

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2022.01.038

核桃油提取复配及功效研究进展

Research progress on extraction, compound of walnut oil and its function

邓新宇 黄敏茹 黄达荣 杜冰 黎攀

DENG Xin-yu HUANG Min-ru HUANG Da-rong DU Bing LI Pan

(华南农业大学食品学院, 广东 广州 510642)

(College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

摘要:文章从营养成分、提取工艺、功效作用以及复配4个方面对核桃油进行了综述,探讨了目前提取工艺和提取复配方法对核桃油营养成分变化的影响,并展望了未来核桃油的研究方向。

关键词:核桃油;功效作用;提取方法;复配

Abstract: In this paper, walnut oil was reviewed from four aspects: nutritional components, extraction technology, efficacy and compounding. The changes of nutritional components of walnut oil with different extraction technology and compounding methods were discussed. The future research direction was prospected. The constraints of emerging technology and the new compounding method of walnut oil were the focus of walnut oil research in the future.

Keywords: walnut oil; efficacy; extraction method; compound

核桃(*Juglans regia* L.)是胡桃科胡桃属植物,与扁桃、腰果、榛子并称为世界著名的“四大干果”^[1],在中国新疆、云南、山西、河北、陕西、山东等省份均有大面积的栽培^[2]。根据联合国粮农组织最新发布的2019年全球核桃产量表中,中国为252.2万t、美国为59.2万t、伊朗为32.1万t、土耳其为22.5万t、墨西哥为17.1万t、法国为3.5万t,其中中国核桃产量约占全球总产量的40%,居于全球50多个培育核桃的国家之首^[3]。核桃仁中的含油量是目前已知木本油料作物中最高的,其含油量高达65%~70%,被誉为“树上的油库”^[4]。

核桃油是从核桃仁中提取的一种高价值的植物油,

被广泛应用于食品和保健中生产。近年来,中国对核桃油的开发利用已初有成效,但整个产业还存在很多问题。近10年中国核桃产量和出口量以及国内消费量都保持总体上升的趋势,为发展完善核桃油产业提供了契机。文章拟从营养成分、提取方法、功效作用、加工复配四方面对核桃油的研究及其存在的问题进行综述和探讨,以期对核桃油产业的深入发展提供参考。

1 营养成分

1.1 脂肪酸

脂肪酸是由碳、氢、氧3种元素组成的一类化合物,是中性脂肪、磷脂和糖脂的主要成分。核桃油含有丰富的不饱和脂肪酸,以 α -亚麻酸(49%~63%)和亚油酸(8%~15.5%)为主^[5]。 α -亚麻酸是核桃油主要的功效成分,属于n-3多不饱和脂肪酸,是人体的必需脂肪酸。其具有调节血脂、防止动脉粥样硬化,缓解糖尿病症状,抑制过敏反应,保护视力,增强记忆力等作用^[6-7],在食品保健行业领域应用广泛。因此,食用核桃油是补充该类脂肪酸的有效方式。核桃油中的脂肪酸由于品种不同会造成成分与含量有所差异,但大致都含有棕榈酸、棕榈油酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸等(如表1所示)。不同产地的核桃油脂肪酸组成大体相同,含量少许有差异。这可能由于不同地区的气候、湿度和土壤等影响。核桃油较其他植物油含有较丰富的不饱和脂肪酸,且 α -亚麻酸含量较多,因此深入研究核桃油的功效机制是未来方向之一。

1.2 微量元素

核桃油是K、Na和Zn等矿质元素的优质来源^[15]。核桃油中K(654.450 $\mu\text{g/g}$)含量最高,其次是P(254.468 $\mu\text{g/g}$)、Ca(138.500 $\mu\text{g/g}$)、Na(123.538 $\mu\text{g/g}$)、Zn(25.317 $\mu\text{g/g}$)、Fe(15.327 $\mu\text{g/g}$);重金属Cu(2.365 $\mu\text{g/g}$)、Mn(3.265 $\mu\text{g/g}$)及有害元素Ni(0.976 $\mu\text{g/g}$)、Cr(1.130 $\mu\text{g/g}$)含量较低^[16]。其微量元素对细胞修复、消炎、抗病毒、抗血栓等方面有好的作用^[17]。

基金项目:广东省重点领域研发计划项目(编号:2020B020226008);广东省自然科学基金面上项目(编号:2020A1515011268)

作者简介:邓新宇,男,华南农业大学在读硕士研究生。

通信作者:杜冰(1973—),男,华南农业大学教授,博士。

E-mail:gzdubing@163.com

黎攀(1990—),男,华南农业大学副教授,博士。

E-mail:lp19900815@scau.edu.cn

收稿日期:2021-05-24

表1 核桃油与常见食用油脂脂肪酸含量的比较

Table 1 Comparison of fatty acid content between walnut oil and common edible oil

%

样品	棕榈酸	棕榈油酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	花生酸	顺-11-二十碳烯酸	饱和脂肪酸	不饱和脂肪酸
核桃油(新疆) ^[8]	6.72	0.04	2.76	19.14	59.38	11.96	—	—	9.48	90.52
核桃油(山西) ^[9]	6.23	0.07	2.57	23.39	57.58	9.89	0.07	0.20	8.87	91.13
核桃油(山东) ^[10]	6.57	0.09	2.75	14.85	62.15	13.23	0.22	—	9.32	90.54
核桃油(甘肃) ^[11]	6.80	0.10	2.60	14.40	59.30	16.80	—	—	9.40	90.60
茶籽油 ^[12]	12.84	—	2.60	73.26	8.05	—	0.43	—	15.92	82.33
橄榄油 ^[12]	18.02	—	5.62	56.68	15.87	—	—	—	24.18	75.22
花生酸 ^[13]	7.95	—	3.11	31.74	53.91	—	1.03	—	13.69	85.21
芝麻油 ^[14]	8.63	—	4.82	37.23	47.47	0.50	0.49	—	14.80	85.20

1.3 生育酚

核桃油是生育酚的极好来源,并含有 α -、 β -、 γ -和 δ -4种形式的生育酚^[18]。生育酚可以抑制植物油中的脂质氧化。除了作为天然的抗氧化剂外,生育酚在人类癌症中的抗炎和抗增殖作用也很显著,同时也可以增强人体免疫力、减少心血管疾病的发病率^[19-21]。Abdallah等^[22]对6个品种核桃油的研究结果表明,其生育酚的总含量从186.5 mg/kg到436.2 mg/kg不等。有研究^[23-24]认为,地理位置是影响核桃生育酚含量的主要因素。徐飞等^[25-26]通过分析发现,核桃油中的生育酚含量: γ -生育酚 $>$ δ -生育酚 $>$ α -生育酚 $>$ β -生育酚。

2 核桃油的提取

2.1 冷榨法

冷榨法是利用物理机械作用在低温下进行制油,无需使用化工原料对油脂进行精炼即可达到食用标准^[27-28],是提取核桃油常见的方法之一。采用冷榨法可以防止高温导致核桃油中的饱和脂肪酸氧化或变性,但冷榨饼残油量一般为热榨饼的2~3倍,而且能耗高^[29],因此成本较高。

2.2 超临界CO₂萃取法

超临界CO₂萃取法具有低临界温度(31.1℃^[30])、低临界压力、高溶解性、提取迅速、提取产品质量高、安全环保^[31]等优点,同时克服了溶剂提取法有机溶剂残留、提取加热造成氧化酸败等缺点,也克服了压榨法工艺复杂、提取率低等问题^[32]。闫师杰等^[33]在萃取温度45℃,萃取压力30 MPa,分离温度50℃,分离压力8 MPa,CO₂流量40 L/min的条件下得到的提取率高达93.98%,且核桃油清澈透明,风味良好。然而当化合物的相对分子质量很高或极性很强时该萃取方法也存在局限性,并且存在成本高的问题,所以该萃取方法多于活性物质的萃取,实际生产目前应用不普及^[34]。

2.3 有机溶剂浸出法

有机溶剂浸出法是提取食用油的常用方法之一,根据各种物质的溶解度存在差异然后通过溶解和挥发等方式将样品中物质分离出来。该提取法的优点是提取效率高,现在的大部分植物油厂实行大规模生产普遍使用该种提取方式,其中核桃油一般采用6号溶剂和正己烷提取时出油率和出油效率最高^[35]。但该方法存在重金属残留、后续需要精炼操作、对环境污染大等缺点^[36]。

2.4 超声波辅助提取法

超声波辅助提取法是利用超声波产生的空化效应对样品的细胞进行破坏,使溶剂渗透到细胞内加速提取效率^[37]。空化作用同时会引发湍动效应、聚能效应、微扰效应及界面效应,使提取效率大大提高,提取时间大大减少,提取时间较传统机械压榨方法缩短2/3以上^[38]。超声波辅助法的优点还有减少溶剂剂量使用、减少提取杂质、降低提取温度和有效降低提取工艺成本等^[39],但此法对设备要求高,且受超声波衰减的制约,超声波的有效区域呈环形,很有可能形成超声的空白区域,造成提取率低。因其没有配套成熟的工业化超声波提取设备,所以中国未广泛地工业化推广。

2.5 水酶法

水酶法提取技术是一种比较新兴的技术,在机械破坏油料的基础上利用生物酶(蛋白酶、维生素酶等)使其降解释放^[40]。水酶法目前已经被应用到多种油料作物的提取,核桃油的水酶法提取也有开始应用,但是相关研究比较少,仍然处于起步阶段^[41]。水酶法的主要工艺流程有调温、酶解、乳化和离心等步骤,因此酶的选择以及成本、酶解的时长和乳化液的分离往往是制约水酶法的因素。但是与传统工艺相比,水酶法有更多的优点,其简化了提取工艺、保证了生产的安全性、提高了提取效率、提高了得油率、对环境污染较小,符合“绿色、环保、高效”的制取要求^[42-43]。

2.6 索氏提取法

索氏提取法是利用油脂能溶解脂溶性溶液的特点,再通过溶剂回流和虹吸原理将油脂提取出来^[44]。索氏提取法拥有选择性好、造价低、体积小、能耗低、设备简单以及操作方便等优点,且刘雪芳等^[45]对索氏提取核桃油工艺进行优化,在提取温度 60 °C、时间 5 h、料液比($m_{\text{核桃}} : V_{\text{石油醚}} = 1 : 30$ (g/mL)的条件下使提油率高达 99.19%。但由于没有工业化相关设备、耗时长且对设备要求高,目前只在试验研究中使用。

2.7 其他

核桃油的提取方法还有水代法、机械压榨法等。水代法就是不添加酶进行直接水提油,其优点主要是反应条件温和,生产设备成本较低,对环境影响较小^[46]。机械压榨法是借助机械外力把油脂从核桃中挤压出来的过程。

2.8 提取方法对核桃油脂肪酸组成及理化性质的影响

不同提取方式所得核桃油脂肪酸组成及理化性质如表 2 和表 3 所示。

由表 2 和表 3 可知,各种提取方法的理化性质和提取率有所差异,根据 GB/T 22327—2019《核桃油》中给出的参考价值,碘值(以 I₂ 计)的范围为 140~174 mg/g,皂化值(以 KOH 计)范围为 183~197 mg/g,一级核桃油的酸价(以 KOH 计)≤1.0 mg/g,二级核桃油的酸

价≤3.0 mg/g,上述提取方法除索氏提取法和超声波辅助提取法的碘值略低于国标,其余均符合国标要求,原因可能是索氏提取的有机溶剂和超声波对不饱和脂肪酸的双键产生了破坏。不同提取法采用的温度、pH 和提取试剂等条件不同,造成了所提取的核桃油的理化性质不同。其中机械压榨法的酸价和过氧化值均最高,造成该情况的原因可能是因为机械压榨时采用的温度较高并且提取的时间也较长,前文提到核桃油具有丰富的不饱和脂肪酸,长时间保持高温会发生氧化反应;其中提取质量最好的是超临界 CO₂ 萃取法,因为该提取法具有低临界压力、高溶解性、提取迅速、提取温度低等特性,但目前存在成本过高和相对分子质量很高的化合物萃取较难等问题在工业上并没有普及运用。目前,工业上仍常使用压榨法和溶液浸出法两种方式,虽然不同的提取方法都有其优缺点,但是笔者认为其他提取方法的不饱和脂肪酸含量以及理化性质均高于传统的压榨法和溶液浸出法,因此超声波辅助提取法、超临界 CO₂ 萃取法、水酶法拥有很大的发展空间。以超临界 CO₂ 萃取法为例,有文献^[58-59]指出添加夹带剂可以增强萃取物在萃取过程中的溶解度,可有效减少萃取过程中的压力,但相对分子质量很高的化合物萃取较难的问题目前研究得较少,因此克服其缺点后该方法将可能在植物油提取领域得到更广泛的应用。

表 2 不同提取方法所得核桃油脂肪酸主要组成成分及含量

Table 2 Main components and contents percentage of fatty acids in walnut oil obtained by different extraction methods

提取方法	10-十五碳烯酸	软脂酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α-亚麻酸	不饱和脂肪酸
冷榨法 ^[47]	0.47	4.56	1.90	60.95	26.69	3.11	91.22
超临界 CO ₂ 萃取法 ^[47]	0.37	4.66	1.88	62.61	26.56	2.79	92.33
有机溶剂浸出法 ^[47]	2.61	4.83	1.89	58.55	24.71	2.91	88.78
索氏提取法 ^[48]	—	5.70	2.39	57.24	24.65	10.02	91.91
水代法 ^[48]	—	6.31	2.72	56.30	24.62	10.05	90.97
机械压榨法 ^[49]	—	6.25	—	62.93	19.12	11.71	93.76
超声波辅助提取法 ^[50]	0.12	4.04	2.27	62.87	22.08	1.42	92.98
水酶法 ^[51]	—	4.65	2.19	66.78	23.68	2.22	93.04

表 3 不同提取方法所得核桃油理化性质

Table 3 Physicochemical properties of walnut oil obtained by different extraction methods

提取方法	酸价/(mg·g ⁻¹)	过氧化值/(meq·kg ⁻¹)	碘值/(mg·g ⁻¹)	皂化值/(mg·g ⁻¹)
水酶法 ^[52-53]	0.426	0.231	163.0	186.15
溶剂法 ^[52-53]	0.637	0.442	162.6	187.32
索氏提取法 ^[54-55]	0.370	0.570	105.9	195.90
超声波辅助提取法 ^{[47][56]34}	0.350	1.952	130.4	155.31
超临界 CO ₂ 萃取法 ^[57]	0.310	0.640	154.0	181.40
机械压榨 ^[57]	0.524	2.950	161.9	193.80

3 功效作用

3.1 降血脂、预防动脉粥样硬化

核桃油中因为富含多不饱和脂肪酸(PUFAs),包括亚麻酸和亚油酸,在预防冠心病中起着重要作用^[60]。戚登斐等^[61]以冷榨核桃油为原料,通过雄性昆明小鼠进行动物干预试验,证明核桃油含有的亚油酸能够降低患有高血脂症老鼠的体重、血清总胆固醇(TC)以及甘油三酯(TG)水平,并且可以提高血液高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平、降低低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平及动脉硬化指数(AI)的能力。因此核桃油很适合患有三高的人群食用,具有良好的保健作用。刘皓涵等^[62-63]也通过小鼠试验得到了相同的结果,并且发现核桃油以质量分数5%~10%添加至小鼠每日食粮中抑制效果最佳。目前,对核桃油降血脂的相关研究和论文还很少,深入研究将会在食品、保健品和生物医药方面有很大的前景。

3.2 改善记忆

核桃油中具有改善记忆的成分有不饱和脂肪酸、多酚、维生素E以及黄酮等化合物^[64-65],这些物质属于神经保护化合物,有研究表明这些有效物质可以增强年轻人对工作学习的记忆甚至推理能力、减缓老年人因衰老而带来的记忆力下降与痴呆问题^[66],以及改善认知能力和运动障碍^[67]。张清安等^[68]以不同剂量核桃油给小鼠灌胃,每天1次连续2周,在被动回避装置上测定小鼠的跳台潜伏期(SDL)和逃避潜伏期(EL),在复杂迷宫上测定小鼠的觅食时间结果显示,核桃油可使SDL延长30.4%~102.5%,使EL缩短35.3%~58.9%,使迷宫觅食时间减少3.3%~37.0%,并能明显改善NaNO₂和乙醇引起的记忆损害,表明核桃油可明显改善小鼠学习记忆能力。

3.3 抗氧化、抗衰老、清除体内过多自由基

范学辉等^[69]将40只5周龄的雄性小鼠分为4组,分别以低、中、高3个剂量组的核桃油连续灌喂3周后测定小鼠肝、脑组织中总抗氧化能力(T-AOC)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)以及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)的活性。研究结果表明高剂量组核桃油提高酶的抗氧化作用效果最好。高盼^[70]通过建立了DPPH模型、FRAP模型、ABTS模型和ORAC模型证明了核桃油的抗氧化能力,并且进一步证明核桃油的抗氧化能力随多酚、 α -生育酚、豆甾醇物质的增加而增强,随 δ -生育酚、 β -谷甾醇、 Δ^5 -燕麦甾醇物质的增加而减弱。还发现酚类物质通过捕获羟基自由基(HO·)、烷氧自由基(RO·)和过氧自由基(ROO·),从而起到抗氧化的作用, δ -生育酚经过生育酚介导的过氧化反应,产生促氧化作用。

3.4 防癌抗癌

核桃油中富含的n-3脂肪酸可以与n-6脂肪酸争夺癌细胞代谢所需要的酶,破坏癌细胞的细胞膜从而抑制其生长,达到防癌抗癌的作用^[71]。Batirel等^[72]研究表明核桃油以剂量依赖性方式降低食管癌细胞的细胞活力,与对照相比,20 mg/mL核桃油可将细胞活力降低约50%。在高剂量核桃油处理的细胞中,核桃油处理可以通过在G0/G1阶段促进细胞阻滞来减缓细胞的生长,原因可能是核桃油抑制了NF κ B的蛋白质水平。因此短期大剂量食用核桃油会降低食管癌细胞的细胞活力和转移能力,同时通过诱导坏死G0/G1期细胞周期停滞而表现出抗癌作用。

4 核桃油的复配

4.1 核桃油与维生素E复配

维生素E能够阻断细胞膜脂质过氧化物的链式反应,从而减少自由基含量达到抗氧化的效果^[73]。王志平等^[74]研究发现,连续灌喂高剂量的核桃油复合维生素E药物的小鼠脑缺血存活时间、耐缺氧时间以及负重游泳时间最长,表明核桃油复合维生素E药物比单纯核桃油能够延长小鼠存活的时间。而且核桃油复合维生素E还可以大幅改善小鼠的睡眠质量以及大幅提高小鼠的记忆力。杨栓平等^[75]研究表明,核桃油复合维生素E较核桃油能显著降低大鼠血中的TC、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C),升高血浆中的高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、提高动物的抗动脉粥样硬化指数(AAI)。对于雌性大鼠,还能额外降低血液中TG和Apo-B含量。朱振宝^[56]^[44]对核桃油与维生素E复合微胶囊的制备工艺进行了优化,结果表明采用包埋技术可以提高核桃油油脂的稳定性,而且核桃油中添加维生素E不仅可以增添营养,还可以充当天然的抗氧化剂。

4.2 核桃油与美藤果油复配

美藤果油含有丰富的不饱和脂肪酸、维生素E、植物甾醇、黄酮等物质,特别是维生素E高于其他常见植物油^[76],李清清等^[77]研究发现将核桃油和美藤果油复配能够提高抗氧化效果,将美藤果油以质量分数20%添加至核桃油中,能提高核桃油生育酚和总酚含量,增强其清除自由基清除能力、还原能力以及Fe²⁺螯合能力。虽然机理尚不明确,但是该结论为核桃油复配的发展与应用提供了参考依据。

4.3 核桃油与橄榄油复配

橄榄油常以初榨橄榄油(VOO)的形式出售,因其独特的香气、味道和营养特征而受到消费者的高度赞赏。VOO最重要的特征之一是含有高达53%的油酸。这一事实加上具有强抗氧化特性的酚类化合物,使VOO对氧化降解特别稳定^[78-79]。Torres等^[80]将初榨橄榄油

(VOO)和核桃油(WO)进行复配,研究不同比例混合油中脂肪酸成分(FAC)、生育酚和总酚含量(TPC)变化对氧化稳定性的影响。试验结果表明与纯 WO 相比,纯 VOO 的 FAC 和内源性抗氧化成分含量在 DPPH 等体外抗氧化性试验中表现最佳,因此核桃油与橄榄油复配可以提高其抗氧化性。

4.4 核桃油与棕榈硬脂复配

目前市面上的涂抹脂的基料油常用含反式脂肪酸较多的氢化植物油和成本较高的酯交换油脂。有文献^[81]指出核桃油与棕榈硬脂以不同的比例混合可以改变两者的结晶性和相容性,因此可以应用到涂抹脂基料油中。毛琳璐等^[82]将核桃油与棕榈硬脂以不同比例混合,测定其相容性、硬度、屈服值和流变性等指标,结果发现两者复配时核桃油比例大于 20% 时最适于涂抹脂的基料,温度大于 33.3 °C 时不同比例混合的核桃油与棕榈硬脂均能相容。

5 结论与展望

核桃油含有丰富的不饱和脂肪酸, α -亚麻酸和亚麻酸尤为丰富;除此之外还富含微量元素和生育酚等。正是由于这些成分,而使核桃油具有抗癌、抗氧化、降血脂等功效,被应用于医药与保健行业。核桃油现有提取技术较多,目前应用于工业化生产的提取方式是压榨法与溶液浸出法,但存在提取率低和溶剂残留等问题,其余方法大部分仍然只停留在实验室阶段,目前关于核桃油与其他产品复配的研究报道还比较少,在这一领域有较大的探究与进步的空间。

为了促使中国核桃油的蓬勃发展,提出以下建议:

- ① 深化核桃油提取工艺方面的研究,优化并完善工业生产的提取工艺条件,推动核桃油的产业发展,如缩短水酶法的酶解时长和优化乳化液的分离等问题,将大大提高核桃油的提取效率及产品质量;
- ② 对核桃油的营养功效进行更深入的研究,针对 α -亚麻酸的纯化分离投入更多的技术支持,为核桃油的食用保健领域谋求更大的发展;
- ③ 对核桃油复配功效开展更多的研究,如抗氧化、降血脂等,并对各种复配方案进行探索,以谋求核桃油的高值化利用。

参考文献

[1] 王来平, 鲁宁琳, 杨兴华, 等. 核桃油研究进展[J]. 落叶果树, 2009, 41(6): 21-23.
WANG Lai-ping, LU Ning-lin, YANG Xing-hua, et al. Advances in research of walnut oil[J]. Deciduous Fruits, 2009, 41(6): 21-23.

[2] 杨永涛, 潘思源, 靳欣欣, 等. 不同品种核桃的氨基酸营养价值评价[J]. 食品科学, 2017, 38(13): 207-212.
YANG Yong-tao, PAN Si-yuan, JIN Xin-xin, et al. Amino acid composition and nutritional evaluation of different varieties of walnut[J].

Food Science, 2017, 38(13): 207-212.

[3] 联合国粮食及农业组织. 关于公布 2019 年全球核桃作物生产量报告[EB/OL]. (2021-03-18) [2021-08-11]. http://www.fao.org/faostat/zh/#_search/walnut.
Food and Agriculture Organization of the United Nations. Report on global walnut crop production in 2019[EB/OL]. (2021-03-18) [2021-08-11]. http://www.fao.org/faostat/zh/#_search/walnut.

[4] 端木凡林, 樊云霞, 阴景喜, 等. 核桃油及核桃脱脂蛋白粉制取工艺[J]. 中国油脂, 1999(6): 20-21.
DUANMU Fan-lin, FAN Yun-xia, YIN Jing-xi, et al. Preparation technology of walnut oil and walnut defatted protein powder[J]. China Oils and Fats, 1999(6): 20-21.

[5] 晁红娟, 雷占兰, 刘爱琴, 等. Omega-3 多不饱和脂肪酸性质、功能及主要应用[J]. 中国食品添加剂, 2019, 30(10): 122-130.
CHAO Hong-juan, LEI Zhan-lan, LIU Ai-qin, et al. Properties, functions and main applications of Omega-3 polyunsaturated fatty acids[J]. China Food Additives, 2019, 30(10): 122-130.

[6] ERNESTO M Hernandez. 4-Specialty oils: Functional and nutraceutical properties[J]. Technology and Nutrition, Functional Dietary Lipids, 2016(6): 69-101.

[7] 孙翔宇, 高贵田, 段爱莉, 等. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(7): 418-423.
SUN Xiang-yu, GAO Gui-tian, DUAN Ai-li, et al. Research progress in polyunsaturated fatty acids[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(7): 418-423.

[8] 夏亚穆, 王伟, 王琦. 海洋多不饱和脂肪酸生物活性的研究进展[J]. 化学与生物工程, 2008, 25(12): 13-16.
XIA Ya-mu, WANG Wei, WANG Qi. Research progress on bioactivity of marine polyunsaturated fatty acids[J]. Chemistry & Bioengineering, 2008, 25(12): 13-16.

[9] 张文超, 李会珍, 张志军, 等. 8 种不同植物油的脂肪酸组成及抗氧化性比较[J]. 中国油脂, 2021, 46(4): 68-71, 75.
ZHANG Wen-chao, LI Hui-zhen, ZHANG Zhi-jun, et al. Fatty acid composition and antioxidant properties of eight different vegetable oils[J]. China Oils and Fats, 2021, 46(4): 68-71, 75.

[10] 仲雪娜, 任小娜, 曾俊, 等. 新疆不同品种核桃及其油脂品质对比分析[J]. 中国油脂, 2018, 43(12): 130-133.
ZHONG Xue-na, REN Xiao-na, ZENG Jun, et al. Comparison of qualities of walnuts and their oils from different varieties in Xinjiang[J]. China Oils and Fats, 2018, 43(12): 130-133.

[11] 耿鹏飞, 彭吟雪, 胡传荣, 等. 八大核桃产地的核桃理化性质及油脂特性对比研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(9): 116-120.
GENG Peng-fei, PENG Yin-xue, HU Chuan-rong, et al. Comparison of physicochemical properties and oil characteristics of walnuts from eight regions[J]. China Oils and Fats, 2018, 43(9): 116-120.

[12] 朱振宝, 刘梦颖, 易建华, 等. 不同产地核桃油理化性质、脂肪酸组成及氧化稳定性比较研究[J]. 中国油脂, 2015, 40(3): 87-90.

- ZHU Zhen-bao, LIU Meng-yin, YI Jian-hua, et al. Comparison of physicochemical property, fatty acid composition and oxidative stability of walnut oil from different origins[J]. *China Oils and Fats*, 2015, 40(3): 87-90.
- [13] 李铁纯, 侯冬岩, 回瑞华, 等. 茶籽油和橄榄油脂肪酸的分析[J]. *鞍山师范学院学报*, 2020, 22(6): 29-32.
- LI Tie-chun, HOU Dong-yan, HUI Rui-hua, et al. Analysis of tea seed oil and olive oil fatty acids[J]. *Journal of Anshan Normal University*, 2020, 22(6): 29-32.
- [14] 胡彦, 沈清清, 张铁, 等. 花生油与紫苏种子油脂脂肪酸组分的比较研究[J]. *文山学院学报*, 2014, 27(3): 17-20.
- HU Yan, SHEN Qing-qing, ZHANG Tie, et al. Comparison of fatty acid components between peanut seed oil and perilla frutescens seed oil[J]. *Journal of Wenshan University*, 2014, 27(3): 17-20.
- [15] PRASAD R. Walnuts and pecans [J]. *Encyclopedia of Food Sciences & Nutrition*, 2003(33): 6 071-6 079.
- [16] 万本屹, 董海洲, 李宏, 等. 核桃油的特性及营养价值的研究[J]. *西部粮油科技*, 2001(5): 18-20.
- WAN Ben-yi, DONG Hai-zhou, LI Hong, et al. Studies on the specific property and nutritious value of walnut oil[J]. *China Western Cereals & Oils Technology*, 2001(5): 18-20.
- [17] 张敏, 王勇, 姜元荣. 核桃及核桃油的综合开发利用[J]. *农业机械*, 2010(4): 69-72.
- ZHANG Min, WANG Yong, JIANG Yuan-rong. Comprehensive development and utilization of walnut and walnut oil[J]. *Farm Machinery*, 2010(4): 69-72.
- [18] 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, 40(11): 70-75.
- ZHU Zhen-bao, LIU Meng-yin, YI Jian-hua, et al. The influence of trace compositional on oxidative stability of walnut oil[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2014, 40(11): 70-75.
- [19] MIRALIAKBARI H, SHAHIDI F. Antioxidant activity of minor components of tree nut oils [J]. *Food Chemistry*, 2008, 111(2): 421-427.
- [20] PARK S K, PAGE G P, KIM K, et al. alpha- and gamma-Tocopherol prevent age-related transcriptional alterations in the heart and brain of mice[J]. *Journal of Nutrition*, 2008, 138(6): 1 010-1 018.
- [21] AFAF K E. Bailey's industrial oil and fat products[M]. 6th ed. Sweden: John & Sons Inc, 2005: 319-347.
- [22] ABDALLAH I B, TLILI N, MARTINEZ-FORCE E, et al. Content of carotenoids, tocopherols, sterols, triterpenic and aliphatic alcohols, and volatile compounds in six walnuts (*Juglans regia* L.) varieties[J]. *Food Chemistry*, 2015, 173: 972-978.
- [23] 杨波涛, 陈凤香, 莫文莲, 等. 我国食用植物油维生素 E 含量研究[J]. *粮油加工*, 2009(9): 52-55.
- YANG Bo-tao, CHEN Feng-xiang, MO Wen-lian, et al. Study on vitamin E content of edible vegetable oil in China[J]. *Cereals and Oils Processing*, 2009(9): 52-55.
- [24] LAVEDRINE F, RAVEL A, POUPARD A, et al. Effect of geographic origin, variety and storage on tocopherol concentrations in walnuts by HPLC[J]. *Food Chemistry*, 1997, 58(1/2): 135-140.
- [25] 徐飞, 石爱民, 刘红芝, 等. 核桃油中脂肪酸和内源抗氧化物质含量及其氧化稳定性相关性分析[J]. *中国粮油学报*, 2016, 31(3): 53-58.
- XU Fei, SHI Ai-min, LIU Hong-zhi, et al. The content of fatty acids and endogenous antioxidant components of walnut oil and their correlation with oxidative stability index[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2016, 31(3): 53-58.
- [26] 孙翠, 李永涛, 王明林, 等. 核桃仁维生素 E 含量分析研究[J]. *中国粮油学报*, 2011, 26(6): 45-51.
- SUN Cui, LI Yong-tao, WANG Ming-lin, et al. The analysis for tocopherol content of kernel in *Juglans* [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2011, 26(6): 45-51.
- [27] 忻耀年. 油料冷榨的概念和应用范围[J]. *中国油脂*, 2005(2): 20-22.
- XIN Yao-nian. Idea and application area of cold press of oilseed[J]. *China Oils and Fats*, 2005(2): 20-22.
- [28] 秦玉川, 刘本同, 薛锦松, 等. 冷榨法与热榨法制取山茶油品质差异研究[J]. *中国粮油学报*, 2020, 35(5): 97-104.
- QIN Yu-chuan, LIU Ben-tong, XUE Jin-song, et al. Study on quality difference of hot-pressed and cold-pressed camellia oil[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2020, 35(5): 97-104.
- [29] MAIER T, SCHIEBER A, KAMMERER D R, et al. Residues of grape (*Vitis vinifera* L) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants [J]. *Food Chemistry*, 2008, 112(3): 551-559.
- [30] JAFARIAN P, NIAZMAND R, YAHYAVI F. Extraction of phytochemicals and tocopherols from Rapeseed oil waste by supercritical CO₂ plus co-solvent: A comparison with conventional solvent extraction[J]. *Heliyon*, 2020, 6(3): 253-258.
- [31] 王武英. 超临界萃取新技术在中药有效成分提取分离中的应用[J]. *中国医药指南*, 2017, 15(35): 190-191.
- WANG Wu-ying. Application of new supercritical extraction technology in extraction and separation of effective components of traditional Chinese Medicine[J]. *Guide of China Medicine*, 2017, 15(35): 190-191.
- [32] 代增英, 高克栋, 冯建岭, 等. 核桃油的研究进展[J]. *江苏调味副食品*, 2014(1): 6-8.
- DAI Zeng-ying, GAO Ke-dong, FENG Jian-ling, et al. The progress of research on walnut oil[J]. *Jiangsu Condiment and Subsidiary Food*, 2014(1): 6-8.
- [33] 闫师杰, 吴彩娥, 寇晓虹, 等. 提取方法对核桃油脂肪酸组含量及质量指标的影响[J]. *食品工业科技*, 2002(4): 33-34.
- YAN Shi-jie, WU Cai-e, KOU Xiao-hong, et al. Effects of extraction methods on fatty acid content and quality index of walnut oil[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2002(4): 33-34.
- [34] 刘志伟. 超临界流体萃取技术及其在食品工业中的研究进

- 展[J]. 食品研究与开发, 2004(2): 3-6.
- LIU Zhi-wei. The technology of supercritical fluid extraction and its application[J]. Food Research and Development, 2004(2): 3-6.
- [35] 周先锋, 徐迎碧, 殷彪, 等. 山核桃种仁油脂提取研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2005(7): 48-50, 57.
- ZHOU Xian-feng, XU Ying-bi, YIN Biao, et al. Study on extraction of carya cathayensis kernel oil[J]. Grain and Oil Processing and Food Machinery, 2005(7): 48-50, 57.
- [36] 刘广, 陶长定. 核桃油的生产工艺探讨[J]. 粮食与食品工业, 2010, 17(4): 11-12, 15.
- LIU Guang, TAO Chang-ding. Discussion on production technology of walnut oil[J]. Cereal & Food Industry, 2010, 17(4): 11-12, 15.
- [37] 王文琼, 包怡红, 蔡秋红, 等. 超声波辅助法提取山核桃油的研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(12): 47-53.
- WANG Wen-qiong, BAO Yi-hong, CAI Qiu-hong, et al. Study on extracting technics of walnut oil assisted by ultrasonic wave[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2012, 27(12): 47-53.
- [38] 周如金, 顾立军, 黎周国, 等. 超声强化提取核桃仁油的研究[J]. 食品科学, 2003(10): 113-117.
- ZHOU Ru-jin, GU Li-jun, LI Zhou-guo, et al. Study on ultrasonically aided solvent extraction of walnut oil[J]. Food Science, 2003(10): 113-117.
- [39] 周如金, 胡爱军, 宁正祥, 等. 不同方法提取核桃仁油研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2003(3): 37-39.
- ZHOU Ru-jin, HU Ai-jun, NING Zheng-xiang, et al. Discussion on production technology of walnut oil[J]. Grain and Oil Processing and Food Machinery, 2003(3): 37-39.
- [40] KARKI B, MAURER D, KIM T H, et al. Comparison and optimization of enzymatic saccharification of soybean fibers recovered from aqueous extractions[J]. Bioresource Technology, 2011, 102(2): 1 228-1 233.
- [41] 刘瑞兴, 张智敏, 吴苏喜, 等. 水酶法提取油茶籽油的工艺优化及其营养成分分析[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(12): 54-61, 68.
- LIU Rui-xing, ZHANG Zhi-min, WU Su-xi, et al. Optimization and the nutritional components analysis of oil-tea camellia seed oil extracted by aqueous enzymatic extraction process[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2012, 27(12): 54-61, 68.
- [42] 杨建远, 邓泽元. 水酶法提取植物油脂技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(1): 225-230.
- YANG Jian-yuan, DENG Ze-yuan. Research progress on aqueous enzymatic extraction for the production of plant oil[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2016, 7(1): 225-230.
- [43] 王晓峰. 水酶法提取油茶籽油的优劣势与工艺研究[J]. 粮食科技与经济, 2018, 43(4): 80-82, 89.
- WANG Xiao-feng. Study on the advantages and disadvantages of aqueous enzymatic extraction of camellia seed oil and its processing technology [J]. Grain Science and Technology and Economy, 2018, 43(4): 80-82, 89.
- [44] 韦芳三, 李纯厚, 戴明, 等. 索氏提取法测定海洋微藻粗脂肪含量及其优化方法的研究[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(4): 619-623.
- WEI Fang-san, LI Chun-hou, DAI Ming, et al. Improvement of soxhlet extraction used for determination of crude lipids content of marine microalgae[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(4): 619-623.
- [45] 刘雪芳, 郝利平, 常月梅. 索氏抽提法提取核桃油工艺的优化[J]. 山西农业科学, 2017, 45(1): 34-36.
- LIU Xue-fang, HAO Li-ping, CHANG Yue-mei. Optimization of soxhlet extraction oil in walnut[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2017, 45(1): 34-36.
- [46] 刘媛媛, 张文斌, 李鹏飞, 等. 水代法提取葵花籽油及乳状液的破除[J]. 食品工业科技, 2016, 37(19): 180-184, 191.
- LIU Yuan-yuan, ZHANG Wen-bin, LI Peng-fei, et al. Aqueous extraction and demulsification of sunflower oil[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(19): 180-184, 191.
- [47] 肖仁显, 陈中海, 陈秋平, 等. 冷榨法、超临界 CO₂ 萃取法和有机溶剂浸出法提取山核桃油比较[J]. 食品科学, 2012, 33(20): 51-55.
- XIAO Reng-xian, CHEN Zhong-hai, CHEN Qiu-ping, et al. Comparison of code pressing, supercritical carbon dioxide extraction and organic solvent extraction for the extraction of carya cathayensis sarg. oil[J]. Food Science, 2012, 33(20): 51-55.
- [48] 张丽, 陈计蛮, 宋丽军, 等. 提取方法对核桃油理化特性及其脂肪酸组成的影响[J]. 粮油加工, 2010(7): 23-26.
- ZHANG Li, CHEN Ji-luan, SONG Li-jun, et al. Effects of extraction methods on physicochemical properties and fatty acid composition of walnut oil[J]. Cereals and Oils Processing, 2010(7): 23-26.
- [49] 刘慎, 邓煜, 旷春桃. 提取方法对核桃油提取效果及品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2007(6): 49-52.
- LIU Shen, DENG Yu, KUANG Chun-tao. Influence on extraction methods to the effect and quality of walnut oil[J]. Food Research and Development, 2007(6): 49-52.
- [50] 余兆硕, 丁宏武, 唐琦, 等. 山核桃油提取工艺优化及脂肪酸组成分析[J]. 农产品加工, 2016(2): 19-23.
- YU Zhao-shuo, DING Hong-wu, TANG Qi, et al. Optimization of extraction process of carya cathayensis oil and analysis of fatty acid composition[J]. Farm Products Processing, 2016(2): 19-23.
- [51] 季泽峰, 方学智, 宋丽丽, 等. 水酶法提取山核桃油工艺及其对油脂品质影响[J]. 食品工业, 2019, 40(2): 73-77.
- JI Ze-feng, FANG Xue-zhi, SONG Li-li, et al. Extracting carya cathayensis sarg. oil by aqueous enzymatic method and its effect on oil quality[J]. The Food Industry, 2019, 40(2): 73-77.
- [52] 钱浩杰, 郜海燕, 穆宏磊, 等. 水酶法提取山核桃油脂工艺研究[J]. 核农学报, 2017, 31(7): 1 365-1 373.
- QIAN Hao-jie, GAO Hai-yan, MU Hong-lei, et al. Study on the

- extraction technology of walnut oil by aqueous enzymatic method[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(7): 1 365-1 373.
- [53] 易建华, 朱振宝. 水酶法和溶剂法提取核桃油理化性质比较[J]. 食品科学, 2007(12): 143-145.
YI Jian-hua, ZHU Zhen-bao. Physico-chemical properties of walnut oil extracted with solvent and aqueous enzymatic methods[J]. Food Science, 2007(12): 143-145.
- [54] 褚朝森, 周梅生, 顾明华, 等. 鲜食核桃油的超声辅助萃取及其成分分析[J]. 食品工业, 2020, 41(5): 183-187.
CHU Chao-sen, ZHOU Mei-sheng, GU Ming-hua, et al. Ultrasound-assisted extraction of fresh walnut oil and its component analysis[J]. The Food Industry, 2020, 41(5): 183-187.
- [55] 陆浩, 杨会芳, 毕艳兰, 等. 山核桃油的理化性质及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2010, 35(5): 73-76.
LU Hao, YANG Hui-fang, BI Yan-lan, et al. Physicochemical properties and fatty acid composition of pecan oil[J]. China Oils and Fats, 2010, 35(5): 73-76.
- [56] 朱振宝. 不同方法提取核桃油脂比较研究及其 V_E 复合微胶囊的制备[D]. 西安: 陕西师范大学, 2004.
ZHU Zhen-bao. Comparative study on Extraction of walnut oil by different methods and preparation of V_E composite microcapsules[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2004.
- [57] 刘杰. 超临界流体萃取工艺的响应面优化分析与模拟[D]. 大连: 大连理工大学, 2013: 46.
LIU Jie. Response surface optimization analysis and Simulation of supercritical fluid extraction process[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2013: 46.
- [58] 万本屹, 董海洲, 李宏, 等. 核桃油的特性及营养价值的研究[J]. 西部粮油科技, 2001(5): 18-20.
WAN Ben-yi, DONG Hai-zhou, LI Hong, et al. Study on characteristics and nutritional value of walnut oil[J]. China Western Cereals & Oils Technology, 2001(5): 18-20.
- [59] 孟阿会. 核桃油成分及抗氧化性质研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012: 45-50.
MENG A-hui. Study on components and antioxidant properties of walnut oil[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2012: 45-50.
- [60] KOK F J, KROMHOUT D. Atherosclerosis-epidemiological studies on the health effects of a Mediterranean diet[J]. European Journal of Nutrition, 2004(43): 2-5.
- [61] 戚登斐, 张润光, 韩海涛, 等. 核桃油中亚油酸分离纯化技术研究及其降血脂功能评价[J]. 中国油脂, 2019, 44(2): 104-108.
QI Deng-fei, ZHANG Run-guang, HAN Hai-tao, et al. Separation and purification of linoleic acid from walnut oil and its hypolipidemic function evaluation[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(2): 104-108.
- [62] 刘皓涵, 梁琪琪, 王国良, 等. 核桃油中亚麻酸对小鼠血脂和肝功能的影响[J]. 中国油脂, 2020, 45(8): 51-54.
LIU Hao-han, LIANG Qi-qi, WANG Guo-liang, et al. Effects of linolenic acid prepared from walnut oil on blood lipid and liver function in mice[J]. China Oils and Fats, 2020, 45(8): 51-54.
- [63] 李建科, 张清安, 沈杰, 等. 核桃油对小鼠血脂及胆固醇的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2005(5): 77-79.
LI Jian-ke, ZHANG Qing-an, SHEN Jie, et al. The effect of walnut oil on blood lipids and cholesterol in mouse[J]. Journal of Wuxi University of Light Industry, 2005(5): 77-79.
- [64] LI L, TSAO R, YANG R, et al. Fatty acid profiles, tocopherol contents, and antioxidant activities of hearnut (*Juglans ailanthifolia* var. *cordiformis*) and Persian walnut (*Juglans regia* L.)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55: 1 164-1 169.
- [65] ASADI-SHEKAARI M, KARIMI A, SHABANI M, et al. Maternal feeding with walnuts (*Juglans regia*) improves learning and memory in their adult pups[J]. Avicenna Journal of Phytomedicine, 2013, 3(4): 341-346.
- [66] PRIBIS P, BAILEY R N, RUSSELL A A, et al. Effects of walnut consumption on cognitive performance in young adults[J]. British Journal of Nutrition, 2012, 107(9): 1 393-1 401.
- [67] 虞立霞, 姚奎章, 夏君霞, 等. 核桃对发育期小鼠认知功能的改善作用[J]. 营养学报, 2015, 37(2): 185-188.
YU Li-xia, YAO Kui-zhang, XIA Jun-xia, et al. Effect of walnut on cognitive function in developing mice[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2015, 37(2): 185-188.
- [68] 张清安, 李建科, 范学辉. 核桃油对小鼠学习记忆能力的影响[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2006(4): 89-91.
ZHANG Qing-an, LI Jian-ke, FAN Xue-hui. Effects of walnut oil on learning and memory of mice[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2006(4): 89-91.
- [69] 范学辉, 李建科, 张清安, 等. 核桃油对小鼠体内抗氧化酶活性及总抗氧化能力的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2004(11): 122-124.
FAN Xue-hui, LI Jian-ke, ZHANG Qing-an, et al. Effect of walnut oil on the activities of antioxidant and total antioxidation capacity (T-AOC) in vivo of mice[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2004(11): 122-124.
- [70] 高盼. 我国核桃油的组成特征及其抗氧化和降胆固醇功效评估[D]. 无锡: 江南大学, 2019: 42-56.
GAO Pan. Composition characteristics of walnut oil in China and its antioxidant and cholesterol lowering effects[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2019: 42-56.
- [71] 陈丹, 赵声兰. 核桃油保健及药用功效研究[J]. 亚太传统医药, 2009, 5(1): 27-29.
CHEN Dan, ZHAO Sheng-lan. Study on health care and medicinal efficacy of walnut oil[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2009, 5(1): 27-29.
- [72] BATIREL S, YILMAZ A M, SAHIN A, et al. Antitumor and anti-metastatic effects of walnut oil in esophageal adenocarcinoma cells[J]. Clinical Nutrition, 2017(6): 1-6.
- [73] 刘成梅, 冯妹元, 刘伟, 等. 天然维生素 E 及其抗氧化机理[J].

- 食品研究与开发, 2005(6): 205-208.
- LIU Cheng-mei, FENG Mei-yuan, LIU Wei, et al. The natural vitamin E and its antioxidant mechanism[J]. Food Research and Development, 2005(6): 205-208.
- [74] 王志平, 杨栓平, 李文德, 等. 核桃油及维生素 E 复合核桃油对动物功能行为影响的研究[J]. 山西医药杂志, 2000(4): 325-326.
- WANG Zhi-ping, YANG Shuan-ping, LI Wen-de, et al. Effects of walnut oil and vitamin E compound walnut oil on animal function and behavior[J]. Shanxi Medical Journal, 2000(4): 325-326.
- [75] 杨栓平, 常学锋, 王志平, 等. 核桃油和核桃油复合维生素 E 对大鼠血浆脂质的影响[J]. 营养学报, 2001(3): 267-270.
- YANG Shuan-ping, CHANG Xue-feng, WANG Zhi-ping, et al. Effects of walnut oil and walnut oil complex vitamin E on plasma lipids in rats[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2001(3): 267-270.
- [76] 薛莉, 杨瑞楠, 汪雪芳, 等. 美藤果油的营养组成分析与评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(9): 2 010-2 015.
- XUE Li, YANG Rui-mei, WANG Xue-fang, et al. Analysis and quality evaluation of nutritional components in sacha inchi oil[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(9): 2 010-2 015.
- [77] 李清清, 余旭亚, 耿树香, 等. 复合核桃油的体外抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(24): 31-36.
- LI Qing-qing, YU Xu-ya, GENG Shu-xiang, et al. The detection of antioxidant activity of blend walnut oil in vitro[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(24): 31-36.
- [78] BALDIOLI M, SERVILI M, PERRETTI G, et al. Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1996, 73(11): 1 589-1 593.
- [79] KALUNA C M, ALLEN M S, JR D, et al. Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review[J]. Food Chemistry, 2007, 99(1): 273-286.
- [80] TORRES M, MARTINEZ M, PIERANTOZZI P, et al. Contribution of compositional parameters to the oxidative stability of olive and walnut oil blends [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2011, 88(6): 755-762.
- [81] 刘梦颖. 脂肪酸及微量组分对核桃油氧化稳定性的影响[D]. 西安: 陕西科技大学, 2015: 62-68.
- LIU Meng-yin. Effects of fatty acids and trace components on oxidative stability of walnut oil[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2015: 62-68.
- [82] 毛琳璐, 李冰, 张霞, 等. 核桃油与棕榈硬脂复配体系在涂抹脂基料油中的应用[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(2): 7-13.
- MAO Lin-lu, LI Bing, ZHANG Xia, et al. Application of blends of walnut oil and palm stearin in soft spread base oil[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(2): 7-13.

(上接第 72 页)

- [22] JIA Wei, ZHANG Rong, SHI Lin, et al. Effects of spices on the formation of biogenic amines during the fermentation of dry fermented mutton sausage[J]. Food Chemistry, 2020, 321: 126723.
- [23] 王新惠, 王卫, 白婷, 等. 四川腌腊肉制品食用安全性分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(24): 48-54.
- WANG Xin-hui, WANG Wei, BAI Ting, et al. Survey and analysis of food safety in Sichuan cured meat[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(24): 48-54.
- [24] 马艳莉, 席晓丽, 李大伟, 等. 白方腐乳开盖后储藏过程中生物胺和理化指标的变化[J]. 食品工业科技, 2020, 41(22): 289-293.
- MA Yan-li, XI Xiao-li, LI Da-wei, et al. Changes of biogenic amines and physicochemical characteristics during the storage of white sufu with open-lid[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(22): 289-293.
- [25] 吴训忠, 支青蕾, 阚建全, 等. 发酵辣椒中生物胺含量及其品质分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(11): 288-293.
- WU Xun-zhong, ZHI Jing-lei, KAN Jian-quan, et al. Biogenic amine and quality analysis of fermented chili[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(11): 288-293.
- [26] 曾雪晴, 李洪军, 袁琳娜, 等. 郫县豆瓣酱中生物胺含量和种类分析[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(19): 258-262.
- ZENG Xue-qin, LI Hong-jun, YUAN Lin-na, et al. Types and contents of biogenic amines in Pixian horsebean paste[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(19): 258-262.

(上接第 122 页)

- [19] OKE M O, AWONORIN S O, OYELADE O J, et al. Some thermophysical properties of yam cuts of two geometries[J]. African Journal of Biotechnology 2009, 8(7): 1-8.
- [20] 贺健, 易军鹏, 李欣, 等. 酸菜微波真空冷冻干燥工艺及复水特性研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(8): 109-116.
- HE Jian, YI Jun-peng, LI Xin, et al. Study on microwave vacuum freeze drying technology and rehydration characteristics of sauerkraut[J]. Food & Machinery, 2020, 36(8): 109-116.
- [21] OGAWA T, CHUMA A, AIMOTO U, et al. Effects of drying temperature and relative humidity on spaghetti characteristics [J]. Drying Technology, 2017, 35(10): 1 214-1 224.
- [22] AGNIHOTRI V, JANTWAL A, JOSHI R. Determination of effective moisture diffusivity, energy consumption and active ingredient concentration variation in inula racemosa, rhizomes during drying[J]. Industrial Crops & Products, 2017, 106: 40-47.
- [23] BARATI E, ESFAHANI J A. A new solution approach for simultaneous heat and mass transfer during convective drying of mango[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 102(4): 302-309.
- [24] URIBE E, VEGA-GÁLVEZ A, SCALA K D, et al. Characteristics of convective drying of pepino fruit (*Solanum muricatum* ait.): Application of Weibull distribution[J]. Food & Bioprocess Technology, 2011, 4(8): 1 349-1 356.