

椰子油的化学组成及功效研究进展

吴兴阳^{1,2}, 殷娇娇^{1,2}, 王 澍^{3,4}, 黄 何^{1,2}, 高 盼^{1,2,3}, 潘保辉^{1,2}, 钟 武^{1,2,3},
胡传荣^{1,2}, 何东平^{1,2,3}, 常 超^{1,2}

(1. 武汉轻工大学 食品科学与工程学院, 武汉 430023; 2. 大宗粮油精深加工教育部重点实验室, 武汉 430023;
3. 国家市场监管重点实验室(食用油质量与安全), 武汉 430023; 4. 武汉食品化妆品检验所, 武汉 430040)

摘要:为更全面地了解椰子油的益处, 推动对其功效的深入研究, 综述了椰子油的化学组成及功效。椰子油是一种天然油脂, 含有脂肪酸、酚类物质、脂溶性伴随物、挥发性物质等, 可用于食品、日用化学品和医药等领域。丰富的化学成分赋予了椰子油诸多健康功效, 如调节胆固醇水平和缓解心血管疾病、抗菌、抗病毒、抗炎、抗糖尿病、预防阿尔茨海默病、抗氧化等, 其中近几年关于缓解心血管疾病和预防阿尔茨海默病的研究较为深入, 但目前椰子油的开发利用尚不充分, 未来可从食用药用和日用化学品两个方向进一步深入研究, 推动其多元化开发。

关键词:椰子油; 化学成分; 功效

中图分类号: TS225.1; TS201.4 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2025)06-0094-07

Research progress on chemical composition and efficacy of coconut oil

GUO Xingyang^{1,2}, YIN Jiaojiao^{1,2}, WANG Shu^{3,4}, HUANG He^{1,2}, GAO Pan^{1,2,3},
PAN Baohui^{1,2}, ZHONG Wu^{1,2,3}, HU Chuanrong^{1,2},
HE Dongping^{1,2,3}, CHANG Chao^{1,2}

(1. School of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;
2. Key Laboratory of Deep Processing of Major Grain and Oil, Ministry of Education, Wuhan
430023, China; 3. Key Laboratory of Edible Oil Quality and Safety for State Market
Regulation, Wuhan 430023, China; 4. Wuhan Institute for Food and Cosmetic
Control, Wuhan 430040, China)

Abstract: In order to enhance understanding of the benefits of coconut oil and stimulate further research on its efficacy, the chemical composition and efficacy of coconut oil were summarized. Coconut oil is a natural oil that contains fatty acids, phenolic compounds, liposoluble components, volatile substances, etc, and it can be used in the food, daily-use chemicals, and pharmaceutical industries. These rich chemical composition contribute to various health benefits of coconut oil including cholesterol regulation, cardiovascular disease mitigation, antimicrobial, antiviral, anti-inflammatory, antidiabetes, prevention of Alzheimer's disease, and antioxidant effects. Recent years more in-depth research on the cardiovascular diseases mitigation and prevention of Alzheimer's disease have been witnessed. At present, the development and utilization of coconut oil is still insufficient, and in the future, further in-depth research can be carried out in the two directions of edible medicinal use and daily-use chemicals to promote its diversified development.

Key words: coconut oil; chemical composition; efficacy

收稿日期: 2024-03-27; 修回日期: 2025-03-12

基金项目: 国家重点研发计划资助(2023YFD2200705)

作者简介: 吴兴阳(2000), 女, 硕士研究生, 研究方向为油脂及植物蛋白工程(E-mail) 3109643396@qq.com。

通信作者: 殷娇娇, 讲师(E-mail) yinjiaojiao@whpu.edu.cn;
常 超, 教授(E-mail) changchao2000@163.com。

我国椰子主要生长在海南、广东南部、台湾等地, 其中海南省的椰子树种植面积占全国椰子树种植面积的99%, 2021年海南省椰子产量为2.02亿

个^[1]。椰子油是由椰子果肉加工制成的,根据加工方式可分为椰子原油(Crude coconut oil,CCO)、初榨椰子油(Virgin coconut oil,VCO)和精炼椰子油(Refined coconut oil,RCO)。CCO以椰子果肉为原料,经压榨或浸出工艺制取,不能直接食用。VCO通过机械或自然处理成熟的椰子果肉获得,能够保留椰子油的大部分营养成分^[2]。RCO则由CCO经过脱胶、脱酸、脱色、脱臭等精炼工艺制取,其营养成分损失较多^[3]。目前,国内外对于VCO的关注更多。椰子油中含有脂肪酸、酚类物质、磷脂、甾醇、挥发性物质等,可用于食品、日用化学品和医药等行业。椰子油的化学成分是发挥其健康功效的重要基础,但目前尚缺乏对其成分及功效的科学全面总结。因此,本文结合国内外研究,对椰子油的化学组成及功效进行综述,以期对椰子油的进一步开发应用提供参考。

1 椰子油的化学组成

1.1 脂肪酸

椰子油中最主要的成分是脂肪酸,其饱和脂肪酸(SFAs)含量最高,约为92%^[4]。与市面上的大豆油、菜籽油、橄榄油等以长链脂肪酸(LCFAs,C12以上)为主不同^[5],椰子油中的脂肪酸主要是中链脂肪酸(MCFAs,C6~C12)。MCFAs相对于LCFAs更容易被分解。研究发现,MCFAs可被肠道直接吸收,并被输送到肝脏作为能量来源,供器官和肌肉使用,在一定程度上减小了肥胖的风险^[6-7]。此外,MCFAs能够促进体内酮或酮体(如乙酰乙酸、 β -羟基丁酸和丙酮)的形成^[8],而酮可以直接通过血脑屏障,在大脑缺乏葡萄糖时及时为其供能,来维持能量稳态^[9-10]。椰子油中主要脂肪酸组成及含量如表1所示。

表 1 椰子油中主要脂肪酸组成及含量
Table 1 Main fatty acids composition and content in coconut oil

脂肪酸	含量/%	参考文献
辛酸	4.6~10.0	[11]
癸酸	5.0~8.0	[11]
月桂酸	45.1~53.2	[12]
肉豆蔻酸	16.8~21.0	[13]
棕榈酸	7.5~10.2	[14]
硬脂酸	2.0~4.0	[14]

由表1可知,月桂酸是椰子油中最主要的脂肪酸,占总脂肪酸含量的45.1%~53.2%。月桂酸被认为是一种优良的抗菌脂类,对革兰氏阳性菌(金黄色葡萄球菌)、部分真菌(白色念珠菌)以及水疱性口炎病毒、单纯疱疹病毒、绵羊髓鞘脱落病毒等具

有很强的杀伤能力^[15]。椰子油中肉豆蔻酸占总脂肪酸含量的16.8%~21.0%,可用作增香剂添加在食品中,其衍生物13-甲基肉豆蔻酸具有多种药理作用,如降血糖^[16]、保护神经系统^[17]、抗肿瘤^[18]等。椰子油中棕榈酸占总脂肪酸含量的7.5%~10.2%,研究表明其对抑制胃癌细胞增殖有显著效果^[19],此外,张雅莉等^[20]研究发现, β -棕榈酸(OPO结构脂)能够降低肠道脂肪酸钙皂的形成,增加婴儿对脂肪酸和钙的吸收利用,进而改善便秘、腹痛等消化问题。椰子油中还含有少量的癩酸(5.0%~8.0%),其在代谢过程中可提供酮体以改变身体的代谢能力,为患有酮症的人群提供了良好的治疗选择^[21]。此外,椰子油中还含己酸、辛酸等脂肪酸,这些成分与椰子油的抗菌、保护心脏、降血脂、抗病毒等功效相关^[22]。

1.2 酚类物质

椰子油中的酚类物质主要包括香草酸、丁香酸、香豆酸、咖啡酸、阿魏酸、儿茶素和迷迭香酸等^[23-25],这些物质大多具有抗氧化、抗炎和抗菌的功效,例如:在亚硒酸盐诱导的白内障模型小鼠中,迷迭香酸增强了抗氧化防御系统的活性,抑制了小鼠的脂质过氧化水平和炎症反应^[26];在野百合碱诱导大鼠肝细胞和人肝窦内皮细胞的氧化损伤模型中,儿茶素通过增强这两种细胞中Nrf2信号通路的表达,促进了抗氧化因子的表达,从而减轻了野百合碱对这两种细胞的氧化损伤^[27]。另外,部分酚类物质还具有抗糖尿病的功效,如:阿魏酸能够调节肾脏组织中相关蛋白的表达来保护糖尿病大鼠的肾脏^[28];香豆酸可以调节参与葡萄糖代谢的酶以及刺激胰岛素分泌等来控制血糖水平^[29]。

受加工工艺、酚酸测定方法等因素的影响以及酚类物质结构复杂且受热易破坏的特性,不同椰子油中酚类物质的含量存在差异^[30],RCO和VCO中酚类物质含量如表2所示^[31-32]。由表2可知,总体而言,VCO中的酚类物质含量高于RCO。

表 2 RCO 和 VCO 中酚类物质含量
Table 2 Contents of phenolic compounds in RCO and VCO

酚类物质	RCO and VCO	
	RCO	VCO
总酚	91 ± 11	250.9 ± 22.6
儿茶素	0.87 ± 0.10	未检出
香草酸	未检出	2.08 ± 1.40
水杨酸	未检出	0.45 ± 0.30
香豆酸	0.34 ± 0.01	0.75 ± 0.10
咖啡酸	0.13 ± 0.06	0.12 ± 0.10
阿魏酸	0.31 ± 0.20	5.09 ± 2.30

1.3 脂溶性伴随物

椰子油中含有一些脂溶性伴随物,如磷脂、甾醇和生育酚等^[33]。其中,磷脂含量相对较低,约为0.2%,其主要成分为磷脂酰胆碱、磷脂酰乙醇胺和磷脂酰肌醇,分别占34.6%、24.6%和19.0%^[34]。不同油脂中的生育酚含量存在较大差异,Rele^[35]研究发现,相较于其他油脂,椰子油中的生育酚含量较低,仅为0.32 mg/100 g^[36]。在食用油中,甾醇主要以游离和酯化的形式存在^[37],不同油脂中的甾醇含量也有所不同,如橄榄油中甾醇含量为283 mg/100 g,葵花籽油中为451 mg/100 g,玉米油中为871 mg/100 g,而椰子油中为114 mg/100 g^[36]。椰子油中的甾醇主要是谷甾醇,占总甾醇含量的70.4%,谷甾醇可通过抑制卵巢、乳腺、结肠和前列腺等组织中癌细胞来控制癌症发展^[38]。

1.4 挥发性物质

椰子油中挥发性物质主要来源于两个方面:一是椰子肉,未加热的椰子肉包括17种挥发性化合物,如三角洲内酯和羧酸乙酯^[39],这些化合物在椰子油加工过程中迁移至椰子油中,赋予椰子油乳香和可可的香味^[40-42];二是椰子油储存过程中的物理化学反应和微生物作用^[42]。椰子油中含有醛类、酮类、醇类、酯类、烃类等挥发性物质,石芬等^[43]利用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用(HS-SPME-GC-MS)技术测定了常温储存过程中椰子油中挥发性物质含量的变化,结果显示,储存初期酯类相对含量为49.79%,醇类为28.91%,酸类为15.33%,醛类为2.55%,酮类为1.38%,储存66个月后主要挥发性物质变为酸类,其相对含量为50.90%。董李雅等^[44]利用热脱附结合气相色谱-质谱联用技术测定了低温压榨法、超临界法、亚临界法和溶剂提取法椰子油中的挥发性成分,结果表明,从4种椰子油中共鉴定出83种挥发性成分,主要包括醇类、酸类、酮类、酯类、醛类和烃类等化合物。杨羽婧等^[45]采用HS-SPME-GC-MS技术和感官评价发现,椰子油中有13种关键风味化合物,其中酯类是赋予椰子油椰子香气味的重要成分,醛类赋予脂肪气味和青草香,酮类赋予椰子香和奶油香,酸类赋予脂肪气味和干酪味。椰子油中挥发性物质的存在显著增强了其加工食品的整体风味,从而提升了消费者的食欲,并进一步提高了椰子相关产品的市场竞争力。

2 椰子油的功效

2.1 对胆固醇和心血管疾病的作用

血液胆固醇可以用总胆固醇、低密度脂蛋白胆

固醇(LDL)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL)和极低密度脂蛋白胆固醇来衡量。血脂谱紊乱是心血管及其并发症风险增加的一个重要因素^[46]。研究发现,食用VCO会增加HDL和LDL水平,但对总胆固醇水平无显著影响,而总胆固醇水平的升高与心血管疾病风险呈正相关^[47]。Chinwong等^[48]研究发现,给18~25岁人群每天补充30 mL VCO,连续8周,其HDL含量增加,而总胆固醇和LDL含量没有变化。这可能是因为部分脂肪酸在肝脏内作为底物产生载脂蛋白A1和载脂蛋白B,促进HDL颗粒的形成^[37,49]。Korrapati等^[50]以9名身体质量指数(BMI)不大于25 kg/m²的健康男性志愿者为对象,连续8周每天服用35 g VCO,结果发现,实验人群HDL含量增加,同时与心血管疾病相关的血浆炎症标志物、可溶性血管细胞黏附分子和基质金属蛋白酶水平降低。尽管多项研究证实食用VCO可增加HDL水平,但对于LDL变化的结果略有差异,需要进一步完善研究方法。总体而言,食用适量椰子油可以稳定血脂,进而减少患心血管疾病的风险。

2.2 抗菌、抗病毒作用

椰子油对真菌和病毒都有抑制作用^[39],其主要抗菌成分是月桂酸。月桂酸的抗真菌作用与其两亲性有关,其中,亲脂部分的月桂基通过疏水作用与真菌细胞膜之间形成范德瓦尔斯键,从而触发毛孔的形成,这些孔隙使细胞内钾离子流出,破坏离子平衡和细胞膜稳定性,最终导致细胞凋亡。Fischer等^[51]采用Kirby-Bauer法对临床分离的结核分枝杆菌和肺炎链球菌进行体外研究,结果表明,月桂酸可以抑制肺炎链球菌和结核分枝杆菌的生长,抑制圈直径分别为15.00 mm和14.00 mm。Margata等^[52]研究发现,在拔牙时使用椰子油可以显著降低牙齿发炎的概率,这是由于椰子油抑制了牙菌斑的生成。VCO具有抗病毒作用,可能是由于月桂酸能够通过破坏胆固醇膜来破坏病毒的DNA或RNA包膜,从而使病毒裂解^[15]。Angeles-Agdeppa等^[53]研究发现,VCO对新冠肺炎病毒具有抑制作用,并可作为治疗期间的膳食补充剂。

2.3 抗炎作用

炎症是身体对外部刺激(如感染或组织损伤等)的自发防御反应,然而在某些情况下,若不加以干预,可能引发脓毒症、关节炎、特应性皮炎等疾病^[54]。椰子油中的酚类物质和MCFAs是其发挥抗炎作用的主要成分。Zicker等^[55]通过建立高精制碳水化合物诱导的肥胖动物模型发现,VCO可以减轻肥胖动物的炎症反应,并可能改善全身代谢。

Prabha 等^[56]研究发现,椰子油对右旋葡萄糖硫酸钠诱导的小鼠炎症性肠病有缓解作用。此外,VCO 中的 MCFA 可以在皮肤表面菌群的脂肪酶作用下分解为游离脂肪酸,游离脂肪酸的渗透有助于减少细胞内炎症^[57]。

2.4 抗糖尿病作用

在以往的大众认知中,饱和脂肪被认为会与胰岛素产生抵抗作用,从而引起糖代谢紊乱。但是近年研究发现,VCO 可平衡血糖水平,进而发挥抗糖尿病的作用^[58]。Siddalingaswamy 等^[59]研究了热提取椰子油、低温压榨椰子油和商业椰子油对链脲佐菌素诱导的糖尿病模型的保护潜力,结果表明,热提取椰子油相较于其他椰子油具有更好的降糖作用,同时具有促进胰岛素分泌的作用。Iranloye^[60]、Ahmad^[61]等研究表明,VCO 能有效降低四氧嘧啶诱导的糖尿病大鼠的血糖。Narayanankutty 等^[62]也发现 VCO 改善了服用高果糖大鼠的葡萄糖代谢,同时也可抑制血脂异常的发展。以上研究表明,椰子油对于血糖的控制有积极作用,但是具体控制血糖的机制,以及不同种类椰子油的控糖效果还未有大量的研究。

2.5 对阿尔茨海默病的作用

阿尔茨海默病是一种进行性神经退行性疾病,是最常见的痴呆症形式,研究发现椰子油对改善阿尔茨海默病有一定效果。阿尔茨海默病早期的特点之一就是大脑无法利用葡萄糖作为能量来源,而椰子油中的 MCFA 可以转化为酮体作为大脑能量来源^[63]。Ota 等^[64]研究了 20 名有轻度或中度阿尔茨海默病的日本患者,给其服用含有 MCFA 的生酮配方奶粉 2~3 个月后发现,相较于服用一般奶粉,服用生酮配方奶粉的患者工作记忆、短期记忆和处理速度都有改善。此外有学者发现,椰子中的酚类物质可能治疗阿尔茨海默病也有效果。阿尔茨海默病的脑外病理特征——淀粉样斑块主要由聚集的 β -淀粉样蛋白组成^[65],Fernando 等^[66]报道椰子中的酚类物质和细胞分裂素可能有助于防止 β -淀粉样蛋白的聚集,从而可能抑制阿尔茨海默病发病机制中的一个关键步骤。淀粉样蛋白能够形成具有特定结构的纤维状聚合物,Krebs 等^[67]发现酚类物质通过与 β -淀粉样蛋白的长轴平行结合,利用氢键、疏水相互作用和 π - π 堆积作用,稳定低分子质量寡聚体,扰动纤维结构,从而抑制 β -淀粉样蛋白聚集并降低其毒性。这些机制为开发针对阿尔茨海默病的治疗策略提供了重要的理论基础。

2.6 抗氧化作用

椰子油的抗氧化作用主要与酚类物质相关^[68]。孙雅荻等^[69]将 80 只小鼠随机分为空白组、模型组以及阿魏酸低(75 mg/kg)、中(150 mg/kg)和高剂量组(300 mg/kg),实验结束后,测定小鼠肾脏组织抗氧化指标(还原性谷胱甘肽、超氧化物歧化酶、丙二醛水平和总抗氧化能力),探究阿魏酸对镉致小鼠急性肾脏损伤的保护作用。结果表明,阿魏酸对镉中毒造成的小鼠肾脏氧化损伤具有一定的保护作用。Ahmadifar 等^[70]给鲤鱼分别喂食含有 0、0.5、1.0 g/kg 和 1.5 g/kg 香豆酸的基础饮食,持续 56 d 后发现,香豆酸可显著提高鲤鱼血清谷胱甘肽过氧化物酶水平和总抗氧化能力,其中 1.5 g/kg 鲤鱼组的最高,所有香豆酸组鲤鱼血清的丙二醛水平显著低于对照组。

椰子油中 MCFA 也可以起到抗氧化作用。Ullah 等^[71]研究了月桂酸膳食补充对黑鲷幼鱼的影响,发现喂食月桂酸的黑鲷幼鱼的丙二醛水平显著低于对照组,说明月桂酸在体内具有抗氧化作用。Fatima^[72]研究了在高密度养殖条件下,补充 0.2% 月桂酸对南美白对虾免疫和抗氧化反应的影响,结果发现,相较于对照组,月桂酸组南美白对虾超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶基因表达显著增强,丙二醛水平显著降低,表明补充月桂酸能改善抗氧化反应。因此,椰子油通过其含有的酚类物质和 MCFA,能够显著增强机体的抗氧化能力,减少氧化应激对细胞的损伤。

3 结 语

椰子油的主要成分包括脂肪酸、酚类物质、脂溶性伴随物和挥发性物质,这些成分赋予了椰子油调节血脂水平、抗菌、抗病毒、抗糖尿病、预防阿尔茨海默病、抗氧化和抗炎等多种功效,这些功效为椰子油在食用、药用和日用化学品领域的开发提供了理论依据。然而,目前椰子油的开发利用尚不充分,未来可从食用药用和日用化学品两个方向深入研究。在食用药用领域,需进一步探讨椰子油在肠道健康、脂肪代谢及预防阿尔茨海默病方面的作用机制,开发相关医药或保健产品,并结合必需脂肪酸改善其营养均衡性,以拓展其在食品工业中的应用。在日用化学品领域,可充分利用椰子油的抗氧化和抗菌特性,开发高端护肤乳液、卸妆油和面膜等美妆产品,提升其在日用化学品领域的附加值。加强椰子油在上述领域的研究,可为相关疾病的治疗提供新思路,并推动椰子油多元化开发。

参考文献:

- [1] 2022 年全球椰子油产量、库存变动情况、进出口及价格走势分析[EB/OL]. (2023-03-02)[2024-03-27]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1759221002396249985&wfr=spider&for=pc>.
- [2] FERRER P J, QUILINGUEN V F, ROSARIO J, et al. Process design of virgin coconut oil (VCO) production using low-pressure oil extraction[C/OL]// MATEC web of Conference. Les Ulis: EDP Sciences, 2018: 2003 [2024-03-27]. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815602003>.
- [3] 椰子油: NY/T 230—2006[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [4] BOATENG L, ANSONG R, OWUSU W B, et al. Coconut oil and palm oil's role in nutrition, health and national development: A review[J]. Ghana Med J, 2016, 50(3): 189-196.
- [5] ORSAVOVA J, ORSAVOVA J, MISURCOVA L, et al. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids[J]. Int J Mol Sci, 2015, 16(6): 12871-12890.
- [6] BOEMEKE L, MARCADENTI A, BUSNELLO F M, et al. Effects of coconut oil on human health[J]. Open J Endocr Metab Dis, 2015, 5(7): 84-87.
- [7] WALLACE T C. Health effects of coconut oil: A narrative review of current evidence[J]. J Am Coll Nutr, 2019, 38(2): 97-107.
- [8] TRAUL K A, DRIEDGER A, INGLE D L, et al. Review of the toxicologic properties of medium-chain triglycerides[J]. Food Chem Toxicol, 2000, 38(1): 79-98.
- [9] HASSELBALCH S G, KNUDSEN G M, JAKOBSEN J, et al. Brain metabolism during short-term starvation in humans[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 1994, 14(1): 125-131.
- [10] PAGE K A, WILLIAMSON A, YU N, et al. Medium-chain fatty acids improve cognitive function in intensively treated type 1 diabetic patients and support *in vitro* synaptic transmission during acute hypoglycemia[J]. Diabetes, 2009, 58(5): 1237-1244.
- [11] KRISHNA G, RAJ G, BHATNAGAR A, et al. Coconut oil: Chemistry, production and its applications: A review[J]. Indian Coconut J, 2010, 73: 15-27.
- [12] ZAMBAZI R C, PRZYBYLSKI R, ZAMBAZI M W, et al. Fatty acid composition of vegetable oils and fats[J]. Bol Cent Pesqui Process Aliment, 2014, 25: 111-120.
- [13] BACH A, BABAYAN V. Medium-chain triglycerides: An update[J]. Am J Clin Nutr, 1982, 36(5): 950-962.
- [14] CHANDRASHEKAR P, LOKESH B R, GOPALA KRISHNA A G. Hypolipidemic effect of blends of coconut oil with soybean oil or sunflower oil in experimental rats[J]. Food Chem, 2010, 123(3): 728-733.
- [15] NITBANI F O, TJITDA P J P, NITTI F, et al. Antimicrobial properties of lauric acid and monolaurin in virgin coconut oil: A review[J]. Chem Bio Eng Rev, 2022, 9(5): 442-461.
- [16] 翁绳美. 13-甲基肉豆蔻酸对小鼠的调节血糖作用[J]. 海峡药学, 2005, 17(6): 46-48.
- [17] 何宏星, 翁绳美, 胡潇, 等. 13-甲基十四烷酸对大鼠局灶性缺血脑组织的保护作用[J]. 福建医科大学学报, 2018, 52(2): 80-84.
- [18] 权美平. 13-甲基肉豆蔻酸抗肿瘤机制研究进展[J]. 动物医学进展, 2013, 34(9): 103-106.
- [19] 于晓娟. 棕榈酸通过阻滞 STAT3 信号通路抑制胃癌生长和转移[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2021.
- [20] 张雅莉, 蔡美琴. β -棕榈酸(OPO 结构脂肪)对婴幼儿肠道健康的促进作用[J]. 临床儿科杂志, 2015, 33(10): 918-920.
- [21] SHEKHAR N, TYAGI S, RANI S, et al. Potential of capric acid in neurological disorders: An overview[J]. Neurochem Res, 2022, 48(3): 697-713.
- [22] ROHMAN A. Infrared spectroscopy for quantitative analysis and oil parameters of olive oil and virgin coconut oil: A review[J]. Int J Food Prop, 2017, 20(7): 1447-1456.
- [23] NARAYANANKUTTY A, ILLAM S P, RAO V, et al. Hot-processed virgin coconut oil abrogates cisplatin-induced nephrotoxicity by restoring redox balance in rats compared to fermentation-processed virgin coconut oil[J]. Drug Chem Toxicol, 2022, 45(3): 1373-1382.
- [24] ROHMAN A, IRNAWATI, ERWANTO Y, et al. Virgin coconut oil: Extraction, physicochemical properties, biological activities and its authentication analysis[J]. Food Rev Int, 2021, 37(1): 46-66.
- [25] SRIVASTAVA Y, SEMWAL A D, MAJUMDAR A. Quantitative and qualitative analysis of bioactive components present in virgin coconut oil[J]. Cogent Food Agric, 2016, 2(1): 1-13.
- [26] TSAI C F, WU J Y, HSU Y W. Protective effects of rosmarinic acid against selenite-induced cataract and oxidative damage in rats[J]. Int J Med Sci, 2019, 16(5): 729-740.
- [27] JING X, ZHANG J, HUANG Z, et al. The involvement of Nrf2 antioxidant signalling pathway in the protection of monocrotaline-induced hepatic sinusoidal obstruction syndrome in rats by (+)-catechin hydrate[J]. Free Radic Res, 2018, 52(4): 402-414.
- [28] 周斌. 阿魏酸对糖尿病大鼠肾脏的保护作用及其机制研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2016.

- [29] PEI K, OU J, HUANG J, et al. *p* - Coumaric acid and its conjugates: Dietary sources, pharmacokinetic properties and biological activities[J]. J Sci Food Agric, 2016, 96(9): 2952 - 2962.
- [30] JAYATHILAKA N, SENEVIRATNE K N. Phenolic antioxidants in coconut oil: Factors affecting the quantity and quality. A review[J/OL]. Grasas Aceites, 2022, 73(3): e466[2024 - 03 - 27]. <https://doi.org/10.3989/gya.0674211>.
- [31] SENEVIRATNE K N, SUDARSHANA DISSANAYAKE D M. Variation of phenolic content in coconut oil extracted by two conventional methods[J]. Int J Food Sci Technol, 2008, 43(4): 597 - 602.
- [32] MARINA A M, MAN Y B, NAZIMAH S A, et al. Antioxidant capacity and phenolic acids of virgin coconut oil[J]. Int J Food Sci Nutr, 2009, 60(Suppl 2): 114 - 123.
- [33] BARLINA R, DEWANDARI K T, MULYAWANTI I, et al. Chemistry and composition of coconut oil and its biological activities[M]//Multiple biological activities of unconventional seed oils. Amsterdam: Elsevier, 2022: 383 - 395.
- [34] DEEN A, VISVANATHAN R, WICKRAMARACHCHI D, et al. Chemical composition and health benefits of coconut oil: An overview[J]. J Sci Food Agric, 2021, 101(6): 2182 - 2193.
- [35] RELE A S. Effect of mineral oil, sunflower oil, and coconut oil on prevention of hair damage[J]. J Cosmet Sci, 2003, 54(2): 175 - 192.
- [36] SCHWARTZ H, OLLILAINEN V, PIIRONEN V, et al. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats[J]. J Food Compos Anal, 2008, 21(2): 152 - 161.
- [37] SANTOS H O, HOWELL S, EARNEST C P, et al. Coconut oil intake and its effects on the cardiometabolic profile: A structured literature review[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2019, 62(5): 436 - 443.
- [38] NARAYANANKUTTY A, ILLAM S P, RAGHAVAMENON A C. Health impacts of different edible oils prepared from coconut (*Cocos nucifera*): A comprehensive review[J]. Trends Food Sci Technol, 2018, 80: 1 - 7.
- [39] KEN I, DIMZON D, VALDE M F, et al. Physico - chemical and microbiological parameters in the deterioration of virgin coconut oil[J]. Philipp J Sci, 2011, 140(1): 89 - 103.
- [40] MULYADI A F, SCHREINER M, DEWI I A. Phenolic and volatile compounds, antioxidant activity, and sensory properties of virgin coconut oil: Occurrence and their relationship with quality[C/OL]//The 8th annual basic science international conference: Coverage of basic sciences toward the world's sustainability challenges. New York: AIP Publishing, 2018: 070020[2024 - 03 - 27]. <https://doi.org/10.1063/1.5062818>.
- [41] SANTOS J E R, VILLARINO B J, SOZA A R, et al. Analysis of volatile organic compounds in virgin coconut oil and their sensory attributes[J]. Philipp J Sci, 2011, 140: 161 - 171.
- [42] DIMZON I K D, TANTENGCO G B, OQUENDO N A, et al. Profile of volatile organic compounds (VOCs) from cold - processed and heat - treated virgin coconut oil (VCO) samples [C/OL]// Proceedings of The 1st international electronic conference on food science and functional foods. Basel, Switzerland: MDPI, 2020: 85[2024 - 03 - 27]. https://doi.org/10.3390/foods_2020_07723.
- [43] 石芬, 徐军, 姜宗伯, 等. HS - SPME - GC - MS 结合多元统计分析初榨椰子油常温储藏过程中挥发性风味成分[J]. 食品工业科技, 2022, 43(10): 314 - 322.
- [44] 董李雅, 张小素, 张敏, 等. TD - GC - MS 技术分析不同提取方法对椰子油挥发性成分的影响[J]. 中国油脂, 2018, 43(8): 1 - 6, 11.
- [45] 杨羽婧, 俞乐, 金俊, 等. 6 种食品专用油脂的风味特征研究[J]. 中国油脂, 2023, 48(12): 45 - 50.
- [46] BRUCKERT E, FARNIER M, FERRIÈRES J. HDL - cholestérol et risque cardiovasculaire: Au - delà du LDL! HDL cholesterol and cardiovascular risk: Beyond LDL! [J]. Med Mal Métab, 2010, 4(4): 379 - 388.
- [47] MENSINK R P, ZOCK P L, KESTER A D, et al. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta - analysis of 60 controlled trials [J]. Am J Clin Nutr, 2003, 77(5): 1146 - 1155.
- [48] CHINWONG S, CHINWONG D, MANGKLABRUKS A. Daily consumption of virgin coconut oil increases high - density lipoprotein cholesterol levels in healthy volunteers: A randomized crossover trial [J/OL]. Evid Based Complement Alternat Med, 2017, 2017: 7251562[2024 - 03 - 27]. <https://doi.org/10.1155/2017/7251562>.
- [49] 徐俊杰, 黄健花, 宋志华, 等. 脂肪酸碳链长度对甘三酯体外模拟消化的影响[J]. 中国油脂, 2014, 39(6): 49 - 52.
- [50] KORRAPATI D, JEYAKUMAR S M, PUTCHA U K, et al. Coconut oil consumption improves fat - free mass, plasma HDL - cholesterol and insulin sensitivity in healthy men with normal BMI compared to peanut oil[J]. Clin Nutr, 2019, 38(6): 2889 - 2899.
- [51] FISCHER C L, DRAKE D R, DAWSON D V, et al. Antibacterial activity of sphingoid bases and fatty acids

- against Gram – positive and Gram – negative bacteria[J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 2012, 56(3): 1157 – 1161.
- [52] MARGATA L, SILALAH J, HARAHAP U, et al. The antibacterial effect of enzymatic hydrolyzed virgin coconut oil on *Propionibacterium acne*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis* and methicillin – resistant *Staphylococcus aureus* [J]. *Rasayan J Chem*, 2019, 12 (2): 987 – 993.
- [53] ANGELES – AGDEPPA I, NACIS J S, CAPANZANA M V, et al. Virgin coconut oil is effective in lowering C – reactive protein levels among suspect and probable cases of COVID – 19 [J/OL]. *J Funct Foods*, 2021, 83: 104557[2024 – 03 – 27]. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104557>.
- [54] VARMA S R, SIVAPRAKASAM T O, ARUMUGAM I, et al. *In vitro* anti – inflammatory and skin protective properties of virgin coconut oil[J]. *J Tradit Compl Med*, 2019, 9 (1): 5 – 14.
- [55] ZICKER M C, SILVEIRA A L M, LACERDA D R, et al. Virgin coconut oil is effective to treat metabolic and inflammatory dysfunction induced by high refined carbohydrate – containing diet in mice[J]. *J Nutr Biochem*, 2019, 63: 117 – 128.
- [56] PRABHA S, TAMOLI S, RAGHAVAMENON A C, et al. Virgin coconut oil alleviates dextran sulphate – induced inflammatory bowel disease and modulates inflammation and immune response in mice[J]. *J Am Nutr Assoc*, 2024, 43(3): 261 – 271.
- [57] CHEW Y L. The beneficial properties of virgin coconut oil in management of atopic dermatitis[J/OL]. *Phcog Rev*, 2019, 13(25): 24[2024 – 03 – 27]. https://doi.org/10.4103/phrev.phrev_29_18.
- [58] ECKEL R H, HANSON A S, CHEN A Y, et al. Dietary substitution of medium – chain triglycerides improves insulin – mediated glucose metabolism in NIDDM subjects [J]. *Diabetes*, 1992, 41(5): 641 – 647.
- [59] SIDDALINGASWAMY M, RAYAORTH A, KHANUM F. Anti – diabetic effects of cold and hot extracted virgin coconut oil[J]. *J Diabetes Mellit*, 2011, 1(4): 118 – 123.
- [60] IRANLOYE B, OLUDARE G, OLUBIYI M. Anti – diabetic and antioxidant effects of virgin coconut oil in alloxan induced diabetic male Sprague Dawley rats[J]. *J Diabetes Mellit*, 2013, 3(4): 221 – 226.
- [61] AHMAD N. Protective and antidiabetic effects of virgin coconut oil (VCO) on blood glucose concentrations in alloxan induced diabetic rats[J]. *Int J Pharm Sci*, 2015, 7: 57 – 60.
- [62] NARAYANANKUTTY A, MUKESH R K, AYOOB S K, et al. Virgin coconut oil maintains redox status and improves glycemic conditions in high fructose fed rats[J]. *J Food Sci Technol*, 2016, 53: 895 – 901.
- [63] FIFE B. Conquering Alzheimer's with coconut ketnosea [J]. *Coconut Int*, 2012, 19(1): 10 – 13.
- [64] OTA M, MATSUO J, ISHIDA I, et al. Effects of a medium – chain triglyceride – based ketogenic formula on cognitive function in patients with mild – to – moderate Alzheimer's disease[J]. *Neurosci Lett*, 2019, 690: 232 – 236.
- [65] CHÉTELAT G, VILLEMAGNE V, BOURGEAT P, et al. Relationship between atrophy and β – amyloid deposition in Alzheimer disease[J]. *Ann Neurol*, 2010, 67(3): 317 – 324.
- [66] FERNANDO W M, MARTINS I J, GOOZEE K G, et al. The role of dietary coconut for the prevention and treatment of Alzheimer's disease: Potential mechanisms of action[J]. *Br J Nutr*, 2015, 114(1): 1 – 14.
- [67] KREBS M R H, BROMLEY E H C, DONALD A M. The binding of thioflavin – T to amyloid fibrils: Localisation and implications[J]. *J Struct Biol*, 2005, 149(1): 30 – 37.
- [68] ZENG Y Q, HE J T, HU B Y, et al. Virgin coconut oil: A comprehensive review of antioxidant activity and mechanisms contributed by phenolic compounds[J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2024, 64(4): 1052 – 1075.
- [69] 孙雅荻, 徐诗雨, 李娜, 等. 阿魏酸对镉致小鼠急性肾脏损伤的保护作用[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2023, (10): 122 – 126, 141.
- [70] AHMADIFAR E, KALHOR N, DAWOOD M A O, et al. The blood and mRNA levels of antioxidant – related factors in common carp (*Cyprinus carpio*) fed *p* – coumaric acid [J]. *Fish Physiol Biochem*, 2021, 47(1): 59 – 68.
- [71] ULLAH S, FENG F, ZHAO M, et al. Effect of dietary supplementation of lauric acid on growth performance, digestive enzymes, serum immune and antioxidant parameters, and intestinal morphology in black sea bream [J/OL]. *Fish Physiol Biochem*, 2025, 51(1): 43[2024 – 03 – 27]. <https://doi.org/10.1007/s10695-025-01457-3>.
- [72] FATIMA S. N – acetyl – L – cysteine and lauric acid; effective antioxidant and antimicrobial feed additives for juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured at high stocking density [J/OL]. *PLoS One*, 2025, 20(1): e0315819[2024 – 03 – 27]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315819>.