

## 寒葱精油挥发性成分及抗氧化活性研究

邓威<sup>1</sup>, 孙晓楠<sup>2</sup>, 张润泽<sup>2</sup>, 吕佳怡<sup>2</sup>, 张先<sup>2\*</sup>, 李范洙<sup>1,2</sup>

(1. 延边大学 融合学院, 吉林 延吉 133000; 2. 延边大学 农学院, 吉林 延吉 133000)

**摘要:**为了探究寒葱精油在食品保鲜中的应用,采用共水蒸馏-超声波辅助法提取寒葱精油,并对其挥发性成分、气味物质及体外抗氧化活性进行了研究。结果表明:寒葱精油中共检测出70种挥发性化合物,包括酯类、酸类、酮类、醛类、烯烃类、芳香烃类和硫化物等,其中硫化物的含量最多,占总量的55.58%,其次是酯类物质,占30.67%。电子鼻分析结果表明,寒葱精油中硫化物对其气味的影响最大,其次是甲烷。寒葱精油对DPPH、ABTS自由基具有良好的清除率,与洋葱精油活性类似,但优于V<sub>E</sub>,同时寒葱精油对油脂的氧化也有较强的抑制作用,其作用在一定时间内类似于洋葱精油,接近BHT 1/2的效果。因此,寒葱精油有望开发成天然抗氧化剂应用到食品保鲜中。

**关键词:**寒葱;精油;挥发性成分;抗氧化

中图分类号:TS201.2

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2021.10.011

文章编号:1000-9973(2021)10-0059-06

### Study on the Volatile Components and Antioxidant Activity of Essential Oil from *Allium victorialis* L.

DENG Wei<sup>1</sup>, SUN Xiao-nan<sup>2</sup>, ZHANG Run-ze<sup>2</sup>, LV Jia-yi<sup>2</sup>, ZHANG Xian<sup>2\*</sup>, LI Fan-zhu<sup>1,2</sup>

(1. College of Integration Science, Yanbian University, Yanji 133000, China;

2. College of Agriculture, Yanbian University, Yanji 133000, China)

**Abstract:** In order to explore the application of essential oil from *Allium victorialis* L. in food preservation, the essential oil of *Allium victorialis* L. is extracted by water distillation and ultrasonic-assisted method, and its volatile components, flavor substances and antioxidant activity in vitro are studied. The results show that a total of 70 volatile compounds are detected in the essential oil of *Allium victorialis* L., including esters, acids, ketones, aldehydes, olefins, aromatic hydrocarbons and sulfides, among which, the content of sulfides is the largest, accounting for 55.58% of the total, followed by esters, accounting for 30.67%. The results of electronic nose analysis show that the sulfur compounds in the essential oil of *Allium victorialis* L. have the most influence on its flavor, followed by methane. The essential oil has a good scavenging rate to DPPH and ABTS radicals, which is similar to that of onion essential oil, but better than V<sub>E</sub>. Meanwhile, the essential oil also has a strong inhibitory effect on the oxidation of oil, and its effect is similar to that of onion essential oil within a certain period of time, which is close to half of the effect of BHT. Therefore, the essential oil of *Allium victorialis* L. is expected to be developed as a natural antioxidant and applied in food preservation.

**Key words:** *Allium victorialis* L.; essential oil; volatile components; antioxidant

寒葱,又名苍葱(*Allium victorialis* L., AVL),为百合科葱属多年生草本植物<sup>[1]</sup>,有着悠久的历史渊

源,最早见于《尔雅》,其性微温、味辛、无毒,归肺经,具有辛散温通、芳香辟秽的作用,在中医上用于风寒感

收稿日期:2021-03-26

基金项目:吉林省重点科技攻关项目(20160204029NY);延边州科技发展攻关研究(2020FG30);延边大学大学生创新创业训练资助项目(S202010184035)

作者简介:邓威(1997-),男,硕士研究生,研究方向:农产品贮藏与加工。

\* 通讯作者:张先(1963-),女,副教授,博士,研究方向:果蔬采后生理及贮藏加工。

引文格式:邓威,孙晓楠,张润泽,等.寒葱精油挥发性成分及抗氧化活性研究[J].中国调味品,2021,46(10):59-64.

冒、呕恶胀满之症。寒葱生于阴湿山坡、林下、草地沟边,嫩叶可供食用,在我国的东北、华北、西北及西南地区均有分布<sup>[2-3]</sup>,其集葱属植物特有的风味和气味于一身。纵观古今,葱、蒜一直是人们喜爱的调味品,而寒葱的特性使寒葱及其加工产品在食品、调味品方面表现出独特的优势。研究发现寒葱具有丰富的营养成分与活性成分<sup>[4]</sup>,目前国内外学者对寒葱的生理活性进行了较为深入的研究,发现寒葱具有抗炎、抗氧化、抑菌等作用<sup>[5-8]</sup>,但是对寒葱精油的研究未见文献报道。

植物精油包含各种硫化物、酚类、烯类、萜类和醛类等生物活性物质<sup>[9-10]</sup>,具有抑菌<sup>[11]</sup>和抗氧化性能<sup>[12]</sup>。与化学合成的添加剂相比,植物精油从天然植物中提取,并具有广谱的抑菌和抗氧化特性,所以植物精油可以作为化学合成抗氧化剂的替代品<sup>[13]</sup>。因此,为促进寒葱的深加工以及寒葱精油在食品保鲜中的应用提供了基础依据,本文以寒葱为原料提取了精油,对精油的挥发性成分及抗氧化活性进行了研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 实验材料

寒葱精油:利用寒葱粉(2020年5月采自黑龙江林口的野生寒葱,于55℃烘干,过80目筛),采用共水蒸馏-超声波辅助法提取<sup>[14]</sup>;洋葱精油:武汉远城集团远城科技发展有限公司;压榨花生油:金龙鱼牌,丰益贸易(中国)私人有限公司。

#### 1.1.2 化学试剂

2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸(ABTS)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、2,6-二叔丁基对甲基苯酚(BHT)、维生素E:美国Sigma公司;乙醇、过硫酸钾等:均为分析纯。

#### 1.1.3 仪器与设备

SY-1000 多用途恒温超声提取机 北京弘祥隆生物技术开发有限公司;7890b-5977b 气相色谱-质谱联用仪 美国 Agilent 公司;PEN3 型电子鼻 德国 AIRSENSE 公司;M5 型酶标仪 美国 Molecular Devices 公司。

## 1.2 方法

### 1.2.1 寒葱精油挥发性成分分析

利用 GC-MS 分析挥发性成分,检测结果通过 CAS 谱库检索处理,结合匹配度( $\geq 80\%$ )确定挥发性成分的名称,同时以 2-甲基-3-庚酮为内标物进行半定量分析,挥发性成分的质量浓度根据下式计算:

$$X = AC/A_0$$

式中: X 为香气物质的质量浓度, mg/mL; A 为测得香气物质的峰面积; C 为内标物的质量浓度,

mg/mL;  $A_0$  为测得内标物的峰面积。

色谱条件: 色谱柱为 DB-5MS 超惰性 30 m  $\times$  250  $\mu$ m  $\times$  0.25  $\mu$ m; 进样温度 50  $^{\circ}$ C, 以速率 10  $^{\circ}$ C/min 升温至 100  $^{\circ}$ C, 保持 0 min, 以速率 2  $^{\circ}$ C/min 升温至 160  $^{\circ}$ C, 保持 0 min, 以速率 10  $^{\circ}$ C/min 升温至 300  $^{\circ}$ C, 保持 5 min。载气: 氦气; 流量: 1 mL/min, 不分流模式进样。

质谱条件: 接口温度: 280  $^{\circ}$ C; 离子源温度: 230  $^{\circ}$ C; 四级杆温度: 150  $^{\circ}$ C; 电离方式: EI, 电子能量 70 eV; 扫描方式: 正常扫描; 质量范围: 33~500 amu。

### 1.2.2 电子鼻检测寒葱精油气味

顶空样品的制备: 自动进样器加热箱温度 40  $^{\circ}$ C, 搅拌速度 500 r/min, 加热 10 min。

分析条件: 载气为干燥空气, 流速 150 mL/min, 顶空气体注射体积 400  $\mu$ L, 注射温度 45  $^{\circ}$ C, 采集时间 120 s, 延滞时间 300 s。

PEN3 型电子鼻 10 个传感器阵列的检测范围见表 1。

表 1 PEN3 型电子鼻传感器阵列

Table 1 The sensor array of PEN3 electronic nose

传感器编号	传感器名称	性能特点
R1	W1C	对芳香成分灵敏
R2	W5S	对氮氧化物灵敏
R3	W3C	对氨水、芳香类化合物灵敏
R4	W6S	对氢气有选择性
R5	W5C	对烷烃、芳香类化合物及极性小的化合物灵敏
R6	W1S	对甲烷灵敏
R7	W1W	对硫化物和含硫有机化合物灵敏
R8	W2S	对乙醇及部分芳香族化合物灵敏
R9	W2W	对芳香族、有机硫化物灵敏
R10	W3S	对烷烃灵敏

### 1.2.3 寒葱精油抗氧化活性的测定

#### 1.2.3.1 ABTS 自由基清除率的测定

准确称取 0.192 g ABTS, 用 2.45 mg/mL 过硫酸钾溶液溶解, 定容至 50 mL 棕色容量瓶中, 室温避光保存 12 h 后, 将 ABTS 溶液稀释至吸光值为 0.70。准备 3 个 96 孔板, 准确吸取 50 mL 寒葱精油样液 (0.05~1.4 mg/mL) 于 96 孔板中, 并加入 ABTS 溶液 150 mL 混合均匀, 标记为 s; 用蒸馏水代替 ABTS, 标记为 s0; 吸取 50 mL 蒸馏水和 150 mL ABTS 溶液混合均匀, 标记为对照 c; 吸取 200 mL 蒸馏水, 标记为 c0, 室温避光反应 6 min 后立即测其在 734 nm 处的吸光值, 分别记为  $A_{s_1}$ 、 $A_{s_0_1}$ 、 $A_c$ 、 $A_{c_0}$ 。同理分别吸取与寒葱试样质量浓度相同的洋葱精油和质量浓度梯度为 2.5~100 mg/mL 的  $V_E$  分别于剩下两个 96 孔板中, 测定吸光度, 分别记为  $A_{s_2}$ 、 $A_{s_0_2}$  和  $A_{s_3}$ 、 $A_{s_0_3}$ , 实验进行 3 次重复, 根据下列公式计算 ABTS 自由基的清

除率<sup>[15]</sup>。

ABTS 自由基清除率:  $Ar/\% = [1 - (As_x - As0_x) / (Ac - Ac0)] \times 100\%$ 。

### 1.2.3.2 DPPH 自由基清除率的测定

用无水乙醇配制成浓度为 0.04 mg/mL 的 DPPH 溶液,避光 4 ℃ 保存。准备 3 个 96 孔板,准确吸取 100 mL 寒葱精油样液(0.05~3 mg/mL)于 96 孔板中,并加入 DPPH 溶液 100 mL 混合均匀,标记为 s;用无水乙醇代替 DPPH,标记为 s<sub>0</sub>;吸取 100 mL 无水乙醇、100 mL DPPH 溶液混合均匀,标记为 c;吸取 200 mL 无水乙醇,标记为 c<sub>0</sub>,室温避光反应 30 min 后,测定 517 nm 处的吸光值,分别记为 As<sub>1</sub>、As<sub>0</sub><sub>1</sub>、Ac、Ac<sub>0</sub>。同理分别吸取与寒葱试样质量浓度相同的洋葱精油和质量浓度梯度为 2.5~120 mg/mL 的 V<sub>E</sub> 分别于剩下两个 96 孔板中,测定吸光度,分别记为 As<sub>2</sub>、As<sub>0</sub><sub>2</sub> 和 As<sub>3</sub>、As<sub>0</sub><sub>3</sub>,实验重复 3 次,按照下式计算 DPPH 自由基的清除率。

DPPH 自由基清除率:  $Dr/\% = [1 - (As_x - As0_x) / (Ac - Ac0)] \times 100\%$ 。

### 1.2.3.3 油脂氧化抑制活性的测定

准备 12 个 250 mL 锥形瓶备用,将准备好的锥形瓶分成 4 组,同时将每组的锥形瓶分别标记为空白组、寒葱精油组、洋葱精油组、BHT 组,每个锥形瓶吸取 200 g 的花生油,并且寒葱精油组和洋葱精油组分别按照 0.1% 的比例加入精油,BHT 组按照 0.05% 的比例加入 BHT。将 4 组试样都放在 70 ℃ 下加热搅拌 0.5 h,使添加物充分混合,混合均匀后于 70 ℃ 恒温箱中保存,每组每隔 2 d 摇匀 2 min 并分别吸取 20 g 和 1 g 试样进行花生油的 AV 和 POV 值测定。酸价(acid value, AV)和过氧化值(peroxide value, POV)分别按照 GB 5009.229-2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》中的热乙醇滴定法<sup>[16]</sup>和 GB/T 5009.37-2003《食用植物油卫生标准的分析方法》中的比色法<sup>[17]</sup>测定。

## 1.3 数据分析

本实验所得数据利用 Excel 2010、Origin 2018 进行整理,用 SPSS 18.0 软件进行 IC<sub>50</sub> 值的计算,采用 Duncan 多重比较法对数据进行显著性差异分析(P<0.05)。

## 2 结果与分析

### 2.1 寒葱精油挥发性成分

表 2 寒葱精油的挥发性成分及含量

Table 2 The volatile components and content of *Allium victorialis* L. essential oil

分类	序号	名称	匹配度 /%	分子式	含量 / (mg/mL)
酯类	1	正己酸乙酯	98	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	1.37
	2	异戊酸己酯	87	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	1.50

续表

分类	序号	名称	匹配度 /%	分子式	含量 / (mg/mL)
	3	癸酸乙酯	97	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	2.04
	4	二氢猕猴桃内酯	97	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	2.59
	5	月桂酸乙酯	99	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	1.09
	6	十二甲基十三酸甲酯	95	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	2.39
	7	肉豆蔻酸乙酯	98	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1.40
	8	邻苯二甲酸异丁酯	90	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	2.59
	9	己烯基肉桂酸酯	94	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	2.31
	10	十五酸乙酯	95	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	3.16
	11	棕榈酸甲酯	99	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1.06
	12	邻苯二甲酸二丁酯	93	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	2.28
	13	十六烯酸乙酯	91	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1.45
	14	棕榈酸乙酯	99	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	86.17
	15	十八碳二烯酸甲酯	99	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1.65
	16	硬脂酸甲酯	95	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	3.87
	17	亚油酸甲酯	99	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	5.37
	18	亚麻酸乙酯	99	C <sub>20</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	7.43
	19	十六酸二甲基乙酯	87	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	1.16
	20	硬脂酸乙酯	99	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	41.90
	21	亚油酸乙酯	86	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	36.61
	22	十八烯酸丁酯	99	C <sub>22</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	1.20
	23	十八碳三烯酸甲酯	90	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	0.74
	24	己二酸二异辛酯	93	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>4</sub>	3.37
	25	二十酸乙酯	98	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	1.71
酸类	26	邻苯二甲酸二己酯	91	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	1.25
	27	亚麻酸	90	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	1.02
酮类	28	乙基己基甲氧基肉桂酸	95	C <sub>18</sub> H <sub>26</sub> O <sub>3</sub>	1.64
	29	三甲基环己酮	94	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O	53.46
	30	甲基呋喃基戊酮	91	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1.18
	31	β-紫罗兰酮	86	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	7.96
	32	大马酮	98	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	2.20
	33	四氢六甲基吡啶酮	84	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O	1.17
	34	三甲基十五烷酮	94	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub> O	3.10
	35	金合欢基丙酮	91	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O	0.89
	36	三十一酮	95	C <sub>31</sub> H <sub>62</sub> O	0.46
醛	37	己烯醛	97	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	1.23
	38	苯基巴豆醛	97	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	0.67
	39	甲基丁烯醛	80	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	0.64
	40	己基肉桂醛	91	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O	1.08
烯烃	41	苯乙烯	87	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	1.16
	42	右旋萜二烯	98	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.48
	43	乙烯基二硫环己烯	96	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> S <sub>2</sub>	3.54
	44	法尼烯	87	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	2.98
	45	新生二烯	94	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub>	1.05
苯环	46	萘	93	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	1.03
	47	甲基萘	96	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	2.46
	48	二乙氧基乙基萘	90	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	2.18
	49	三甲基二氢萘	97	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub>	1.84
	50	二甲基萘	96	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>	1.07
	51	四甲基联苯	90	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub>	1.58
	52	蒽	95	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	0.48
硫化物	53	二烯丙基硫醚	92	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> S	1.63
	54	乙基噻吩	80	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> S	0.41
	55	烯丙基甲基二硫醚	94	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> S <sub>2</sub>	41.68
	56	甲基丙烯基二硫醚	90	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> S <sub>2</sub>	1.83
	57	二硫醚	91	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> S <sub>2</sub>	21.94

续 表

分类	序号	名称	匹配度 /%	分子式	含量 / (mg/mL)
	58	二甲基三硫醚	97	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>3</sub>	30.76
	59	甲基二硫醚	96	C <sub>1</sub> H <sub>6</sub> S <sub>2</sub>	1.67
	60	二烯丙基二硫醚	96	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> S <sub>2</sub>	29.38
	61	三硫杂己烷	94	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> S <sub>3</sub>	10.67
	62	甲基烯丙基三硫醚	86	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> S <sub>3</sub>	114.14
	63	三硫噻唞	97	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> S <sub>3</sub>	68.17
	64	二甲基四硫醚	93	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>4</sub>	11.47
	65	二烯丙基三硫醚	97	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> S <sub>3</sub>	9.41
	66	二甲基三硫醚	82	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>3</sub>	1.66
	67	二烯丙基四硫醚	95	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> S <sub>4</sub>	1.53
	68	环八原子硫	96	S <sub>8</sub>	4.86
	69	正十六基噻吩	90	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> S	0.94
	70	甲基四噻烷	95	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> S <sub>4</sub>	42.19

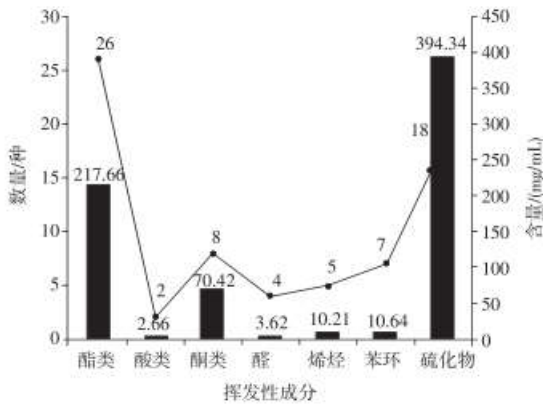


图 1 寒葱精油挥发性成分的种类分布

Fig. 1 Classification and distribution of volatile components in *Allium victorialis* L. essential oil

由表 2 和图 1 可知,寒葱精油中共鉴定出 70 种挥发性成分,包含酯类、酸类、酮类、醛类、烯烃类、苯环类和硫化物 7 种,其中,酯类物质的种类数最多,为 26 种,其次是硫化物,为 18 种,酮类和苯环类各有 8 种和 7 种,其余酸类、醛类和烯烃类分别有 2 种、4 种和 5 种。硫化物共含有 394.34 mg/mL,占总量的 55.58%,其中,甲基烯丙基三硫醚含量高达 114.14 mg/mL,其次三硫噻唞、甲基四噻烷、烯丙基甲基二硫醚含量分别为 68.17、42.19、41.68 mg/mL。酯类物质含量为 217.66 mg/mL,占总量的 30.67%,其中,棕榈酸乙酯含量最高,达到 86.17 mg/mL,其次是硬脂酸乙酯、亚油酸乙酯,分别达到 41.90、36.61 mg/mL。酮类物质含有 70.42 mg/mL,其中三甲基环己酮占 76.17%,苯环类和烯烃类物质含量分别为 10.64、10.21 mg/mL,酸类和醛类仅含有 2.66、3.62 mg/mL。综上所述可以看出,寒葱精油的主要挥发性成分是硫化物和酯类物质。

## 2.2 寒葱精油气味物质分析

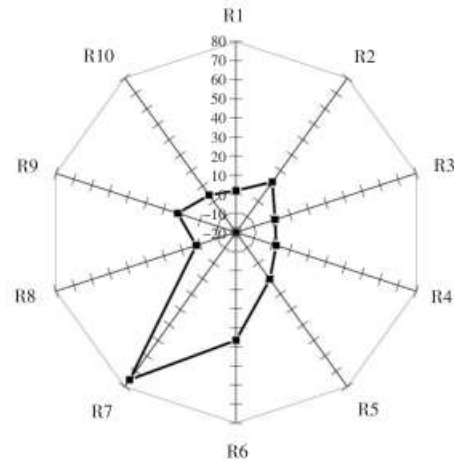


图 2 寒葱精油电子鼻气味雷达图

Fig. 2 Electronic nose odor radar map of *Allium victorialis* L. essential oil

电子鼻传感器响应值在雷达图分布的顶点距离雷达图的中心越远,说明影响越大。由图 2 可知,电子鼻 10 种传感器的响应信号有差异,R7 的响应信号最大,R6 次之,响应值达到 75.633 和 36.616,两者分别对硫化物和含硫有机化合物及甲烷敏感;R2 和 R9 传感器的响应信号基本一致,响应值在 12 附近,即对氮氧化物及芳香族和有机硫化物有较敏感的反应,这说明硫化物对寒葱精油的气味影响最大,其次是甲烷。

## 2.3 寒葱精油对自由基的清除作用

### 2.3.1 对 ABTS 自由基的清除率

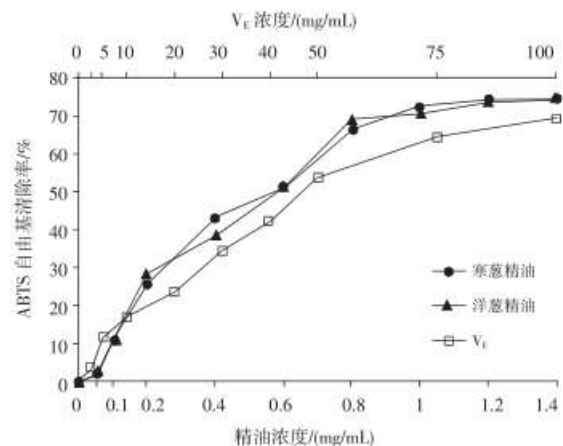


图 3 寒葱精油对 ABTS 自由基的清除率

Fig. 3 ABTS radical scavenging rate of essential oil from *Allium victorialis* L.

由图 3 可知,寒葱精油对 ABTS 自由基的清除率趋势与洋葱精油基本一致,浓度低于 0.8 mg/mL 时,随着浓度的增加,自由基清除率呈急剧上升的趋势,之后缓慢上升并趋于稳定,最高清除率接近 75%。由对 ABTS

自由基的  $IC_{50}$  值可看出,寒葱精油和洋葱精油的  $IC_{50}$  值分别为 0.521 mg/mL 和 0.522 mg/mL,相当于  $V_E$  48.103 mg/mL 的效果。说明寒葱精油对 ABTS 自由基的清除效果类似于洋葱精油,且显著优于  $V_E$ 。

### 2.3.2 对 DPPH 自由基的清除率

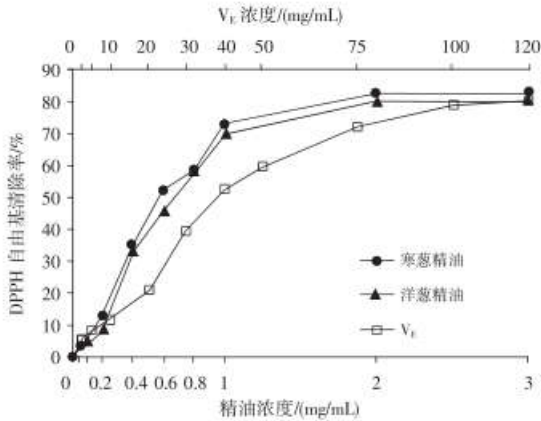


图 4 寒葱精油对 DPPH 自由基的清除率

Fig. 4 DPPH radical scavenging rate of essential oil from *Allium victorialis* L.

由图 4 可知,精油的浓度在 1 mg/mL 以下时,随着浓度的增加,DPPH 自由基的清除率急剧上升,之后缓慢上升并趋于稳定,精油浓度为 2 mg/mL 时,寒葱精油对 DPPH 自由基的清除率高达 82.50%,高于同浓度下洋葱精油的清除率 80.15%,同时也高于  $V_E$  的最高清除率 80.07%。寒葱精油的  $IC_{50}$  值为 0.635 mg/mL,略低于洋葱精油的 0.704 mg/mL,但显著低于  $V_E$  的  $IC_{50}$  值 39.176 mg/mL,可知寒葱精油对 DPPH 自由基的清除效果略优于洋葱精油,显著好于  $V_E$ 。

## 2.4 寒葱精油对油脂氧化抑制作用

### 2.4.1 对花生油 AV 值的影响

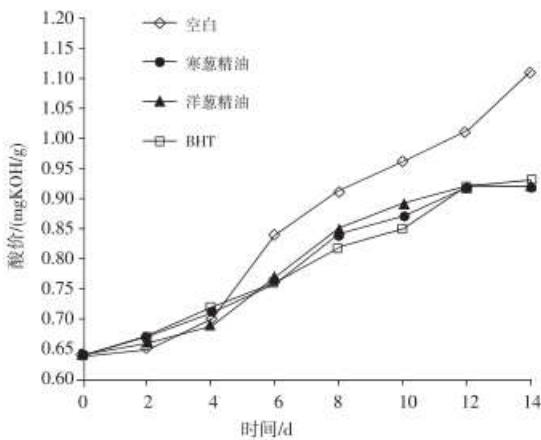


图 5 寒葱精油对花生油贮藏过程中酸价的影响

Fig. 5 Effect of essential oil of *Allium victorialis* L. on acid value of peanut oil during storage

油脂中酸价越高,说明脂肪酸的游离程度越高。

由图 5 可知,花生油在贮藏过程中随着时间的延长其酸价逐渐增加,但是寒葱精油和洋葱精油以及 BHT 的添加处理可明显地控制酸价的增加,尤其是贮藏 4 d 后其效果显著,处理组的花生油酸价显著低于空白组,且处理组第 14 天的酸价相当于空白组第 8 天的酸价 0.91 mgKOH/g。除了第 10 天的酸价以外,寒葱精油和洋葱精油以及 BHT 处理组的花生油在贮藏过程中的酸价没有显著差异,这说明寒葱精油可以有效地抑制油脂游离脂肪酸含量的增加,且效果相当于洋葱精油。

### 2.4.2 对花生油 POV 值的影响

表 3 寒葱精油对花生油贮藏过程中 POV 值的影响

Table 3 Effect of essential oil of *Allium victorialis* L. on POV value of peanut oil during storage

时间/d	空白组	寒葱精油组	洋葱精油组	BHT 组
0	6.79±0.022	6.79±0.022	6.79±0.022	6.79±0.022
2	7.08±0.105 <sup>a</sup>	6.83±0.044 <sup>b</sup>	6.81±0.021 <sup>b</sup>	6.8±0.01 <sup>b</sup>
4	8.59±0.053 <sup>a</sup>	7.11±0.046 <sup>c</sup>	7.18±0.044 <sup>bc</sup>	7.22±0.053 <sup>b</sup>
6	20.19±0.035 <sup>a</sup>	8.39±0.044 <sup>c</sup>	8.53±0.061 <sup>b</sup>	8.57±0.026 <sup>b</sup>
8	34.62±0.046 <sup>a</sup>	12.08±0.078 <sup>c</sup>	12.36±0.155 <sup>b</sup>	11.89±0.122 <sup>c</sup>
10	53.49±0.251 <sup>a</sup>	16.86±0.062 <sup>b</sup>	16.97±0.044 <sup>b</sup>	16.48±0.096 <sup>c</sup>
12	85.49±0.446 <sup>a</sup>	20.79±0.14 <sup>b</sup>	20.47±0.07 <sup>b</sup>	19.67±0.052 <sup>c</sup>
14	268.34±7.843 <sup>a</sup>	60.87±0.07 <sup>c</sup>	79.59±0.156 <sup>b</sup>	23.18±0.09 <sup>d</sup>

注:同一行中不同小字母代表组间差异显著( $P < 0.05$ )。

由表 3 可知,花生油在贮藏过程中 POV 值逐渐上升,但是精油和 BHT 处理组的 POV 值上升速度显著低于空白组,从贮藏第 2 天起处理组的 POV 值显著低于空白组,处理组花生油贮藏 12 d 后 POV 值类似于空白组贮藏第 6 天的 POV 值 20.19 meq/kg;贮藏 14 d 后各处理组之间的 POV 值差异较大,寒葱精油组的 POV 值为 60.87 meq/kg,显著低于洋葱精油组,但显著高于 BHT 组的 23.18 meq/kg,说明寒葱精油可有效抑制花生油的氧化,且其效果在一定时间内与洋葱精油基本一致,接近 BHT 1/2 的效果。

## 3 讨论

GC-MS 检测结果:寒葱精油中主要的挥发性成分为硫化物,这与电子鼻检测寒葱精油的气味结果相吻合,同时也与鲁亚星等<sup>[18]</sup>研究的寒葱中挥发性成分的分析结果一致。寒葱精油中主要的硫化物为甲基烯丙基三硫醚、三硫噻啉、甲基四噻烷、烯丙基甲基二硫醚、二甲基三硫醚、二烯丙基二硫醚和二硫醚;而寒葱中主要挥发性成分是二烯丙基二硫醚、烯丙基甲基二硫醚、二甲基三硫醚,没有检出甲基烯丙基三硫醚、三硫噻啉、甲基四噻烷和二硫醚,这可能是首先与实验材料的采集地区和年份不同有关,其次与精油加工过程中挥发性物质的提取效果及检测过程中前处理方法有关。

寒葱精油挥发性成分中含量最高的是硫化物,这与其他葱属植物精油,如大葱精油<sup>[19]</sup>、洋葱精油<sup>[20]</sup>、大蒜精油<sup>[21]</sup>、韭菜精油<sup>[22]</sup>和红葱精油<sup>[23]</sup>一致,但寒葱精油挥发性成分中种类最多的是酯类,而大蒜精油和红葱精油中种类最多的仍然是硫化物,其次才是酯类,这可能是原料的差异所导致的。

经实验发现寒葱精油具有很好的自由基清除和油脂氧化抑制作用,这种作用可能来源于挥发性成分中的硫醚类<sup>[24]</sup>,因为这些硫化物本身处于还原态,具有很强的还原性,具有清除自由基作用,能够与引起油脂自动氧化的活泼自由基发生反应,形成新的、稳定的自由基,从而终止自由基的连锁反应,延缓多不饱和脂肪酸的自动氧化;另一方面,这些硫醚类能将多不饱和脂肪酸自动氧化时所形成的过氧化物还原,从而表现出氧化抑制的特性<sup>[25]</sup>。寒葱精油中具有丰富的硫醚类物质,其中甲基烯丙基二硫醚的含量就达到了114.14 mg/mL,因此,寒葱精油可能表现出了良好的抗氧化活性。除了这些硫化物外,寒葱精油中可能还存在其他抗氧化物质,这需要进一步的探究。

#### 4 结论

采用GC-MS和PEN3型电子鼻分别对寒葱精油的挥发性成分和气味进行分析,得出寒葱精油中共检测出70种挥发性化合物,包括酯类、酸类、酮类、醛类、烯炔类、芳香烃类和硫化物等,其中硫化物和酯类物质是主要的成分,分别占总量的55.58%和30.67%;寒葱精油中的硫化物和甲烷对气味的贡献率最大。

寒葱精油对ABTS、DPPH自由基具有良好的清除率,其活性类似于洋葱精油,但优于V<sub>E</sub>;同时对油脂的氧化也有较强的抑制作用,其作用在一定时间内与洋葱精油基本一致,相当于BHT 1/2的效果。

因此,寒葱精油有望开发成天然抗氧化剂应用到食品保鲜中,寒葱精油其他活性成分及在食品保鲜中的应用研究需要进一步的探讨。

#### 参考文献:

[1]王明焱. 茗葱种子萌发特性及繁殖技术研究[D]. 长春:吉林农业大学,2011.  
[2]邱玉成,高德武,耿维,等. 茗葱栽培技术[J]. 国土与自然资源研究,2020(4):77-78.  
[3]邵明昌. 茗葱资源保护与利用[J]. 科学技术创新,2018(19):143-144.  
[4]李雅萌. 茗葱化学成分及其生物活性的研究[D]. 长春:吉林大学,2019.  
[5]LI Chunmei, LEE Y M, LEE K, et al. Biological activities of water and ethanolic extracts from *Allium victorialis* L. mature leaves[J]. Preventive Nutrition and Food Science, 2011, 16(3):236-241.  
[6]洪瑛霞. 寒葱提取物对化学性肝损伤有辅助保护功能的研究[D]. 延吉:延边大学,2018.

[7]李倩竹,赵玉娟,刘乔,等. 野生茗葱提取物抑菌作用研究[J]. 食品科技,2015,40(4):288-291.  
[8]KIM Y S, JUNG D H, LEE I S, et al. Effect of *Allium victorialis* leaf extracts and its single compounds on aldose reductase advanced glycation end products and TGF- $\beta$ 1 expression in mesangial cells[J]. British Medical Council Complement Altern Med, 2013, 13(3):838-839.  
[9]程雨辰,邢媛媛,杨硕,等. 植物挥发物的生物活性及其在动物生产中的应用研究进展[J]. 饲料研究, 2020, 43(12):140-142.  
[10]NI Zhijing, WANG Xin, SHEN Yi, et al. Recent updates on the chemistry, bioactivities, mode of action, and industrial applications of plant essential oils[J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 110:78-89.  
[11]ABERS M, SCHROEDER S, GOELZ L, et al. Antimicrobial activity of the volatile substances from essential oils[J]. British Medical Council Complementary Medicine and Therapies, 2021, 21(1):124.  
[12]龙娅,胡文忠,李元政,等. 植物精油的抗氧化活性及其在果蔬保鲜上的应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23):343-348.  
[13]吕飞. 天然植物精油的抑菌活性及其作用机理研究[D]. 北京:北京化工大学,2011.  
[14]何凤平,雷朝云,范建新,等. 植物精油提取方法、组成成分及功能特性研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(3):307-312,320.  
[15]TORRES-LEÓN C, DE AZEVEDO RAMOS B, DOS SANTOS CORREIA M T, et al. Antioxidant and anti-staphylococcal activity of polyphenolic-rich extracts from *Ataúfo mango seed*[J]. Food Science and Technology, 2021, 148:111653.  
[16]国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中酸价的测定:GB 5009.229-2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.  
[17]国家标准化管理委员会. 食用植物油卫生标准的分析方法:GB/T 5009.37-2003[S]. 北京:中国标准出版社,2003.  
[18]鲁亚星,郑慧明,李敏,等. 野生和栽培寒葱挥发性物质和营养成分分析[J]. 中国调味品, 2018, 43(2):195-200.  
[19]李肖,周天天,郑吴殷晓,等. 大葱挥发油的提取工艺、GC-MS分析及抗菌活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(11):1863-1869,1897.  
[20]李翔,刘达玉,邹强,等. 洋葱精油提取工艺研究及化学成分GC/MS分析[J]. 中国调味品, 2013, 38(12):82-85.  
[21]伍燕,何元琴,易君明,等. 不同大蒜精油成分及生物活性对比分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(6):75-81,320.  
[22]李莎莉,徐帅,苏莹,等. 韭菜挥发油的提取及GC-MS分析[J]. 食品科技, 2019, 44(2):319-323.  
[23]刘艳灿. 超声辅助离子液体提取红葱头风味物质[D]. 广州:广州大学,2016.  
[24]NISHIMURA H, TAKAHASHI T, WIJAYA C, et al. Thermochemical transformation of sulfur compounds in Japanese domestic *Allium*, *Allium victorialis* L. [J]. BioFactors, 2000, 13(1-4):257-263.  
[25]王展华. 洋葱精油提取分析及保鲜效果研究[D]. 武汉:华中农业大学,2007.