

在油茶籽油国家标准中增设脂质伴随物营养声称指标的可行性研究

Feasibility study on developing nutrient claim of lipid concomitants in national standard of oil-tea camellia seed oil

王 铮¹

曹清明^{1,2}

裴小芳³

WANG Zheng¹ CAO Qing-ming^{1,2} PEI Xiao-fang³

谭玉珩^{1,2}

黄催荣³

周文化^{1,2,3}

TAN Yu-heng^{1,2} HUANG Cui-rong³ ZHOU Wen-hua^{1,2,3}

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南 长沙 410004; 2. 中南林业科技大学特医食品加工湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410004; 3. 湖南美津园粮油食品有限公司, 湖南 长沙 410007)

(1. Faculty of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 2. Hunan Key Laboratory of Processed Food for Special Medical Purpose, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 3. Hunan Mikiyio Grain, Oil and Food Co., Ltd., Changsha, Hunan 410007, China)

摘要:综述了油茶籽油中脂质伴随物含量尤其是加工过程中含量变化的现有研究成果,分析了现行茶籽油各类产品标准中脂质伴随物含量的指标,提出了在茶籽油国家标准中增设统一的脂质伴随物营养声称指标的可行性建议。

关键词:茶籽油;产品标准;脂质伴随物;制油工艺;精炼

Abstract: This paper summarizes the existing research results on the content of lipid concomitants in oil-tea camellia seed oil, especially the content change during processing. It was proposed to develop uniform nutrient claims on lipid concomitants in the oil-tea camellia seed oil based on the analysis of content data of lipid concomitants in current standards for various product of oil-tea camellia seed oil.

Keywords: oil-tea camellia oil; product standards; fat companion; oil making process; refinery

基金项目:湖南省重点研发计划(编号:2020NK2020);长沙市自然科学基金资助项目(编号:kq2014150);湖南省创新平台与人才计划(编号:2017TP1021);湖南省创新型省份建设专项(编号:2019TP2011);长沙市科技计划(编号:KC17040007);长沙市重大专项(编号:kh1802010,kq1703036)

作者简介:王铮,女,中南林业科技大学在读硕士研究生。

通信作者:曹清明(1968—),女,中南林业科技大学副教授,硕士生导师,博士。E-mail:cqm2000cn@163.com

收稿日期:2021-06-08

茶籽油有“东方橄榄油”之美称,具有润肠通便、护肝、改善血液循环、抗氧化及调节免疫等多种营养与保健功能^[1]。在传统观念中往往将茶籽油的功效归因于其高油酸^[2-3]和多不饱和脂肪酸^[4-6],然而,有些生理功能如果单从脂肪酸着手研究,无法解释其活性机理。事实上茶籽油的部分生理功能主要是由于其1%~2%的脂质伴随物的作用^[7-9]。微量脂质伴随物,特别是多酚类化合物的含量^[9]已成为评价植物油营养价值的重要指标之一。

脂质伴随物是指存在于油脂中的非甘油三酯部分,是油料中除脂质外的脂溶性天然化合物的总称,包括极性的脂质伴随物(多酚,如苯甲酸类化合物、苯丙素类化合物和黄酮类化合物等)、非极性的脂质伴随物(生育酚和角鲨烯等)以及双亲性脂质伴随物(如植物甾醇)^[9]。茶籽油作为一种高品质油脂,各产地争相制订地理标志产品和团体标准,其无序性阻碍了茶籽油产品在全国的普及,且这些标准的显著差异在于其脂质伴随物含量声称的差异。文章拟从油茶籽油脂质伴随物的功能作用出发,研究现有行业标准和地方标准中茶籽油的脂质伴随物的营养声称指标,综述其在脂质伴随物研究方面取得的成果,并提出将脂质伴随物含量作为营养声称写入国家标准的可行性建议,以促进产品的标准化和茶籽油在全国的普及,旨在为茶籽油脂质伴随物的高保持率和产品的稳定性指明方向。

1 油茶籽油的功能作用与脂质伴随物的关系

Sahari 等^[10]研究表明,茶籽油的保质期高于葵花籽油,与橄榄油相似;将茶籽油添加到葵花籽油中,可提高葵花籽油的保质期,其原因在于茶籽油中富含多酚类化合物和维生素 E 而呈抗氧化活性。Shen 等^[11]研究表明,提取物中酚类化合物的存在是茶籽油具有抗氧化活性的原因。周晴芬等^[12]研究证实了油茶籽油提取活性的物质基础是多酚类化合物,其抗氧化活性随多酚含量的增加而增强。Lee 等^[13]从活性最强的茶籽油的甲醇提取物中分离得到了两个最具抗氧化活性的木脂素类化合物(一类多酚),红细胞溶血试验表明,其能降低 H₂O₂ 介导的红细胞(RBCs)中活性氧的形成,表明抗氧化活性的原因是多酚的存在,与 Sirato-Yasumoto 等^[14]的结论一致。橄榄油的流行病学和临床研究^[15]也表明,其酚类化合物能阻止机体被氧化。叶洲辰等^[16]研究表明,茶籽油提取物具有明显的抗肿瘤活性;罗国良^[17]研究表明茶多酚具有预防肿瘤等功能。Bumrungpert 等^[18]发现,食用富含茶籽油的饮食可以降低高胆固醇血症妇女的氧化应激和炎症标志物,从而降低心血管疾病的危险因素;Chen 等^[19]研究表明茶多酚具有降低胆固醇的作用。Wang 等^[20]认为酚类化合物是抑菌的活性因子,而 Akihisa 等^[21]表明抑制病毒活性物质是茶籽油提取物中的三萜类化合物。近年来,Wang 等^[22-24]发现功能性多酚中的结合多酚和游离多酚的活性机理不同,这些新的突破也许能进一步阐述茶籽油的健康机理。

维生素 E 是一种脂溶性维生素,是最主要的抗氧化剂之一,常被作为一种抗氧化活性的标准参照物^[25-26]。Tsai 等^[26]研究发现,在 60.5 ℃ 破坏试验条件下,富含不饱和脂肪酸的油脂容易被氧化,当添加 0.1% 维生素 E

后,在空气和氧气条件下油脂的起始氧化时间分别由 1 100 min 提高到 9 625 min,1 275 min 提高到 8 325 min。Wallert 等^[27]研究表明, α -生育酚能抑制小鼠缺血/再灌注损伤诱导的氧化和炎症反应,并最终保护心脏功能,从而论证了维生素 E 可以作为急性心肌梗死患者的治疗药物。Chen 等^[28]将 α -生育酚乙酸酯加入鲢鱼饲料中,鱼体内的 α -生育酚水平得到了提高。

角鲨烯是胆固醇生物合成的中间产物,具有抗氧化、抗辐射、调控胆固醇代谢等功能,其对于脂质代谢的治疗作用类似于他汀类药物^[29]。角鲨烯已被广泛应用于医药和食品工业等领域,是茶籽油中的重要功能成分^[30]。

植物甾醇几乎存在于所有植物源性食品中,尤其在植物油和植物油制品中,其具有抗氧化、降胆固醇和消炎等作用,常作为食品添加剂加入到食品中,如人造黄油和乳制品中的添加迄今已有几十年的历史^[31]。油茶籽油中常见的甾醇有豆甾醇、 β -谷甾醇和菜油甾醇等^[32]。

2 现行茶籽油产品标准中脂质伴随物指标分析

现行油茶籽油的标准体系包括 GB/T 11765—2018《油茶籽油》、行业标准和地方标准。GB/T 11765—2018 中强制条款包括:① 油茶籽油的基本组成指标,即各种脂肪酸含量;② 质量指标包括酸值、过氧化值、溶剂残留量等。这些强制性指标主要规定了茶籽油作为食用油的基本质量控制指标和卫生安全限制。GB/T 11765—2018 中,除了以上强制性质量指标外,还包含为消费者知情权而设置的条款如压榨和浸出等。

与大豆油相比,茶籽油是一种小品种油脂^[9],是具有一定的地域性的高档油脂,因此,脂质伴随物指标是以地理标志产品和团体标准出现的,目前已有 3 个地理标志产品和 5 个团体标准中含有脂质伴随物指标。表 1 为现

表 1 现行油茶籽油产品标准中脂质伴随物指标

Table 1 Target of lipid concomitants in current product standard of camellia oil

mg/100 g

标准名称	标准号	多酚	维生素 E	角鲨烯	总甾醇
湖南省地方标准《地理标志产品 常宁茶油》	DB 43/T 1405—2018			一级 48.0,二级 36.0	一级 78.0,二级 58.0
江西省地方标准《地理标志产品 赣南茶油》	DB 36/T 1142—2019			13.0	谷甾醇 6.0
云南省地方标准《地理标志产品 腾冲红花油茶油》	DB 53/T 677—2015		10.0	13.0	谷甾醇 18.0
团体标准《湖南茶油》	T/HNYC 001—2019		AA 级 10.0;A 级 3.5	AA 级 8.0;A 级 5.0	
湖南团体标准《浏阳茶油》	T/LYCOIAC 0001—2020		3.5	5.0	
团体标准《常德茶油》	T/CDZX 002—2018		一级 11.0,二级 4.0	5.5	
团体标准《耒阳茶油》	T/LYYC 001—2019		10.0	6.0	15.0
浙江团体标准《浙江红花茶油》	T/ZNZ 007—2019	4.0	20.0	3.0	

行油茶籽油产品标准中脂质伴随物(营养声称)指标。

由表 1 可知,仅浙江团体标准《浙江红花茶油》中给出了多酚指标为 4 mg/100 g 的要求;维生素 E 指标为 3.5~20.0 mg/100 g;角鲨烯为 3~48 mg/100 g;总甾醇为 15~78 mg/100 g。这些指标的变动性较大,因此,要实现产品的标准化,必须从管理标准化和技术标准化入手,提高脂质伴随物的保持率,提高市场竞争力。

从技术标准化方面来看,目前各企业正在从品种培育、油茶种植、制油工艺、精炼工艺以及检测等方面全方位开展技术革新和改造,但是,由于油茶籽品种的多样性^[33]以及品种的差异性,茶籽油还只能作为一个地方产品在主产区区域内生产和消费,生产的参差不齐,导致国家很难制定成品油中的脂质伴随物含量。因此,国家标准强制性要求中未规定这些指标,在 T/ZNZ 007—2019 标准中,特别强调了脂质伴随物指标仅作为浙江红花茶油营养声称的指标。标准化的统一原理^[34]是指将同类事物两种以上的表现形态归并为一种或限定在一个范围内,旨在建立共同遵守的社会秩序,营造公平、透明市场环境。因此,脂质伴随物可作为营养声称写入国家标准,如同“压榨”和“浸出”,使消费者具有知情权和选择权,以促进茶籽油在全国的普及。

3 科研成果实证标准中脂质伴随物含量指标的可行性

茶籽油脂质伴随物的差异性的原因在于品种、制油以及精炼工艺的不同,目前工业上最常用的制油方法有压榨法、溶剂浸出法和水酶法等^[35]。压榨法又有冷榨和热榨之分,传统生产中常采用热榨。为了达到油脂质量标准,制油工艺后常常还需进行精炼,精炼工艺包括脱胶、脱酸、脱水、脱色、脱臭、脱蜡“六脱”。

3.1 油茶籽油中多酚含量及其变异性

T/ZNZ 007—2019 中给出了茶多酚>4 mg/100 g 的指标。该指标国内其他地区的茶籽油能否达到,以下从品种、加工方式包括加工的前处理、制油工艺和精炼 3 个影响因素进行分析。

3.1.1 茶籽油中多酚含量与品种的关系 油茶别名茶子树、油茶树,为茶科(*Theaceae*)山茶属植物,在中国种质资源丰富,栽培历史悠久。GB/T 37917—2019《油茶籽》中指出茶籽油的生产油料品种有普通油茶(*C. oleifera* Abel)、小果油茶(*C. meiocarpa* Hu)、长瓣短柱茶(*C. grijsii* Hance)、浙江红花油茶(*C. chekiangoleosa* Hu)和腾冲红花油茶(*C. reticulata* f. *simplex*)等的种籽^[33]。田潇潇等^[36]测得 11 个品种茶籽油多酚含量为 0.300~3.128 mg/100 g,均值为 1.163 mg/100 g,其中小果油茶籽油多酚含量最高。陈柏林^[37]研究表明,10 种油茶的总酚含量为 2.613~6.047 mg/100 g,其中,陆川油茶、广西

普通油茶和博白大果油茶的总酚含量超过 4 mg/100 g,而攸县油茶仅为 2.613 mg/100 g。吕建云等^[38]测得市售“山茶油”和“油茶籽油”的茶多酚含量分别为 4.120, 1.263 mg/100 g。

3.1.2 预处理对油茶籽油中多酚含量的影响 油料预处理是制油前非常重要的工艺,通常包括各种形式的热处理,钝化细胞内脂肪酶、破坏细胞壁以及细胞结构,以提高油脂的渗出^[39-40]。李志晓等^[41]发现 130,100 °C 热榨法茶籽油的总酚含量分别为 2.01,2.55 mg/100 g,高于冷榨法、浸出法和水酶法。微波由于其穿透力强,具有萃取效率高、热稳定性和氧化稳定性等优点^[39, 42]。罗凡等^[43]测定了微波中高火和高火加热 15 min 时,总酚含量分别为 1.368,3.671 mg/100 g;红外线 150 °C 下加热 120 min 时,其总酚含量可高达 9.434 mg/100 g,比加热前提高了 12.38 倍。因此,油茶籽经微波或红外高温/高火力加热,能显著提高其压榨油中的总酚含量。

3.1.3 制油方式对茶籽油中多酚含量的影响 孟橘等^[44]发现,不同制油工艺条件下油茶籽油中多酚含量为鲜榨油茶籽油(8.708 mg/100 g)>热榨油茶籽油(1.631 mg/100 g)>冷榨和精炼油茶籽油(未检出)。罗凡等^[45]研究发现,当含壳率为 20%,130 °C 热榨油茶籽的出油率为 28.1%时,总酚含量可达 7.51 mg/100 g。

罗凡等^[46]研究表明压榨茶籽毛油中总酚含量(10.306 4 mg GAE/100 g)显著高于浸出油茶籽油中的 4.852 mg GAE/100 g;采用水酶法制油时油茶籽油中总酚含量较低^[41],方学智等^[47]发现,水酶法得到的油茶籽油多酚含量仅为 0.412 mg/100 g,并认为多酚可能被溶剂(水相)带走而流失。为了进一步提高油茶籽油中多酚类化合物抗氧化成分含量,Wang 等^[48]将绿茶渣加入到油茶籽中,采用超临界二氧化碳萃取茶籽油,其 60% 甲醇提取物的总酚含量可达 218 mg GAE/100 g。

3.1.4 精炼对油茶籽油中多酚含量的影响 传统提取方法得到的毛油,由于含有游离脂肪酸、苯并芘和色素等,还需经过一系列的精炼工序,包括脱胶、脱酸、脱色、脱臭和冬化等^[49],才能得到符合国家强制性标准的成品油^[43]。

刘静等^[50]发现常规法和微波法茶籽毛油的总酚质量浓度分别为 15.44,34.31 μg/mL,精炼后分别降至 10.04, 31.43 μg/mL。李志晓等^[51]发现油茶籽油多酚含量随精炼工序呈线性下降,碱炼和最终脱臭后多酚损失率分别达到 80.50%和 97.83%。罗凡等^[46]发现适度精炼相比普通精炼对于保留油茶籽油中的多酚有明显优势,经普通精炼,压榨毛油的多酚由 10.306 mg/100 g 下降到 1.14 mg/100 g,原有的 15 种多酚成分减少至 3 种,这种减少是在水洗、脱色、脱臭和冬化等过程中逐步减少的;

而采用适当精炼后,其多酚含量为 3.782 mg/100 g,酚类成分为 9 种。Acosta-estrada 等^[52]认为碱解能有效提高结合酚的释放,这种研究打破了传统的认识——只要是精炼就会降低多酚含量。

目前,国家标准和其他地方标准均未对产品提出总酚要求,唯有 T/ZN 007—2019 给出了茶多酚限量要求。如果将多酚列入国家标准应该是可行的,但是,这项指标作为营养声称需要分级。

3.2 油茶籽油中维生素 E 的含量及其变动性

维生素 E 是生育酚类物质的总称,具有 8 种异构体,在叙述异构体时往往用生育酚来代替。李志晓^[53]检测了 12 个品种油茶籽油中所含生育酚总量为 13.844~37.167 mg/100 g,其均值为 24.181 mg/100 g,仅 40 号样品中含有 α 、 β 、 γ 、 δ 4 种生育酚,27 号样品中含有 δ -生育酚,其他品种只含 α -生育酚。Cao 等^[54]从 6 个地点采集滇山茶油样得到的 α -生育酚平均含量为 27.19 mg/100 g。Hu 等^[55]用正己烷提取时总生育酚含量为 39.55~75.94 mg/100 g,其中 α -生育酚为 33.98~67.82 mg/100 g, γ -生育酚为 5.57~8.27 mg/100 g;当用乙醚提取油时,总生育酚含量为 14.91~44.36 mg/100 g,包括 α -生育酚 9.42~37.08 mg/100 g 和 γ -生育酚 5.50~7.33 mg/100 g。吕建云等^[38]测定了市售油茶籽油中维生素 E 含量为 23.93 mg/100 g。张善英等^[56]研究发现油茶籽经 1.6 MPa 蒸汽爆破 30 s 后,其 α -生育酚可达 50.785 mg/100 g,提高了 1.59 倍。聂明等^[57]研究表明油茶籽油中维生素 E 含量为 CO_2 超临界萃取法 (20.15 mg/100 g) > 低温压榨法 (18.29 mg/100 g) > 普通螺旋榨法 (11.30 mg/100 g);刘肖丽等^[58]得到的维生素 E 含量为超临界 CO_2 萃取 (17.69 mg/100 g) > 亚临界流体萃取 (16.8 mg/100 g) > 超声波提取 (10.53 mg/100 g) > 压榨 (9.15 mg/100 g);沈建福等^[59]研究表明维生素 E 含量为 CO_2 超临界萃取法 (5.495 mg/100 g) > 溶剂萃取法 (5.297 mg/100 g) > 低温冷榨法 (4.895 mg/100 g)。邓龙等^[60]研究发现,茶籽油精炼过程中 α -生育酚的变化为从 25.133 7 mg/100 g (毛茶油)—18.806 4 mg/100 g (碱炼油)—15.849 0 mg/100 g (水洗脱水油)—15.568 5 mg/100 g (脱色油)—10.130 1 mg/100 g (脱臭油),整个精炼过程中 α -生育酚损失高达 59.70%。

综上,经加工后茶籽油中的维生素 E 含量基本为 20 mg/100 g 左右(唯有沈建福等^[59]的结果大大偏低,有待验证),精炼后为 10 mg/100 g 左右,对比表 1 中维生素 E 的指标,10 mg/100 g 符合除浙江团体标准《浙江红花茶油》外其他所有标准中的指标。

3.3 油茶籽油中角鲨烯含量及其变动性

李志晓^[53]发现 12 个品种油茶籽油中角鲨烯含量为

6.314~17.640 mg/100 g,其均值为 9.324 mg/100 g,1 号小果油茶和 27 号普通油茶角鲨烯含量无显著差异;2 号小果油茶和 21 号普通油茶角鲨烯含量有显著差异。钟冬莲等^[30]研究表明山茶油中角鲨烯含量为 97~120 $\mu\text{g/mL}$,与橄榄油中角鲨烯含量相近。

张智敏等^[61]测得水酶法和冷榨法所制得油茶籽油中角鲨烯含量接近,分别为 11.4、11.3 mg/100 g。聂明等^[57]发现不同工艺茶籽油中的角鲨烯含量为 CO_2 超临界萃取油 (21.18 mg/100 g) > 普通螺旋榨油 (16.72 mg/100 g) > 低温压榨油 (15.36 mg/100 g),与李志晓^[53]的结果相似。热榨法优于冷榨法原因是角鲨烯性质稳定,加热对其影响不大,较高温度的处理有利于角鲨烯的溶出。杨辉^[62]证明了压榨法有利于角鲨烯的溶出。邓龙等^[60]研究发现,茶籽油精炼过程中角鲨烯含量变化为茶籽毛油 (13.668 mg/100 g) > 碱炼 (11.569 mg/100 g) > 脱色 (10.497 mg/100 g) > 脱臭 (8.914 mg/100 g),整个精炼过程中损失达 34.78%。

综上,成品油中角鲨烯含量约为 8 mg/100 g,对照表 1,其值能够满足团体标准《湖南茶油》的 AA 级标准,但不能满足 3 个地方标志产品的要求,因此,如果要试图让该指标提高到 13 mg/100 g,需要减少精炼,如水酶法、 CO_2 超临界萃取或冷榨法得到的茶籽油,只需要简单精炼,就能达到茶籽油的质量指标。

3.4 油茶籽油中植物甾醇含量及其变动性

李志晓^[53]研究表明,12 个品种油茶籽油中甾醇含量存在品种间差异性,其总量为 186.8~338.2 mg/100 g,均值为 239.732 mg/100 g,均含有豆甾醇、 β -谷甾醇、羊毛甾醇和香树脂醇 4 种甾醇,1 号小果油茶、27 号和 53 号普通油茶中甾醇总含量无显著差异;2 号小果油茶、3 号和 21 号普通油茶显著高于均值;4 号、18 号、23 号、40 号、55 号和 166 号普通油茶显著低于检验均值。碱炼后甾醇含量降为 275.329 mg/100 g,脱色后降为 228.038 mg/100 g,脱臭后含量降为 191.566 mg/100 g。孟橘等^[44]测得鲜榨茶籽油中植物甾醇含量为 111.5 mg/100 g,而精炼后植物甾醇含量为 72.6 mg/100 g。孙永燕^[63]检测了冷榨一级茶籽油中 β -谷甾醇含量为 33.44 mg/100 g,豆甾醇为 10.20 mg/100 g,菜油甾醇为 2.05 mg/100 g。

植物油中植物甾醇往往都会在精炼过程中损失很大一部分,因此,甾醇最丰富的来源除了植物油,就是植物油的加工副产物,尤其植物油精炼脱臭馏出物中甾醇含量最高。对照表 1 中各标准中 15~78 mg/100 g 的总甾醇要求,茶籽油中甾醇含量基本均能达到要求。

4 对油茶籽油标准化建设的建议

油茶籽油的脂质伴随物种类和含量既与油茶籽自身遗传特性有关,也与制油工艺条件如预处理方式和加工

温度等相关。为了达到国家标准的质量和安 全指标而开展的精炼工艺,会大大降低脂质伴随物含量,因此加工和精炼总是在寻找质量和高品质之间的平衡。传统的“六脱”精炼工艺在去除有害成分的同时,除了可能造成油茶籽油中油酸等不饱和脂肪酸在高温作用下产生聚合反应,不饱和脂肪酸酯含量降低外,还会使多酚、维生素 E、角鲨烯、甾醇等微量营养成分大量损失。因此,在油茶籽油的生产中,提出了适度精炼的概念,此外,科研和技术人员在不断改进制油工艺包括 CO₂ 超临界萃取、水酶法和冷榨工艺等各种工艺,试图提高茶籽油中脂质伴随物的保持率。

对脂质伴随物含量的研究结果表明,制订出统一的脂质伴随物含量声称标准是可行的。茶籽油的脂质伴随物含量声称指标一旦以国家标准制订,将有利于茶籽油作为高档植物油在全国的推广。为了实现油茶籽油的标准 化,就油茶籽油脂肪酸伴随物的高保持率和稳定性而言,未来研究应聚焦以下几方面:① 利用现代纯化和鉴定技术,明确伴随物种类及其对油茶籽油药理作用的贡献程度及机理。② 构建中国油茶籽品种的脂质伴随物指纹图谱,以期成品中含量的稳定性。③ 探索多种脂质伴随物的保留特性及在各工艺中的迁移规律。④ 及时更新各脂质伴随物的检测标准,并将新技术和最新科学成果应用于标准化建设中。⑤ 通过生产技术的标准化,实现产品的标准化。⑥ 探索新型制油和精炼工艺,实现对行业的升级、改造和全面推广。

总之,对于茶籽油脂质伴随物作为保健成分的研究以及其营养声称标准的全面贯彻实施,将夯实油茶籽油药食两用食物的健康基石,为生产标准化的高档油茶籽油奠定良好的基础。

参考文献

- [1] TEIXEIRA A M, SOUSA C. A review on the biological activity of camellia species[J]. *Molecules*, 2021, 26(8): 2 178.
- [2] 程恒光, 郭春景, 董全喜. 高油酸葵花籽油与油茶籽油的分析研究[J/OL]. *中国油脂*. (2021-07-07) [2021-09-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.TS.20210707.1808.016.html>.
- CHENG Heng-guang, GUO Chun-jing, DONG Quan-xi. Comparative study on high oleic sunflower oil and oil-tea camellia seed oil[J/OL]. *China Oils and Fats*. (2021-07-07) [2021-09-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.TS.20210707.1808.016.html>.
- [3] 王颀, 张月红, 刘英华, 等. 食用茶籽油对高甘油三酯血症患者血脂和体重的影响[J]. *卫生研究*, 2014, 43(1): 92-95.
- WANG Jin, ZHANG Yue-hong, LIU Ying-hua, et al. Effects of teaseed oil on triglyceride and weight in hypertriglyceridemic subjects[J]. *Journal of Hygiene Research*, 2014, 43(1): 92-95.
- [4] SORIGUER F, ESTEVA I, ROJO-MARTINEZ G, et al. Oleic acid

- from cooking oils is associated with lower insulin resistance in the general population (Pizarra study)[J]. *European Journal of Endocrinology*, 2004, 150(1): 33-40.
- [5] MARTIN D, MURIEL E, ANTEQUERA T, et al. Fatty acid composition and oxidative susceptibility of fresh loin and liver from pigs fed conjugated linoleic acid in combination with monounsaturated fatty acids[J]. *Food Chemistry*, 2008, 108(1): 86-96.
 - [6] PASTOR R, BOUZAS C, TUR J A. Beneficial effects of dietary supplementation with olive oil, oleic acid, or hydroxytyrosol in metabolic syndrome: systematic review and meta-analysis[J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 2021(172): 372-385.
 - [7] 叶洲辰, 吴友根, 于靖, 等. 不同产地油茶籽油提取物的抗氧化活性比较分析及其营养评价[J]. *生物技术通报*, 2019, 35(12): 1-9.
 - YE Zhou-chen, WU You-gen, YU Jing, et al. Comparative analysis of antioxidant activities of *Camellia oleifera* oil extracts from different areas and their nutritional assessments[J]. *Biotechnology Bulletin*, 2019, 35(12): 1-9.
 - [8] 张志英. 山茶油抗氧化防辐射活性成分及其机理的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006: 8.
 - ZHANG Zhi-ying. Study on antioxidant and radiation protective active components of camellia oil and its mechanism[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016: 8.
 - [9] YANG Rui-nan, ZHANG Liang-xiao, LI Pei-wu, et al. A review of chemical composition and nutritional properties of minor vegetable oils in China[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, 74: 26-32.
 - [10] SAHARI M A, ATAI D, HAMED I M. Characteristics of tea seed oil in comparison with sunflower and olive oils and its effect as a natural antioxidant[J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2004, 81(6): 585-588.
 - [11] SHEN Jiang-fu, ZHANG Zhi-ying, TIAN Bing, et al. Lipophilic phenols partially explain differences in the antioxidant activity of subfractions from methanol extract of camellia oil[J]. *European Food Research and Technology*, 2012, 235(6): 1 071-1 082.
 - [12] 周晴芬, 徐洲, 魏岚, 等. 4 种油茶籽油中多酚类物质的抗氧化活性比较研究[J]. *中国油脂*, 2014, 39(1): 35-38.
 - ZHOU Qing-fen, XU Zhou, WEI Lan, et al. Comparison of antioxidant activities of polyphenols in four kinds of oil - tea camellia seed oils[J]. *China Oils and Fats*, 2014, 39(1): 35-38.
 - [13] LEE C, YEN G. Antioxidant activity and bioactive compounds of tea seed (*Camellia oleifera* Abel.) oil[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54(3): 779-784.
 - [14] SIRATO-YASUMOTO S, KATSUTA M, OKUYAMA Y, et al. Effect of sesame seeds rich in sesamin and sesamol on fatty acid oxidation in rat liver[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49(5): 2 647-2 651.
 - [15] SAIJA A, UCCELLA N. Olive biophenols: Functional effects on human wellbeing[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2000,

- 11(9/10): 357-363.
- [16] 叶洲辰, 吴友根, 张军锋, 等. 油茶籽油及桔饼提取物的抗肿瘤活性研究[J]. 热带作物学报, 2017, 38(7): 1 216-1 223.
- YE Zhou-chen, WU You-gen, ZHANG Jun-feng, et al. Anticancer activities of the extract from oils and cakes of *Camellia* spp.[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(7): 1 216-1 223.
- [17] 罗国良. 茶多酚复方制剂抑瘤效果及诱导肿瘤细胞凋亡机理的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006: 1.
- LUO Guo-liang. Study on effects of Tea Polyphenols Compound on inhibiting growth of tumor and inducing its apoptosis [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2006: 1.
- [18] BUMRUNGPET A, PAVADHUGUL P, KALPRAVIDH R W. Camellia oil-enriched diet attenuates oxidative stress and inflammatory markers in hypercholesterolemic subjects[J]. Journal of Medicinal Food, 2016, 19(9): 895-898.
- [19] CHEN Qiu-ping, WU Xiao-qin, LIU Lian-liang, et al. Polyphenol-rich extracts from Oiltea camellia prevent weight gain in obese mice fed a high-fat diet and slowed the accumulation of triacylglycerols in 3T3-L1 adipocytes[J]. Journal of Functional Foods, 2014, 9: 148-155.
- [20] WANG Lan-ying, AHMAD S, WANG Xi, et al. Comparison of antioxidant and antibacterial activities of camellia oil from hainan with camellia oil from guangxi, olive oil, and peanut oil[J]. Frontiers in Nutrition, 2021, 8: 667744.
- [21] AKIHISA T, TOKUDA H, UKIYA M, et al. 3-Epicabraleahydroxy-lactone and other triterpenoids from camellia oil and their inhibitory effects on Epstein-Barr virus activation[J]. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 2004, 52(1): 153-156.
- [22] WANG Xiao-qin, DEL MAR Contreras M, XU Dun-ming, et al. Different distribution of free and bound phenolic compounds affects the oxidative stability of tea seed oil: A novel perspective on lipid antioxidation[J]. LWT, 2020, 129: 109389.
- [23] WANG Zhen-yu, LI Shi-yang, GE Sheng-han, et al. Review of distribution, extraction methods, and health benefits of bound phenolics in food plants[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(11): 3 330-3 343.
- [24] ZHANG Bing, ZHANG Yu-jing, LI Hong-yan, et al. A review on insoluble-bound phenolics in plant-based food matrix and their contribution to human health with future perspectives[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 105: 347-362.
- [25] KIM Y, KIM E, HWANG J, et al. Characterization of the antioxidant fraction of *Trapa japonica* pericarp and its hepatic protective effects in vitro and in vivo[J]. Food & Function, 2016, 7(3): 1 689-1 699.
- [26] TSAI S, HSU Y, LIN H, et al. Comparison of the effect of *Pleurotus citrinopileatus* extract and vitamin E on the stabilization properties of camellia oil[J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2017, 130(3): 1 281-1 292.
- [27] WALLERT M, ZIEGLER M, WANG X, et al. α -tocopherol preserves cardiac function by reducing oxidative stress and inflammation in ischemia/reperfusion injury [J]. Redox Biology, 2019, 26: 101292.
- [28] CHEN Y, NGUYEN J, SEMMENS K, et al. Effects of dietary α -tocopheryl acetate on lipid oxidation and α -tocopherol content of novel omega-3-enhanced farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets [J]. LWT - Food Science and Technology, 2008, 41(2): 244-253.
- [29] IBRAHIM N I, FAIRUS S, ZULFARINA M S, et al. The efficacy of squalene in cardiovascular disease risk-a systematic review[J]. Nutrients, 2020, 12(2): 414.
- [30] 钟冬莲, 汤富彬, 沈丹玉, 等. 油茶籽油中角鲨烯含量的气相色谱法测定[J]. 分析试验室, 2011, 30(11): 104-106.
- ZHONG Dong-lian, TANG Fu-bin, SHE Dan-yu, et al. Determination of squalene in camellia seed oil by gas chromatography[J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2011, 30(11): 104-106.
- [31] LIN Y, KNOL D, TRAUTWEIN E A. Phytosterol oxidation products (POP) in foods with added phytosterols and estimation of their daily intake: A literature review[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2016, 118(10): 1 423-1 438.
- [32] 蔡媛媛, 张晖, 王兴国, 等. 初榨葡萄籽毛油中维生素 E、植物甾醇及角鲨烯的快速同步检测[J]. 中国油脂, 2018, 43(9): 137-143.
- CAI Yuan-yuan, ZHANG Hui, WANG Xing-guo, et al. Rapid simultaneous determination of vitamin E, phytosterol and squalene in virgin crude grape seed oil[J]. China Oils and Fats, 2018, 43(9): 137-143.
- [33] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 油茶籽: GB/T 37917—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of China. Oil-tea camellia seed: GB/T 37917—2019 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [34] 于帆, 张欣亮, 闫春红, 等. 浅议标准化在优化营商环境中的作用与实现路径[J]. 标准科学, 2020(12): 110-114.
- YU Fan, ZHANG Xin-liang, YAN Chun-hong, et al. Research on the role of standardization in optimizing business environment and the implementation method [J]. Standard Science, 2020 (12): 110-114.
- [35] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 油茶籽油: GB/T 11765—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of China. Oil-tea camellia seed oil: GB/T 11765—2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [36] 田潇潇, 方学智, 孙汉洲, 等. 不同物种及品种油茶籽的营养特性分析与综合评价[J]. 林业科学研究, 2019, 32(1): 133-140.
- TIAN Xiao-xiao, FANG Xue-zhi, SUN Han-zhou, et al. Seed nutritional properties of different oil camellia species and varieties[J]. Forest Research, 2019, 32(1): 133-140.
- [37] 陈柏林. 南带油茶油脂品质特征研究[D]. 长沙: 中南林业科技

- 大学, 2018: 43-48.
- CHEN Bo-lin. Study on the characteristics of camellia oil in South Belt area[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2018: 43-48.
- [38] 吕建云, 孙丰霞, 耿越. 山茶油中 4 种功能性成分的测定[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(6): 1 641-1 646.
- LU Jian-Yun, SUN Feng-Xia, GENG Yue, et al. Determination of four functional ingredients in camellia oil[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2014, 5(6): 1 641-1 646.
- [39] MAZAHERI Y, TORBATI M, AZADMARD-DAMIRCHI S, et al. Effect of roasting and microwave pre-treatments of *Nigella sativa* L. seeds on lipase activity and the quality of the oil[J]. Food Chemistry, 2019, 274: 480-486.
- [40] PIELHOP T, AMGARTEN J, VON ROHR P R, et al. Steam explosion pretreatment of softwood: the effect of the explosive decompression on enzymatic digestibility[J]. Biotechnology for Biofuels, 2016, 9(1): 1-13.
- [41] 李志晓, 金青哲, 叶小飞, 等. 制油工艺对油茶籽油品质的影响[J]. 中国油脂, 2015, 40(4): 47-51.
- LI Zhi-xiao, JIN Qing-zhe, YE Xiao-fei, et al. Impact of extraction process on quality of oil-tea camellia seed oil[J]. China Oils and Fats, 2015, 40(4): 47-51.
- [42] LUO Fan, FEI Xue-qian. Distribution and antioxidant activities of free, conjugated, and insoluble-bound phenolics from seven species of the genus camellia[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2019, 96(2): 159-170.
- [43] 罗凡, 陈志吉, 费学谦, 等. 不同干燥方式对压榨油茶籽油品质的影响研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(11): 3-7.
- LUO Fan, CHEN Zhi-ji, FEI Xue-qian, et al. Effects of different drying methods pressed oil-tea camellia on the quality of seed oil[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(11): 3-7.
- [44] 孟橘, 魏冰, 邱立明, 等. 不同制油工艺对油茶籽油主要微量成分及氧化稳定性的影响[J]. 中国油脂, 2021, 46(7): 20-22.
- MENG Ju, WEI Bing, QIU Li-ming, et al. Effect of different oil preparation processes on the main trace components and oxidative stability of oil tea camellia seed oil[J]. China Oils and Fats, 2021, 46(7): 20-22.
- [45] 罗凡, 郭少海, 费学谦, 等. 压榨条件对油茶籽毛油挥发性成分及品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(4): 61-66.
- LUO Fan, GUO Shao-hai, FEI Xue-qian, et al. The effects of pressing conditions on volatile organic compounds and the quality of crude camellia oil[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2015, 30(4): 61-66.
- [46] 罗凡, 费学谦, 李康雄, 等. 加工工艺对油茶籽油氧化稳定性及酚类物质含量的影响[J]. 农业工程学报, 2016(14): 293-299.
- LUO Fan, FEI Xue-qian, LI Kang-xiong, et al. Effect of refining process on phenolic compounds and oxidation stabilities in oi-tea camellia seed oil[J]. Transactions of the Chinese Society of Agri-cultural Engineering, 2016(14): 293-299.
- [47] 方学智, 姚小华, 王开良, 等. 不同制油方法对油茶籽油品质的影响[J]. 中国油脂, 2009, 34(1): 23-26.
- FANG Xue-zhi, YAO Xiao-hua, WANG Kai-liang, et al. Effects of extraction methods on the quality of oil -tea camellia seed oil[J]. China Oils and Fats, 2009, 34(1): 23-26.
- [48] WANG Wei-fang, HAN Sai, JIAO Zhen, et al. Antioxidant activity and total polyphenols content of camellia oil extracted by optimized supercritical carbon dioxide[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2019, 96(11): 1 275-1 289.
- [49] SHI Ting, WU Gang-cheng, JIN Qing-zhe, et al. Camellia oil authentication: A comparative analysis and recent analytical techniques developed for its assessment: A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 97: 88-99.
- [50] 刘静, 周莉君, 袁明, 等. 油茶籽油抗氧化和防紫外辐射活性分析及多酚类物质提取研究[J]. 中国油脂, 2017(10): 130-133.
- LIU Jing, ZHOU Li-jun, YUAN Ming, et al. Antioxidation and anti-ultraviolet radiation activities of oil-tea camellia seed oil and extraction of polyphenols [J]. China Oils and Fats, 2017(10): 130-133.
- [51] 李志晓, 金青哲, 叶小飞, 等. 精炼过程中油茶籽油活性成分和抗氧化性的变化[J]. 中国油脂, 2015, 40(8): 1-5.
- LI Zhi-xiao, JIN Qing-zhe, YE Xiao-fei, et al. Changes of bioactive constituents and antioxidant activity of oil-tea camellia seed oil during refining[J]. China Oils and Fats, 2015, 40(8): 1-5.
- [52] ACOSTA-ESTRADA B A, GUTIÉRREZ-URIBE J A, SERNA-SALDÍVAR S O. Bound phenolics in foods: A review[J]. Food Chemistry, 2014, 152: 46-55.
- [53] 李志晓. 加工过程对油茶籽油微量营养成分和抗氧化性能的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
- LI Zhi-xiao. Impact on trace nutrients and antioxidant activity of camellia seed oil in processing [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2015.
- [54] CAO Yong-qing, XIE Yin, REN Hua-dong. Fatty acid composition and tocopherol, sitosterol, squalene components of Camellia reticulata oil[J]. Journal of Consumer Protection and Food Safety, 2018, 13(4): 403-406.
- [55] HU Jian-bo, YANG Guang-liang. Physiochemical characteristics, fatty acid profile and tocopherol composition of the oil from *Camellia oleifera* Abel cultivated in Henan, China[J]. Grasas Aceites, 2018, 69(2): 255.
- [56] 张善英, 郑丽丽, 艾斌凌, 等. 蒸汽爆破预处理对油茶籽水代法提油品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 124-130.
- ZHANG Shan-ying, ZHENG Li-li, AI Bin-ling, et al. Effect of steam explosion pretreatment on quality of tea seed (*Camellia oleifera* Abel.) oil obtained by aqueous extraction [J]. Food Science, 2019, 40(11): 124-130.

(下转第 22 页)

- [21] LANG A, THORPE M R. Xylem, phloem and transpiration flows in a grape: Application of a technique for measuring the volume of attached fruits to high resolution using archimedes' principle[J]. *Journal of Experimental Botany*, 1989, 30: 1 069-1 078.
- [22] 辛淑亮, 林振海, 王永章. 苹果、梨果实表面面积的测定方法研究[J]. 莱阳农学院学报, 1985(1): 67-74.
XIN Shu-liang, LIN Zhen-hai, WANG Yong-zhang. Study on the determination method of fruit surface area of apple and pear[J]. *Jouenal of Laiyang Agricultural College*, 1985(1): 67-74.
- [23] NARUSHIN V G. The Avian egg: Geometrical description and calculation of parameters[J]. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1997, 68(3): 201-205.
- [24] 章文英, 应义斌. 苹果图像的预处理及尺寸检测[J]. 金华职业技术学院学报, 2001(1): 23-25.
ZHANG Wen-ying, YING Yi-bin. Apple image processing and size detecting[J]. *Journal of Jinhua Polytechnic*, 2001(1): 23-25.
- [25] RASHIDI M, GHOLAMI M. Classification of fruit shape in ki-wifruit using the analysis of geometrical attributes[J]. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 2008, 3: 258-263.
- [26] BREWER M T, LANG L, FUJIMURA K, et al. Development of a controlled vocabulary and software application to analyze fruit shape variation in tomato and other plant species[J]. *Plant Physiology*, 2006, 141(1): 15-25.
- [27] 温维亮, 郭新宇, 陆声链, 等. 曲面建模方法在数字植物中的应用与展望[J]. 中国农业科学, 2011, 44(7): 1 338-1 345.
WEN Wei-liang, GUO Xin-yu, LU Sheng-lian, et al. Applications and prospects of surface modeling method in digital plant[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(7): 1 338-1 345.
- [28] 纪平, 王俊, 陈鹤碧. 基于图像的番茄识别与几何尺寸测量[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(33): 16 426-16 428, 16 434.
JI Ping, WANG Jun, CHEN He-bi. The tomato identification and geometric size measurement based on image[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40(33): 16 426-16 428, 16 434.
- [29] LI Xuan, PAN Zhong-li, UPADHYAYA S K, et al. Three-dimensional geometric modeling of processing tomatoes[J]. *Transactions of the Asabe*, 2011, 54(6): 2 287-2 296.
- [30] 王浩云, 闫茹琪, 周小莉, 等. 基于局部点云的苹果外形指标估测方法[J]. 农业机械学报, 2019, 50(5): 205-213.
WANG Hao-yun, YAN Ru-qi, ZHOU Xiao-li, et al. Apple shape index estimation method based on local point cloud [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2019, 50(5): 205-213.
- [31] NYALALA I, OKINDA C, NYALALA L, et al. Tomato volume and mass estimation using computer vision and machine learning algorithms: Cherry tomato model[J]. *Journal of Food Engineering*, 2019, 263: 288-298.
- [32] DATTA A K, HALDER A. Status of food process modeling and where do we go from here (synthesis of the outcome from brainstorming)[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2008, 7(1): 117-120.
- [33] LI Xuan, PAN Zhong-li, ATUNGULU G G, et al. Peeling of tomatoes using novel infrared radiation heating technology[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2014, 21: 123-130.
- [34] SEYEDABADI E, KHOJASTEHPOUR M, SADRNIYA H, et al. Mass modeling of cantaloupe based on geometric attributes: A case study for tile magasi and tile shahri[J]. *Scientia Horticulturae*, 2011, 130(1): 54-59.
- (上接第 14 页)
- [57] 聂明, 杨水平, 姚小华, 等. 不同加工方式对油茶籽油理化性质及营养成分的影响[J]. 林业科学研究, 2010(2): 165-169.
NIE Ming, YANG Shui-ping, YAO Xiao-hua, et al. Effects of process methods on physicochemical property and nutrient content of tea oil[J]. *Forest Research*, 2010(2): 165-169.
- [58] 刘肖丽, 吴雪辉. 不同提取方法对茶油品质的影响. 食品工业科技, 2012(24): 307-310.
LIU Xiao-li, WU Xue-hui. Analysis of the camellia oil by various extraction process[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012(24): 307-310.
- [59] 沈建福, 陈中海, 肖仁显, 等. 不同加工方式对浙江红花油茶茶油品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(6): 56-60.
SHEN Jian-fu, CHEN Zhong-hai, XIAO Ren-xian, et al. Effects of different processing methods on the quality of oil-tea of *Camellia Cheklangleosa* Hu[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2012, 27(6): 56-60.
- [60] 邓龙, 邓泽元, 胡蒋宁, 等. 油茶籽油加工过程中理化性质和营养品质的变化[J]. 食品科学, 2015, 36(23): 111-115.
DENG Long, DENG Ze-yuan, HU Jiang-ning, et al. physical-chemical properties and nutrients of oil-tea camellia seed oil in different refining stages[J]. *Food Science*, 2015, 36(23): 111-115.
- [61] 张智敏, 吴苏喜, 刘瑞兴. 制油工艺对油茶籽油营养品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 268-272.
ZHANG Zhi-min, WU Su-xi, LIU Rui-xing, et al. Effect of production process on nutritional ouality of camellia seed oil[J]. *Food Science*, 2013, 34(11): 268-272.
- [62] 杨辉. 茶油提取新工艺及其品质的研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2012: 58.
YANG Hui. Study on new extraction processes and quality of camellia oil[D]. Nanchang: Nanchang University, 2012: 58.
- [63] 孙永燕. 注射用茶籽油制备工艺研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2018: 39.
SUN Yong-yan. Preparation of camellia oil for injection purpose[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2018: 39.