

# 迷迭香抗氧化成分对神经退行性疾病的潜在作用

侯淑娟

尼加拉瓜太平洋大学 尼加拉瓜 14154

**摘要：**神经退行性疾病（如阿兹海默症、帕金森症）与氧化压力、神经发炎及线粒体功能障碍密切相关（De Strooper& Karran, 2021）。迷迭香（*Salvia rosmarinus*）抗氧化成分因能跨越血脑屏障并作用于多重途径而受重视。Lipton（2020）指出 carnosic acid 可活化 Nrf2/ARE 抗氧化机制，Kaddoumi 等（2021, 2023）则发现 rosmarinic acid 可抑制神经发炎并维持突触功能。本研究采用质性个案研究，结合政策与文件分析，比较欧盟草药规范、中国标准化政策及跨国专利案例，建构「成分—机制—制度」框架。结果显示，临床与市场转译除科学验证外，更取决于政策支持、资料治理与产官学合作（Triple Helix）。同时，若能结合循环农业与地方供应链，将推动永续健康与区域发展。本研究扩展 Triple Helix 与 MLP 理论于天然抗氧化物治理的应用，并提出 AI 辅助药物筛选与 ESG 整合的前瞻方向。

**关键字：**迷迭香；carnosic acid；rosmarinic acid；神经退行性疾病；质性研究；政策分析；Triple Helix；MLP

## 1 研究背景与动机

### 1.1 全球健康挑战与神经退行性疾病的压力

随着全球人口快速老化，神经退行性疾病（如阿兹海默症、帕金森症）逐渐成为公共卫生与医疗体系的重大挑战。世界卫生组织（WHO, 2023）指出，失智症患者数量已超过 5500 万，并预计于 2050 年翻倍成长。这不仅代表医疗照护成本大幅增加，更牵动社会劳动力结构与家庭负担。虽然目前已有药物针对症状进行缓解，但对疾病进程的控制仍有限（Cummings et al., 2022）。在这样的情境下，寻找兼具成本可负担性与生物安全性的天然替代资源，逐渐成为学术界与产业界共同关注的焦点。天然植物活性成分，特别是具抗氧化与抗炎特性的物质，被视为可能减缓神经退化的新契机（Kumar&Khanum, 2021）。

### 1.2 迷迭香抗氧化成分的研究潜力

迷迭香（*Salvia rosmarinus*）因其活性物质可穿透血脑屏障并作用于多重细胞讯号通路，而在近十年成为神经保护研究的重要方向。研究显示，carnosic acid 可透过活化 Nrf2/ARE 抗氧化防御系统，减少自由基伤害并抑制  $\beta$ -淀粉样蛋白的毒性堆积（Lipton, 2020）。同时，rosmarinic acid 被证实能有效抑制神经发炎反应并促进突触稳定（Kaddoumi et al., 2021, 2023）。在国际政策层面，欧盟食品安全局（EFSA, 2022）与美国 FDA 皆将迷迭香萃取物列入「普遍安全」（GRAS）清单，显示其临床应用具制度基础。

然而，从基础研究到临床实践，仍存在科学证据不足、标准化不完整及制度落差等挑战，需要更具体的跨领域研究与政策支持。

### 1.3 研究动机与学术缺口

虽然迷迭香的抗氧化成分已展现出实验室层面的神经保护潜力，但如何将其转化为具临床与市场可行性的解方，仍是一项亟待解决的课题。过往研究多集中于药理机制探讨，却忽略了制度支持、产业链治理与永续发展的交织影响。近年 Triple Helix 模型（Cai& Etkowitz, 2020）与多层次社会技术转型理论（Geels et al., 2021）提供了新的分析视角，能解释科技创新如何在政府政策、产业发展与学术研究的互动下逐步制度化。本研究的动机在于补足此缺口，透过质性个案研究、政策分析与文件分析，建构「成分—机制—制度」的跨层次框架，并连结循环农业、区域发展与 ESG 治理，期能提出兼具科学证据、制度韧性与社会价值的整合性贡献。

## 2 文献探讨

### 2.1 理论基础：抗氧化与神经保护机制

神经退行性疾病的核心病理包含氧化压力累积与神经发炎持续活化，导致突触损伤与细胞凋亡（De Strooper&Karran, 2021）。在此脉络下，天然抗氧化物被视为潜在的干预途径。迷迭香中 carnosic acid 可启动 Nrf2/ARE 抗氧化路径，增强细胞对自由基的防御能力（Lipton, 2020）；而 rosmarinic acid 则能抑制

NF- $\kappa$ B 相关的发炎反应,并促进线粒体稳定性(Kaddoumi et al., 2021, 2023)。理论上,这些多靶点效应呼应了多层次社会技术转型理论(MLP)的观点:即新兴技术(天然抗氧化物)如何在利基创新中逐步挑战既有的医疗制度。藉由结合理论框架与药理机制,本研究强调迷迭香成分不仅是生化作用,更是制度转型的重要触媒。

## 2.2 实证研究:迷迭香抗氧化物的国际进展

近年多项实验与临床前研究显示,迷迭香萃取物对神经退行性疾病具潜在疗效。动物实验证实 carnosic acid 可减缓  $\beta$ -淀粉样蛋白与 tau 蛋白聚集(Ghosh et al., 2022),而 rosmarinic acid 则改善阿兹海默症模型小鼠的学习与记忆表现(Kaddoumi et al., 2023)。同时,来自日本与欧洲的食品营养研究已将迷迭香应用于功能性食品与膳食补充剂(EFSA, 2022)。然而,文献亦指出临床试验样本数不足、长期效果不明、萃取标准不一等限制(Wang et al., 2023)。因此,未来研究需要更多跨国多中心临床验证,并建立剂量规范与安全性监管,以促进迷迭香活性物质的临床转译与产业应用。

## 2.3 制度与政策脉络:从科研到永续治理

除了药理与实证层面,迷迭香成分的推广亦受到制度设计与政策支持的影响。欧盟食品安全局(EFSA, 2022)与美国 FDA 将迷迭香萃取物列为「普遍安全」(GRAS),提供其临床应用与市场化的制度基础。中国近年推动中草药标准化与国际接轨,亦为迷迭香相关产品的专利布局与市场发展创造条件(Liu et al., 2023)。在理论上, Triple Helix 模型凸显产官学协作于知识转化与制度共构的重要性(Cai&Etkowitz, 2020)。若能结合循环农业与区域创新体系,迷迭香产业不仅有助于健康治理,也能推动地方经济与永续发展(UNEP, 2022)。因此,制度政策与社会资源的互构,

是迷迭香研究能否真正转译为临床与市场成果的关键。

## 3 实证分析与结果

### 3.1 药理机制:多靶点抗氧化与神经保护

实证结果显示,迷迭香活性成分具备多靶点药理作用。Carnosic acid 可启动 Nrf2/ARE 抗氧化路径,在 AD 模型小鼠中使  $\beta$ -淀粉样蛋白聚集量下降 40%,并提升 25% 学习与记忆表现(Ghosh et al., 2022),表 1 所示。体外研究亦显示, carnosic acid 可提高神经细胞存活率 35%(Lipton, 2020)。Rosmarinic acid 则透过抑制 NF- $\kappa$ B 发炎讯号,使小鼠海马体 GFAP 活化率下降 28%,并降低血液中 IL-6 与 TNF- $\alpha$  指标 15-20%(Kaddoumi et al., 2021, 2023)。这些结果证实迷迭香成分可透过「抗氧化—抗发炎—突触保护」三重机制延缓神经退化。然而,临床试验数量仍有限,且缺乏长期追踪数据,显示基础研究与临床转译之间仍存在显著落差。

### 3.2 制度治理:政策支持与产官学互动

制度分析发现,科学证据若缺乏标准化与监管支撑,难以有效转译至市场。欧盟食品安全局(EFSA, 2022)与美国 FDA 已将迷迭香萃取物纳入 GRAS 清单,自 2015-2022 年共审查 120 件草药抗氧化产品申请,其中 18 件涉及迷迭香,表 2 所示。中国则自 2020 年起将迷迭香列入《中国药典》,并推动中草药标准化试点,专利申请数量于 2015-2022 年间增长 180%(Liu et al., 2023)。案例比较显示,欧盟强调跨国研究与产官学协作,而中国则依赖政策驱动与专利布局,两者皆呼应 Triple Helix 模型所揭示的「制度—产业—学术」互动对知识转化的决定性作用。

本研究从「成分—机制—制度」多层次分析迷迭香抗氧化物在神经退行性疾病中的潜力。药理实证显示, carnosic acid 与 rosmarinic acid 能透过 Nrf2/

表 1 迷迭香抗氧化物药理实证数据

成分	研究模型	主要作用机制	效果数据	参考文献
Carnosic acid	AD 模型小鼠	活化 Nrf2 /ARE 抗氧化路径	$\beta$ -淀粉样蛋白聚集 $\downarrow$ 40%; 学习/记忆表现 $\uparrow$ 25%; 细胞存活率 $\uparrow$ 35%	Lipton (2020); Ghosh et al. (2022)
Rosmarinic acid	小鼠海马体; 体外神经元	抑制 NF- $\kappa$ B 发炎讯号; 突触保护	GFAP 活化率 $\downarrow$ 28%; IL-6/TNF- $\alpha$ $\downarrow$ 15-20%	Kaddoumi et al. (2021, 2023)

注:资料由作者根据已发表的实证研究(2020-2023年)汇整而成。

表 2 制度与政策比较

区域	制度工具	发展特征	成效数据	参考文献
欧盟	EFSA 安全规范、跨国临床计划	强调跨国研究合作、标准化制度	2015 - 2022 年共审查 120 件草药抗氧化产品申请，其中 18 件为迷迭香	EFSA (2022)
美国	FDA GRAS 清单	以食品安全与市场信任为主	提升天然抗氧化产品市场接受度	FDA (2022)
中国	《中国药典》收录、专利标准化	政策驱动+产业化加速	2015 - 2022 迷迭香专利申请数量 ↑ 180%	Liu et al. (2023)
台湾	地方农改场+功能性食品法规	地区型产业试点、连结农业创新	示范田间到市场的区域闭环应用	Wang et al. (2023)

注：资料来源：本研究整理

ARE 抗氧化路径与 NF-κB 发炎抑制机制，分别降低 β-淀粉样蛋白累积与炎症指标，延缓神经细胞损伤 (Lipton, 2020; Kaddoumi et al., 2023)。制度比较揭示，欧盟与美国透过 GRAS 认证建立市场信任，中国则透过草药标准化与专利快速扩张 (EFSA, 2022; Liu et al., 2023)。永续案例则显示，迷迭香结合循环农业可降低废弃物、提升地方收益，兼具环境与社会效益。整体而言，AI 与 ESG 若能与迷迭香资源治理形成策略性耦合，将赋予其「从实验室到社会」的制度中介角色。

本研究补足过往偏重药理层面的不足，将 Triple

Helix 与 MLP 理论延伸至天然抗氧化物治理，提出「成分—机制—制度」三轴框架，具跨国比较价值。未来研究可从三方向深化：

- (1) 展开跨国多中心临床试验，验证不同文化与族群的适用性；
- (2) 结合社会网络分析 (SNA) 与系统动态模拟，检视政策与市场互动如何影响产业制度化；
- (3) 探讨 AI 伦理治理在药物研发与 ESG 评估中的角色，呼应 OECD (2023) AI in Health Report 对透明性与问责的关注。

参考文献：

[1] Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27 - 40.

[2] Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic

analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77 - 101.

[3] Cai, Y., & Etkowitz, H. (2020). Theorizing the Triple Helix model: Past, present, and future. *Triple Helix*, 7(2 - 3), 189 - 226.