻油 POV(a)、AV(b)、PAV(c)、TBAV(d) 的影响

由图5可见:在实验条件下,无论是否添加抗氧化剂,胡麻油的POV、AV、PAV和TBAV均随着贮藏时间的延长而增加;空白组的POV、AV、PAV和TBAV明显上升,合成抗氧化剂BHT、天然抗氧化剂迷迭香提取物均可有效延缓胡麻油POV、AV、PAV和TBAV的增加;添加了蒲公英提取物的胡麻油,在相同贮藏时间下其POV、AV、PAV和TBAV均低于空白组,且蒲公英提取物含量越高,抗氧化效果越好。这与昆仑雪菊多酚和茶多酚等提取物添加到油

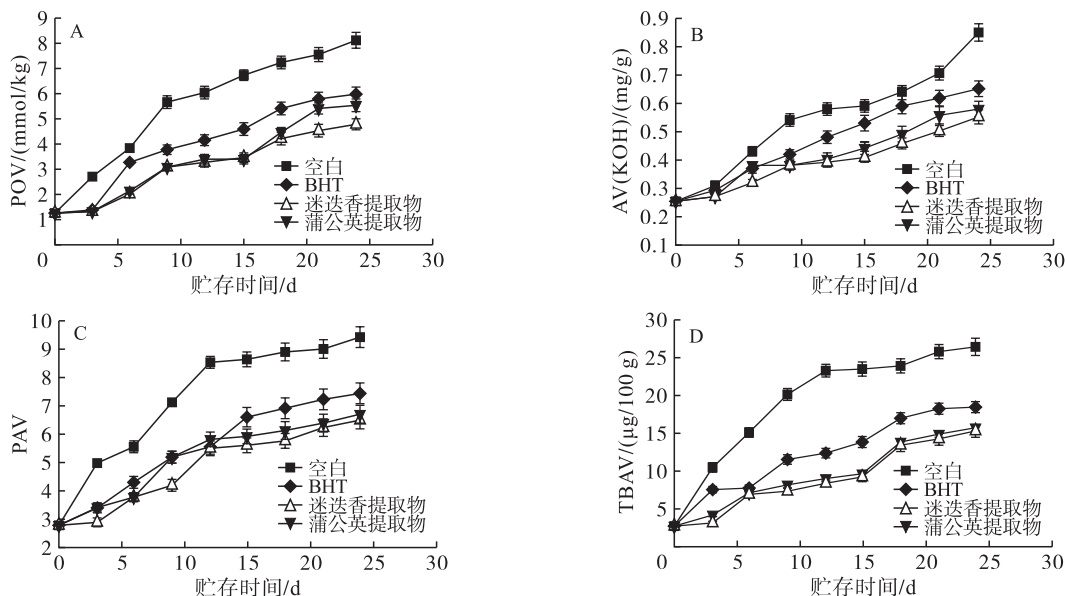


图6 添加量700 mg/kg的蒲公英提取物对胡麻油POV(A)、AV(B)、PAV(C)、TBAV(D)的影响

由图6A可见:空白样品在12 d时POV达到6.05 mmol/kg,24 d已达到8.12 mmol/kg;加入合成抗氧化剂BHT的样品,其POV在24 d达到6.01 mmol/kg;加入天然抗氧化剂迷迭香提取物的样品,其POV在24 d达到4.81 mmol/kg;加入蒲公英提取物的样品,其POV在24 d达到5.52 mmol/kg。实验结果说明,BHT、迷迭香提取物及蒲公英提取物均可延缓胡麻油POV的升高,延长其货架期。在实验条件下,3种抗氧化剂的抗氧化能力大小为迷迭香提取物>蒲公英提取物>BHT。

由图6B可见,空白样品的酸价(KOH)从初始的0.25 mg/g升高到24 d的0.85 mg/g,而添加BHT、蒲公英提取物、迷迭香提取物的胡麻油的酸价(KOH)分别升高到0.65、0.58、0.55 mg/g。这说明持续的高温会加速胡麻油氧化,加入抗氧化剂会延缓胡麻油酸价升高。在实验条件下,3种抗氧化剂的抗氧化能力大小为迷迭香提取物>蒲公英提取物>BHT。

由图6C可见,随着贮藏时间的延长,胡麻油的p-茴香胺值也随之增大,空白样品的p-茴香胺值

脂中,其添加量和抗氧化效果呈正相关的研究结果^[15-16]一致。当蒲公英提取物添加量与BHT相同时,其抗氧化效果显著弱于BHT($P>0.05$);当蒲公英提取物添加量达到700 mg/kg时,其抗氧化效果强于BHT($P>0.05$),但弱于迷迭香提取物,因此后续实验选取蒲公英提取物添加量700 mg/kg为研究对象。

2.3 添加量700 mg/kg的蒲公英提取物对胡麻油氧化稳定性的影响(见图6)

从初始的2.82升高到24 d的9.42,而添加BHT、蒲公英提取物、迷迭香提取物的胡麻油的p-茴香胺值分别升高到7.42、6.72、6.51,均显著低于空白组($P<0.05$)。这说明持续的高温会加速胡麻油氧化,加入抗氧化剂会延缓胡麻油p-茴香胺值升高。在实验条件下,3种抗氧化剂的抗氧化能力大小为迷迭香提取物>蒲公英提取物>BHT。

由图6D可见,随着贮藏时间的延长,胡麻油的硫代巴比妥酸值也随之增大,空白样品的硫代巴比妥酸值从初始2.62 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 升高到24 d的26.38 $\mu\text{g}/100\text{g}$,而添加BHT、蒲公英提取物、迷迭香提取物的胡麻油的硫代巴比妥酸值分别升高到18.52、15.72、15.34 $\mu\text{g}/100\text{g}$,且均显著低于空白组($P<0.05$)。这说明持续的高温会加速胡麻油氧化,加入抗氧化剂会延缓胡麻油硫代巴比妥酸值升高。在实验条件下,3种抗氧化剂的抗氧化能力大小为迷迭香提取物>蒲公英提取物>BHT。

2.4 蒲公英提取物对胡麻油氧化诱导时间的影响(见表1)

由表1可见,胡麻油的氧化诱导时间同测试温

度有关,同等条件下,测试温度越高氧化诱导时间越短。100℃下,空白样品的氧化诱导时间为15.91 h,添加BHT的胡麻油的氧化诱导时间为34.32 h,添加迷迭香提取物的胡麻油的氧化诱导时间为49.85 h,而添加了蒲公英提取物的胡麻油的氧化诱导时间为44.02 h,显著高于空白和添加BHT的,但低于添加迷迭香提取物的($P < 0.05$)。110℃和120℃条件下同样存在这一规律,说明蒲公英提取物与迷迭香提取物、BHT在高温条件下都具有抗氧化能力,且在实验条件下,三者的抗氧化能力大小为迷迭香提取物 > 蒲公英提取物 > BHT。有研究表明^[17],BHT为挥发性酚类化合物,同时热稳定性差,高温易挥发分解,而天然抗氧化剂的热稳定性好,如咖啡酸、阿魏酸等天然抗氧化剂的热稳定性优于合成抗氧化剂。

表1 不同抗氧化剂在不同测试温度下对胡麻油氧化诱导时间的影响

测试温度/℃	氧化诱导时间/h			
	空白	BHT	蒲公英提取物	迷迭香提取物
100	15.91	34.32	44.02	49.85
110	7.82	17.26	22.12	24.92
120	3.81	8.53	11.34	12.48

注:蒲公英提取物的添加量为700 mg/kg。

3 结论

(1)以秦岭山脉野生蒲公英全草为原料,采用超声波纤维素酶同步法提取总活性成分后,通过测定蒲公英提取物的DPPH·、 $\cdot O_2^-$ 、 $\cdot OH$ 清除能力和总还原能力,证实蒲公英提取物比人工合成 V_C 有更高的抗氧化活性,可以作为天然抗氧化剂应用。

(2)以蒲公英提取物为抗氧化剂,探究其对胡麻油的抗氧化效果,并与BHT和迷迭香提取物进行比较。结果表明,蒲公英提取物对胡麻油具有显著的抗氧化效果,且添加量越大,抗氧化效果越好。添加700 mg/kg蒲公英提取物能够显著抑制胡麻油过氧化值、 p -茴香胺值、酸价和硫代巴比妥酸值的升高,延长胡麻油的氧化诱导时间,3种抗氧化剂抗氧化能力大小为迷迭香提取物(700 mg/kg) > 蒲公英提取物(700 mg/kg) > BHT(200 mg/kg)。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典2015版(一部)[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:352.

- [2] 刘华清,王天麟. 蒲公英水溶性化学成分研究[J]. 中药材,2014,37(6):989-991.
- [3] 葛明明,缪月英,孙丽娜,等. 蒲公英根多糖的抗氧化活性研究[J]. 黑龙江医药科学,2014,37(2):39-41.
- [4] 卫建琮,李华峰,乔华. 中药蒲公英花中总黄酮的分离纯化研究[J]. 中国药物与临床,2014,14(1):19-21.
- [5] 侯京玲,周霄楠,赵兴华,等. 几种蒲公英成分的提取及体外抑菌效果试验[J]. 中国兽医杂志,2016,52(12):53-55.
- [6] 肖潮勇,张宇,王宇亮. 蒲公英总多糖的提取、纯化及其体外抗炎活性分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2016,22(11):25-28.
- [7] 陈子涵,蒋继宏,鞠秀云. 蒲公英根水提物诱导MDA-MB-231细胞凋亡及其作用机制研究[J]. 中国药理学通报,2019,6(3):353-358.
- [8] 田苗苗,刘扬,刘树民. 蒲公英治疗乳腺癌的活性成分及作用机制研究概况[J]. 中国药房,2019,15(7):1864-1867.
- [9] 赵利,党占海,李毅,等. 亚麻籽的保健功能和开发利用[J]. 中国油脂,2006,31(3):71-74.
- [10] 邢颖,雷宏杰,岳珍珍,等. 超声波纤维素酶法提取紫苏叶活性物质及其抗氧化活性[J]. 食品科学,2016,37(10):111-115.
- [11] 谢贞建,卢玉容,程锬,等. 石榴皮提取物对大豆油的抗氧化作用研究[J]. 中国油脂,2019,44(8):82-86.
- [12] 甘芝霖,倪元颖,郭悦,等. 大孔树脂分离纯化玫瑰果多酚及其抗氧化性[J]. 农业工程学报,2015,31(24):298-306.
- [13] 刘琴,张薇娜,朱媛媛,等. 不同产地苦荞籽粒中多酚的组成、分布及抗氧化性比较[J]. 中国农业科学,2014,47(14):2840-2852.
- [14] 姜蕾,康大成,张万刚,等. 迷迭香提取物在体外和萨拉米中的抗氧化活性[J]. 食品科学,2018,39(13):68-73.
- [15] 白云慧,王国义,温海超,等. 昆仑雪菊多酚对花生油氧化稳定性的影响[J]. 食品科学,2018,39(10):46-52.
- [16] TAGHVAEI M, JAFARI S M, MAHOONAK A S, et al. The effect of natural antioxidants extracted from plant and animal resources on the oxidative stability of soybean oil[J]. LWT - Food Sci Technol, 2014, 56(1):124-130.
- [17] SANTOS N A, CORDEIRO A M T M, DAMASCENO S S, et al. Commercial antioxidants and thermal stability evaluations[J]. Fuel, 2012, 97:638-643.