

# 初榨椰子油品质特征及健康功效的研究进展

张建国<sup>1</sup>, 李瑞<sup>2</sup>, 宋晨也<sup>3</sup>, 宋菲<sup>1</sup>, 王挥<sup>1</sup>, 夏秋瑜<sup>2</sup>

(1. 中国热带农业科学院椰子研究所, 海南省椰子深加工工程技术研究中心, 海南文昌 571339;

2. 广东海洋大学食品科技学院, 广东湛江 524088; 3. 椰树集团有限公司, 海口 570000)

**摘要:**初榨椰子油(VCO)是近年来备受关注的功能性油脂。随着VCO市场的增长,对VCO功效的报道也越来越多,然而近年来对椰子油的功效有一定的争议。为了正确认识椰子油,促进VCO在大健康领域的推广应用,介绍了VCO的加工工艺、感官特征、质量指标、脂肪酸组成及微量活性成分,并对VCO的抗氧化、抗菌、抗病毒、抗炎等健康功效及其在心血管疾病、糖尿病、阿尔茨海默病、肥胖、肿瘤等疾病防治方面的研究进展进行了综述。VCO是一种具有一定健康功效的功能性油脂。

**关键词:**初榨椰子油;品质特性;中链甘油三酯;健康功效

中图分类号:TS225.1; TS201.2 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2022)12-0084-07

## Research progress on quality characteristics and health benefit of virgin coconut oil

ZHANG Jianguo<sup>1</sup>, LI Rui<sup>2</sup>, SONG Chenye<sup>3</sup>, SONG Fei<sup>1</sup>,  
WANG Hui<sup>1</sup>, XIA Qiuyu<sup>2</sup>

(1. Engineering and Technology Research Center for Coconut Deep Processing of Hainan Province, Coconut Research Institute of Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wenchang 571339, Hainan, China; 2. College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, Guangdong, China; 3. Coconut Palm Group Co., Ltd., Haikou 570000, China)

**Abstract:** Virgin coconut oil (VCO) is a functional edible oil which receives much concern recently years. As the VCO market has grown, there have been more and more reports about the health benefits of VCO, but there are some controversies around these reports. In order to correctly understand coconut oil and promote the popularization and application of VCO in the field of great health, the processing technology, sensory characteristics, quality indexes, fatty acid composition and and trace active ingredients of VCO were introduced. The functional properties such as antioxidant, antibacterial and antiviral, anti-inflammatory, and the research progress of VCO in the prevention and treatment of some diseases such as cardiovascular diseases, diabetes, Alzheimer's disease, obesity and tumor diseases were reviewed. VCO is a functional oil with certain health benefits.

**Key words:** VCO; quality characteristics; medium chain triglycerides; health benefit

椰子油是从成熟椰子果肉中提取的以中链饱和脂肪酸为主的油脂,成熟椰子果肉中含油量高达

34%(以湿基计),是重要的热带木本油料<sup>[1]</sup>。根据我国农业行业标准《椰子油》(NY/T 230—2006),椰子油分为椰子原油和精炼椰子油,而原亚太地区椰子共同体(Asian and Pacific Coconut Community, APCC)将椰子油分为椰子原油、精炼椰子油和初榨椰子油(Virgin coconut oil, VCO)。椰子原油主要是指以晒干或者窑干所得的干椰肉为原料经直接压榨

收稿日期:2021-09-07;修回日期:2022-06-02

基金项目:海南省重点研发计划(ZDYF2019178)

作者简介:张建国(1979),男,工程师,主要从事功能性食品研发方面的工作(E-mail)zhjg-vip@163.com。

通信作者:夏秋瑜,副研究员(E-mail)qiuyuxia@163.com。

或者浸出制取的油脂,品质较差,一般不能直接食用;VCO是以新鲜成熟椰子果肉为原料,通过机械或自然的方法,加热或者不加热,没有经过化学方法精炼、漂白或脱臭,而制得的可直接食用的椰子油<sup>[2]</sup>。不同方法制取的椰子油中酚类物质含量有所不同,由于加工方式温和,VCO中生育酚、生育三烯酚、植物甾醇等脂质伴随物含量相对较高<sup>[3]</sup>,此外VCO富含中链脂肪酸,是一种能够迅速代谢为人体提供能量的功能性油脂<sup>[4]</sup>。由于VCO的健康功效,其在国外被称为“瓶子里的药店”,近10年在国内也备受关注,曾一度被称为“网红食品”,VCO市场发展迅速,仅海南省市场就有30多个品牌<sup>[5]</sup>。

由于椰子油饱和脂肪酸含量高,部分人认为椰子油为不健康油脂,另外在商家的推动下,有关VCO功效的宣传报道也越来越多,但有些报道由于缺乏可靠依据而难免让人反感或者误解。近十几年来许多学者对VCO在食品、医学等领域的功效和应用进行了研究,并取得了一定的成果,特别是目前VCO在医学领域方面的研究报道不断增多。为此,本文介绍了VCO的加工工艺以及品质特征,并对其健康功效进行了综述,以期为VCO在大健康领域的推广应用提供依据。

## 1 VCO的加工工艺

干法和湿法是目前工业上制备VCO的两种主要工艺,但国内外有关机构对这两种加工工艺没有明确定义。通常我们理解的干法工艺是采用新鲜的椰子果肉,经清洗、粉碎、干燥、压榨、过滤,得到成品VCO,其中粉碎后的椰肉颗粒需要在60~70℃进行数小时的烘干;而湿法工艺是先将新鲜的椰子果肉清洗粉碎后机械榨汁得到椰浆(也称为椰奶),然后再通过酶解法、发酵法、离心法或者几种方法的组合从椰浆中分离出油脂。湿法工艺一般加工温度在50℃左右,由于加工条件温和,保留了更多的营养成分和活性物质,所得VCO品质更佳。

## 2 VCO的品质特征

### 2.1 VCO的感官特征

色泽、气味、味道和触感是评价VCO感官品质的主要指标。综合原料、工艺及品质特性的不同,结合我们长期实践,确定不同品质VCO可采用“望”(看色泽)、“闻”(闻气味)、“尝”(尝口感)、“切”(涂手背)的四步感官评定法进行鉴定。“望”主要看颜色,高品质VCO为无色透明,而普通工艺物料经过90℃以上高温处理会导致VCO颜色加深,表现为微黄色。“闻”则是通过闻气味来判断VCO的品质,高品质VCO具有新鲜椰子香味,无酸臭气味和氧化气味,同时通过气味初步判断其酸值和过氧化值是否超标。“尝”主要是通过品尝VCO的味道和口感来初步判断其品质。湿法工艺得到的VCO有淡淡椰香味。“切”是指将VCO涂抹在皮肤上观察其被吸收的速度,吸收速度越快,VCO的品质越好。一般来说,干法工艺得到的VCO黏度较大、吸收较慢,湿法工艺得到的VCO黏度较小、吸收较快。造成差异的原因之一在于部分工厂干法工艺压榨较彻底,油中悬浮的大分子物质比湿法工艺的多,所以VCO黏度更大。综上,VCO能给予消费者新奇愉悦的感官体验,作为高端椰子油产品深受消费者追捧。

### 2.2 VCO的脂肪酸组成

脂肪酸按照饱和状态可分为饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸及多不饱和脂肪酸;根据碳链长度可分为短链脂肪酸(碳原子数<6)、中链脂肪酸(碳原子数6~12)和长链脂肪酸(碳原子数>12)<sup>[6]</sup>。VCO的脂肪酸组成与精炼椰子油和椰子原油基本一致,由短链脂肪酸(SCFA)、中链脂肪酸(MCFA)和长链脂肪酸(LCFA)组成<sup>[1]</sup>。但VCO与大多数的食用油在脂肪酸组成上却截然不同。对比发现,花生油、菜籽油、葵花籽油、橄榄油、米糠油等植物油,其含有的饱和或不饱和脂肪酸均由长链脂肪酸构成(见图1)。

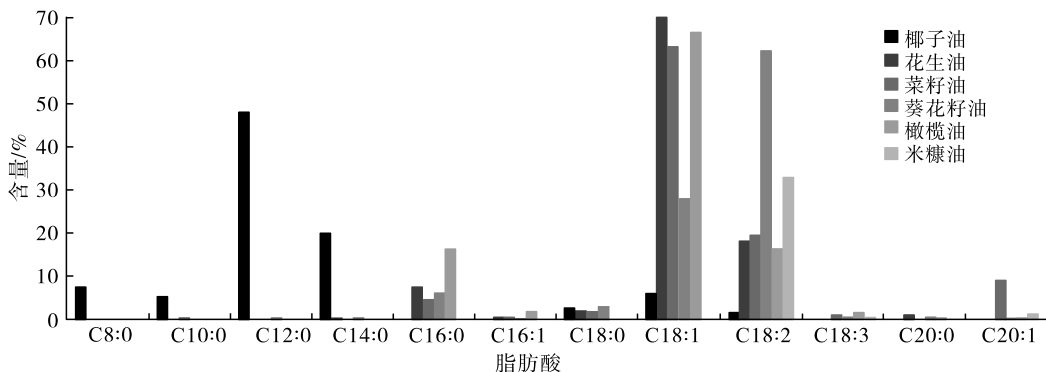


图1 6种植物油脂脂肪酸组成的比较(由参考文献[7]整理)

中链甘油三酯(MCT)约占椰子油的 $2/3$ <sup>[5]</sup>, APCC 2009年发布的VCO质量标准中其脂肪酸组成及含量见表1。从表1可以看出,VCO中月桂酸(12个碳原子)含量最多,高达50%左右。椰子油的独特之处主要在于其脂肪酸组成,高含量中链脂肪酸的特点赋予了椰子油独特的理化特性及营养、医药价值。但VCO脂肪酸组成相对单一,饱和脂肪酸含量约占90%,必需脂肪酸等多不饱和脂肪酸含量低,另外由于脂肪酸组成中中链脂肪酸含量高,VCO的烟点较其他植物油略低。

表1 VCO的脂肪酸组成及含量

脂肪酸	含量/%
己酸(C6:0)	0.10~0.95
辛酸(C8:0)	4~10
癸酸(C10:0)	4~8
月桂酸(C12:0)	45~56
肉豆蔻酸(C14:0)	16~21
棕榈酸(C16:0)	7.5~10.2
硬脂酸(C18:0)	2~4
油酸(C18:1)	4.5~10
亚油酸(C18:2)	0.7~2.5

### 2.3 VCO的质量指标

APCC关于VCO的质量指标见表2。由表2可以看出,VCO中水分限量为小于或等于0.1%,游离脂肪酸限量为小于或等于0.2%,其中水分限量指标与我国NY/T 230—2006中精炼椰子油一致,而游离脂肪酸限量接近精炼水平<sup>[8]</sup>。这就要求原料新鲜,以及加工过程严格控制,才可以生产出高品质VCO。脂肪一般在有一定水分的情况下会被多种酶分解成甘油以及游离脂肪酸而出现酸败,这些酶可能来自植物组织自身,也可能是外来的霉菌类微生物,所以水分含量是影响VCO稳定性的最主要因素<sup>[9]</sup>。

表2 VCO的质量指标

项目	质量指标
水分/%	≤0.1
挥发性物质(120℃)/%	≤0.2
游离脂肪酸/%	≤0.2
过氧化值/(mmol/kg)	≤1.5
相对密度( $d_{20}^{40}$ )	0.915~0.920
折光指数( $n_{40}^{20}$ )	1.448 0~1.449 2
不溶性杂质/%	≤0.5
皂化值(KOH)/(mg/g)	250~260
碘值(I)/(g/100 g)	4.1~11
不皂化物/%	0.2~0.5
颜色	无色

### 2.4 VCO的微量活性成分

生育酚、生育三烯酚、多酚、植物甾醇等脂质伴随物是VCO的主要微量活性成分。夏秋瑜等<sup>[3]</sup>检测了VCO中的活性物质,发现VCO中植物甾醇含量为420 mg/kg, $V_E$ 含量为89.8 mg/kg,多酚含量为18 mg/100 g。VCO的微量元素含量明显高于精炼椰子油。Prasanth Kumar等<sup>[10]</sup>研究了VCO和精炼椰子油中的生育酚含量差异,发现VCO中的 $\alpha$ -生育酚、 $\gamma$ -生育酚、 $\alpha$ -生育三烯酚、 $\gamma$ -生育三烯酚的含量分别为1.6、0.7、2.0、0.6 mg/100 g,而精炼椰子油中的 $\alpha$ -生育酚、 $\gamma$ -生育酚、 $\alpha$ -生育三烯酚、 $\gamma$ -生育三烯酚的含量分别为0.5、0.3、1.8、0.2 mg/100 g,VCO中的生育酚和生育三烯酚总和为4.9 mg/100 g,而精炼椰子油中仅为2.8 mg/100 g。程敏等<sup>[11]</sup>研究也表明,未经过精炼的椰子油含有大量的多酚和甾醇,而精炼后会损失大部分多酚和甾醇。VCO与椰子原油和精炼椰子油理化性质有所差异,脂质伴随物的含量亦有不同,导致其功能活性方面有所差异,因此实际健康功效也存在差异。

### 3 VCO的健康功效

#### 3.1 VCO的抗氧化活性

抗氧化性是VCO最主要的健康功效之一。研究表明,VCO具有显著的体内、体外抗氧化作用。李瑞<sup>[12]</sup>、郑亚军<sup>[13]</sup>等的研究均表明,VCO具有显著的体外抗氧化作用,其抗氧化活性可能与其中的酚类以及植物甾醇类物质相关。宋菲等<sup>[14]</sup>研究表明,VCO提取物在质量浓度为12.5~50 mg/L范围内对 $H_2O_2$ 诱导的HSF细胞氧化损伤具有显著的保护作用。唐杨荣等<sup>[15]</sup>通过动物试验研究表明,VCO对于小鼠肝脏细胞具有显著的抗氧化活性,对SD小鼠发挥的作用最为显著。Arunima等<sup>[16]</sup>研究表明,VCO可改善抗氧化状态并提高对氧磷酶1(PON1)活性,从而防止脂质和蛋白质的氧化损伤,VCO的抗氧化作用可能与其中的活性成分,如酚类化合物和生育酚等有关,它们提高了超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)等抗氧化酶的活性,在细胞抗氧化防御机制中起着重要作用,可以抵御细胞内活性氧(ROS),抑制脂质的过氧化反应,保护机体组织不受氧自由基的攻击<sup>[17]</sup>。

#### 3.2 VCO对心血管健康的影响

心血管疾病被称为世界头号死亡原因,2019年约有1 790万人死于心血管疾病,占全球死亡人数的32%<sup>[18]</sup>。在很长一段时间,人们认为食用椰子

油会增加心血管疾病和冠心病风险<sup>[19]</sup>。然而,许多研究表明,VCO对心血管疾病有一定的健康功效。动物试验表明,饮食中添加VCO能有效地降低大鼠血浆中总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇的水平,同时显著提高高密度脂蛋白胆固醇的水平<sup>[16]</sup>。Babu等<sup>[20]</sup>研究表明,食用富含MCT的食物可以降低血脂水平和患心血管疾病的风险,VCO可以通过延缓动脉粥样硬化的发展来预防心血管疾病,也可以通过抑制血小板的集聚提高抗炎的作用,从而达到提高抗血栓形成的效果,推测这些作用可能与VCO中的多酚相关。Kamisah等<sup>[21]</sup>临床研究表明,VCO的摄入可防止血压升高,从而对心脏健康有利。此外,椰子油在等能量均衡饮食情况下可以提高肥胖男性的高密度脂蛋白胆固醇水平并降低其总胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇比率<sup>[22]</sup>。Nikooei等<sup>[23]</sup>通过临床试验评估了VCO对代谢综合征患者的影响,结果发现代谢综合征患者连续4周摄入VCO其高密度脂蛋白胆固醇水平提高,极低密度脂蛋白和空腹血糖水平降低。

### 3.3 VCO的抗菌、抗病毒及抗炎活性

近年来VCO的抗菌和抗病毒功能越来越受到人们的关注。一些中短链游离脂肪酸具有抗菌特性,被许多生物体用来抵御寄生虫或病原细菌,其通过破坏细胞膜的电子传输链和氧化磷酸化来起作用<sup>[24]</sup>。Parfene等<sup>[25]</sup>在一项研究中观察到VCO对革兰氏阴性菌、大肠杆菌和肠炎沙门氏菌有强烈的抑制作用。

VCO中的月桂酸能抑制革兰氏阳性菌的生长。Huang等<sup>[26]</sup>研究表明,癸酸和月桂酸均对痤疮杆菌有抑制作用。Hornung等<sup>[27]</sup>研究表明,在月桂酸的作用下水疱性口炎病毒受到几个数量级的抑制。另外,月桂酸在消化时形成的单月桂酸酯可以破坏多种细菌和病毒,具有很好的抑菌效果。Hierholzer等<sup>[28]</sup>用单月桂酸酯对有包膜的人类DNA和RNA进行抗病毒测试,发现在1%单月桂酸酯水平下,对所测试的病毒都有抑制作用,病毒传染性显著降低。

VCO的抗炎活性在保护皮肤方面研究较多。Varma等<sup>[29]</sup>研究表明,VCO抑制了促炎细胞因子的蛋白质和基因表达水平,从而提高了皮肤的屏障功能。Evangelista等<sup>[30]</sup>的一项临床研究表明,在轻度至中度过敏性皮肤炎症的儿科患者身上连续8周局部涂VCO,有47%的患者表现出中度改善,而46%的患者表现出良好的反应。

### 3.4 VCO对糖尿病的防治作用

目前,在VCO对糖尿病的防治方面有两种不同

的观点。Iranloye等<sup>[31]</sup>研究表明,VCO可以显著降低空腹血糖的含量,对服用高剂量VCO(10 mL/kg)的大鼠血清胰岛素含量有升高作用,这种功效可能与VCO的抗氧化作用有关,可能是在糖尿病的发展过程中存在氧化应激反应,而VCO可以提高几种抗氧化酶的活性,通过其抗氧化作用减轻高血糖症并改善了葡萄糖耐量,从而改善了胰岛素的分泌。而Durašević等<sup>[32]</sup>试验结果却与之不同:在非糖尿病大鼠中,与对照组相比,椰子油改善了胰岛素敏感性和控制血糖的能力,可将血清甘油三酯下降近50%;而在四氧嘧啶诱导的糖尿病大鼠中,椰子油引起强烈的胰岛素抵抗。

### 3.5 VCO对阿尔茨海默病的影响

阿尔茨海默病俗称老年性痴呆,是一种慢性退行性加重的神经系统疾病。阿尔茨海默病早期的特点之一就是大脑无法有效利用葡萄糖,但酮体可以作为能源使用<sup>[33-34]</sup>。Paoli等<sup>[35]</sup>研究表明,酮体在大脑中具有神经保护作用,并可能改善认知功能。在一些情况下,通过高脂生酮饮食,肝脏产生酮体作为包括大脑在内的肝外组织的能量底物<sup>[36]</sup>,Ota等<sup>[37]</sup>研究了20名有轻度至中度阿尔茨海默病的日本患者,采用一般奶粉和含有MCT生酮奶粉作对比,发现长期服用生酮配方奶粉(2~3个月)对轻度至中度阿尔茨海默病患者的工作记忆、短期记忆和处理速度都有积极影响。VCO主要成分是中链甘油三酯(MCT),人体可通过代谢将其转化为酮体<sup>[37]</sup>。研究表明,在椰子油强化的食用乳制品配方,对氯化铝诱导的大鼠阿尔茨海默病具有神经保护作用<sup>[38]</sup>,VCO对大鼠左旋多巴诱导的神经毒性可能具有改善作用<sup>[39]</sup>。Newport<sup>[40]</sup>研究表明,VCO单独或与MCT联合使用可以一定程度上阻止阿尔茨海默病的进展并逆转症状。

### 3.6 VCO的抗肥胖、抗肿瘤活性

VCO深受减肥人群的青睐。Adeyemi等<sup>[41]</sup>研究表明,VCO、Omega-3脂肪酸与奥利司他对试验大鼠的乳酸脱氢酶、超氧化物歧化酶、C反应蛋白、 $\gamma$ -谷氨酰转氨酶、碱性磷酸酶、天冬氨酸转氨酶、尿酸、总蛋白、动脉粥样硬化指数、脂质谱和胰岛素抵抗等指标显示了类似的影响,但VCO对丙二醛、谷胱甘肽过氧化物酶和白介素-6的作用优于Omega-3与奥利司他,VCO和奥利司他对葡萄糖和胰岛素抵抗具有相当的作用,但比Omega-3更理想,因此VCO有明显的抗肥胖作用。

Yahaya等<sup>[42]</sup>研究了VCO对肺癌细胞的影响,结果发现,VCO可以诱导肺癌细胞的凋亡。

Calderon 等<sup>[43]</sup>研究了 VCO 对乳腺癌细胞的抑制作用,发现 VCO 能够抑制 Her-2/neu 原癌基因过表达细胞系的生长,并对曲妥珠单抗具有叠加效应。Verma 等<sup>[44]</sup>研究了 VCO 及其组分对肝癌和口腔癌细胞的体外抗癌活性,通过采用不同浓度的 VCO、加工椰子油(PCO)和只含中链脂肪酸的分离椰子油(FCO)处理各细胞系,发现 3 种椰子油对不同细胞系的疗效不同,20% 的 VCO 在 HepG2 细胞中显示出显著的抗癌活性,80% 的 PCO 对 KB 细胞系有抗癌活性,而 20% 的 PCO 和 5% 的 FCO 在 KB 细胞系中表现出潜在的生长抑制作用。

#### 4 展望

VCO 在全世界越来越受欢迎,吸引了许多科研工作者的关注和研究,与其特有的成分和健康功效是分不开的。由于富含中链脂肪酸,VCO 在特医食品方面的功效与应用开始受到关注,有些研究结论表明食用 VCO 一段时间后对某一症状具有预防和改善作用,但是对 VCO 的治疗效果还需要进一步采用临床试验深入研究,特别是不同人群食谱多样化,身体素质各不相同,因此 VCO 的食用效果可能因人而异,VCO 对不同人群的健康功效可能存在争议。另外,椰子油除了月桂酸外,还含有 25% 左右的肉豆蔻酸和棕榈酸,油脂热量较其他营养素偏高,结合《中国居民膳食指南》,从均衡营养和精准营养的角度,每天摄入 20~40 mL 椰子油是合适的,如果过量食用,对健康也是不利的。

随着病毒性疾病在全球的暴发,国外有更多的学者开展 VCO 相关的抗病毒研究,挖掘月桂酸衍生产品的抗病毒功效。希望越来越多的组织或机构投入更多人力和物力,对 VCO 在人类疾病特别是传染性疾病(病毒)的预防和治疗方面开展深入研究,这将有助于更多的发展中国家采用低成本的方式来保障国民健康。

#### 参考文献:

- [1] SHAHIDI F. 贝雷油脂化学与工艺学[M]. 王兴国,金青哲,译. 6 版. 北京:中国轻工业出版社,2016: 116-118.
- [2] 李瑞,夏秋瑜,陈华,等. 国外原生态椰子油的加工方法及功能性质[J]. 食品工业科技,2007,28(11): 237-239.
- [3] 夏秋瑜,李瑞,唐敏敏,等. 天然椰子油的组分及其对花生油氧化稳定性的影响[J]. 中国粮油学报,2012,27(9): 64-66,70.
- [4] MARINA A M, MAN Y B C, AMIN I. Virgin coconut oil: emerging functional food oil [J]. Trends Food Sci Tech, 2009, 20(10): 481-487.
- [5] 李瑞,宋晨也,唐敏敏,等. 冷冻离心法初榨椰子油的理化分析及其对猪皮抗氧化活性的影响[J]. 中国粮油学报,2020,35(3):75-83.
- [6] 马双双,蔡东联. 中链甘油三酯与能量代谢[J]. 中国保健营养,2013,23(2): 317-318.
- [7] ORSAVOVA J, MISURCOVA L, AMBROZOVA J V, 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):71-90.
- [8] 李瑞,李希娟,夏秋瑜,等. 原生态椰子油的相关标准分析[J]. 中国农学通报,2009(23):122-125.
- [9] 李瑞,夏秋瑜,赵松林,等. 天然椰子油贮藏稳定性研究[J]. 中国粮油学报,2010,25(10): 61-64.
- [10] PRASANTH KUMAR P K, GOPALA KRISHNA A G. Physicochemical characteristics of commercial coconut oils produced in India [J/OL]. Grasas Aceites, 2015, 66(1):e062[2021-09-07]. <https://doi.org/10.3989/gya.0228141>.
- [11] 程敏,塔巍,刘睿杰,等. 精炼工艺对椰子油品质的影响[J]. 中国油脂,2018,43(7): 1-5.
- [12] 李瑞,夏秋瑜,赵松林,等. 原生态椰子油体外抗氧化活性[J]. 热带作物学报,2009,30(9): 1369-1373.
- [13] 郑亚军,李艳,陈卫军,等. 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取原生态椰子油工艺及其抗氧化性的研究[J]. 中国粮油学报,2010(6):73-77.
- [14] 宋菲,王挥,唐敏敏,等. 天然椰子油提取物对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导的 HSF 细胞氧化损伤的保护作用[J]. 日用化学工业,2017,47(9):517-521.
- [15] 唐杨荣,邹心怡,曾琪朗,等. 天然椰子油对小鼠肝脏细胞抗氧化作用的分析[J]. 饮食科学,2019(4): 274-284.
- [16] ARUNIMA S, RAJAMOCHAN T. Effect of virgin coconut oil enriched diet on the antioxidant status and paraoxonase 1 activity in ameliorating the oxidative stress in rats: a comparative study [J]. Food Funct, 2013, 4(9): 1402-1409.
- [17] NEVIN K G, RAJAMOCHAN T. Virgin coconut oil supplemented diet increases the antioxidant status in rats [J]. Food Chem, 2005, 99(2): 260-266.
- [18] World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs) [EB/OL]. (2021-06-11)[2021-09-07]. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).
- [19] MAIHOTRA A. Saturated fat is not the major issue [J/OL]. BMJ, 2013, 347: f6340 [2021-09-07]. <https://doi.org/10.1136/bmj.f6340>.
- [20] BABU A S, VELUSWAMY S K, ARENA R, et al. Virgin

- coconut oil and its potential cardioprotective effects[J]. Postgrad Med, 2014, 126(7): 76–83.
- [21] KAMISAH Y, PERIYAH V, LEE K T, et al. Cardioprotective effect of virgin coconut oil in heated palm oil diet – induced hypertensive rats [J]. Pharm Biol, 2015, 53(9): 1243–1249.
- [22] VOGEL C É, CROVESY L, ROSADO E L, et al. Effect of coconut oil on weight loss and metabolic parameters in men with obesity: a randomized controlled clinical trial [J]. Food Funct, 2020, 11(7): 6588–6594.
- [23] NIKOOEI P, HOSSEINZADEH – ATTAR M J, ASGHARI S, et al. Effects of virgin coconut oil consumption on metabolic syndrome components and asymmetric dimethylarginine: a randomized controlled clinical trial[J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2021, 31(3): 939–949.
- [24] MENA T, SUTRISNO S, MARFU' AH S. Antibacterial activity of free fatty acids, potassium soap, and fatty acids methyl esters from VCO (virgin coconut oil) [C]. // IOP conference series: materials science and engineering. Bristol: IOP Publishing, 2019.
- [25] PARFENE G, HORINCAR V, TYAGI A K, et al. Production of medium chain saturated fatty acids with enhanced antimicrobial activity from crude coconut fat by solid state cultivation of *Yarrowia lipolytica* [J]. Food Chem, 2013, 136(3/4): 1345–1349.
- [26] HUANG W C, TSAI T H, CHUANG L T, et al. Anti – bacterial and anti – inflammatory properties of capric acid against *Propionibacterium acnes*: a comparative study with lauric acid[J]. J Dermatol Sci, 2014, 73(3): 232–240.
- [27] HORNUNG B, AMTMANN E, SAUER G. Lauric acid inhibits the maturation of vesicular stomatitis virus [J]. J Gen Virol, 1994, 75(2): 353–361.
- [28] HIERHOLZER J C, KABARA J J. In vitro effects of monolaurin compounds on enveloped RNA and DNA viruses [J]. J Food Saf, 1982, 4(1): 1–12.
- [29] VARMA S R, SIVAPRAKASAM T O, ARUMUGAM I, et al. In vitro anti – inflammatory and skin protective properties of virgin coconut oil [J]. J Trad Compl Med, 2019, 9(1): 5–14.
- [30] EVANGELISTA M T P, ABAD – CASINTAHAN F, LOPEZ – VILLAFUERTE L, et al. The effect of topical virgin coconut oil on SCORAD index, transepidermal water loss, and skin capacitance in mild to moderate pediatric atopic dermatitis: a randomized, double – blind, clinical trial[J]. Int J Dermatol, 2014, 53(1): 100–108.
- [31] 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.
- [32] DURAŠEVIC S, NIKOLI Ć G, ZALETEL I, et al. Distinct effects of virgin coconut oil supplementation on the glucose and lipid homeostasis in non – diabetic and alloxan – induced diabetic rats [J/OL]. J Funct Foods, 2020, 64: 103601 [2021 – 09 – 07]. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103601>.
- [33] ASIH P R, CHATTERJEE P, VERDILE G, et al. Clearing the amyloid in Alzheimer's; progress towards earlier diagnosis and effective treatments: an update for clinicians[J]. Neurodegener Dis Manag, 2014, 4(5): 363–378.
- [34] FIFE B. Conquering Alzheimer's with coconut ketones [J]. Coconut Int, 2012, 19(1): 10–13.
- [35] PAOLI A, BINACO A, DAMIANI E, et al. Ketogenic diet in neuromuscular and neurodegenerative diseases [J/OL]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 474296 [2021 – 09 – 07]. <https://doi.org/10.1155/2014/474296>.
- [36] 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.
- [37] 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.
- [38] KHALIL H M A, SALAMA H H, AL – MOKADDEM A K, et al. Edible dairy formula fortified with coconut oil for neuroprotection against aluminium chloride – induced Alzheimer's disease in rats [J/OL]. J Funct Foods, 2020, 75: 104296 [2021 – 09 – 07]. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104296>.
- [39] SHEHATA A M, AHMED – FARIDA O A, RIZK H A, et al. Neurochemical, neurobehavioral and histochemical effects of therapeutic dose of L – dopa on striatal neurons in rats: protective effect of virgin coconut oil [J/OL]. Biomed Pharmacother, 2020, 130: 110473 [2021 – 09 – 07]. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110473>.
- [40] NEWPORT M T. 阿兹海默症有救了, 椰子油生酮体改善大脑退化救星[M]. 王耀庆, 译. 中国台湾: 晨星出版社有限公司, 2015: 58–71.
- [41] ADEYEMI W J, OLAYAKI L A, ABDUSSALAM T A, et al. Comparative evaluation of the pharmacological value of virgin coconut oil, *omega* 3 fatty acids, and orlistat in experimental study on obesity with normo/hyper – lipidaemic diet [J/OL]. Pharm Nutr, 2020, 13: 100192 [2021 – 09 – 07]. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2020.100192>.

- suppressing hepatocyte apoptosis in mice[J]. *Food Funct*, 2020,11(5):4582–4590.
- [7] ZHANG T, QI Q F, CHEN L, et al. Identification and in vitro anti-inflammatory activity of different forms of phenolic compounds in *Camellia oleifera* oil[J/OL]. *Food Chem*, 2021,344:128660[2021–10–12]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128660>.
- [8] DU Q, ZHU M, SHI T, et al. Adulteration detection of corn oil, rapeseed oil and sunflower oil in camellia oil by in situ diffuse reflectance near-infrared spectroscopy and chemometrics [J/OL]. *Food Control*, 2021, 121: 107577 [2021–10–12]. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107577>.
- [9] 褚璇, 王伟, 赵昕, 等. 近红外光谱和特征光谱的山茶油掺假鉴别方法研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2017,37(1):75–79.
- [10] WANG L, SUN D W, PU H, et al. Quality analysis, classification, and authentication of liquid foods by near-infrared spectroscopy: a review of recent research developments [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2017, 57(7):1524–1538.
- [11] LI X, ZHANG L, ZHANG Y, et al. Review of NIR spectroscopy methods for nondestructive quality analysis of oilseeds and edible oils [J]. *Trends Food Sci Tech*, 2020,101:172–181.
- [12] KIRFER J, LAMPE A I, NICOLI S F, et al. Identification of passion fruit oil adulteration by chemometric analysis of FTIR spectra[J]. *Molecules*, 2019,24(18):3219–3231.
- [13] GOH K M, MAULIDIANI M, RUDIVANTO R, et al. Rapid assessment of total MCPD esters in palm-based cooking oil using ATR-FTIR application and chemometric analysis[J]. *Talanta*, 2019,198:215–223.
- [14] KARNATHILAKA S R, FARRIS S, MOSSOBA M M. Rapid prediction of low (< 1%) *trans* fat content in edible oils and fast food lipid extracts by infrared spectroscopy and partial least squares regression [J]. *J Food Sci*, 2018, 83(8):2101–2108.
- [15] AHRTO J H, HUANG X, TIAN X, et al. Combination of spectra and image information of hyperspectral imaging data for fast prediction of lipid oxidation attributes in pork meat[J/OL]. *J Food Eng*, 2019, 42(6):e13225[2021–10–12]. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13225>.
- [16] ZHOU J, WU X, CHEN Z, et al. Evaluation of freshness in freshwater fish based on near infrared reflectance spectroscopy and chemometrics [J]. *Food Sci Tech*, 2019, 106:145–150.
- [17] 高冰, 吴鹏飞, 许晓栋, 等. 基于色谱和光谱数据融合的不同植物源食用油判别方法与模型[J]. *分析测试学报*, 2020,39(11):1398–1403.
- [18] 崔虎亮, 张亚楠, 贺霞, 等. 近红外光谱技术测定油料种子脂肪酸的研究进展[J]. *中国种业*, 2020(2):13–18.
- [19] 刘贤, 徐凌芝, 高冰, 等. 红外光谱的陆生动物油脂中反刍动物成分鉴别分析[J]. *光谱学与光谱分析*, 2019,39(10):3189–3192.
- [20] 刘燕德, 张雨, 姜小刚, 等. 不同贮藏期水蜜桃硬度及糖度的检测研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2021,41(1):243–249.
- [21] 吴雪辉, 王泽富. 红外光谱快速测定油茶籽油中主要功能活性成分含量的模型建立与评价[J]. *中国油脂*, 2018,43(10):140–143.
- [22] 王泽富, 吴雪辉, 江盛宇, 等. 红外光谱快速检测油茶籽油有关指标的研究[J]. *中国粮油学报*, 2018,33(3):119–125.
- [23] 何小三, 李博, 符树根, 等. 茶油脂肪酸组分近红外模型构建研究[J]. *南方林业科学*, 2018,46(5):13–19.
- (上接第 89 页)
- [42] YAHAYA B, SULAIMAN S A, YUSOP R M. Apoptosis in lung cancer cells induced by virgin coconut oil [J]. *Regen Res*, 2015, 4(1):30–36.
- [43] CALDERON J, BRILLANTES J, BUENAFE M, et al. Virgin coconut oil inhibits SKBr-3 breast cancer cell proliferation and synergistically enhances the growth inhibitory effects of *Trastuzumab* (Herceptin (TM)) [J/OL]. *Eur J Med Res*, 2009, 14: 43[2021–09–07]. <https://doi.org/10.2174/2210289201304010290>.
- [44] VERMA P, NAIK S, NANDA P, et al. In vitro anticancer activity of virgin coconut oil and its fractions in liver and oral cancer cells [J]. *Anticancer Agents Med Chem*, 2019,19(18):2223–2230.