

· 中药研究 ·

不同叶色紫苏叶抗炎作用比较及其与叶色值和化学成分的相关性分析

刘雯丽¹, 康帅², 李灵犀^{1*}, 聂黎行^{2*}, 魏锋²

1. 沈阳药科大学功能食品与葡萄酒学院, 辽宁 沈阳 117004; 2. 中国食品药品检定研究院, 北京 100050

摘要 目的: 研究双紫紫苏叶(PP)、面绿背紫紫苏叶(GP)、双绿紫苏叶(GG)的抗炎作用, 并分析抗炎作用与叶色色数值(L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*ab 、R 值、G 值、B 值)、紫苏醛、迷迭香酸、花青素的含量之间的关系。方法: 采用 CCK-8 法测定 3 种紫苏叶对 RAW 264.7 单核巨噬细胞存活率的影响, 结合偏最小二乘判别分析法(PLS-DA)探讨不同叶色紫苏叶的差异。利用 Pearson 相关系数对红色像元分量均值(R 值)、绿色像元分量均值(G 值)、蓝色像元分量均值(B 值)、红绿色值(a^* 值)、黄蓝色值(b^* 值)、亮度值(L^* 值)、总色值(E^*ab 值)等 7 种叶色色数值、紫苏醛、花青素和迷迭香酸的含量及抗炎作用之间的关联性进行系统性分析, 以揭示抗炎作用与色度特征及化学成分之间的内在联系。结果: PP、GP、GG 均具有一定的抗炎作用, 在 25 mg/mL 浓度下, PP 的存活率在 56%~94%, GP 的存活率在 49%~123%, GG 的存活率在 64%~110%。单因素方差分析表明, PP、GP、GG 的抗炎作用无明显差异($P>0.05$)。PLS-DA 结果显示, 不同叶色紫苏叶各自归为一类, 并筛选出紫苏醛、花青素、R 值、 b^* 值、 E^*ab 值、迷迭香酸和 L^* 值等 7 个关键差异性成分。相关性分析显示, 细胞存活率与 b^* 值呈正相关。结论: 三种叶色紫苏叶的抗炎作用无明显区别, 紫苏叶叶色的 b^* 值越高, 其抗炎作用越强。

关键词 紫苏叶; 抗炎作用; 色数值; 化学成分; 相关性

中图分类号: R284

文献标识码: A

文章编号: 1002-2392(2026)03-0034-05

DOI: 10.19664/j.cnki.1002-2392.260051

紫苏叶(*Perilla Folium*)是唇形科植物紫苏[*Perilla frutescens* (L.) Britt.]的干燥叶(或带嫩枝)。夏季枝叶茂盛时采收, 除去杂质, 晒干^[1]。关于紫苏叶的品种与药用价值, 本草典籍中均有详细描述。万历《慈利县志》^[2]将紫苏叶分为双面紫色、面绿背紫和双面绿色三种类型。《中国药典》2020 年版中紫苏叶的性状项下规定: 两面紫色或上表面绿色, 下表面紫色, 具有解表散寒、行气和胃的作用, 可用于治疗风寒感冒、咳

嗽呕恶、妊娠呕吐、鱼蟹中毒等病症^[1];《广东中药材标准第三册》中双面绿色紫苏叶的性状项下规定: 两面黄绿色至黄棕色, 具有解表、散寒、理气、消食的功效, 用于感冒风寒、恶寒发热、咳嗽、气喘、食积、吐泻、冷痢^[3]。

研究^[4]表明, 紫苏叶能够显著抑制小鼠的过敏反应, TAKANO 等^[5]的研究进一步证实, 紫苏叶可作为轻度生物季节性过敏性鼻炎患者的有效干预措施, 其作用机制可能与抑制多形核白细胞依赖性炎症反应有关。此外, 有研究^[6]指出, 口服紫苏叶能够有效抑制 IgA 肾病的进展, 这一发现进一步明确了紫苏叶在炎症相关疾病治疗中的应用价值。

尽管已有研究报道了紫苏叶的抗炎活性, 但关于不同叶色紫苏叶的抗炎作用及其与有效成分和叶色之间的关联性研究仍较为匮乏。本研究采用 CCK-8 法对双面紫色、面绿背紫和双面绿色紫苏叶的抗炎作用进行测定, 通过 PLS-DA 分析不同叶色紫苏叶的抗炎作用与有效成分的特征, 采用 Pearson 系数对紫苏叶的

收稿日期: 2025-03-14 修回日期: 2025-09-29

基金项目: 国家重点研发计划中医药现代化专项(2023YFC3504100);
中国食品药品检定研究院关键技术研究基金项目(GJJS-2022-10-2)

作者简介: 刘雯丽(1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 中药质量与评价。

* 通信作者: 李灵犀(1988-), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 药物分析。

聂黎行(1982-), 女, 博士, 研究员, 硕士生导师, 研究方向: 中药质量评价及质谱成像技术。

抗炎作用与叶色值、紫苏醛、迷迭香酸、花青素的含量进行相关性分析,探讨不同叶色紫苏叶的抗炎作用及其与叶色和紫苏醛、迷迭香酸、花青素含量之间的联系,以期为紫苏叶的质量评价体系构建提供数据支撑和科学参考。

1 材料

1.1 药材

从紫苏叶栽培基地和药材市场收集两面紫色的紫苏叶(以下简称 PP)、上表面绿色,下表面紫色的紫苏叶(以下简称 GP)、两面绿色的紫苏叶(以下简称 GG)各 10 批,均经中国食品药品检定研究院康帅副研究员鉴定为紫苏 *Perilla frutescens* (L.) Britt. 的干燥叶,见表 1。

表 1 紫苏叶、白苏叶样品信息

编号	品种	批号	收集地点
PP1	双面紫色紫苏叶	20220710	河北省保定市安国县
PP2	双面紫色紫苏叶	20220705	河北省保定市安国县
PP3	双面紫色紫苏叶	20220710	河北省保定市安国县
PP4	双面紫色紫苏叶	20220810	河北省保定市安国县
PP5	双面紫色紫苏叶	20220810	河北省保定市安国县
PP6	双面紫色紫苏叶	20220825	河北省保定市安国县
PP7	双面紫色紫苏叶	20220905	河北省保定市安国县
PP8	双面紫色紫苏叶	20220905	河北省保定市安国县
PP9	双面紫色紫苏叶	20230405	河北省保定市安国县
PP10	双面紫色紫苏叶	20230405	河北省保定市安国县
GP1	面绿背紫紫苏叶	20220710	重庆市涪陵区
GP2	面绿背紫紫苏叶	20220807	重庆市涪陵区
GP3	面绿背紫紫苏叶	20220705	重庆市忠县
GP4	面绿背紫紫苏叶	20220810	重庆市忠县
GP5	面绿背紫紫苏叶	20220810	重庆市忠县
GP6	面绿背紫紫苏叶	20220805	重庆市垫江县
GP7	面绿背紫紫苏叶	20220822	重庆市垫江县
GP8	面绿背紫紫苏叶	20220825	重庆市涪陵区
GP9	面绿背紫紫苏叶	20220905	重庆市涪陵区
GP10	面绿背紫紫苏叶	20230505	广西玉林市玉州区
GG1	双面绿色紫苏叶	20230410	重庆市涪陵区
GG2	双面绿色紫苏叶	20230410	重庆市忠县
GG3	双面绿色紫苏叶	20230410	重庆市忠县
GG4	双面绿色紫苏叶	20230410	重庆市忠县
GG5	双面绿色紫苏叶	20230410	重庆市忠县
GG6	双面绿色紫苏叶	20230505	重庆市涪陵区
GG7	双面绿色紫苏叶	20230505	重庆市涪陵区
GG8	双面绿色紫苏叶	20230505	重庆市涪陵区
GG9	双面绿色紫苏叶	20230505	甘肃省庆阳市西峰区
GG10	双面绿色紫苏叶	20230505	甘肃省庆阳市西峰区

1.2 主要仪器

XPE105 型电子天平,瑞士梅特勒-托利多公司;MCO-15AC CO₂ 培养箱,日本 SANYO 公司;K3 酶标

仪,北京伯迈科技有限公司;YI-CJ-2D 超净工作台,北京亚泰科隆。

1.3 试剂与药品

小鼠单核巨噬细胞(RAW264.7)(货号:20221127)购于(武汉)普诺赛生物科技有限公司;DMEM 高糖完全培养基(货号:G4511)购于(武汉)赛维尔生物科技有限公司;胎牛血清(FBS)(货号:04-001-1ACS)购于(武汉)赛维尔生物科技有限公司;青霉素-链霉素溶液(P/S Solution)(货号:G4003)购于(武汉)赛维尔生物科技有限公司;CCK-8(货号:G4103)购于(武汉)赛维尔生物科技有限公司。

2 方法与结果

2.1 方法

2.1.1 样品前处理

称取 PP、GP、GG 粉末各 10 g,加 60% 乙醇 200 mL,超声处理 10 min,滤过,滤渣再加入 60% 乙醇,同上操作,合并滤液,滤液真空冷冻干燥得干膏。称取 PP、GP、GG 干膏各 5 mg,使用 DMEM 高糖完全培养基溶解,经 0.2 μm 无菌针式滤器过滤,制成样品溶液。

2.1.2 抗炎活性测定

采用 CCK-8 法测定 PP、GP、GG 对细胞存活率的影响。将冻存的 RAW 264.7 细胞复苏,接种于含 10% 胎牛血清和 1% 青霉素-链霉素双抗的 DMEM 高糖培养基中,置于 37 ℃、5% CO₂ 饱和湿度的恒温培养箱中进行常规培养。待细胞融合度达到 80%~90% 时进行传代培养,选取对数生长期的细胞用于后续实验。实验设置两个对照组:阴性对照组(A₁)仅加入 100 μL 完全培养基,细胞对照组(A₂)加入 100 μL 含细胞的完全培养基,每组设置 8 个复孔以确保实验结果的可靠性。将细胞以 2.5 × 10⁵/mL 的密度接种于 96 孔板中,样品组(B)设置 4 个复孔。每孔加入 100 μL 含细胞培养液,种接种完成后,将 96 孔板置于 37 ℃、5% CO₂ 培养箱中孵育 24 h,随后弃去上清液。样品组分别加入 2 μL PP、GP、GG 溶液,使孔内药物终浓度达到 100 μg/mL,继续在 37 ℃、5% CO₂ 条件下培养 24 h。孵育结束后,每孔加入 10 μL CCK-8 试剂,在 37 ℃ 下继续孵育 2 h 后弃去上清液。酶标仪 490 nm 波长处检测,根据测得吸光度(OD)值,计算每组细胞存活率。计算公式,细胞存活率(%) = [(B - A₁)/(A₂ - A₁)] × 100 %,式中 A₁ 为阴性对照组,A₂ 为细胞对照组,B 为样品组。

2.2 结果

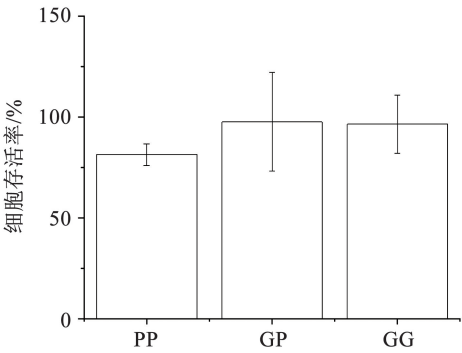
2.2.1 不同叶色紫苏叶对 RAW 264.7 细胞存活率的作用

炎症是指机体对外界有害刺激所产生的一种以防御为主的病理反应,病原体入侵机体后造成组织或细胞的破坏,炎症会通过一系列反应稀释、包围、杀灭病原体,适当的炎症反应可以维持机体的稳定^[7-8]。巨噬细胞是重要的免疫细胞,分布于全身各组织^[9],通过分泌大量促炎症细胞因子,在许多炎症疾病的发病机制中起着关键作用,通过测定巨噬细胞存活率可评估样品的抗炎作用。

PP、GP、GG 组细胞存活率测定结果见表 2,实验结果表明,不同叶色紫苏叶在 25 mg/mL 浓度下均表现出不同程度的抗炎活性。单因素方差分析结果显示,不同叶色紫苏叶的细胞存活率差异无统计学意义($P>0.05$),见图 1。

表 2 不同叶色紫苏叶对细胞存活率的影响($\bar{x} \pm s, \%$)

组别	细胞存活率	组别	细胞存活率	组别	细胞存活率
PP1	78 ± 7	GP1	116 ± 10	GG1	81 ± 10
PP2	52 ± 11	GP2	100 ± 16	GG2	99 ± 2
PP3	77 ± 6	GP3	123 ± 6	GG3	98 ± 1
PP4	94 ± 6	GP4	119 ± 10	GG4	109 ± 6
PP5	78 ± 3	GP5	102 ± 13	GG5	101 ± 12
PP6	77 ± 12	GP6	106 ± 2	GG6	110 ± 6
PP7	83 ± 4	GP7	110 ± 4	GG7	105 ± 12
PP8	85 ± 11	GP8	49 ± 5	GG8	64 ± 7
PP9	77 ± 4	GP9	63 ± 11	GG9	106 ± 11
PP10	81 ± 9	GP10	87 ± 3	GG10	91 ± 15
细胞对照组	91 ± 6				



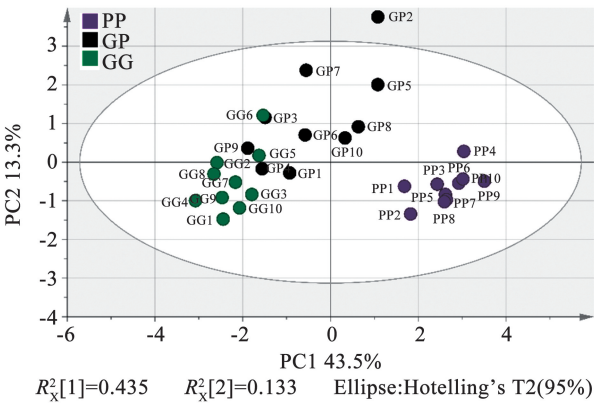
注:PP. 双面紫色紫苏叶;GP. 面绿背紫紫苏叶;GG. 双面绿色紫苏叶。

图 1 细胞存活率的单因素方差分析图

2.2.2 PLS-DA 分析

PLS-DA 是一种有监督的判别分析统计方法,该方法能减少变量间多重共线性产生的影响,可进一步

体现不同叶色紫苏叶与抗氧化能力与活性成分的特征^[10]。将数据矩阵进行归一化处理,采用 SIMCA14.1 软件对不同叶色紫苏叶各 10 批样品的细胞存活率、色数值^[11]及花青素^[11]、紫苏醛^[12]、迷迭香酸^[12]的含量进行化学计量学分析。如图 2 所示,PLS-DA 模型中成分 1 贡献率为 43.5%,成分 2 贡献率为 13.3%,双面紫色紫苏叶聚为 1 类,面绿背紫与双面绿色紫苏叶有小部分重合,但大体仍可分为 2 类,PP、GP、GG 三种紫苏叶差异显著,其拟合参数为 $R_x^2 = 0.688$ 、 $R_y^2 = 0.708$ 。 $Q^2 = 0.494$, $Q^2 > 0.4$ 说明该模型是可接受的,稳定性良好。为避免过拟合现象,对所建模型进行 200 次置换检验,其 $R^2 = 0.121$ 、 $Q^2 = -0.412$, Q^2 与 y 轴交于负半轴,说明该模型无过拟合的现象,可用于不同处理组的判别分析^[13]。见图 2、3。



注:PP. 双面紫色紫苏叶;GP. 面绿背紫紫苏叶;GG. 双面绿色紫苏叶。

图 2 不同叶色紫苏叶细胞存活率、色数值及花青素、紫苏醛、迷迭香酸含量的 PLS-DA 得分情况

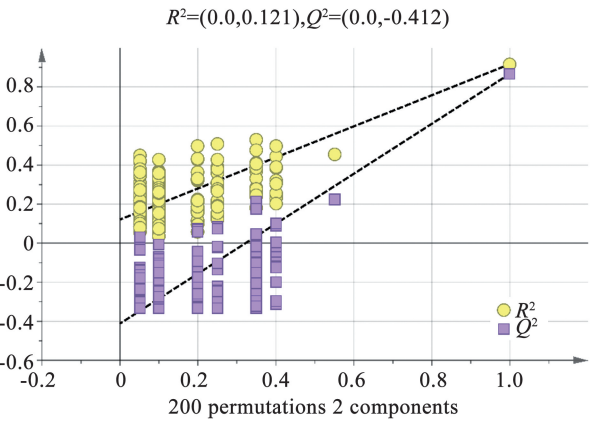


图 3 PLS-DA 交叉验证结果

2.2.3 潜在差异性标志物

通过 PLS-DA 分析,每个标志物都可以得出一个 VIP 值,即变量重要性投影,VIP 值大小代表该物质对于区分组间差异的贡献大小,在判别过程中,一般认为 VIP 值 >1 表示该变量具有重要作用,VIP 值越大,贡

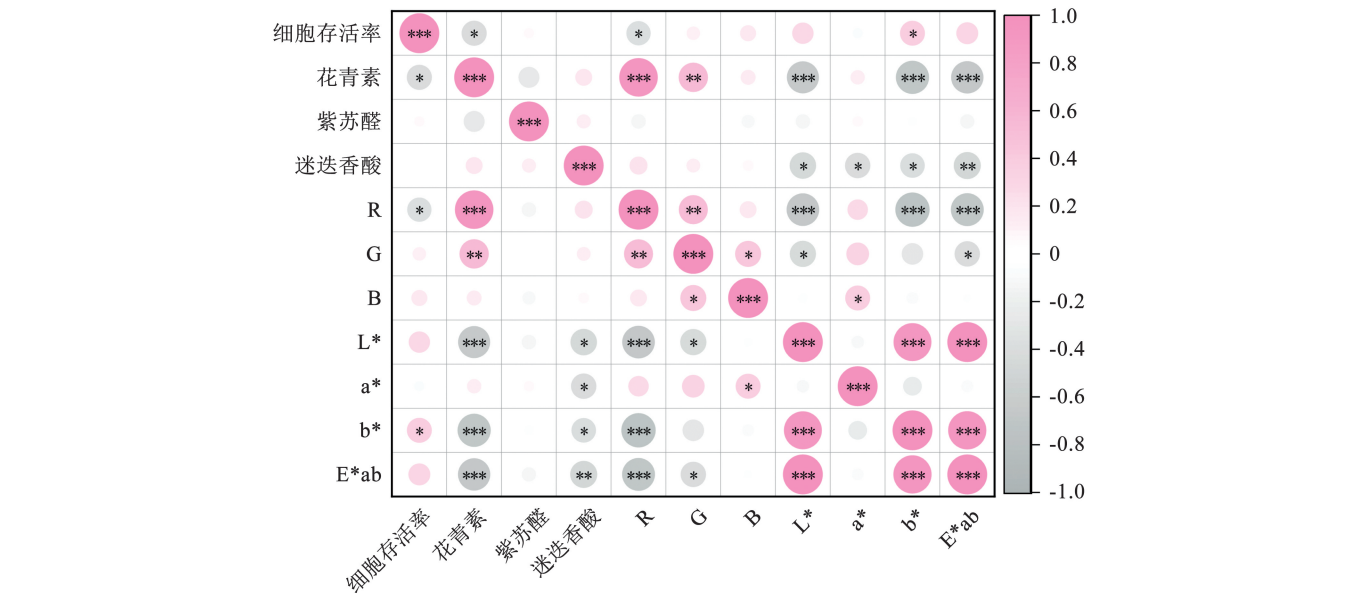
献率越大,说明该变量在不同处理组间的差异越显著,通常 VIP>1 为常见的差异物质筛选标准^[14]。如表 3 所示,共有紫苏醛、花青素、R 值、b* 值、E*ab 值、迷迭香酸、L* 值等 7 个指标性标志物,说明这些标志物在双面紫色紫苏叶、面绿背紫紫苏叶、双面绿色紫苏叶间的差异具有统计学意义,是区分不同叶色紫苏叶差异的关键性指标。见表 3。

2.2.4 Person 相关性分析

将不同叶色紫苏叶中花青素^[11]、紫苏醛^[12]和迷迭香酸^[12]的含量及叶色值^[11]与细胞存活率导入 Origin 2012 软件并进行 Person 相关性分析,结果见图 3,

细胞存活率与叶色 b* 值呈正相关($P<0.05$),与 R 值、花青素的含量负相关($P<0.05$),与紫苏醛和迷迭香酸的含量基本不相关($P>0.05$)。见图 4。

表 3 PLS-DA 模型中 VIP>1 的标志物	
指标	VIP 值
紫苏醛	1.35
花青素	1.31
R 值	1.24
b* 值	1.11
E*ab 值	1.07
迷迭香酸	1.02
L* 值	1.05



注: * $P<0.05$; ** $P<0.01$; *** $P<0.001$ 。PP. 双面紫色紫苏叶;GP. 面绿背紫紫苏叶;GG. 双面绿色紫苏叶。
图4 不同叶色紫苏叶花青素、紫苏醛、迷迭香酸含量、色数值与细胞存活率的相关性分析

3 讨论

本研究通过比较双面紫色紫苏叶、面绿背紫紫苏叶、双面绿色紫苏叶的抗炎作用,并结合叶色值和化学成分分析,揭示了紫苏叶抗炎活性与其表型特征及化学组成之间的复杂关联。研究结果不仅为紫苏叶的抗炎机制提供了科学依据,还为其传统功能主治的现代药理学解释提供了新的视角。

现代研究表明,中药的药效与中药中的物质基础有着紧密的联系,通过对药效物质基础的研究可以对中药的传统理论赋予现代科学解释^[15]。紫苏叶在中医学中被广泛应用于治疗风寒感冒、咳嗽、气喘及消化不良等疾病,其功能主治多与“解表散寒、行气和胃”相关。

本次研究揭示了不同叶色紫苏叶的抗炎活性差异无统计学意义($P>0.05$),并筛选出紫苏醛、花青素等 7 个关键差异性成分,以及发现叶色与细胞存活率之

间存在相关性,但本研究仍具有一定的局限性。例如,仅通过测定细胞存活率间接评估了抗炎作用,未直接检测炎症相关指标,如 NO、TNF- α 等炎症因子,无法明确紫苏叶对炎症通路或关键靶点的具体影响。实验对象局限于体外研究,缺乏体内实验数据的支持。未来研究的方向可重点探索炎症标志物的表达水平和信号通路的调控机制,并通过动物模型进行验证,进一步为药材质量控制及抗炎药物开发提供更可靠依据。

本研究发现,细胞存活率与 b* 值呈正相关,而与 R 值和花青素含量呈负相关。这一结果提示,叶色值不仅是紫苏叶表型特征的重要指标,还可能与其药效密切相关。本研究揭示了不同叶色紫苏叶的抗炎作用及其与叶色值和化学成分的相关性,为紫苏叶的药用开发提供了科学依据。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京:中国

- 医药科技出版社, 2020: 354.
- [2] 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, 109.
- [3] 广东省药品监督管理局. 广东省中药材标准: 第三册[M]. 广州: 广东科学技术出版社, 2019: 174–176.
- [4] MAKINO T, FURUTA A, FUJII H, et al. Effect of oral treatment of *Perilla frutescens* and its constituents on type – I allergy in mice[J]. Biol Pharm Bull, 2001, 24(10): 1206–1209.
- [5] TAKANO H, OSAKABE N, SANBONGI C, et al. Extract of *Perilla frutescens* enriched for rosmarinic acid, a polyphenolic phytochemical, inhibits seasonal allergic rhinoconjunctivitis in humans[J]. Exp Biol Med (Maywood), 2004, 229(3): 247–254.
- [6] MAKINO T, ONO T, MUSO E, et al. Suppressive effects of *Perilla frutescens* on spontaneous IgA nephropathy in ddY mice[J]. Nephron, 1999, 83(1): 40–46.
- [7] MEDZHITOV R. Origin and physiological roles of inflammation[J]. Nature, 2008, 454(7203): 428–435.
- [8] SERHAN C N, SAVILL J. Resolution of inflammation: the beginning programs the end[J]. Nat Immunol, 2005, 6(12): 1191–1197.
- [9] VAROL C, MILDNER A, JUNG S. Macrophages: development and tissue specialization[J]. Annu Rev Immunol, 2015, 33: 643–675.
- [10] 程超, 夏兰欣, 杜芬妮, 等. 基于 9 种风味物质的利川红 SPME 优化及 PLS – DA 风味识别[J]. 食品科学, 2021, 42(6): 215–222.
- [11] 聂黎行, 王馨平, 康帅, 等. 紫苏叶和白苏叶叶色数字化表征及与花青素含量相关性研究[J]. 中国医院药学杂志, 2024, 44(21): 2477–2483.
- [12] 王馨平, 紫苏叶与白苏叶生药学、叶色数字化、化学成分含量及分布特征的比较研究[D]. 石家庄: 河北中医药大学, 2024.
- [13] 徐攀, 贾鑫, 高鹏, 等. 基于正交偏最小二乘判别分析电子束辐照对黄精抗氧化活性的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(12): 274–282.
- [14] LIU H C, WEN J, XU Y J, et al. Evaluation of dynamic changes and formation regularity in volatile flavor compounds in *Citrus reticulata* ‘Chachi’ peel at different collection periods using gas chromatography mobility spectrometry[J]. LWT, 2022, 171: 114126.
- [15] 谢媛媛, 王义明, 罗国安. 基于质谱技术的中药复方药效物质基础的表征、发现与诠释[C]//中国化学会质谱分析专业委员会. 第三届全国质谱分析学术报告会摘要集—分会场 4: 质谱在医药研究中的应用. 厦门: 中国化学会质谱分析专业委员会, 2017: 25.

Comparison of Anti – inflammatory Effects of *Perilla Folium* with Different Leaf Colors and Its Correlation Analysis with Leaf Color Values and Chemical Compositions

LIU Wenli¹, KANG Shuai², LI Lingxi¹, NIE Lixing², WEI Feng²

1. Faculty of Functional Food and Wine, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 117004, China;

2. National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China

Abstract Objective: To study the anti – inflammatory effect of *Perilla Folium* with both surfaces purple (PP), *Perilla Folium* with upper surface green and the lower surface purple (GP), *Perilla Folium* with both surfaces green (GG) and to analyze the relationship between the anti – inflammatory effect, leaf color chromatic values (L^* , a^* , b^* , E^*ab , R – value, G – value, and B – value), and the contents of perilla aldehydes, rosmarinic acid, and anthocyanins. Methods: The CCK – 8 method was used to determine the effects of three types of *Perilla Folium* on RAW 264.7 monocyte – macrophage survival rates, and partial least squares discriminant analysis (PLS – DA) was used to explore the differences between perilla leaves with different leaf colors. Pearson correlation coefficients were used to systematically analyze the correlation between the seven leaf color values, including Red image component mean value (R – value), Green image component mean value (G – value), Blue image component mean value (B – value), Red green value (a^*), Yellow blue value (b^*), Brightness value (L^*), and Total color value (E^*ab), as well as the contents of perilla aldehyde, anthocyanin, and rosmarinic acid, and the anti – inflammatory effect in order to reveal the intrinsic links between anti – inflammatory effects and colorimetric characteristics and chemical composition. Results: PP, GP, and GG all showed certain anti – inflammatory effects. At a concentration of 25 mg/mL, the survival rates of PP, GP, and GG ranged from 56% to 94%, 49% to 123%, and 64% to 110%, respectively. One – way ANOVA showed that there was no significant difference among the three. The results of PLS – DA showed that *Perilla Folium* with different leaf colors were each grouped into one category, and seven key differential indexes, including perilla aldehyde, anthocyanins, R value, b^* , E^*ab , rosmarinic acid and L^* , were screened out. Correlation analysis showed that cell survival rates were positively correlated with b^* – value. Conclusion: The anti – inflammatory effects of *Perilla Folium* did not significantly differ among the three leaf colors, and higher b^* – value was associated with stronger anti – inflammatory effects.

Key words *Perilla Folium*; Anti – inflammatory effect; Color values; Chemical composition; Correlation