

油用萝卜的研究现状及展望

张小康¹, 张雪清¹, 熊秋芳²

(1. 武汉莱蔬农业科技有限公司, 武汉 430060; 2. 武汉市农业科学院 蔬菜研究所, 武汉 430345)

摘要:为带动我国油用萝卜产业的快速发展,促进以食用油为主,多产业(中药、芽苗、绿肥)协同发展局面的形成,系统概述了有关油用萝卜育种、栽培及管理,萝卜籽组成成分及功能,萝卜籽油加工技术方面的研究进展,论述了我国油用萝卜发展面临的问题,提出了相关建议,并展望未来油用萝卜产业的发展趋势及方向。油用萝卜品种类型丰富,适应性广,是一种具有推广应用潜力的新型油料作物品种。

关键词:萝卜;油用萝卜;育种;栽培;功能;萝卜籽油

中图分类号:TS222+.1;TS202.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2023)11-0125-05

Research status and prospect of oilseed radish

ZHANG Xiaokang¹, ZHANG Xueqing¹, XIONG Qiufang²

(1. Wuhan Laifu Agricultural Science & Technology Co., Ltd., Wuhan 430060, China; 2. The Institute of Vegetables, Wuhan Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430345, China)

Abstract:In order to promote the development of oilseed radish industry in China, and the formation of edible oil as the main, multi-industry (traditional Chinese medicine, sprouts, green fertilizer) coordinated development situation, the research progress in breeding, cultivation and management of oilseed radish, composition and function of radish seed, and processing technology of radish seed oil were systematically summarized. The problems faced by the development of oilseed radish in China were discussed, relevant suggestions were proposed, and the development trend and direction of oilseed radish industry were looked forward. Oilseed radish has a wide variety of varieties and adaptability, making it a new type of oilseed crop with great potential for promotion and application.

Key words:radish; oilseed radish; breeding; cultivation; function; radish seed oil

萝卜原始种起源于欧、亚温暖海岸的野萝卜,目前在世界各地广泛栽培。萝卜是我国最古老的蔬菜品种之一,《尔雅》中“莱菔”“葵”“芦菔”均指萝卜。

萝卜籽在中药中称莱菔子,莱菔子系中医学常用消食除胀、降气化痰药。《天工开物》认为莱菔子为上品油源,适宜榨油且油质上乘,其含油率为35%~45%。萝卜主要分为食用萝卜和油用萝卜两种类型。油用萝卜(*Raphanus sativus* L. ssp. *oleiferus*)主要为一年生作物(部分二年生),其直根细小,基本不呈肉质膨大,易春化,生育期短。

油用萝卜籽的应用非常广泛,如生产萝卜籽油、

萝卜苗菜^[1-2]、食品添加剂^[3]、饲料添加剂^[4]、生物柴油^[5]、合成生物炭^[6]以及冬闲田绿肥^[7]等。我国对萝卜籽的需求逐年递增,目前我国生产的萝卜籽尚不能够完全满足市场需求,而且面对越来越广泛的应用,萝卜籽预期将是非常缺乏的。选育高产、优质的油用萝卜新品种不但能弥补市场巨大缺口,同时能创造巨大的社会效益和经济效益。目前,限制油用萝卜开发应用的主要问题有优质种质资源开发迟缓、单位面积产量较低、生产成本较高、管理技术及机械化配套较差、基础研究较为薄弱、企业参与度差等。近年来,国内相关企业和科研单位开始逐渐关注油用萝卜的育种、栽培、油脂制取、活性物质利用等相关研究。因此,为了促进我国油用萝卜的大规模应用,将健康、优势的萝卜籽油推向市场,满足人民对美好健康生活的新需求,同时带动我国油用

收稿日期:2022-07-14;修回日期:2023-07-27

作者简介:张小康(1982),男,农艺师,硕士,研究方向为萝卜遗传育种及应用推广(E-mail)zhangxiaokang@gmail.com。

通信作者:熊秋芳,高级农艺师(E-mail)6511311@qq.com。

萝卜产业的快速发展,促进以食用油为主的多产业(中药、育苗、绿肥)协同发展,本文综述了油用萝卜育种、栽培及管理,萝卜籽组成成分及功能,萝卜籽油加工技术方面的研究进展。

1 油用萝卜的育种

油用萝卜分类上属于十字花科萝卜属的一个变种,目前还没有一个标准来确定油用萝卜专用品种的具体特性,但目前业界普遍的共识是油用萝卜品种应该具有以下几点显著特性:①适应性强。油用萝卜品种能适合我国南北大部分地区种植。②产量高。萝卜籽单位面积产量应高于普通食用萝卜品种50%以上。③熟性早。生育期应该在90~120 d,甚至更短。④含油率高。油用萝卜籽含油率应该达到40%以上。⑤营养成分含量高。不饱和脂肪酸含量在90%左右,黄酮、维生素E、菜菔素、植物甾醇等活性物质含量高。⑥萝卜籽油色泽、风味好。萝卜籽油色泽黄亮,具有萝卜籽特殊风味,适宜煎、炸、炒等各种烹饪方法^[8]。

我国是萝卜的重要发源地之一,品种资源丰富,类型繁多。按目前统计情况来看,世界范围内萝卜种质资源以食用萝卜(膨大肉质根类型)为主,占整个品类90%左右,其他变种如油用萝卜(蓝花子)、长羽裂萝卜、野萝卜等多为野生资源,占10%左右。我国从20世纪70年代开始在十字花科作物中大规模利用雄性不育系进行育种研究,萝卜细胞质不育系Ogura的发现和利用是最重要的标志之一,国内一大批科研院所及企业借此开展了杂交种替代的研究,目前我国的萝卜杂交种使用率在50%~70%之间。现代生物技术在萝卜育种中的应用也提高了种质资源创新的速度和质量^[9]。在油用萝卜品种的育种方面,我国最早大规模应用的油用萝卜品种是云、贵地区的地方品种蓝花子^[10]及其通过系统选育的后代品种,如高州白花等^[11],该类型极早熟品种多数作为油料作物,亦有部分作为绿肥或青饲作物,种子单产较低。张雪清^[12-13]、张小康^[14]、李星成^[15]等从萝卜雄性不育系及异型保持系的研究中首先发明出萝卜的三交种的配制方法并加以大规模应用,从而创新出具有高产、抗逆性强、极早熟、单荚籽粒多等优势的油用萝卜选育体系,选育出多个高产、优质的油用萝卜新品种,进而将油用萝卜籽单产提高至4 200 kg/hm²,达到目前一般品种的2倍以上,并在河西走廊高海拔地区推广种植油用萝卜获得成功,使得河西走廊地区成为我国目前最大的萝卜籽生产基地。武汉莱菔农业科技有限公司选育的油用萝卜品种莱菔油1号在甘肃、青海两地多年试

验中,平均产量为4 200 kg/hm²,经济效益可达2.7万元/hm²左右;在湖北、江西、云南等地试验中,平均产量为1 875 kg/hm²,经济效益可达1.5万元/hm²左右,远超油菜等其他冬闲田作物,且不影响下茬粮食作物种植。张小康^[16]、张雪清^[17]等通过理化诱变结合GC-MS等手段筛选出低芥酸油用萝卜资源,并通过回交转育的方法选育出系列低芥酸油用萝卜新品系,为优质低芥酸萝卜籽油的开发提供了重要资源材料和研究方法。张晓雪等^[18]研究一种采用Ogura胞质不育系高效鉴定及筛选高产不育系的方法,并用此方法初步筛选出一批高制种潜力的萝卜地方品种Ogura胞质雄性不育材料,为油用萝卜杂交种制种提供新思路。张丽等^[19]研究了Ogura CMS育性恢复基因orf687在萝卜中的分布,对后续油用萝卜恢复系的筛选具有价值。李世升等^[20]采用形态学解剖、细胞微结构观察等方法对萝卜角果、胚珠和胚胎的发育情况进行全程追踪,揭示了萝卜胚胎发育形态及油体的动态变化趋势。

随着雄性不育育种技术、理化诱变技术、分子标记辅助选育方法及基因组高通量测序的逐步运用,不同类型油用萝卜新品种已经在我国从北到南推广应用成功,不管是在平原还是2 500 m左右的高海拔地区,或是西北弱盐碱地区,在经过多年多点试验后,现在都有相应的品种可以实现种植,其单位面积产量基本可达到目前常规食用萝卜品种的2~3倍,大大降低了萝卜籽的生产成本。

2 油用萝卜栽培及管理技术

油用萝卜作为一种主要的草本油料作物及绿肥作物,在种植的过程中其栽培管理模式与常规食用萝卜有很大不同,目前针对油用萝卜的栽培及管理模式研究和应用还较少。杜东英等^[21]研究了油用萝卜蓝花子和光叶紫花苕两种云南地区主要秋播绿肥的栽培模式及应用效果,发现种植蓝花子类的土壤有效磷比种植苕子类的增加54%,速效钾可提高1倍,有机质可提高4%,但速效氮含量低于苕青地的7%。张钦等^[22]通过研究连续种植绿肥对土壤团聚体碳的影响发现,肥田萝卜对20~40 cm土层土壤团聚体碳含量的提高更为显著,且种植肥田萝卜的土壤中大于5 mm粒径团聚体碳含量显著高于其他处理。Tripolskaya等^[7]研究油用萝卜作为玉米后茬作物对土壤氮迁移的影响,结果发现,在秋季晚些时候,土壤冻结之前收获油田萝卜作为绿肥,能减少秋冬期间土壤中有机的分解和氮的浸出,使土壤氮储存量显著增加。

作为油料,我国油用萝卜栽培主要分为南北两

种栽培模式,分别为越冬栽培和早春栽培,长江流域及其以南地区采用越冬栽培,黄河以北地区则采用早春栽培。长江流域一般在10月播种,成株越冬,翌年3月抽薹开花,5月采收种子;黄河以北地区一般在4月播种,6月抽薹开花,8月采收种子。周丕才等^[23]从油用萝卜蓝花子的品种筛选、提纯复壮、合理施肥、栽培模式等方面进行了比较研究,结果发现,油用萝卜的播种密度应安排52.5万株/hm²左右,三元复合肥(N、P₂O₅、K₂O比例15:15:15)应按150~300 kg/hm²施用作基肥。张小康等^[24]针对我国高海拔地区种植低芥酸油用萝卜进行了研究,提出了长江以南及黄河以北的高海拔地区种植低芥酸油用萝卜的标准模式及管理方法。

3 萝卜籽组成成分及功能

3.1 组成成分

萝卜籽含油率可高达45%,萝卜籽油中不饱和脂肪酸含量达80%以上^[25]。Waheed等^[26]利用GC-MS对萝卜籽油脂肪酸组成进行分析,结果表明,萝卜籽油中油酸、芥酸等含量较高,分别为30.011%和16.411%。Krist^[27]研究以多种蔬菜种子为油源的食用油品质发现,萝卜籽油具有优质食用油的品质。

萝卜籽蛋白质含量在30%~35%之间。晏艳等^[28]采用脱脂萝卜籽粉为原料制备萝卜籽分离蛋白,结果表明,所得萝卜籽分离蛋白冻干粉的蛋白质含量为88.5%。王青松等^[29]针对萝卜籽蛋白提取及其功能性质的研究表明,在料液比1:20、碱溶pH 9.0、浸提时间120 min、浸提温度50℃的条件下,萝卜籽蛋白提取率为52.3%,所提取的萝卜籽蛋白溶解度为84.9%,有两个等电点,分别为pH 0.5和pH 4.5,吸油能力为328.67%,乳化性及乳化稳定性与大豆分离蛋白相近,起泡性及泡沫稳定性较大豆分离蛋白好。

萝卜籽中含有的抗癌活性物质莱菔素是目前所有蔬菜中发现的抗癌活性最强的植物活性成分,生物试验证明莱菔素具有抗肿瘤、抗菌、抗氧化的作用,对肝癌、乳腺癌、肺癌、食管癌、前胃癌有明显的预防作用。娄艳坤等^[30]采用低温压榨法制备萝卜籽原油,并通过脱胶、脱酸、脱蜡得到成品萝卜籽油,测定萝卜籽原油和成品油中维生素E和甾醇含量,结果发现,萝卜籽原油中维生素E、甾醇含量分别为113.6、1394 mg/100 g,成品萝卜籽油中维生素E、甾醇含量分别降至108.7、1353 mg/100 g。另外,王性炎等^[31]研究发现,萝卜籽中神经酸的相对含量

大于2%,是提取神经酸的宝贵材料。

3.2 功能

萝卜籽具有降血压、降血脂及通便等作用。葛亚如等^[32]报道萝卜籽单方及复方均有明显的降压作用,由于降压效果显著,已被开发为片剂、注射剂等剂型。张营^[33]对SD大鼠喂食高脂膳食饲料并同时给以萝卜籽油、有氧运动以及萝卜籽油和有氧运动联合干预,考察其对大鼠血脂的降低作用,结果表明,3种方法中效果最好的是萝卜籽油和有氧运动联合干预,不但可以使大鼠体质量下降到正常水平,而且可以使血清脂质指标TG、TC、HDL-C、LDL-C达到正常水平。萝卜籽油在小鼠试验中通便效果明显,赵功玲等^[34]用25%~100%的萝卜籽油取代基础饲料中的大豆油,有明显促进小鼠排便的作用,灌胃1.0~3.0 g/kg萝卜籽油,具有明显改善便秘小鼠通便及推动便秘小鼠小肠蠕动的的作用,灌胃2.0~3.0 g/kg萝卜籽油几乎可以达到治愈小鼠便秘的目的。此外,萝卜籽油还具有较好的抗氧化作用。赵功玲等^[35]用二氯甲烷作溶剂提取萝卜籽油,并以过氧化值和酸值为指标研究了萝卜籽油在大豆油和花生油中的抗氧化性能。结果表明:萝卜籽油在大豆油和花生油中具有很好的抗氧化性能,对大豆油的抗氧化效果比花生油好;0.1%萝卜籽油对大豆油的抗氧化效果比0.02%二丁基羟基甲苯(BHT)好;0.2%萝卜籽油对花生油的抗氧化效果稍差于0.02%BHT。

萝卜籽蛋白提取物具有一定的防腐功效,李军等^[36]研究发现其可以有效抑制鲟鱼腐败菌的生长,并能降低冷藏鲟鱼片腐败速率,因此具有开发成新型水产品防腐保鲜剂的潜力。

4 萝卜籽油加工技术

阮丽红等^[37]为高效提取萝卜籽油,在单因素试验的基础上,采用正交试验对超临界CO₂萃取法提取萝卜籽油工艺条件进行优化,研究了萃取压力、萃取温度、CO₂流量和萃取时间对萝卜籽油得率的影响。结果表明,在萃取压力30 MPa、萃取温度46℃、CO₂流量11 kg/h、萃取时间80 min条件下,萝卜籽油得率达42.8%。Zhang等^[38]利用超临界CO₂萃取法高效率获取优质萝卜籽油及莱菔素,油的提取率达到92.07%,并且从饼粕中提取莱菔素的产率为18.32%。Stevanato等^[39]研究了亚临界丙烷对萝卜籽油的提取效果,结果发现,亚临界丙烷与超声波萃取具有相似的提取效率和较短的提取时

间,但其提取的萝卜籽油植物甾醇和生育酚含量较高,氧化稳定性较好,说明亚临界丙烷是一种很有前途的溶剂。李楠楠等^[40]研究发现,常规油脂精炼方法会损失大部分菜菔素,通过无水常温精炼得到的萝卜籽油中菜菔素含量为760.35 mg/kg,保留率高达91.3%。齐玉堂等^[41]研发出一种富含菜菔素的萝卜籽油制备方法,通过将萝卜籽进行预处理调质后经有机溶剂萃取,再与脱磷剂混合,然后过滤,得到富含菜菔素的萝卜籽油。以上萝卜籽油加工技术的研究为其开发应用及功能性研究提供了一定的基础。

5 油用萝卜生产应用中存在的问题及建议

随着国际贸易不确定因素越来越多,以及我国食用植物油自给率较低,近年来我国油料作物开发逐渐多样化,如油茶、亚麻、牡丹、紫苏、核桃、元宝枫等小宗油料作物得到开发和研究。萝卜籽作为食用油源在我国已经有上千年历史,油用萝卜作为一种高含油率、高品质、广适性的油料作物,理应在我国进行大面积推广和应用,但其却没有被列入我国主要或非主要油料作物之中。

食用萝卜与油用萝卜在品种特性、种植、管理上均有很大差别。目前我国针对萝卜的基础及应用研究主要集中在食用萝卜上,针对油用萝卜的研究较少。油用萝卜的种质资源挖掘及创新研究十分缺乏;与油用萝卜种子产量相关的重要质量性状的研究较少,对应的基因挖掘及相关性状数量性状位点(QTL)的开发尚未进行;系统的新品种试验示范和推广工作未能常态化有效开展;油用萝卜和萝卜籽油相关指标还未形成行业内的统一标准,国家及行业标准亟待设立完善;目前萝卜籽油的生产和消费主要集中在云、贵、川、甘等地区,受限于种植面积和产量低的原因,市场供应量并不多,另外在全国范围内没有大型油企参与到萝卜籽油的生产销售中来,导致萝卜籽油无法在我国进行大范围推广,继而使得油用萝卜的种植面积难以得到提高,产业化进程缓慢。

因此,目前应以企业为主,多学科单位参与,组建油用萝卜系统的开发应用体系。发挥我国在食用萝卜研究上积累的基础优势,深入挖掘油用萝卜种质资源,开展多维度的应用研究。国家应设立相应合作攻关项目(机制),前期以萝卜籽油为突破点,鼓励大型油企开发各类型的萝卜籽油产品,让消费者能够体验到其品质和功效,随着规模化不断扩大,将带动育种、生产、栽培、深加工等产业链上多学科的快速发展。此外,建立油用萝卜的独立评估体系

十分重要,建议国家在植物新品种权门类中单独列出油用萝卜类别以区分目前的食用萝卜类别,并联合多方制定油用萝卜的测试指南,这样可以促进油用萝卜新品种(品系)的研究及权利保护。

6 结束语

经过多年的品种选育及区域试验,油用萝卜的发展已经突破了地域和产量两大难关,目前种植油用萝卜,由于生育期短、适应性强、用途广、效益高,深得农户欢迎。随着人们对美好生活的不断追求以及消费习惯的不断变化和更新,既健康又美味的萝卜籽油得到大众喜爱和接受;油用萝卜籽饼粕可作为优质饲料添加,在必要时可替代大豆饼粕;萝卜籽还可以提取神经酸和菜菔素;对肠胃十分健康的美味萝卜苗也是油用萝卜产业的另一个重要应用方向;通过人工选育出的粉色、紫色、白色等多种花色油用萝卜品种,在开花季可以为各种植区带来观光经济。

油用萝卜在我国的应用前景十分广阔,随着国家对乡村振兴的不断推进,对粮油供给的多样化,以及粮油安全方面的需求,萝卜籽油这一既古老又新鲜,既营养又健康的食用油品种完全可以在我国大面积开花结果,萝卜籽相关的产业也必将迎来新的发展机遇。

参考文献:

- [1] MARTÍNEZ - VILLALUENGA C, FRÍAS J, GULEWICZ P, et al. Food safety evaluation of broccoli and radish sprouts [J]. Food Chem Toxicol, 2008, 46(5): 1635 - 1644.
- [2] BAENAS N, GÓMEZ - JODAR I, MORENO D A, et al. Broccoli and radish sprouts are safe and rich in bioactive phytochemicals[J]. Postharvest Biol Tech, 2017, 127: 60 - 67.
- [3] GUTIÉRREZ R M P, PEREZ R L. *Raphanus sativus* (radish): their chemistry and biology [J]. Sci World J, 2004, 4: 811 - 837.
- [4] TOR - AGBIDYE Y. Non - conventional feedstuffs in rabbits and poultry nutrition: utilization and effects of feed processing methods [D]. Eugene Oregon: Oregon State University, 1992.
- [5] FARIA D, SANTOS F, MACHADO G, et al. Extraction of radish seed oil (*Raphanus sativus* L.) and evaluation of its potential in biodiesel production [J]. AIMS Energy, 2018, 6(4): 551 - 565.
- [6] PAULO S W, LÚCIA G P, DAIANE F S, et al. Fodder radish seed cake biochar for soil amendment [J]. Environ Sci Pollut R, 2018, 25: 25143 - 25154.
- [7] TRIPOLSKAYA L, ROMANOVSKAYA D. A study of nitrogen migration affected by different plants for green manure in sandy loam soil [J]. Ekologija, 2006, 4: 89 - 97.

- [8] 罗鹏,张兆清. 十字花科油料作物[J]. 中国油料,1988(3):63-66.
- [9] 熊秋芳,张小康,汪志红,等. 现代生物技术在我国萝卜遗传育种中的应用与展望[J]. 长江蔬菜,2012(24):15-19.
- [10] 吴建华. 蓝花子的综合开发利用[J]. 云南农业科技,1994(2):19-21.
- [11] 吴建华. 油用萝卜籽品种:高州白花[J]. 中国油料作物学报,1986(2):84.
- [12] 张雪清,熊秋芳. 我国萝卜新品种应用和良种繁育技术[J]. 长江蔬菜,2007(3):36-38.
- [13] 张雪清,张小康,熊秋芳,等. 一种高产、长果荚、单荚多籽粒油用萝卜的选育方法:CN105638449A[P]. 2016-06-08.
- [14] 张小康,熊秋芳,张雪清. 利用雄性不育系及异型保持系配制萝卜三交种研究[J]. 湖北农业科学,2011,50(20):4205-4208.
- [15] 李星成,张雪清,王进. 适宜河西走廊推广的高产油用萝卜新品种油萝卜1号[J]. 长江蔬菜,2017(11):17-18.
- [16] 张小康,张雪清,齐玉堂,等. 低芥酸油用萝卜种质创建及品种选育[J]. 黑龙江农业科学,2018(2):4-7.
- [17] 张雪清,张小康,熊秋芳,等. 一种低芥酸、高产油用萝卜的选育方法:CN105638450A[P]. 2016-06-08.
- [18] 张晓雪,刘阳,宋江萍,等. 萝卜地方优良品种高制种潜力雄性不育系转育方法研究[J]. 植物遗传资源学报,2019,20(3):530-537.
- [19] 张丽,王庆彪,王艳萍. *Ogura CMS* 育性恢复基因 *orf687* 在萝卜中的分布[J]. 园艺学报,2020,47(5):864-874.
- [20] 李世升,项俊,方元平,等. 油用萝卜角果发育特征及胚胎超微结构的比较[J]. 北方园艺,2018(9):8-13.
- [21] 杜东英,王劲松,郭云周,等. 曲靖市土壤有机质提升技术:蓝花子种植及还田技术[J]. 云南农业科技,2011(1):45-47.
- [22] 张钦,于恩江,林海波,等. 连续种植不同绿肥的土壤团聚体碳分布及其固持特征[J]. 中国土壤与肥料,2019(1):71-78.
- [23] 周丕才,刘正伟,赵德胜,等. 云南省楚雄州蓝花子生产现状与研究[J]. 农业科技通讯,2018(1):183-187.
- [24] 张小康,熊秋芳,杨晓华,等. 一种高海拔地区低芥酸油用萝卜高产栽培方法:CN112544382A[P]. 2021-03-26.
- [25] 张羽霄,杜宣利,李永生,等. 萝卜籽油制取方法及功能性成分[J]. 粮食与食品工业,2018,25(1):20-23.
- [26] WAHEED A, HAMID F S, MADIHA B. GC-MS analysis of chemical components seed oil of *Raphanus sativus* L. [J]. *MOJ Toxicol*, 2019, 5(3): 112-118.
- [27] KRIST S. *Vegetable fats and oils*[M]. Cham:Springer,2020.
- [28] 晏艳,杨洋,余红梅,等. 萝卜籽分离蛋白的功能特性及酶水解液制备工艺[J]. 氨基酸和生物资源,2016,38(4):42-49.
- [29] 王青松,肖安红,韩立娟,等. 萝卜籽蛋白提取及其功能性质研究[J]. 中国油脂,2018,43(3):26-29,34.
- [30] 姜艳坤,杜宣利,张羽霄,等. 冷榨萝卜籽油生产的工艺技术实践[J]. 现代食品,2018(16):138-141.
- [31] 王性炎,樊金栓,王姝清. 中国含神经酸植物开发利用研究[J]. 中国油脂,2006,31(3):69-71.
- [32] 葛亚如,郭炜,董文亮,等. 莱菔子降压机制研究与临床应用进展[J]. 中国中医药现代远程教育,2015,13(12):152-153.
- [33] 张营. 萝卜籽油联合有氧运动对大鼠血脂降低作用研究[J]. 中国油脂,2018,43(8):81-83.
- [34] 赵功玲,莫海珍. 萝卜籽油特性及其对小鼠的通便作用[J]. 现代食品科技,2016,32(10):34-38,33.
- [35] 赵功玲,梁新红,杨淑媛,等. 萝卜籽油对大豆油和花生油的抗氧化作用[J]. 中国油脂,2012,37(9):54-56.
- [36] 李军,李平兰,王顺,等. 萝卜籽蛋白提取物对鲟鱼腐败菌抑制作用及其理化性质的研究[J]. 食品科学,2018,39(13):41-46.
- [37] 阮丽红,姜春鹏. 超临界 CO₂ 萃取萝卜籽油工艺优化[J]. 粮油加工,2010(6):8-10.
- [38] ZHANG J, ZHOU X, FU M. Integrated utilization of red radish seeds for the efficient production of seed oil and sulforaphene[J]. *Food Chem*,2016,192:541-547.
- [39] STEVANATO N, IWASSA I J, CARDOZO - FILHO L, et al. Quality parameters of radish seed oil obtained using compressed propane as solvent[J/OL]. *J Supercrit Fluid*, 2020, 159: 104751 [2022-07-14]. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104751>.
- [40] 李楠楠,韩立娟,张维农,等. 萝卜籽油中莱菔素的检测及加工工艺对莱菔素含量的影响[J]. 食品科学,2020,41(20):198-204.
- [41] 齐玉堂,张维农,韩立娟,等. 一种富含莱菔素的萝卜籽油及其制备方法:CN109022134A[P]. 2018-12-18.