

紫苏叶的化学成分、药理活性和质量控制研究进展

王馨平^{1#}, 聂黎行^{2#}, 康帅^{2*}, 马双成^{1,2} (1. 河北中医学院 河北省中药炮制技术创新中心, 石家庄 050200; 2. 中国食品药品检定研究院, 北京100050)

摘要 目的: 对紫苏叶的研究现状进行全面的综述, 为紫苏叶的进一步开发研究提供参考。方法: 通过文献研究法对近年来紫苏叶的化学成分、药理活性及质量控制研究进行梳理, 并提出相关建议。结果与结论: 从紫苏叶中分离或鉴定得到7类共200余个成分, 包括挥发油、黄酮、花青素、酚酸、三萜、氨基酸和糖共7类化合物, 其中以挥发油成分最为丰富。现代研究表明, 紫苏具有抗氧化、抗炎、抗菌、抗过敏、抗肿瘤、抗血栓、抗抑郁等丰富的药理作用。紫苏叶中挥发性成分主要采用HSGC/MS、GC-MS等方法测定, 迷迭香酸和多酚等非挥发性成分主要采用HPLC-PDA、UFLC-Q-TOF-MS等方法测定。《中华人民共和国药典》2020年版一部紫苏叶各论收载的质量控制项目可望进一步完善; 建议针对紫苏叶片颜色与其化学成分及质量的相关性开展系统研究。

关键词: 紫苏叶; 化学成分; 药理活性; 质量控制

中图分类号: R932 文献标识码: A 文章编号: 1002-7777(2023)10-1193-20
doi:10.16153/j.1002-7777.2023.10.011

Research Progress on the Chemical Constituents, Pharmacological Activity and Quality Control of Perillae Folium

Wang Xinping^{1#}, Nie Lixing^{2#}, Kang Shuai^{2*}, Ma Shuangcheng^{1,2} (1. Traditional Chinese Medicine Processing Technology Innovation Center of Hebei Province, Hebei University of Chinese Medicine, Shijiazhuang 050200, China; 2. National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050)

Abstract Objective: With the prospect to provide reference for further research, development of Perillae Folium, this article comprehensively reviewed the research progress of Perillae Folium. **Methods:** The research on chemical composition, pharmacological activity and quality control of *Perilla frutescens* leaves in recent years was reviewed by literature study, and put forward relevant suggestions. **Results and Conclusion:** Seven kinds of more than 200 components were isolated or identified from the leaves of *Perilla frutescens*, including volatile oil, flavonoids, anthocyanins, phenolic acids, triterpenes, amino acids and saccharides, among which the volatile oil is the most abundant component. Modern research shows that Perillae Folium also has rich pharmacological effects such as anti-oxidation, anti-inflammatory, antibacterial, anti-allergic, anti-tumor, anti-thrombotic, and anti-depressant. The volatile components in Perillae Folium are mainly determined by HSGC/MS, GC-MS and other methods, while the non-volatile components such as rosmarinic acid and polyphenols are mainly determined by

HPLC-PDA, UFLC-Q-TOF-MS and other methods. The quality control items of *Perillae Folium* in the *Chinese Pharmacopoeia* (2020 edition, Part 1) are expected to be further improved. It is suggested to carry out a systematic study on the correlation between the color of *Perillae Folium* and their chemical composition and quality.

Keywords: *Perillae Folium*; chemical constituents; pharmacological activities; quality control

紫苏 *Perilla frutescens* (L.) Britt. 为唇形科紫苏属植物, 为一年生、直立草本, 是一种传统的药食两用植物, 具有特异性香气, 其叶、茎、果实均可入药^[1], 在我国和东南亚各地广泛栽培, 南至印度尼西亚, 东至日本^[2]。紫苏最早记载于《尔雅》中, 最早入药记载于《名医别录》, 具有解表散寒、行气和胃的功效, 可用于风寒感冒、咳嗽呕恶、妊娠呕吐、鱼蟹中毒等^[3]; 也是著名的药食同源植物, 汉代以来就多有生食紫苏嫩叶及煲汤和做调味的记载^[4]。近年来, 被列入国家卫生部公布的《药食同源物品名录》。近代药理研究表明, 紫苏还具有抗氧化、抗炎、抗菌、抗过敏和抗肿瘤等药理作用。紫苏叶的药理作用与其化学成分密不可分, 目前已从紫苏叶中分离出226个成分, 类别较为丰富。本文对近年来紫苏叶的化学成分研究、药理活性概况

和质量控制现状进行梳理总结, 为紫苏叶的进一步研究提供参考。

1 化学成分研究

目前, 研究学者从紫苏叶中分离或通过气质联用在线鉴定得到200余个成分, 综合文献报道可主要归纳为挥发油类 (Volatile Oil Compounds)、黄酮类 (Flavonoid Compounds)、花青素类 (Anthocyanins)、酚酸类 (Phenolic Compounds)、三萜类 (Triterpenes)、氨基酸类 (Amino Acids) 和糖类 (Saccharides) 7大类 (见图1)。按化学成分类别, 对紫苏叶中200余个化学成分的中英文名称、分子式、精确分子量、结构式、参考文献等信息进行全面的整理, 为后续的研究建立基础。

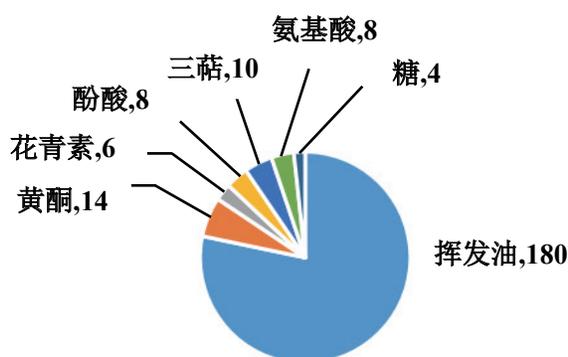


图1 紫苏叶中化合物类别及数量

1.1 挥发油类

紫苏叶中挥发油成分最为丰富, 也是其特异香气的来源, 根据其结构可细分为单萜类 (Monoterpenoids)、倍半萜类 (Sesquiterpenoids)、二萜类 (Diterpenoids)、芳香类 (Aromatic Compounds)、脂肪族类 (Aliphatic Compounds) 等亚类, 并以萜类成分为

主 (见图2)。

1.1.1 萜类挥发油

萜类挥发油是紫苏叶中分布最为丰富的一类化合物, 包括单萜类挥发油、倍半萜类挥发油和二萜类挥发油, 如紫苏烯 (Perillaldehyde)、紫苏醛 (Perillaldehyde) 等, 结构信息详见表1和图3。

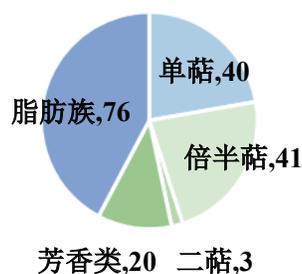


图2 紫苏叶中挥发油类别及数量

表1 紫苏叶中萜类挥发油的名称、分子式和精确分子量

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
AAA1	芳樟醇 (Linalool)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	5
AAA2	香薷酮 (Elsholtziaketone)	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	166.0994	6
AAA3	(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛 (α-Citral)	C ₁₀ H ₁₆ O	152.1201	7
AAA4	香叶醇 (Geraniol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	8
AAA5	月桂烯 (Myrcene)	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AAA6	cis-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AAA7	β-Citronellene	C ₁₀ H ₁₈	138.1409	8
AAA8	β-Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	8
AAA9	紫苏烯 (Perillaldehyde)	C ₁₀ H ₁₄ O	150.1045	8
AAB1	γ-松油烯 (γ-Terpinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	5
AAB2	异松油烯 (Terpinolene)	C ₁₀ H ₁₆	152.1201	7
AAB3	β-松油烯 (β-Terpinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AAB4	α-松油醇 (α-Terpineol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	8
AAB5	4-萜烯醇 (Terpinen-4-ol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	8
AAB6	紫苏醛 (Perillaldehyde)	C ₁₀ H ₁₄ O	150.1045	5
AAB7	紫苏醇 (Perilla alcohol)	C ₁₀ H ₁₆ O	152.1201	7
AAB8	紫苏酸 (Perillic acid)	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	166.0994	9
AAB9	薄荷醇 (Menthol)	C ₁₀ H ₂₀ O	156.1514	8
AAB10	1,8-桉叶素 (1,8-Cineole)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	10
AAB11	香芹酮 (Carvone)	C ₁₀ H ₁₄ O	150.1045	11
AAB12	4-异丙基苯甲醛 (Cuminaldehyde)	C ₁₀ H ₁₂ O	148.0888	12
AAB13	二氢香芹醇 (Dihydrocarveol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	8

续表 1

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
AAB14	顺-5-甲基-2-(1-甲基乙基)环己酮 (Isomenthone)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	8
AAB15	胡薄荷酮 (Menthone)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	8
AAB16	3-甲基-6-(丙烯-2-亚丙基)环己-2-烯酮 (Piperitenone)	C ₁₀ H ₁₄ O	150.1045	8
AAB17	(-)-4-萜品醇 (<i>p</i> -Menth-1-en-4-ol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	7
AAB18	<i>p</i> -Mentha-3,8-diene	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AAB19	1-亚甲基-4-(1-甲基乙烯基)环己烷 (Pseudolimonene)	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AAB20	长叶薄荷酮 (Pulegone)	C ₁₀ H ₁₆ O	152.1201	8
AAB21	α-蒎烯 (α-Pinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	7
AAB22	β-蒎烯 (β-Pinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	7
AAB23	β-环柠檬醛 (β-Cyclocitral)	C ₁₀ H ₁₆ O	152.1201	11
AAB24	3-异丙基-6-亚甲基-1-环己烯 (β-Phellandrene)	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	7
AAB25	γ-Pyronene (1,5,5-Trimethyl-6-methylenecyclohexene)	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AAB26	Isolimonene	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AAB27	Isopulegone	C ₁₀ H ₁₆ O	152.1201	8
AAB28	Limonene	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AAB29	Limonene oxide	C ₁₀ H ₁₆ O	152.1201	11
AAB30	<i>m</i> -Mentha-6,8-diene	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	7
AAB31	<i>trans</i> -Shisool	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	7
ABA1	法尼醇 (Farnesol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.1984	8
ABA2	α-法尼烯 (α-Farnesene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABA3	β-法尼烯 (β-Farnesene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABA4	橙花叔醇 (Nerolidol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.1984	13
ABA5	反式-橙花叔醇 (<i>trans</i> -Nerolidol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.1984	14
ABA6	顺式-橙花叔醇 (<i>cis</i> -Nerolidol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.1984	8
ABA7	篮桉醇 (tau-Muurolol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.1984	5
ABB1	榄香烯 (Elemene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	5
ABB2	β-榄香烯 (β-Elemene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	15
ABB3	2,4,6-Triisopropylphenol	C ₁₅ H ₂₄ O	220.1827	7
ABB4	大牛儿烯 D (Germacrene D)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	7
ABB5	α-律草烯 (α-Caryophyllene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	7

续表 1

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
ABB6	Elixene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	15
ABB7	δ-Elemene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABB8	Humulene epoxide II	C ₁₅ H ₂₄ O	220.1827	8
ABB9	cis-Lanceol	C ₁₅ H ₂₄ O	220.1827	7
ABC1	β-瑟林烯 (β-Selinene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC2	反式-石竹烯 (trans-Caryophyllene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	5
ABC3	石竹酮 (Caryophyllene oxide)	C ₁₅ H ₂₄ O	220.1827	8
ABC4	δ-Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC5	白菖烯 (Calarene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC6	佛术烯 (Eremophilene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC7	长叶烯 (Longifolene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC8	桉油烯醇 (Spathulenol)	C ₁₅ H ₂₄ O	220.1827	15
ABC9	巴伦西亚橘烯 (Valencene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC10	绿花白千层醇 (Viridiflorol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.1984	8
ABC11	α-布藜烯 (α-Bulnesene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC12	α-毕橙茄醇 (α-Cadinol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.1984	7
ABC13	α-Patchoulene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC14	愈创木烯 (β-Guaiene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	7
ABC15	β-Gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC16	Patchoulane	C ₁₅ H ₂₆	206.2035	8
ABC17	Cadina-3,9-diene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	7
ABC18	α-Cubebene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	16
ABC19	Alloaromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC20	ε-Muurolene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC21	Viridiflorene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABC22	β-Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ABD1	α-Copaene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
ACA1	叶绿醇 (Phytol)	C ₂₀ H ₄₀ O	296.3079	15
ACA2	新植二烯 (Neophytadiene)	C ₂₀ H ₃₈	278.2974	17
ACB1	穿心莲内酯 (Andrographolide)	C ₂₀ H ₃₀ O ₅	350.2093	17

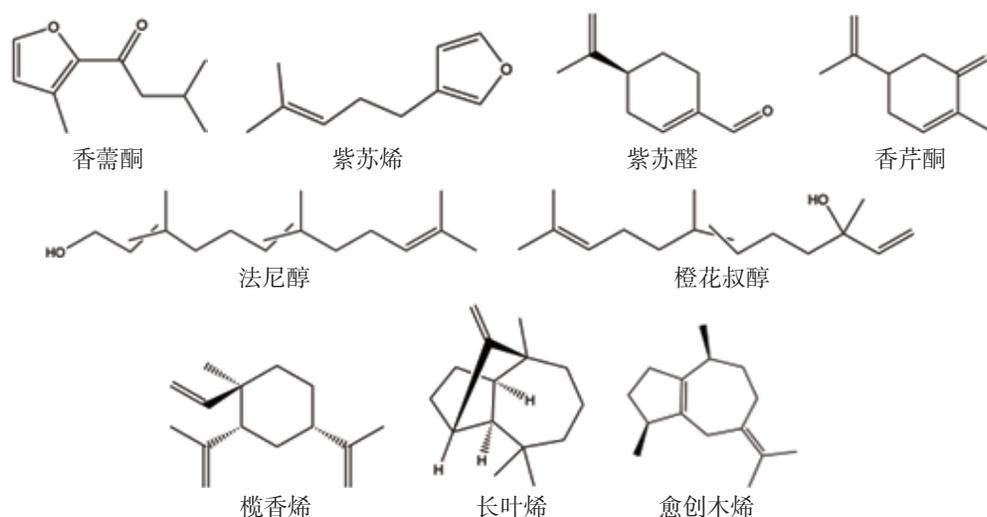


图3 紫苏叶中代表性萜类挥发油化学结构

1.1.2 芳香族类挥发油

除萜类挥发油外，紫苏叶中还分离得到含有苯环结构的芳香族类挥发油（Aromatic

Compounds），包括芹菜脑（Apiol）、肉豆蔻醚（Myristicin）等，结构信息详见表2和图4。

表2 紫苏叶中芳香族类化合物的名称、分子式和精确分子量

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
AD1	芹菜脑 (Apiol)	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	222.0892	10
AD2	肉豆蔻醚 (Myristicin)	C ₁₁ H ₁₂ O ₃	192.0786	8
AD3	苯乙烯 (Styrene)	C ₈ H ₈	104.0626	8
AD4	3,5-二乙基甲苯 (3,5-Diethyl-toluene)	C ₁₁ H ₁₆	148.1252	7
AD5	对叔戊基苯酚 (4-Tert-pentylphenol)	C ₁₁ H ₁₆ O	164.1201	7
AD6	苯乙酮 (Acetophenone)	C ₈ H ₈ O	120.0575	7
AD7	乙酸丁香酚酯 (Acetyl Eugenol)	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	206.0943	7
AD8	α-细辛脑 (Asarone)	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	208.1099	8
AD9	β-细辛脑 (cis-Asarone)	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	208.1099	8
AD10	榄香素 (Elemicin)	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	208.1099	8
AD11	异榄香素 (Isoelemicin)	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	208.1099	8
AD12	异丁香酚 (Isoeugenol)	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164.0837	8
AD13	甲基丁香酚 (Methyl Eugenol)	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	178.0994	8
AD14	4-烯丙基苯甲醚 (5-Methyl Chavicol)	C ₁₀ H ₁₂ O	148.0888	12
AD15	邻苯二甲酸 (1,2-Benzenedicarboxylic Acid)	C ₈ H ₆ O ₄	166.0266	15
AD16	苯甲醛 (Benzaldehyde)	C ₇ H ₆ O	106.0419	8
AD17	2-Methoxy-3-propenyl-phenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164.0837	15
AD18	苯乙醛 (Benzene Acetaldehyde)	C ₈ H ₈ O	120.0575	7
AD19	紫苏酮 (Sageone)	C ₁₉ H ₂₄ O ₃	300.1725	18

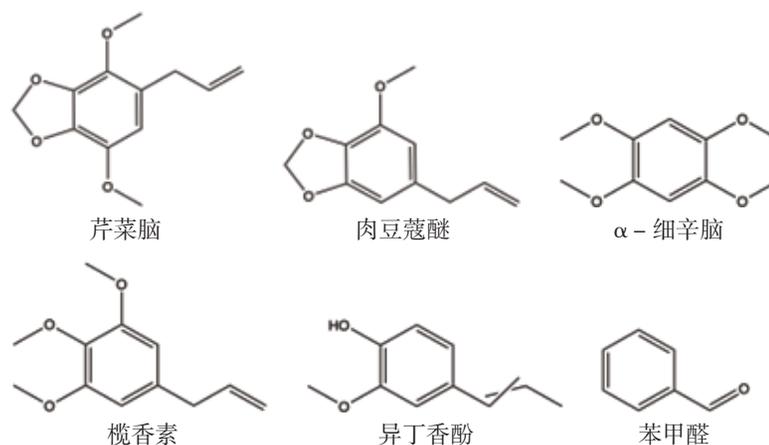


图 4 紫苏叶中代表性芳香族类挥发油化学结构

1.1.3 脂肪族类挥发油

此外，紫苏叶中还有大量的脂肪族类挥发油 (Aliphatic Compounds)，如乙酸龙脑酯 (Bornyl

Acetate)、氧化芳樟醇 (Linalool Oxide) 等，结构信息详见表3和图5。

表 3 紫苏叶中脂肪族类挥发油的名称、分子式和精确分子量

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
AE1	1,10- 癸二醇 (1,10-Decanediol)	C ₁₀ H ₂₂ O ₂	174.1620	8
AE2	10- 十一炔醇 (10-Undecyn-1-ol)	C ₁₁ H ₂₀ O	168.1514	8
AE3	1-Cyclohexane-1-carboxaldehyde	C ₇ H ₁₀ O	110.0732	15
AE4	1- 辛烯 -3- 醇 (1-Octen-3-ol)	C ₈ H ₁₆ O	128.1201	7
AE5	2,2- 二甲基戊烷 (2,2-Dimethylpentane)	C ₇ H ₁₆	132.1150	8
AE6	(E,E)-2,4- 己二烯醛 (2,4-Hexadienal)	C ₆ H ₈ O	96.0575	7
AE7	5- 甲基 -2- 乙酰基呋喃 (2-Acetyl-5-methyl Furan)	C ₇ H ₈ O ₂	124.0524	12
AE8	2- 乙酰基呋喃 (2-Acetylfuran)	C ₆ H ₆ O ₂	110.0368	8
AE9	丁胺 (2-Butylamine)	C ₄ H ₁₁ N	73.0891	8
AE10	2- 环戊烯酮 (2-Cyclopentenone)	C ₅ H ₆ O	66.0470	8
AE11	2- 乙基金刚烷 (2-Ethyladamantane)	C ₁₂ H ₂₀	164.1565	7
AE12	正戊基 2- 呋喃酮 (2-Hexanoylfuran)	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	166.0993	8
AE13	2- 己烯醛 (2-Hexenal)	C ₆ H ₁₀ O	98.0732	7
AE14	2- 羟基吡啶 (2-Hydroxypyridine)	C ₅ H ₅ NO	95.0371	8
AE15	甲基环戊烯醇酮 (2-Methyl-2-cyclopentenone)	C ₆ H ₈ O	96.0575	8
AE16	2- 甲基环戊酮 (2-Methylcyclopentanone)	C ₆ H ₁₀ O	98.0732	8
AE17	2- 壬炔 (2-Nonyne)	C ₉ H ₁₆	124.1252	8
AE18	3- 辛醇 (3-Octanol)	C ₈ H ₁₈ O	114.1409	11

续表 3

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
AE19	4,4- 二甲基 -2- 环戊烯 -1- 酮 (4,4-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one)	C ₇ H ₁₀ O	110.0732	8
AE20	乙酸龙脑酯 (Bornyl Acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196.1463	7
AE21	环庚烷 (Cycloheptane)	C ₇ H ₁₄	98.1096	8
AE22	环己酮 (Cyclohexanone)	C ₆ H ₁₀ O	98.0732	8
AE23	癸烷 (Decane)	C ₁₀ H ₂₂	142.1722	8
AE24	乙酸二氢葛缕酯 (Dihydrocarveol Acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196.1463	8
AE25	十二烷 (Dodecane)	C ₁₂ H ₂₆	170.2035	8
AE26	Furfuryl Alcohol	C ₅ H ₆ O ₂	98.0368	8
AE27	正二十一烷 (Heneicosane)	C ₂₁ H ₄₄	296.3443	8
AE28	1- 十六烯 (Hexadecane)	C ₁₆ H ₃₂	224.2504	8
AE29	乙酸异龙脑酯 (Isobornyl Acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196.1463	7
AE30	异白苏烯酮 (Isoegomaketone)	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164.0837	6
AE31	Laurolene	C ₈ H ₁₄	110.1096	8
AE32	氧化芳樟醇 (Linalool Oxide)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.1307	11
AE33	5,6- 二氢 -6- 戊基 -2H- 吡喃 -2- 酮 (Massoia Lactone)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196.1463	8
AE34	(E)-3,7- 二甲基 -2,6- 辛二烯酸甲酯 (Methyl Geranate)	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	182.1307	7
AE35	6- 甲基 -5- 庚烯 -2- 酮 (Methyl Heptenone)	C ₈ H ₁₄ O	126.1045	8
AE36	异丁香酚甲醚 (Methyl Isoeugenol)	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	178.0994	8
AE37	β- 去氢香薷酮 (Naginata Ketone)	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164.0837	8
AE38	(Z)-3,7- 二甲基 -2,6- 辛二烯 -1- 醇乙酸酯 (Nerol Acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196.1463	8
AE39	正十七烷 (n-Heptadecane)	C ₁₇ H ₃₆	240.2817	8
AE40	正二十九烷 (Nonacosane)	C ₂₉ H ₆₀	408.4695	7
AE41	Nonane	C ₉ H ₂₀	128.1565	8
AE42	正二十三烷 (n-Tricosane)	C ₂₃ H ₄₈	324.3756	8
AE43	二十八烷 (Octacosane)	C ₂₈ H ₅₈	394.4539	7
AE44	二十五烷 (Pentacosane)	C ₂₅ H ₅₂	352.4069	8
AE45	Perilla ketone	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	166.0994	7
AE46	植酮 (Phytone)	C ₁₈ H ₃₆ O	268.2766	8
AE47	正三十烷 (Triacontane)	C ₃₀ H ₆₂	422.4852	7
AE48	十三烷 (Tridecane)	C ₁₃ H ₂₈	184.2191	8

续表 3

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
AE49	β -紫罗兰酮 (β -Ionone)	C ₁₃ H ₂₀ O	192.1514	8
AE50	反式角鲨烯 (All- <i>trans</i> -squalene)	C ₃₀ H ₅₀	410.3913	7
AE51	顺乙酸-3-己烯酯 ((<i>Z</i>)-3-Hexenyl Acetate)	C ₈ H ₁₄ O ₂	178.0994	7
AE52	10-十一炔醇 (10-Undecyn-1-ol)	C ₁₁ H ₂₀ O	168.1514	8
AE53	1-Cyclohexene-1-methanol	C ₇ H ₁₂ O	112.0888	8
AE54	乙酸松油酯 (α -Terpinyl Acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196.1463	12
AE55	茨烷 (Camphane)	C ₁₀ H ₁₈	138.1409	8
AE56	<i>cis</i> -Verbenol	C ₁₀ H ₁₆ O	152.1201	8
AE57	Cosmene	C ₁₀ H ₁₄	134.1096	8
AE58	白苏烯酮 (Egomaketone)	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164.0837	11
AE59	桉叶油醇 (Eucalyptol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	8
AE60	柠檬烯环氧化物 (Limonene Oxide, <i>trans</i>)	C ₁₀ H ₁₆ O	152.1201	11
AE61	6-甲基-5-庚烯-2-酮 (Methyl Heptenone)	C ₈ H ₁₄ O	126.1045	8
AE62	Santolina Triene	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AE63	蒎紫红素 (Thujyl Alcohol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.1358	8
AE64	β -石竹烯 (β -Caryophyllene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
AE65	α -律草烯 (Caryophyllene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
AE66	(+)- α -檀香醇 (α -Santalol)	C ₁₅ H ₂₄ O	220.1827	8
AE67	β -波旁烯 (β -Bourbonene)	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
AE68	1-(3-Cyclohexen-1-yl)-2,2-dimethyl-1-propanone	C ₁₁ H ₁₈ O	166.1358	7
AE69	2-Isopropylidene-3-methyl-hexa-3,5-dienal	C ₁₀ H ₁₄ O	150.1045	7
AE70	Germacrene <i>D</i> -4-ol	C ₁₅ H ₂₆ O	222.1984	7
AE71	Isocaryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	8
AE72	Linalool oxide, <i>trans</i>	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.1307	11
AE73	Longipinocarvone	C ₁₅ H ₂₂ O	203.1722	7
AE74	α -Fenchene	C ₁₀ H ₁₆	136.1252	8
AE75	β -Cubebene	C ₁₅ H ₂₄	204.1878	12
AE76	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	220.1827	8

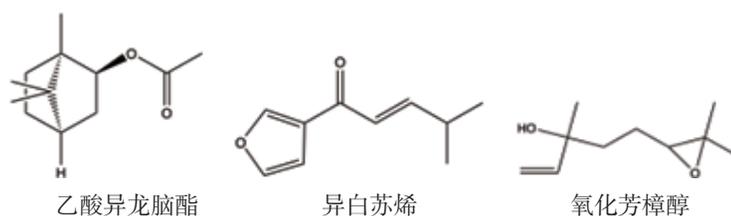


图5 紫苏叶中代表性脂肪族类挥发油化学结构

1.2 黄酮类化合物

黄酮类 (Flavonoid) 是紫苏叶中含量第二丰富的化合物。根据三碳链的氧化程度, 主要可以细分为黄酮类 (Flavonoids)、黄酮醇

类 (Flavonols)、黄烷醇类 (Flavanols) 3个亚类, 并主要以黄酮类为主 (见图6), 如芹菜素 (Apigenin)、野黄芩苷 (Scutellarein-7-O-glucuronide) 等。结构信息详见表4和图7。

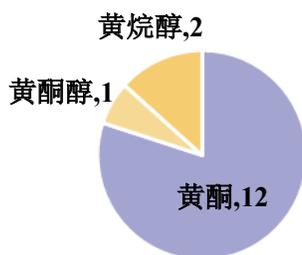


图6 紫苏叶中黄酮类化合物类别及数量

表4 紫苏叶中黄酮类化合物的名称、分子式和精确分子量

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
BA1	芹菜素 (Apigenin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	270.0528	19
BA3	木犀草素 (Luteolin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.0477	19
BA4	Apigenin-7-O-caffeoylglucoside	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	270.0528	20
BA5	芹菜素-7-O-二葡萄糖苷酸 (Apigenin-7-O-diglucuronide)	C ₂₇ H ₂₆ O ₁₇	622.1170	20
BA6	木犀草素-7-O-葡萄糖醛酸苷 (Luteolin-7-O-glucuronide)	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₂	462.0798	20
BA7	木犀草素-7-O-二葡萄糖苷酸 (Luteolin-7-O-diglucuronide)	C ₂₇ H ₂₆ O ₁₈	638.1119	20
BA8	野黄芩素 (Scutellarein)	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.0477	20
BA9	野黄芩素-7-O-二葡萄糖苷酸 (Scutellarein-7-O-diglucuronide)	C ₂₇ H ₂₆ O ₁₈	638.1119	20
BA10	芹菜素-7-O-葡萄糖醛酸 (Apigenin-7-O-glucuronide)	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₁	462.0798	21
BA11	木犀草苷 (Luteolin-7-O-glucoside)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	448.1006	21
BA12	野黄芩苷 (Scutellarein-7-O-glucuronide)	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₂	462.0798	21
BB1	槲皮素 (Quercetin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	302.0427	22
BC1	(+)-儿茶素 ((+)-Catechin)	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.0790	23
BC2	儿茶素 (Catechin)	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.0790	23

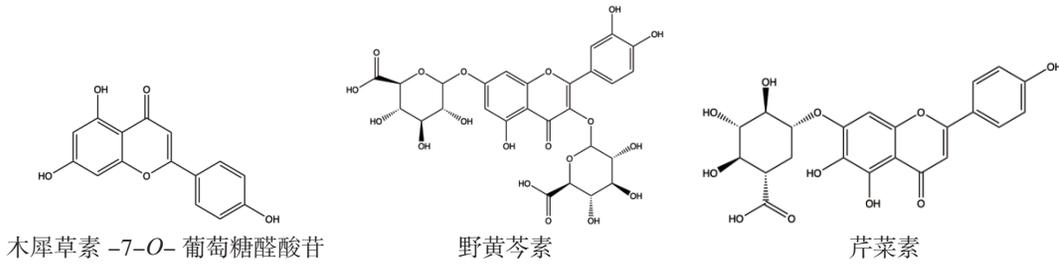


图 7 紫苏叶中代表性黄酮类化合物化学结构

1.3 花青素类化合物

花青素类化合物 (Anthocyanins) 是紫苏叶中含量并列第二丰富的化合物类别, 包括紫苏宁

(Shisonin)、花青苷 (Cyanin) 等, 结构信息详见表5和图8。

表 5 紫苏叶中花青素类化合物的名称、分子式和精确分子量

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
C1	紫苏宁 (Shisonin)	$C_{36}H_{37}O_{18}$	792.1668	24
C2	天竺葵苷 (Pelargonidin)	$C_{15}H_{11}O_5$	306.0295	24
C3	飞燕草素-3-阿拉伯糖苷 (Delphinidin-3-arabinoside)	$C_{20}H_{19}O_{11}$	435.0927	24
C4	cis-Shisonin	$C_{16}H_{16}O_5$	288.0998	20
C5	Cyanidin-3-O-caffeoylglucoside-5-O-glucoside	$C_{15}H_{11}O_6$	287.0556	21
C6	花青苷 (Cyanin)	$C_{29}H_{35}N_2$	411.2800	21

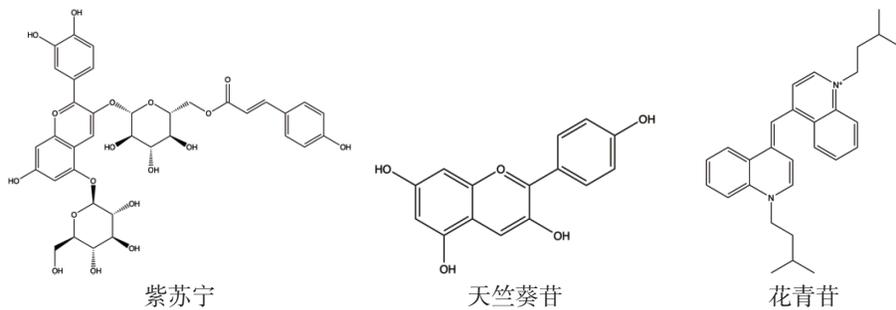


图 8 紫苏叶中代表性花青素类化合物化学结构

1.4 有机酸类化合物

紫苏叶中有机酸类 (Organic Acid) 化合物可以细分为迷迭香酸衍生物类、肉桂酸衍生物类和其

他类, 包括迷迭香酸 (Rosmarinic Acid)、咖啡酸 (Caffeic Acid) 等, 结构信息详见表6和图9。

表6 紫苏叶中有机酸类化合物的名称、分子式和精确分子量

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
DA1	迷迭香酸 (Rosmarinic Acid)	C ₁₈ H ₁₆ O ₈	360.0845	19
DA2	迷迭香酸甲酯 (Methyl Rosmarinate)	C ₁₉ H ₁₈ O ₈	374.1002	19
DA3	Coumaroyl Tartaric Acid	C ₁₃ H ₁₂ O ₈	296.0532	20
DB1	咖啡酸 (Caffeic Acid)	C ₉ H ₈ O ₄	180.0423	19
DB2	阿魏酸 (Ferulic Acid)	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	258.0376	23
DC1	对羟基苯甲醛 (<i>p</i> -Hydroxybenzaldehyde)	C ₇ H ₆ O ₂	122.0368	19
DC2	对羟基苯乙酮 (4'-Hydroxyacetophenone)	C ₈ H ₈ O ₂	136.0524	19
DC3	草酸 (Oxalic Acid)	C ₂ H ₂ O ₄	89.9953	25

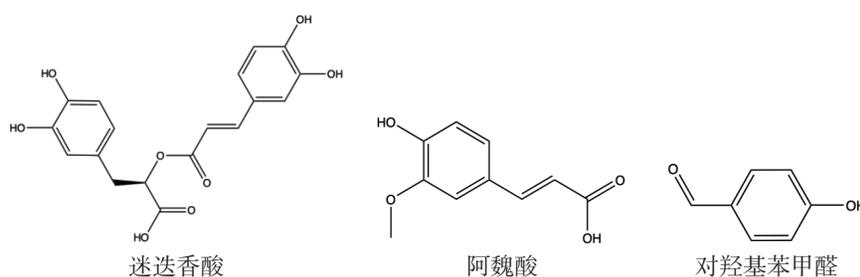


图9 紫苏叶中代表性酚酸类化合物化学结构

1.5 三萜类化合物

紫苏叶中含有齐墩果烷型和熊果烷型三萜 (Triterpenes) 化合物, 包括齐墩果酸 (Oleanolic

Acid)、熊果酸 (Ursolic Acid) 等, 结构信息详见表7和图10。

表7 紫苏叶中三萜类化合物的名称、分子式和精确分子量

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
EA1	齐墩果酸 (Oleanolic Acid)	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	456.3603	26
EA2	3-表山楂酸 (3-Epimaslinic Acid)	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	472.3553	26
EA3	马斯里酸 (Maslinic Acid)	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	472.3553	27
EA4	香树脂醇 (Amyrin)	C ₃₀ H ₅₀ O	426.3862	27
EA5	Augustic Acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	472.3553	26
EB1	熊果酸 (Ursolic Acid)	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	456.3603	26
EB2	科罗索酸 (Corosolic Acid)	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	472.3553	26
EB3	2A,19A-二羟基熊果酸 (Tormentic Acid)	C ₃₀ H ₄₈ O ₅	488.3502	26
EB4	(2 α ,3 α)-2,3-二羟基乌苏-12-烯-28-酸 (3-Epicorosolic Acid)	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	472.3553	26
EB5	坡模酸 (Pomolic Acid)	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	472.3553	26

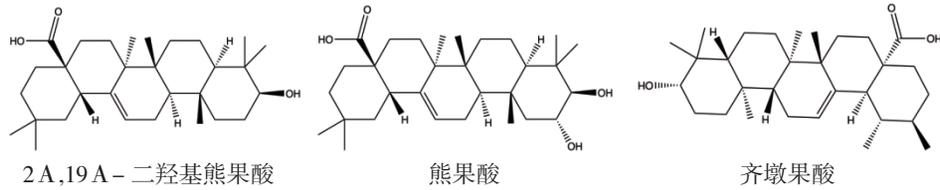


图 10 紫苏叶中代表性三萜类化合物化学结构

1.6 氨基酸类化合物

紫苏叶中分离得到的氨基酸 (Amino Acids) 类化合物包括天冬酰胺 (Asparagine)、丙氨酸 (Alanine) 等, 结构信息详见表8和图11。

1.7 糖类化合物

紫苏叶中分离得到的糖类 (Saccharides) 化合物较少, 其结构信息详见表9。

表 8 紫苏叶中氨基酸类化合物的名称、分子式和精确分子量

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
F1	γ-氨基丁酸 (γ-Amino Butyric acid)	C ₄ H ₉ NO ₂	103.0633	28
F2	天冬酰胺 (Asparagine)	C ₄ H ₈ N ₂ O ₃	132.0535	28
F3	柠檬酸盐 (Citrate)	C ₆ H ₅ O ₇	189.0035	28
F4	苹果酸盐 (Malate)	C ₄ H ₄ O ₅	132.0059	28
F5	琥珀酸根 (Succinate)	C ₄ H ₄ O ₄	116.0110	28
F6	丙氨酸 (Alanine)	C ₃ H ₇ NO ₂	89.0477	28
F7	苏氨酸 (Threonine)	C ₄ H ₉ NO ₃	119.0582	28
F8	缬氨酸 (Valine)	C ₅ H ₁₁ NO ₂	117.0790	28

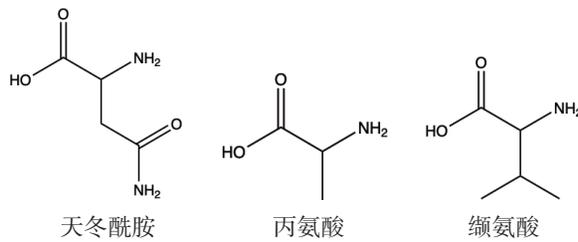


图 11 紫苏叶中代表性氨基酸类化合物化学结构

表 9 紫苏叶中糖类化合物的名称、分子式和精确分子量

编号	化合物名称	分子式	精确分子量	参考文献
G1	蔗糖 (Sucrose)	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	342.1162	28
G2	葡萄糖 (Glucose)	C ₆ H ₁₂ O ₆	180.0634	28
G3	果糖 (Fructose)	C ₆ H ₁₂ O ₆	180.0634	28

2 药理活性

紫苏叶味辛性温, 归肺、脾经, 具有解表散寒, 行气和胃的功效, 可用于风寒感冒, 咳嗽呕

恶, 妊娠呕吐, 鱼蟹中毒等。现代研究表明, 紫苏具有抗氧化、抗炎、抗菌、抗过敏、抗肿瘤、抗血栓、抗抑郁等丰富的药理作用。

2.1 抗氧化作用

紫苏叶的提取物具有良好的抗氧化作用。研究表明,紫苏叶的水提取物^[29]、醇提取物^[30-31]及提取得到的花青素^[32]、黄酮^[33]、挥发油^[34]均可清除OH⁻、O₂⁻、DPPH氧化自由基,从而发挥抗氧化作用。Yang等^[35]发现紫苏叶水提取物能够降低谷胱甘肽和丙二醛等氧化应激指标,从而对大鼠肝脏氧化损伤具有一定保护作用。马丽娜等^[36]发现紫苏叶中总黄酮能明显提高HK-2细胞内过氧化氢酶、活化氧和谷胱甘肽过氧化物酶等抗氧化酶的活性,从而有潜在的治疗慢性肾病的能力。

2.2 抗炎作用

研究表明,紫苏叶对急、慢性炎症,局部组织和全身炎症有一定的治疗作用,其抗炎的活性物质为挥发油、黄酮和酚酸^[37]等。紫苏叶水提取物对粉尘螨(Dermatophagoides Farinae Extract, DFE)引起的小鼠皮炎也有改善作用,能抑制表皮和真皮层的增生和炎症细胞的浸润,降低血清骨膜素和胸腺的胸腺活化调节趋化因子(Thymus Activation Regulates Chemokines, TARC)水平,抑制脾T细胞的CD4⁺/CD8⁺比率^[38]。紫苏叶中异麦芽酮能够抑制细菌脂多糖(Lipopolysaccharide, LPS)刺激RAW264.7细胞产生NO、MCP-1、IL-6,表明异麦芽酮具有体外抗炎活性,且超临界二氧化碳萃取的异麦芽酮含量较醇提取物高^[39]。紫苏叶水煎剂能抑制由静脉注射抗胸腺细胞血清诱导的肾炎大鼠中肾小球系膜细胞的增殖,机制为通过细胞炎症因子的产生抑制巨噬细胞和单核细胞渗透到肾小球中,并抑制循环细胞因子或增长因子的产生^[40]。

2.3 抗菌作用

紫苏叶对革兰阳性球菌具有良好的抗菌活性,其抗菌的活性成分为挥发油、黄酮、酚酸^[37]、萜类等化合物。紫苏叶水提取物对金黄色葡萄球菌具有良好的抑制作用,最低抑菌浓度(Minimal Inhibitory Concentration, MIC)为0.3125 g·L⁻¹^[41]。紫苏叶的水浸液、水煎液、醇提液对大肠埃希菌、枯草芽孢杆菌、八叠球菌、金黄色葡萄球菌均有抑制作用,其中水浸液效果较好,对枯草杆菌的抑制作用最显著, MIC为62.5 g·L⁻¹^[42]。魏磊等^[43]从紫苏叶中提取得到三萜类化合物,并发现其对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌及铜绿假单胞菌的MIC分别为0.48、0.97、0.97 g·L⁻¹。

2.4 抗过敏作用

紫苏叶醇提取物可降低鸡卵白蛋白(Ovalbumin, OVA)致敏小鼠血清、脾脏和鼻黏膜IgE以及组胺水平,抑制IL-1β、IL-6、NF-κB、Caspase-1等的表达,使肥大细胞和嗜酸性粒细胞浸润增加,从而改善过敏性鼻炎和过敏性鼻炎性鼻炎^[44],能抑制尘螨致敏的小鼠肺中IL-4和IL-5以及嗜酸性细胞活化趋化因子的蛋白表达,抑制小鼠气道周围的嗜酸性粒细胞数量,从而改善过敏性哮喘^[45]。

2.5 抗肿瘤作用

紫苏叶提取物中主要成分如挥发油、迷迭香酸^[37]、黄酮类^[46]、花色苷等对肿瘤细胞有一定的抑制作用。紫苏叶挥发油对人肺癌LTP-α-2细胞有一定的抑制作用,且呈剂量和时间依赖性,在20~30 g·L⁻¹时抑制效果最好^[47]。采用提取离子色谱分析技术等从紫苏叶花色苷提取物中分离出7种花色苷,用流式细胞仪检测其对宫颈癌HeLa细胞凋亡的影响,结果发现花色苷提取物能诱导HeLa细胞凋亡,且具有剂量依赖性^[48]。

2.6 抗血栓作用

药理研究显示,紫苏叶中黄酮类化合物的酚羟基结构是清除自由基和活性氧的重要药效基础^[49]。迷迭香酸是紫苏叶中重要的有效成分之一,具有清除自由基、抗脂质过氧化、抗血栓、抗炎症和抑制血小板凝集等作用^[50]。紫苏叶可以通过多种作用机制来防治动脉粥样硬化^[51]。谭健民^[51]利用高脂肪、高胆固醇饲料诱食建立家兔动脉粥样硬化动物模型,观察紫苏叶提取物对家兔动脉粥样硬化的影响,并对其作用机制进行初步探究;实验证明,紫苏叶提取物具有良好的抗动脉粥样硬化与高脂性脂肪肝效果,作用机制可能与其能有效地调节血脂、抗脂质过氧化作用有关。徐在品等^[52]研究了紫苏叶提取物对血液流变学参数的影响;数据显示,紫苏叶的提取物均能显著降低全血黏度、全血还原黏度及红细胞聚集性。

2.7 抗抑郁作用

研究认为,紫苏叶中的迷迭香酸、紫苏醛等物质具有抗抑郁作用。小鼠强迫游泳实验证明,紫苏叶的提取物能显著减少实验小鼠静止持续时间,产生抗抑郁作用,其中的活性成分为迷迭香酸及其代谢产物咖啡酸^[53]。Takeda等^[54]进一步验证迷迭香酸具有抗抑郁活性,可以有效地减少小鼠的不动

性。Ito等^[55]发现,在发挥抗抑郁作用的同时,迷迭香酸可剂量依赖性地促进小鼠海马齿状回新生细胞的增殖,由此推断迷迭香酸的抗抑郁作用可能与促进海马齿状回细胞的增殖有关。

3 质量控制现状

3.1 紫苏变种及挥发油化学型分类

紫苏 (*Perilla frutescens* (L.)Britt.)为唇形科紫苏属一年生、直立草本植物。紫苏种下包含4个变种,分别为紫苏(原变种)*P. frutescens* var. *frutescens* (L.) Britt.、野生紫苏*P. frutescens* var. *acuta* (Thunb.) Kudo、耳齿紫苏*P. frutescens* var. *auriculato-dentata* C.Y.Wu et Hsuan ex H.W.Li.和回回苏*P. frutescens* var. *crispa* (Thunb.) Hand.-Mazz.^[2]。其中,紫苏(原变种)又包括两面紫色或一面紫色一面绿色的紫苏以及两面绿色的白苏。挥发油是紫苏叶中的主要成分,不同来源紫苏的挥发油根据主成分的不同被划分为不同的化学型,如PA型以紫苏醛、柠檬烯为主,有时也含有微量紫苏醛;PK型以紫苏酮为主,同时也含有微量紫苏醛;PAPK型既含有紫苏醛和柠檬烯,也含有紫苏酮;PL型以紫苏烯为主;PP型以芳香类成分为主,分为PP-a型(主要成分为芹菜脑)、PP-m型(主要成分为肉

豆蔻醚)、PP-e型(主要成分为榄香烯)、PP-as型(主要成分为细辛脑);PT型主要成分为薄荷烯酮及柠檬烯;EK型主要成分为香薷酮;F型主要成分为2-己酰呋喃。

3.2 紫苏叶的标准收载情况

《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》)2020年版和《日本药局方》16版均收载紫苏叶标准,但各项目内容有所不同:《中国药典》使用的紫苏叶基原均为唇形科植物紫苏,《日本药局方》则使用回回苏;《中国药典》规定的药用部位为干燥叶(或带嫩枝),《日本药局方》规定的药用部位为叶和枝尖;鉴别方面,《日本药局方》仅规定了紫苏醛的薄层鉴别,《中国药典》收载了粉末显微鉴别、理化鉴别和分别以紫苏醛对照品和紫苏叶对照药材为对照的2种薄层鉴别项;检查方面,除通则规定的项目外,《中国药典》紫苏叶各论收载了水分检查项,《日本药局方》规定了杂质、农残、水分、总灰分和酸不溶性灰分检查项;含量测定方面,《中国药典》测定总挥发油含量,《日本药局方》则分别以挥发性成分紫苏醛和非挥发性成分迷迭香酸为指标进行含量测定。详见表10。

表 10 紫苏叶的标准收载情况

标准项目	植物来源	鉴别	检查	浸出物	含量测定
《中国药典》2020年版	唇形科植物紫苏 <i>Perilla frutescens</i> (L.)Britt. 的干燥叶(或带嫩枝)	(1)粉末显微鉴别;(2)理化鉴别:叶表面制片。表皮细胞加盐酸溶液,立即显红色;或滴加氢氧化钾溶液,即显鲜绿色,后变为黄绿色;(3)薄层鉴别:应检出与紫苏醛对照品相应的斑点;(4)薄层鉴别:应检出与紫苏叶对照药材相应的斑点。	(1)水分 $\leq 12.0\%$	/	挥发油 $\geq 0.40\%$ (mL·g ⁻¹)
《日本药局方》16版	唇形科植物 <i>P. frutescens</i> Britton var. <i>crispa</i> 的叶和枝尖	(1)薄层鉴别:应检出与紫苏醛对照品相应的斑点。	(1)杂质不得检出直径等于或大于3mm的茎;除紫苏茎以外杂质含量 $\leq 1.0\%$;(2)农残滴滴涕 $\leq 0.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,六六六 $\leq 0.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;(3)水分 $\leq 13.0\%$;(4)总灰分 $\leq 16.0\%$;(5)酸不溶性灰分 $\leq 2.5\%$ 。	/	紫苏醛 $\geq 0.08\%$

3.3 紫苏叶中挥发性成分的测定

魏长玲等^[56-58]对国内紫苏主产区的资源进行调查,并对其化学型进行分类。按照产出类型先分为野生资源和栽培资源两大类,栽培资源又按主要用途分为栽培药用资源、栽培籽用资源、栽培出口资源。对各产区采集的43批紫苏叶样品按所含挥发油进行分类,可分为PK、PA、PP、EK和PL 5个化学型;其中,野生资源化学型有PK型和PA型,以PK型居多;栽培药用资源的化学型种类包括全部5种类型,以PA型居多;栽培资源为PK型;栽培出口资源为PA型。紫苏3个变种中,紫苏变种*Perilla frutescens* var. *frutescens*包括5个化学型,以PK型最多,主要是绿色叶,PA型为紫色叶或绿色叶;野生紫苏变种*P. frutescens* var. *acuta*只有PK、PA型,以PK型居多,均为绿色叶,PA型为紫色叶。因此,无论是野生还是栽培紫苏,均以PK型和PA型为主,PK型更多,且与叶色呈现较好的相关性。

此外,不同生长时期挥发油得率大致为营养期>开花期>落叶期,营养期挥发油得率为PA型>PK型>PL型。陈家宝等^[59]分析不同种质紫苏叶挥发性成分的化学型,并探讨其种质、叶片颜色与化学型的关系,结果表明,30批不同种质紫苏叶样品可以分为4个化学型,分别为PP-e型、PK型、PP-a型和PA型;不同种质紫苏叶颜色特征结果显示,叶片颜色两面绿的白苏均为PK型,而叶片单面或两面紫的紫苏大多为PA型,耳齿紫苏多为PP-e型。

张琛武等^[60]研究不同种质紫苏中紫苏醛含量变化规律,结果表明,种质是影响紫苏醛含量的首要因素,采摘部位和采样日期次之,1天内的不同采摘时间则影响不大。

闫钰^[61]测定了紫苏原变种、野苏变种、回回苏变种的多个质量指标,结果显示,紫苏醛、紫苏酮、咖啡酸、野黄芩苷、迷迭香酸在样品中普遍存在,且含量为迷迭香酸>野黄芩苷>紫苏酮>紫苏醛>咖啡酸,不同基原间样品5个成分的含量无明显差异,提出紫苏叶现行质量标准中的水分、挥发油含量符合市场药材的平均水平,可继续沿用;并基于所有样品的灰分含量整体情况,建议总灰分和酸不溶性灰分分别不得高于16%和7%,水溶性浸出物(冷浸法)不得低于13%。

杨军辉等^[62]采用HSGC/MS法分析不同采收时间

紫苏叶中挥发性成分,发现10个主要活性成分的总量以8月较高,挥发性成分积累曲线最大峰值与传统采收期基本一致,8、9月份为紫苏叶的适宜采收期。

邢颖^[63]研究不同贮藏条件及贮藏时间对紫苏叶挥发油组分的影响,结果表明紫苏叶挥发油中的组分随着贮藏时间的延长,总含量呈下降趋势,50℃烘干紫苏叶的效果最好,阴干紫苏叶的效果最差。

3.4 紫苏叶中非挥发性成分的测定

落艳娇等^[64-65]对紫苏叶不同栽培年份和采收期2个酚类和6个黄酮类成分含量进行研究,结果表明PA、PK、PP-m、PP-a不同挥发油化学型的种质间总酚酸和总黄酮含量差异大,各成分含量为迷迭香酸>木犀草素-7-O-二葡萄糖醛酸苷>野黄芩素-7-O-葡萄糖醛酸苷>芹菜素-7-O-二葡萄糖醛酸苷>野黄芩素-7-O-二葡萄糖醛酸苷>木犀草素-7-O-葡萄糖醛酸苷>芹菜素-O-葡萄糖醛酸苷>咖啡酸;2个酚酸类成分含量在穗前期先降低,在开花结实期先升高再缓慢降低,在果熟期再次升高。黄亮辉等^[66]对不同采收期的双面及单面紫色紫苏叶和白苏叶进行迷迭香酸含量的测定,结果表明,双紫苏叶、单紫苏叶和白苏叶的最佳采收期均为8月。

邢颖^[63]研究不同干燥方法对紫苏色值及成分的影响,发现50℃烘干紫苏叶的颜色效果最好,真空冷冻干燥后紫苏叶的黄酮、多酚和迷迭香酸含量最高,阴干和烘干后紫苏叶挥发油含量最高。

路东波等^[67]以确定具有调节血脂活性的紫苏叶饮片作为饮片基准,以有效特征指标性成分作为质量表征基准点,构建紫苏叶质量评价模式。李丹阳等^[68]分别采用指纹图谱、UFLC-Q-TOF-MS定性鉴别及HPLC多指标成分定量结合聚类分析的方法对紫苏叶的特征性组分进行差异性分析,结果表明UFLC-Q-TOF-MS标定的21个特征峰成分的聚类分析可以将安徽太和、广东英德和河北安国3个产地紫苏叶药材进行区分。阳丽华^[69]采用高效液相色谱法测定13批不同产地紫苏叶药材中迷迭香酸的含量,结果表明不同产地的紫苏叶中迷迭香酸含量存在明显差异,且同一产地的紫苏叶中迷迭香酸含量也存在明显差别。

3.5 紫苏叶中无机元素的测定

骆璐^[70]检测68批紫苏叶中Cu、As、Cd、Hg、

Pb的残留量,其中Cu的残留范围为0.00~6.99 mg·kg⁻¹,As为0.00~3.85 mg·kg⁻¹,Cd为0.00~0.474 mg·kg⁻¹,Hg为0.00~2.165 mg·kg⁻¹,Pb为0.00~7.06 mg·kg⁻¹;68批紫苏叶来源于广西、湖南、河南、安徽、浙江、四川、江苏、湖北、广东、云南、江西,其中广东产紫苏叶的Cu、Cd、Hg、Pb残留量最低,湖南产紫苏叶的Cu、Hg、Pb残留量最高,紫苏叶的As残留量最低和最高值均来源于河南,四川产紫苏叶的Cd残留量最高,按所测样品中最高值计算,As和Hg的非致癌危害商(Hazard Quotient, HQ)分别为2.64和1.02,5个元素的总危害指数(Hazard Index, HI)为4.02,提示应关注该药材中重金属及有害元素的残留风险。上官海燕等^[71]检测紫苏叶中的微量元素含量,结果显示:As 0.262 μg·g⁻¹;Co 0.433 μg·g⁻¹;Cu 16.990 μg·g⁻¹;Fe 228.000 μg·g⁻¹;Hg 0.212 μg·g⁻¹;Mn 35.630 μg·g⁻¹;Mo 6.310 μg·g⁻¹;Ni 0.403 μg·g⁻¹;Pb 0.705 μg·g⁻¹;Sn 0.524 μg·g⁻¹;Zn 57.640 μg·g⁻¹。表明紫苏叶中有较为丰富的微量元素,Fe、Zn、Mn、Cu参与人体新陈代谢,调节人体免疫功能,有害重金属Pb含量符合标准,但Hg含量偏高,应当关注其残留风险。

3.6 紫苏叶的感官鉴别

闫钰^[40]对紫苏叶的颜色、气味与基原和含量进行关联性研究,通过肉眼对药材进行分类,最终发现,除紫苏酮外,面绿背紫样品的紫苏醛、咖啡酸、野黄芩苷、迷迭香酸含量都显著高于双面绿的样品($P<0.05$),提示紫苏叶中的紫色在一定程度上可能与紫苏醛、咖啡酸、野黄芩苷、迷迭香酸的含量有关;此外,还采用电子鼻对样品的气味进行测定,首先对紫苏气味信息与基缘关系进行研究,进行了不同基原样品的电子鼻检测值偏最小二乘法分析,结果显示相同基原的样品不能聚集在一起,分布较分散,说明样品的气味信息与基原之间关联不大,不同基原的样品之间气味信息没有明显差别。研究电子鼻检测出的气味信息与紫苏酮、紫苏醛、咖啡酸、野黄芩苷、迷迭香酸含量之间的关联,通过偏最小二乘法判别分析(Partial Least Squares Discrimination Analysis, PLS-DA)对紫苏叶5个成分的含量和电子鼻检测结果进行分析,结果显示样本分布较分散,含量测定相同聚类下的样

本不能较好地聚集,表明电子鼻检测出的气味信息与5个成分的含量之间关联不大。说明紫苏叶“气香者佳”的评价模式背后的理论依据有待更深入地研究和讨论。

4 结语和展望

本文对紫苏叶中挥发油、黄酮、花青素、酚酸、三萜、氨基酸和糖等7大类226个化合物的结构信息进行了详细的整理,并对其抗氧化、抗炎、抗菌、抗过敏、抗肿瘤、抗血栓、抗抑郁等药理作用加以概述,最后对其标准收载和质量控制现状进行了综述。《中国药典》2020年版一部紫苏叶各论收载的质量控制项目可望进一步完善,建议增设非挥发性成分的含量测定。此外,《中国药典》2020年版规定药用紫苏叶片应两面紫色,或一面紫一面绿色,建议针对叶片颜色与其化学成分及质量的相关性开展系统研究,以期对上述性状规定提供科学阐释和依据。

参考文献:

- [1] 于淑玲,张冬亭.紫苏的食药两用及其原理[J].安徽农业科学,2006,34(13):3047-3048.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志(第61卷)[M].北京:科学出版社,1978.
- [3] 中华人民共和国药典:一部[S].2020:354.
- [4] 宋宇.历史时期紫苏的种植与利用研究[J].信阳农林学院学报,2020,30(4):101-105.
- [5] 雷殷.中药紫苏叶挥发油的提取与气相色谱分析[D].长春:吉林大学,2006.
- [6] Baser KHC, Demirci B, Dönmez AA. Composition of the Essential Oil of *Perilla frutescens* (L.) Britton from Turkey[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2003, 18(2):122-123.
- [7] Huang B, Lei Y, Tang Y, et al. Comparison of HS-SPME with Hydrodistillation and SFE for the Analysis of the Volatile Compounds of Zisu and Baisu, Two Varietal Species of *Perilla frutescens* of Chinese Origin[J]. Food Chem, 2011, 125(1):268-275.
- [8] Tian J, Zeng X, Zhang S, et al. Regional Variation in Components and Antioxidant and Antifungal Activities of *Perilla frutescens* Essential Oils in China[J]. Industrial Crops & Products, 2014, 59:69-79.
- [9] Duelund L, Amiot A, Fillon A, et al. Influence of the

- Active Compounds of *Perilla frutescens* Leaves on Lipid Membranes[J]. Journal of Natural Products, 2012, 75 (2): 160-166.
- [10] 冯劼, 王薇, 余陈欢. 紫苏叶挥发油化学成分分析及其抗炎机制研究[J]. 海峡药学, 2011, 23 (5): 45-48.
- [11] Bumblauskiene L, Jakstas V, Janulis V, et al. Preliminary Analysis on Essential Oil Composition of *Perilla L.* Cultivated in Lithuania[J]. Acta Poloniae Pharmaceutica, 2009, 66: 409-413.
- [12] Omer EA, Khattab ME, Ibrahim ME, et al. First Cultivation Trial of *Perilla frutescens L.* in Egypt[J]. Flavour and Fragrance Journal. 1998, 13 (4): 221-225.
- [13] 崔向青, 赵淑平, 杨向竹, 等. 使用GC-MS技术分析紫苏挥发油成分[J]. 北京中医药大学学报, 2002, 25 (4): 46-47.
- [14] 唐英, 陈欣, 沈平嫵. 紫苏叶中挥发油类成分的指纹图谱研究[J]. 上海中医药杂志, 2013, 47 (9): 82-86.
- [15] Liu J, Wan Y, Zhao, Z, Chen H. Determination of the Content of Rosmarinic Acid by HPLC and Analytical Comparison of Volatile Constituents by GC-MS in Different parts of *Perilla frutescens (L.)*[J]. Chemistry Central Journal, 2013, 7 (1): 1-11.
- [16] Ghimire B K, Yoo J H, Yu C Y, et al. GC - MS Analysis of Volatile Compounds of *Perilla frutescens* Britton var. Japonica Accessions: Morphological and Seasonal Variability[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 2017, 10 (7): 643-651.
- [17] 喻世涛, 熊国玺, 程华, 等. 不同提取方法对紫苏叶挥发性成分的影响[J]. 南方农业学报, 2014, 45 (1): 108-111.
- [18] 温方方, 张昊, 姜鹏. 气相色谱同时测定紫苏叶油中紫苏烯、紫苏酮和紫苏醛含量[J]. 上海医药, 2022, 43 (11): 76-79.
- [19] 霍立娜, 王威, 刘洋, 等. 紫苏叶化学成分研究[J]. 中草药, 2016, 47 (1): 26-31.
- [20] Meng L, Lozano, Y F, Gaydou E M, et al. Antioxidant Activities of Polyphenols Extracted from *Perilla frutescens* Varieties[J]. Molecules, 2008, 14 (1): 133-140.
- [21] Yamazaki M, Nakajima J, Yamanashi M, et al. Metabolomics and Differential Gene Expression in Anthocyanin Chemovarietal Forms of *Perilla frutescens*[J]. Phytochemistry, 2003, 62 (6): 987-995.
- [22] 代沙. 紫苏叶抗氧化物质提取, 含量测定及抗氧化活性研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2013.
- [23] Peng Y, Ye J, Kong J. Determination of Phenolic Compounds in *Perilla frutescens L.* by Capillary Electrophoresis with Electrochemical Detection[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2005, 53 (21): 8141-8147.
- [24] 蔡宁晨. 紫苏叶花色苷的提取分析及其功能的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [25] Ogawa Y, Takahashi S, Kitagawa R. Oxalate Content in Common Japanese Foods[J]. 泌尿器科纪要, 1984, 30 (3): 305-310.
- [26] Banno N, Akihisa T, Tokuda H, et al. Triterpene Acids from the Leaves of *Perilla frutescens* and Their Anti-inflammatory and Antitumor-promoting Effects. Biosci[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2004, 68 (1): 85-90.
- [27] 孙也评. 紫苏叶提取物及其有效成分的抗菌活性研究[D]. 延吉: 延边大学, 2014.
- [28] Consonni R, Cagliani L R, Docimo T, et al. *Perilla frutescens (L.)* Britton: Honeybee Forage and Preliminary Results on the Metabolic Profiling by NMR Spectroscopy[J]. Natural Product Research, 2013, 27 (19): 1743-1748.
- [29] 常通, 田超, 王虹. 对两种紫苏叶提取物抗氧化能力的研究分析[J]. 山东化工, 2016, 45 (21): 7-9.
- [30] 郭晓青, 陈晓靓, 杨春梅, 等. 紫苏叶活性成分及抗氧化性研究[J]. 食品与机械, 2014, 30 (4): 179 - 181.
- [31] 孙子文, 张志军, 李晓君, 等. 不同品种紫苏叶醇提物抗氧化性和细胞毒活性[J]. 西北农业学报, 2013, 22 (8): 103 - 107.
- [32] 孙子文. 紫苏叶有效成分的提取及生物活性研究[D]. 太原: 中北大学, 2014.
- [33] 应艳杰, 洪台, 何佳杰, 等. 神经网络优化紫苏叶黄酮微波提取及抗氧化活性比较研究[J]. 中国食品学报, 2011, 11 (3): 36 - 42.
- [34] 王健, 薛山, 赵国华. 紫苏不同部位精油成分及体外抗氧化能力的比较研究[J]. 食品科学, 2013, 34 (7): 86-91.
- [35] Yang S Y, Kang J H, Lee K W. Protective Effect of Functional *Perilla frutescens* Hot-water Extract Against Tert-butyl Hydroperoxide-induced Liver Oxidative

- Damage in Rats[J]. Journal of Food Hygiene and Safety, 2013, 28 (2): 146-151.
- [36] 马丽娜, 黄纯绚, 莫晓晖. 紫苏叶总黄酮提取物对过氧化氢所致人肾小管上皮细胞HK-2的氧化损伤保护作用[J]. 华夏医学, 2016, 29 (3): 14-17.
- [37] 张琛武, 郭佳琪, 郭宝林. 紫苏中酚酸类成分研究进展[J]. 中国现代中药, 2017, 19 (11): 1651-1658.
- [38] Komatsu K, Takanari J, Maeda T, et al. Perilla Leaf Extract Prevents Atopic Dermatitis Induced by an Extract of Dermatophagoides Farinae in NC/Nga Mice[J]. Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology, 2016, 34 (4): 272-277.
- [39] Jin CH, Park HC, So Y, et al. Comparison of the Anti-inflammatory Activities of Supercritical Carbon Dioxide Versus Ethanol Extracts from Leaves of *Perilla frutescens* Britt. Radiation Mutant[J]. Molecules, 2017, 22 (2): 311.
- [40] Makino T, Nakamura T, Ono T, et al. Suppressive Effects of *Perilla frutescens* on Mesangioproliferative Glomerulonephritis in Rats[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2001, 24 (24): 172-175.
- [41] 郝佳, 刘哲, 张瑜, 等. 苦参、绿茶及紫苏叶提取物联用对金黄色葡萄球菌的体外活性研究[J]. 天津中医药大学学报, 2014, 33 (5): 296-298.
- [42] 魏雯, 高婷婷, 谭勇, 等. 紫苏不同部位的体外抑菌作用[J]. 医药导报, 2014, 33 (2): 149-151.
- [43] 魏磊, 李晓, 王学方, 等. 紫苏叶总三萜超声提取工艺优化及对10种常见致病菌的抑菌作用研究[J]. 中国药房, 2018, 29 (16): 2193-2197.
- [44] OH HA, PARK CS, AHN HJ, et al. Effect of *Perilla frutescens* var. *acuta* kudo and Rosmarinic Acid on Allergic in Flammatory Reactions[J]. Experimental Biology & Medicine, 2011, 236 (1): 99-106.
- [45] Sanbongi C, Takano H, Osakabe N, et al. Rosmarinic Acid in Perilla Extract Inhibits Allergic Inflammation Induced by Mite Allergen, in a Mouse Model[J]. Clin Exp allergy, 2004, 34 (6): 971-977.
- [46] 杨富存, 王云杰. 紫苏异酮对肺癌细胞的放疗增敏效果及内质网应激调控蛋白的参与研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2016, 15 (12): 1151-1154.
- [47] 袁芑, 牛晓涛, 宋梦薇, 等. 紫苏挥发油对人肺癌细胞的体外抑制作用研究[J]. 食品科技, 2017, 42 (2): 235-238.
- [48] He YK, Yao YY, Chang YN. Characterization of Anthocyanins in *Perilla frutescens* var. *acuta* Extract by Advanced UPLC-ESI-IT-TOF-MS[J]. Method and Their Anticancer Bioactivity[J]. Molecules, 2015, 20 (5): 9155-9169.
- [49] 陈建欣, 刘静, 汪川苏, 等. 紫苏中黄酮的提取及测定研究[J]. 广州化工, 2015, 43 (3): 132-134.
- [50] 尤茹, 马雪倩, 吴炳火, 等. 迷迭香酸药理作用研究进展[J]. 四川生理科学杂志, 2015, 37 (2): 93-96.
- [51] 谭健民. 紫苏叶提取物抗家兔动脉粥样硬化作用实验研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2011.
- [52] 徐在品, 邓小燕, 门吉英, 等. 紫苏不同部位提取物对大鼠血液流变性的影响[J]. 生物医学工程学杂志, 2006, 23 (4): 762-765.
- [53] Takeda H, Tsuji M, Inazu M, et al. Rosmarinic Acid and Caf-feic Acid Produce Antidepressive-like Effect in the Forced Swimming Test in Mice[J]. European Journal of Pharmacology, 2002, 449 (3): 261-267.
- [54] Takeda H, Tsuji M, Matsumiya T, et al. Identification of Rosmarinic Acid as a Novel Antidepressive Substance in the Leaves of *Perilla frutescens* Britton var. *acuta* Kudo(Perillae Her- ba)[J]. Japanese Journal of Psychopharmacology, 2002, 22 (1): 15-22.
- [55] Ito N, Yabe T, Gamo Y, et al. Rosmarinic Acid from Perillae Herba Produces an Antidepressant-like Effect in Mice Through Cell Proliferation in the Hippocampus[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2008, 31 (7): 1376-1380.
- [56] 魏长玲, 郭宝林, 张琛武, 等. 中国紫苏资源调查和紫苏叶挥发油化学型研究[J]. 中国中药杂志, 2016, 41 (10): 1823-1834.
- [57] 魏长玲, 张琛武, 郭宝林, 等. 紫苏叶挥发油化学型和组分影响因素探究 I-不同生长发育期[J]. 中国中药杂志, 2017, 42 (4): 712-718.
- [58] 魏长玲, 张琛武, 郭宝林, 等. 紫苏叶挥发油组分和化学型影响因素探究 II-叶片不同成熟度[J]. 中国现代中药, 2017, 19 (8): 1170-1175.
- [59] 陈家宝, 郭龙, 温春秀, 等. 不同种质紫苏叶挥发性成分化学型研究[J]. 中国药房, 2021, 32 (8): 945-951.
- [60] 张琛武, 李卫萍, 郭宝林, 等. 紫苏醛型紫苏不同种质

- 中紫苏醛含量变化规律研究[J].中国现代中药, 2017, 19(12): 1722-1727.
- [61] 闫钰. 紫苏叶的质量标准研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2021.
- [62] 杨军辉, 樊蓉, 刘训红, 等. 不同采收期紫苏叶挥发性成分HSGC/MS分析[J]. 南京中医药大学学报, 2013, 29(1): 66-70.
- [63] 邢颖. 不同加工贮藏方式对紫苏叶有效成分影响的研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2016.
- [64] 落艳娇, 郭佳琪, 李卫萍, 等. 紫苏叶不同栽培年份和采收期8种酚类成分含量研究[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(3): 567-574.
- [65] 落艳娇, 张琛武, 郭佳琪, 等. 异地种植对PA型紫苏叶酚酸黄酮类成分及挥发油的影响[J]. 中国现代中药, 2022, 24(10): 1939-1944.
- [66] 黄亮辉, 苏琪, 张新新, 等. 不同采收期的紫苏叶和白苏叶中迷迭香酸的含量测定[J]. 药物分析杂志, 2012, 32(10): 1753-1755.
- [67] 路东波, 孔静, 李思潼, 等. 基于有效基准特征图谱质量表征模式的中药紫苏叶质量评价研究[J]. 北京中医药大学学报, 2020, 43(2): 148-162.
- [68] 李丹阳, 孙捷, 居永慧, 等. 模式识别结合多指标成分定性及定量分析3个主产区紫苏叶特征成分[J]. 中草药, 2020, 51(8): 2207-2213.
- [69] 阳丽华. HPLC测定不同产地紫苏叶中迷迭香酸的含量[J]. 海峡药学, 2018, 30(5): 61-63.
- [70] 骆璐. 药用植物多农残重金属的大样本检测及综合风险评估[D]. 北京: 中国中医科学院, 2021.
- [71] 上官海燕, 吴巧凤. 紫苏叶与白苏叶的总黄酮和微量元素比较分析[J]. 广东微量元素科学, 2008(4): 29-32.

(收稿日期 2022年12月6日 编辑 郑丽娥)