

核桃油氧化及抗氧化调控研究进展

龚 娣, 陈程莉, 常馨月, 董 全

(西南大学 食品科学学院, 重庆 400715)

摘要:核桃油富含多不饱和脂肪酸(PUFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)和多种营养素,具有多种生物活性。核桃油的稳定性较差,易发生氧化酸败,为提高核桃油的品质,延长其货架期,综述了近年来有关核桃油氧化劣变的影响因素和核桃油抗氧化调控措施的研究进展。核桃油氧化劣变的影响因素有内部因素,如脂肪酸组成、内源性物质的抗氧化能力,也有外部因素,如储藏条件、提取工艺。可以采用微胶囊技术、复配调和其他抗氧化性强的油脂,以及添加抗氧化剂的方式延缓核桃油氧化酸败。

关键词:核桃油;氧化;抗氧化;货架期

中图分类号:TS225.1;TS221 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)05-0058-05

Progress in oxidation and antioxidant regulation of walnut oil

GONG Di, CHEN Chengli, CHANG Xinyue, DONG Quan

(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Walnut oil is rich in polyunsaturated fatty acids (PUFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and a variety of nutrients, and has a variety of biological activities. However, walnut oil has poor stability, and is prone to oxidative rancidity. The research progress on the factors affecting oxidative deterioration and antioxidant regulatory measures of walnut oil were reviewed so as to improve the quality and extend shelf life of walnut oil. The factors affecting oxidative deterioration of walnut oil include internal factors, such as fatty acid composition and antioxidant capacity of endogenous substances, and external factors, such as storage conditions and extraction process. Microencapsulation technology, blending with excellent antioxidative oils and adding antioxidant can be used to delay the oxidative rancidity of walnut oil.

Key words: walnut oil; oxidation; antioxidation; shelf life

核桃(*Juglans regia* L.),又名胡桃、羌桃,属于胡桃木科,原产于欧洲东南部和东亚地区,目前全球范围内的主产地主要在中国、美国、土耳其、伊朗等6个国家。核桃油是一种高营养的食用油,富含多不饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸^[1-2],还含有多种营养素(维生素E和B₁,镁,钙,铜,锰,磷)^[3]。核桃油还具备多种生物活性,如改善空间记忆^[4]、减轻脂多糖诱导的巨噬细胞炎症反应^[5]、抑制食管癌

细胞的肿瘤生长和转移^[6]、改善2型糖尿病患者的脂质状况^[7]等。由于核桃油的不饱和脂肪酸含量高,当核桃油暴露于氧气含量高、光线强和温度高等环境条件时,核桃油通过自氧化等反应产生不良的气味,造成腐臭、变色和其他形式的变质。核桃油自动氧化产物主要是氢过氧化物,没有味道和气味,但其降解产物(醛、酮、酸类等化合物)是具有刺激性气味的挥发性物质^[7]。此外,脂质过氧化对蛋白质、酶和膜结构有负面影响,会造成人体器官或组织损伤。本文对核桃油的氧化劣变影响因素以及抗氧化调控措施进行综述,以为核桃油保持良好品质提供借鉴。

1 核桃油氧化劣变的影响因素

1.1 内部因素

1.1.1 脂肪酸组成

油脂氧化劣变主要是由于脂质的自动氧化。脂

收稿日期:2020-08-01;修回日期:2021-02-07

基金项目:重庆市特色食品工程技术研究中心能力提升项目(cstc2014pt-gc8001)

作者简介:龚娣(1995),女,在读硕士,研究方向为食品加工与安全(E-mail)2956393303@qq.com。

通信作者:董全,教授,博士(E-mail)dongquan@swu.edu.cn。

质的自动氧化是一种自由基的连锁反应。自由基的产生与油脂的不饱和程度密切相关,大量存在的双键使得自由基得以在链引发阶段快速生成,从而启动整个氧化反应^[8]。核桃油的主要脂肪酸组成有棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)和亚麻酸(C18:3),C18:2是主要的多不饱和脂肪酸(PUFA),含量在60%左右,C18:1是主要的单不饱和脂肪酸(MUFA),含量在20%左右,C18:3含量较低,但与C18:1和C18:2相比其相对氧化速率最高,这是由于C18:3的双键数量多^[9]。研究表明,提取工艺对核桃油脂肪酸组成几乎没有影响^[10],但是产地环境和品种对脂肪酸组成影响较显著。

Gharibzahedi等^[11]比较了3个波斯核桃油品种,证明了不同品种核桃的油脂脂肪酸组成存在显著差异,这与Pan等^[12]的研究结果一致。因此,脂肪酸组成和含量可作为选择优良品种指标。

1.1.2 内源性物质的抗氧化能力

油脂的氧化稳定性不仅与脂肪酸组成密切相关,还与油脂中的微量组分有关。内源性抗氧化成分主要有生育酚、植物甾醇、总酚、黄酮、 β -胡萝卜素、磷脂、角鲨烯等^[13],这些微量组分不仅影响核桃油的氧化稳定性,同时也是核桃油的生物活性物质,例如:核桃多酚可抑制低密度脂蛋白的氧化活性;生育酚对抵抗癌症有许多有益作用;角鲨烯对皮肤有滋润作用;植物甾醇可以通过干扰肠道对胆固醇的吸收,降低患冠心病的风险。生育酚抑制核桃油初级氧化的程度最高,而总酚对次级氧化抑制的效果最好^[14]。在菜籽油中,生育酚与磷脂之间有良好的协同抗氧化作用^[15]。Pycia等^[16]用高效液相色谱(HPLC)比较分析了波兰11个品种核桃的多酚和生育酚含量,研究发现核桃油中生育酚有4种形式,即 α 、 β 、 γ 、 δ -生育酚,以 β 、 δ -生育酚两种形式为主,其组成对品种的依赖系数较高。Pan等^[12]通过实验发现核桃油的主要生育酚形式为 γ -生育酚,含量超过55%,普通核桃油的总生育酚含量比铁核桃油的高。生育酚和总酚是评估核桃油抗氧化能力的有效指标。因此,选择生育酚和总酚含量高的核桃新品种应被视为未来研究的重要育种目标。

1.2 外部因素

1.2.1 储藏条件

核桃油很容易受外界环境条件的影响而发生酸败,环境影响因素主要包括光照、温度、氧气、酶等,其中温度对核桃油的影响最大。王晓楠等^[17]发现核桃油在加热过程中,其过氧化值和酸值逐渐升高,

碘值急剧降低,DPPH自由基清除能力逐渐下降,亚油酸和亚麻酸含量分别减少19%和8%左右。Vaidya等^[18]将核桃油和葡萄籽油分别在25、40、60、80℃下储存60、30、12、6d,根据过氧化值、共轭二烯酸值和茴香胺值来测定氧化程度,结果发现两种油脂氧化程度的增加速率均强烈依赖于储存温度,两种油脂的氧化诱导期都随着储存温度的升高而逐渐降低,并且核桃油的氧化诱导期相对更短,证明核桃油对于温度更为敏感。光照对油脂的氧化稳定性影响较大,这是由于强光产生的过量激发能会激发油脂中的一些光敏物质(如叶绿素、核黄素等)变为高能状态光敏剂,将油脂中的三线态氧分子变为单线态氧,然后与油脂中的不饱和双键发生氧化反应^[19]。核桃油中的油酸、亚油酸、亚麻酸均能和单线态氧反应生成各类氢过氧化物。Martínez等^[20]的实验表明,将核桃油保存在透明的玻璃瓶,暴露在荧光灯(1 100 lx)和室温条件下,不添加任何抗氧化剂时,只能保质两个月,无论是添加天然抗氧化剂迷迭香提取物还是化学合成抗氧化剂均不能显著抑制光氧化降解。因此,核桃油应避光储藏在低温、低氧环境,储藏温度应尽量低于15℃,2%的氧浓度储藏效果较好。

1.2.2 提取工艺

核桃油的提取工艺主要包括冷榨法、溶剂萃取法、水酶法、微波辅助萃取法、超临界CO₂萃取法等,核桃油的提取方式对脂肪酸的组成几乎没有影响,但会影响核桃油的提取率和微量元素组成。Gao等^[21]通过实验发现,使用不同萃取溶剂(分别为氯仿和甲醇的混合液、正己烷、乙酸乙酯、石油醚、丙酮)获得的核桃油具有不同的化学特性,用乙酸乙酯提取核桃油提取率较高,达68.32%,氯仿和甲醇混合液提取的核桃油生育酚含量最高,丙酮萃取的核桃油多酚含量和抗氧化指数均为最高,自由基清除能力最好,综合来看,通过丙酮萃取的核桃油具有保健和商业应用潜力。Ghasemi等^[22]采用正己烷联合超声-酶法提取核桃油,与正己烷提取、超声辅助水酶法提取和水搅拌提取相比,核桃油的提取率、不饱和脂肪酸含量、总酚含量、碘值更高,过氧化值更低,该方法是有前途的高品质核桃油提取方法。林泽庆^[23]对比了索氏抽提法、超临界CO₂萃取法、冷榨法3种方法对新疆薄皮核桃油氧化稳定性的影响,发现超临界CO₂萃取法得到的核桃油品质和纯度最高,氧化稳定性也最好,但是其提取操作流程复杂、能耗高,结合实际生产,冷榨法虽然油得率低,提

取的核桃油过氧化值略高于超临界 CO₂ 萃取法,但其操作简单、生产成本低,在除去杂质后核桃油即可达到食用标准。

2 核桃油抗氧化调控措施

2.1 微胶囊技术

微胶囊技术是指将微小的颗粒或小液滴由涂层壁包围或嵌入均质或异质基质中,从而形成小胶囊,通过在胶囊中的组件与环境之间建立屏障,可以很好地隔绝空气,保护其中的活性成分,防止氧化。微胶囊技术在食品工业中运用较广泛。选择合适的壁材是开发微胶囊的重要步骤,用于油脂微胶囊化的壁材必须具有稳定性高、水溶性优、干燥性能好、干燥过程中倾向于形成致密的网络。目前用于微胶囊化核桃油的壁材主要有分离蛋白、卵磷脂、酪蛋白酸钠和麦芽糊精等,微胶囊化核桃油的常用方法包括喷雾干燥法、冷冻干燥法和凝聚法等。黄雨洋等^[24]采用喷雾干燥法用大豆分离蛋白和卵磷脂为壁材制备了微胶囊化核桃粉末油脂,发现高包埋率粉末油脂的微观结构致密、表面光滑、囊壁完整性较好,且氧化诱导时间远长于未包埋核桃油,表明微胶囊包埋技术对提高核桃油的氧化稳定性效果显著。Calvo 等^[25]运用冷冻干燥法制备了蛋白质基(酪蛋白酸钠与麦芽糊精比例 1:1)核桃油微胶囊和碳水化合物基(32.8% 麦芽糊精、65.6% 羧甲基纤维素和 1.6% 卵磷脂)核桃油微胶囊,研究发现微胶囊在体外消化后,模拟胃肠道中生育酚的量约为微胶囊油中初始浓度的 50%,蛋白质基微胶囊模型体内消化油中 $\omega-3$ 脂肪酸的量与体外消化油中 $\omega-3$ 脂肪酸的量相同,蛋白质基微胶囊的体外消化率更高,达到了 90%。实验确定了微胶囊壁可充当氧化保护剂,并避免了核桃油的风味改变,但需添加高度不饱和富含生育酚的油脂,以确保其生物利用度而不改变加工食品的口感特性。

2.2 复配核桃油

复配油是指由两种及两种以上的植物油按比例调配而成的,由于核桃油的氧化稳定性较差,可以通过采用添加其他抗氧化活性较强的油脂的方式来提高复配核桃油的稳定性,添加的油脂相当于天然抗氧化剂,不仅可以达到提高核桃油氧化稳定性的目的,而且可以增添新的生物活性物质,具有更强的保健功能。目前调和核桃油的油脂主要包括美藤果油、扁桃油和杏仁油等。美藤果油富含多不饱和脂肪酸,是降低肥胖、减轻糖尿病、改善过敏和老年痴呆症的天然药物,由于维生素 E 和多酚含量较高,美藤果油具有较强的氧化稳定性。在 60℃ 避光条

件下,添加 20% 美藤果油的核桃油在添加 0.02% TBHQ 后,其预测货架期大于 33 个月,添加合适比例的美藤果油显著提高了核桃油的氧化稳定性和品质^[26]。相比扁桃油和杏仁油,核桃油体外抗氧化活性差。但当扁桃油和杏仁油以 20%、40%、50% 的比例与核桃油复配调和时,所有样品的 DPPH· 和 ABTS· 半抑制浓度均降低,且获得了更高的氧化稳定指数(OSI)。以上研究表明复配油能有效提高核桃油的氧化稳定性,延长其货架期。

2.3 抗氧化剂

抗氧化剂可作为氢供体与自由基结合形成稳定产物,进而淬灭自由基,阻止脂质氧化,延长产品的保质期。利用天然或化学合成抗氧化剂达到保持油脂品质、延长其货架期的目的是目前油脂保藏常用的方法之一。

2.3.1 化学合成抗氧化剂

在核桃油中较常使用的化学合成抗氧化剂主要有叔丁基对苯二酚(TBHQ)、二丁基羟基甲苯(BHT)、棕榈酸抗坏血酸酯(AP)和丁基羟基茴香醚(BHA)等。叶红玲等^[27]通过 Schaal 烘箱法证明复合抗氧化剂的效果强于单一抗氧化剂,其中 TBHQ 与植酸联合使用山核桃的保质期最长;卢付青等^[28]通过实验证明 6 种复合抗氧化剂中 0.01% TBHQ + 0.01% BHT 为最优抗氧化剂,柠檬酸和抗坏血酸作为增效剂添加至复合抗氧化剂中可使核桃油理论货架期延长至 288 d,大大延长了理论货架期。最新研究^[29]表明,富含酸性氨基酸残基的合成抗氧化肽也能增强核桃油的氧化稳定性,能使核桃油自由基的产生减少 23%,过氧化值比使用 TBHQ 低 1.2%,含有谷氨酰胺(Glu-Asp)的肽可以增强该肽的超氧自由基清除活性并减少亚油酸的生成,从而赋予富含不饱和和脂肪酸产品的抗氧化能力,这为之后增强不饱和脂肪酸含量高的油脂产品的氧化稳定性提供了新思路。

2.3.2 天然抗氧化剂

由于化学合成的抗氧化剂存在一定的毒性和副作用已被一些国家限制甚至禁止使用。出于安全性考虑,国内外对食用油脂抗氧化剂的研究逐渐由化学合成抗氧化剂转向为天然抗氧化剂。天然抗氧化剂主要为从中草药和香料中提取的抗氧化活性物质,主要包括酚类、黄酮类、天然色素类、天然醇类、天然多糖类,在核桃油中应用较广泛的主要为麝香草酚、香芹酚、苦杏仁木醋液多酚(E-WV)、马齿苋多糖提取物、黄酮磷脂复合物(槐花黄酮+大豆卵磷脂)、番茄红素和迷迭香等。其中,0.02% 迷迭香

抗氧化剂与0.02% TBHQ有相似的抗氧化能力,可对核桃油氧化起到延缓作用。Sevilay等^[30]研究发现麝香草酚和香芹酚均能有效延长核桃油微胶囊的氧化诱导期,其中以0.20%的麝香草酚抗氧化效果最佳。施琳等^[31]通过实验证明添加了苦杏仁木醋液多酚(E-WV)的核桃油即使在持续高温、煎炸条件下,其酸值和过氧化值依然显著小于未添加抗氧化剂的油样和添加了同等质量BHT的油样,充分证明E-WV这种天然抗氧化剂具有很强的抗氧化活性。陈凌等^[32]比较了马齿苋多糖、水提物、丙酮等不同溶剂提取物对核桃油的抗氧化效果,其中效果最佳的是0.02%马齿苋多糖。黄酮类化合物的亲水性较强,在油脂中的溶解度较低,限制了其在油脂抗氧化中的应用。以大豆卵磷脂和槐花黄酮为原料制备黄酮磷脂复合物,然后对核桃油与葡萄籽油进行氧化反应活化能测定,结果发现添加磷脂后的黄酮复合物能有效提高黄酮在水和正辛醇中的溶解性,两种油脂的氧化反应活化能均增大,相比葡萄籽油,黄酮磷脂复合物对核桃油的抗氧化效果更好^[33]。解超男^[34]在25℃避光条件下,研究了番茄红素对核桃油贮藏品质的影响,结果发现番茄红素可有效保护核桃油中的 δ -生育酚、总酚和角鲨烯等抗氧化活性成分,从而延缓了核桃油的氧化酸败,番茄红素的最佳添加量为0.005 0%。

3 结束语

由于核桃油多不饱和脂肪酸含量较高,很容易发生氧化变质,不仅会导致核桃油营养成分的丧失,也限制了核桃油加工产业和企业的发展。通过国内外的研究,核桃油的品质保持技术已取得一定进展,但仍需深入研究,建议从以下几个方面着手:①要延长核桃油产品的货架期,关键是延长其氧化诱导期。可以在明确各微量组分独立与协同作用机制的基础之上,通过精准调控,设计出具有最佳效应的自由基淬灭体系。②不同的提取工艺对核桃油的提取率以及抗氧化性质均有影响,探索合适的加工技术有利于获得货架期长的核桃油。③由于核桃油的脂肪酸组成和微量成分组成对品种的依赖性较强,可以通过分子选育、基因工程、生物改良等方法获取稳定性高、微量组分含量高、抗氧化能力强的核桃品种,这将极大地有利于保持核桃油的优良品质。④应加快天然抗氧化剂的毒理学实验研究进程,努力将更多天然、高效、安全的抗氧化剂纳入国家新标准中。

参考文献:

- [1] MARTÍNEZ M L, MATTEA M A, MAESTRI D M. Varietal and crop year effects on lipid composition of walnut

(*Juglans regia*) genotypes [J]. J Am Oil Chem Soc, 2006,83(9): 791-796.

- [2] COLIN C, PATRICK H, JOHN G, et al. Study of the main constituents of some authentic walnut oils[J]. J Agric Food Chem, 2005,53(12):4853-4860.
- [3] YERLIKAYA C, YUCEL S, ERTURK U, et al. Proximate composition, minerals and fatty acid composition of *Juglans regia* L. genotypes and cultivars grown in Turkey [J]. Brazil Arch Biol Technol, 2012,55(5): 677-683.
- [4] WANG L M, YI Y, YAO Y L, et al. Walnut oil improves spatial memory in rats and increases the expression of acid-sensing ion channel genes *Asic2a* and *Asic4* [J]. Food Sci Nutr, 2019,7(1):293-301.
- [5] KATHARINA M A, LISA S, MARIA W, et al. In vitro digested nut oils attenuate the lipopolysaccharide-induced inflammatory response in macrophages [J]. Nutrients, 2019,11(3):503-516.
- [6] SAIME B, MINE Y A, ALI S, et al. Antitumor and antimetastatic effects of walnut oil in esophageal adenocarcinoma cells [J]. Clin Nutr, 2018, 37(6): 2166-2171.
- [7] ZIBAEENEZHAD M J, FARHADI P, ATTAR A, et al. Effects of walnut oil on lipid profiles in hyperlipidemic type 2 diabetic patients: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J/OL]. Nutr Diabetes, 2017, 7(4): e259 [2020-08-01]. <https://doi.org/10.1038/nutd.2017.8>.
- [8] FRANKEL E N. Lipid oxidation [J]. Progr Lipid Res, 1980, 19(1/2):1-22.
- [9] 葛林梅, 郜海燕, 穆宏磊, 等. 山核桃加工过程脂肪酸氧化及抗氧化能力变化研究[J]. 中国粮油学报, 2014,29(1): 61-65.
- [10] GHARIBZAHEDI S M T, MOUSAVI S M, HAMED M, et al. Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activities of Persian walnut oil obtained by several extraction methods[J]. Ind Crops Prod, 2013,45(45): 133-140.
- [11] GHARIBZAHEDI S M T, MOUSAVI S M, HAMED M, et al. Determination and characterization of kernel biochemical composition and functional compounds of Persian walnut oil [J]. J Food Sci Technol, 2014, 51(1): 34-42.
- [12] PAN G, RUIJIE L, QINGZHE J, et al. Comparative study of chemical compositions and antioxidant capacities of oils obtained from two species of walnut: *Juglans regia* and *Juglans sigillata* [J]. Food Chem, 2019, 279: 279-287.
- [13] FARHOOSH R, PAZHOUHANMEHR S. Relative contribution of compositional parameters to the primary

- and secondary oxidation of canola oil[J]. Food Chem, 2009,114(3): 1002 – 1006.
- [14] 朱振宝, 刘梦颖, 易建华. 核桃油微量组分对其氧化稳定性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014(11): 74 – 79.
- [15] LEE J, CHOE E. Effects of phospholipids on the antioxidant activity of α -tocopherol in the singlet oxygen oxidation of canola oil [J]. New Biotechnol, 2011, 28(6): 691 – 697.
- [16] PYCIA K, KAPUSTA I, JAWORSKA G, et al. Antioxidant properties, profile of polyphenolic compounds and tocopherol content in various walnut (*Juglans regia* L.) varieties[J]. Eur Food Res Technol, 2019, 245(3): 607 – 616.
- [17] 王晓楠, 吕佼, 孟阿会, 等. 核桃油受热时清除自由基能力及脂肪酸变化研究[J]. 粮食与油脂, 2014, 27(8): 56 – 58.
- [18] VAIDYA B, EUN J. Effect of temperature on oxidation kinetics of walnut and grape seed oil [J]. Food Sci Biotechnol, 2013, 22(1): 273 – 279.
- [19] 鄢海丽, 刘树彬, 于宏伟, 等. 食用植物油的抗氧化研究进展[J]. 煤炭与化工, 2013, 36(8): 31 – 34.
- [20] MARTÍNEZ M L, PENCI M C, IXTAINA V, et al. Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of walnut oil under different storage conditions [J]. LWT – Food Sci Technol, 2013, 51(1): 44 – 50.
- [21] GAO P, LIU R, JIN Q, et al. Comparison of solvents for extraction of walnut oils: lipid yield, lipid compositions, minor – component content, and antioxidant capacity[J]. LWT – Food Sci Technol, 2019, 110(4): 346 – 352.
- [22] GHASEMI Y Z, DINANI S T. Optimization of ultrasound – assisted enzymatic extraction of walnut kernel oil using response surface methodology[J/OL]. J Food Proc Eng, 2018, 41(5): e12696[2020 – 08 – 01]. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12696>.
- [23] 林泽庆. 不同提取方法对新疆薄皮核桃油酸价和过氧化值的影响[J]. 现代食品, 2018(5): 110 – 112.
- [24] 黄雨洋, 齐宝坤, 赵城彬, 等. 微胶囊化核桃粉末油脂制备工艺及其氧化稳定性研究[J]. 中国食品学报, 2019, 19(2): 137 – 143.
- [25] CALVO P, LOZANO M, ESPINOSA – MANSILLA A, et al. In – vitro evaluation of the availability of ω – 3 and ω – 6 fatty acids and tocopherols from microencapsulated walnut oil[J]. Food Res Int, 2012, 48(1): 316 – 321.
- [26] 李清清, 余旭亚, 耿树香, 等. 美藤果油对核桃油氧化稳定性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(1): 237 – 242.
- [27] 叶红玲, 杨柳, 赵化银, 等. 不同抗氧化剂在山核桃氧化中的活性比较[J]. 宿州学院学报, 2017, 32(11): 113 – 114.
- [28] 卢付青, 游敬刚, 潘红梅, 等. 响应面法优化核桃油复合抗氧化剂的研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(5): 114 – 117.
- [29] JIE Y, ZHAO H, ZHANG B. The role of an acidic peptide in controlling the oxidation process of walnut oil [J]. Foods, 2019, 8(10): 499 – 504.
- [30] SEVILAY G, IHAN K, GOKHAN D. Antioxidant efficacy of thymol and carvacrol in microencapsulated walnut oil triacylglycerols[J]. Food Chem, 2019, 278: 805 – 810.
- [31] 施琳, 尉芹, 赵忠, 等. 苦杏壳木醋液多酚对核桃油过氧化的抑制作用[J]. 食品科学, 2013, 34(5): 76 – 80.
- [32] 陈凌, 骆卢佳, 曹巧巧, 等. 马齿苋不同溶剂提取物对核桃油的抗氧化动力学研究[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(11): 39 – 44.
- [33] 蒋新龙, 郭叶莹, 吴小刚, 等. 槐花黄酮磷脂复合物制备及其对植物油氧化稳定性的影响[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(9): 64 – 71.
- [34] 解超男. 番茄红素对核桃油抗氧化作用的影响研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2017.

• 信息 •

更正

发表于《中国油脂》2020年第46卷第4期112 – 117页的“湖南德夯风景名胜区油脂植物资源调查及分析”一文,因作者原因,基金项目有误,现将原基金项目更正为:吉首市德夯风景名胜区管理处项目(19DHK03);湖南省高校产业化培育项目(10CY010);湘西自治州科技计划项目(州科字[2006]49号)。

特此更正!

《中国油脂》杂志社
2020年05月10日