

紫苏籽营养及产品加工研究进展

李会珍,张雲龙,张红娇,贺东亮,张志军

(中北大学 化学工程与技术学院,太原 030051)

摘要:紫苏籽精深加工潜力大。紫苏籽主要加工得到紫苏籽油和紫苏籽饼粕。以紫苏籽油为原料,可进一步加工成微胶囊、微乳液和 α -亚麻酸产品;以紫苏籽饼粕为原料,可进一步加工成蛋白、多肽、紫苏酱等产品,同时也可提取多糖、黄酮等微量活性成分。另外,以紫苏籽壳为原料提取的多酚提取物还可加工为饲料添加剂。在介绍紫苏籽营养组成的基础上,综述近年来紫苏籽相关产品的营养功效、生产技术研究进展,分析紫苏籽产品加工现状及市场需求,并对紫苏籽综合加工及产业发展前景进行了展望,为紫苏籽的综合利用提供参考。

关键词:紫苏籽;营养;产品加工

中图分类号:S565.8;TS202

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2021)09-0120-05

Progress on nutrition and product processing of perilla seed

LI Huizhen, ZHANG Yunlong, ZHANG Hongjiao, HE Dongliang, ZHANG Zhijun

(College of Chemical Engineering and Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: There are great potential for deep processing of perilla seed. Perilla seed oil and perilla seed cake are mainly processed from perilla seed. Perilla seed oil can be processed into the microcapsule, micro emulsion and α -linolenic acid. Perilla seed cake can be processed into protein, peptides, perilla sauce and other products, and trace active ingredient such as polysaccharide, flavone, etc. can be extracted. In addition, perilla seed hull polyphenol extract can also be processed as feed additive. Based on the introducing of nutritional components of perilla seed, the research progress on the nutritional benefits and processing technologies of perilla seed related products in recent years were reviewed, the present situation and market demands of perilla seed products were analyzed, and the comprehensive processing and industrial development foreground of perilla seed were also prospected in order to provide reference for the comprehensive utilization of perilla seed.

Key words: perilla seed; nutrition; product processing

紫苏(*Perilla frutescens* L.),又名白苏、红苏、桂荏等,为唇形科紫苏属一年生直立草本植物。紫苏传统种植于中国、印度、日本和韩国等国家,在我国已有2 000多年的种植历史^[1]。紫苏浑身是宝,籽、根茎、叶片等不同部位均富含多种营养成分和活性

物质,具有抗过敏、抑菌、消炎、保肝护脾、降血脂、改善记忆力、抗氧化、预防细胞衰老癌变等多种功效,紫苏相关产品可广泛应用于食品、香料、化妆品、药品等领域^[2-3]。随着大健康产业的发展 and 人们对紫苏营养认识的不断深入,紫苏加工引起人们的广泛关注,近几年紫苏产品不断丰富,新产品不断涌现。本文对紫苏籽营养及产品加工研究进展情况进行综述,以为紫苏籽的综合利用提供参考。

1 紫苏籽主要营养成分

据《中国药典》记载,紫苏籽归肺经,具有降气化痰、止咳平喘和润肠通便等作用,可用于治疗痰壅气逆、咳嗽气喘和肠燥便秘。紫苏籽营养成分主要包括脂肪、蛋白质、纤维和多糖等,其营养成分含量

收稿日期:2021-02-24;修回日期:2021-06-29

基金项目:山西省重点研发计划项目(社会发展方面)(201803D31060);山西省晋中市科技重点研发计划(工业)(Y201018)

作者简介:李会珍(1974),女,教授,硕士生导师,博士,研究方向为植物有效成分提取(E-mail)hzli@nuc.edu.cn。

通信作者:张志军,教授(E-mail)zjzhang@nuc.edu.cn。

因遗传资源和栽培环境条件变化较大。沈奇等^[4]通过对国内外132份紫苏种质资源籽粒进行检测分析发现,紫苏籽含油量为20.24%~53.71%,蛋白质含量为10.86%~27.60%,紫苏籽油中 α -亚麻酸含量为39.10%~73.06%。张以忠等^[5]对来自不同产地52份紫苏籽样品营养成分含量进行测定,结果表明,紫苏籽粗脂肪含量为35.06%~53.28%,蛋白质含量为17.44%~33.66%,可溶性糖含量为1.79%~3.57%。受日照等影响,同一品种不同地区种植的紫苏籽营养成分差异较大,各地需加强筛选培育适宜当地推广种植的品种。中北大学经过多年研究,已培育审定适合山西丘陵山区种植的高油品种晋紫苏1号、高 α -亚麻酸品种晋紫苏2号等新品种,贵州省农业科学院也培育出系列适宜贵州当地种植的紫苏品种^[4,6]。

2 紫苏籽产品加工

2.1 紫苏籽油及其深加工产品

2.1.1 紫苏籽油

紫苏籽油是紫苏籽加工所得主要产品,其化学组成、药理作用和产品的开发利用已有较多研究报道。紫苏籽油中含棕榈酸5.60%~7.17%、油酸13.58%~26.85%、亚油酸9.02%~11.47%、亚麻酸57.67%~69.35%,总不饱和脂肪酸含量达到92.83%~93.96%^[6]。紫苏籽油中总甾醇含量为67.0~94.4 mg/100 g,其中 β -谷甾醇含量最高,为46.8~65.3 mg/100 g,除此之外还含有 Δ -5燕麦醇、环阿廷醇、菜籽甾醇、菜油甾醇、豆甾醇等,总生育酚含量为63.4~99.4 mg/100 g,其中 γ -生育酚含量为61.2~96.4 mg/100 g,占总生育酚含量的95%左右, α -生育酚和 β -生育酚含量较低^[7]。紫苏籽油中还含有11种酚类化合物,分别为对羟基乙醇、肉桂酸、3,4-二羟基苯甲酸、对香豆酸、香草酸、咖啡酸、阿魏酸、丁香酸、芹黄素、木犀草素、槲皮素^[8]。由此可见,紫苏籽油中不仅饱和脂肪酸,特别是 α -亚麻酸含量高,而且还含有甾醇、生育酚等多种活性成分,营养价值非常高。

现代医药研究表明,紫苏籽油具有促进视力及大脑发育,提高记忆力,降低胆固醇、高血脂和动脉粥样硬化等功效,同时对心脑血管疾病有良好的预防及辅助治疗效果。郭艳等^[9]通过动物试验研究了紫苏籽油软胶囊的辅助降血脂功能,结果发现,紫苏籽油软胶囊可显著降低试验大鼠血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)含量,具有辅助降血脂功能。郑双等^[10]研究了紫苏籽油对ApoE^{-/-}小鼠的抗动脉粥样硬化和心脏保护作用,结果发现,紫苏籽油可

抑制ApoE^{-/-}小鼠动脉斑块形成,有助于维持其正常心脏结构和功能。另外,王丽梅等^[11]研究发现,紫苏籽油能够清除体内自由基,具有延缓机体衰老的作用,同时对癌细胞也具有明显的抑制作用。

紫苏籽油的提取方法主要有机械压榨法、溶剂萃取法和超临界CO₂萃取法等。机械压榨法包括液压冷榨和螺旋榨油机热榨,该法操作简单、高效,投资成本低,是紫苏籽油加工的主要方法。溶剂萃取法虽能有效提高油脂得率,但有溶剂残留风险。超临界CO₂萃取法所得油脂品质好、无残留,但作为食用油脂生产工艺,投入相对较高。近年来,水酶法提取紫苏籽油也取得了较好的效果^[12],但限于工艺、成本等问题,目前尚未见规模化生产报道。高效、绿色、安全的提取技术及其机械自动化、智能化是目前紫苏籽油加工研究的主要方向。

2.1.2 紫苏籽油微胶囊和微乳液

微胶囊技术是指将一些具有敏感性、反应活性或挥发性的液体、固体或气体作为微胶囊的芯材,采用成膜材料将其包封成微小粒子,从而达到保护、缓释等效果。选用交联酯化葛根多孔淀粉作为壁材,通过物理吸附制备紫苏籽油微胶囊,具有能耗低、易操作的优点,包埋率(指包埋的紫苏油质量与多孔淀粉质量之比)达到30%以上,在加速氧化试验中显示出良好的稳定性^[13]。以 β -环糊精为壁材,采用饱和水溶液法对紫苏籽油进行包埋制得包合物,可以有效提高紫苏籽油的稳定性^[14]。选用亚麻籽胶为壁材,在不需额外添加乳化剂的情况下,喷雾干燥法制备的紫苏籽油微胶囊含油率达到55.45%^[15]。以低黏度辛烯基琥珀酸淀粉酯为壁材,采用喷雾干燥法和冷冻干燥法制备紫苏籽油微胶囊,微胶囊化效率均达到76%以上^[16]。以辛烯基琥珀酸淀粉钠为乳化剂,添加玉米低聚肽,制成的紫苏籽油微胶囊粒径分布均匀、表面较光滑、载油量高,玉米低聚肽与茶多酚棕榈酸酯复配,还能提高紫苏籽油微胶囊的抗氧化性^[17]。综上,紫苏籽油微胶囊加工中壁材选择、配方优化和加工工艺等多个方面的技术亟待提升。

微乳液是油、水在表面活性剂和助表面活性剂存在下自发形成的粒径在10~100 nm范围内透明或半透明的均一、稳定体系,不仅可以将油溶性营养成分溶解于水溶性的食品中,还能保护功能营养因子不被损坏,具有制备工艺简单、体系稳定的特点^[18]。杜艳等^[19]将紫苏籽油添加乳化剂后制成微乳液,达到了增强紫苏籽油的水溶性和稳定性,延长其保质期,提高其在人体中的利用率的作用。郑永

军等^[20]以吐温-80作为表面活性剂,水杨酸作为助表面活性剂,制备紫苏籽油的微乳液体系,有效促进了紫苏籽油微乳液功能性食品制剂的开发和应用。目前市场上紫苏籽油微乳液产品相对较少,需要在提升质量的同时,加大产品推广宣传力度。

2.1.3 α -亚麻酸

α -亚麻酸(α -Linolenic acid, ALA)属 ω -3系列不饱和脂肪酸,在体内可转变为具有显著生理活性的EPA(二十碳五烯酸)和DHA(二十二碳六烯酸),具有降血脂、降胆固醇、抗血栓形成等作用。欧美和日本等已经立法,将 α -亚麻酸作为药物或食品添加剂,用来预防心血管疾病、癌症、老年痴呆症、视力低下等病症。

α -亚麻酸分离纯化方法主要有尿素包合法、低温冷冻结晶法、分子蒸馏法、银离子络合法、柱层析法、 β -环糊精包合法以及超临界流体萃取法等。紫苏籽油中 α -亚麻酸含量丰富,以紫苏籽油为原料,通过不同分离纯化方法富集其中的 α -亚麻酸已有较多研究,如:刘旭等^[21]通过尿素包合法富集紫苏籽油中 α -亚麻酸, α -亚麻酸含量可达77.23%;邓小莉等^[22]采用低温冷冻结晶法和尿素包合法相结合的方法可将紫苏籽油中 α -亚麻酸含量从304 mg/mL提高到644 mg/mL;王远等^[23]采用银离子络合法对紫苏籽油中的 α -亚麻酸进行纯化, α -亚麻酸含量达到95%以上。紫苏籽油中 α -亚麻酸含量比亚麻籽油一般高10%左右,在制备高纯度 α -亚麻酸方面具有一定优势,但目前紫苏籽油原料成本相对较高。从成本、能耗、环保等方面综合考虑,两种或两种以上方法结合将是紫苏籽油中 α -亚麻酸分离纯化的发展方向。

2.2 紫苏籽饼粕深加工产品

2.2.1 紫苏籽蛋白

紫苏籽经提取油脂后,所得饼粕中蛋白质含量在28%~45%,可用于制备紫苏籽蛋白。紫苏籽蛋白是一种良好的植物蛋白资源,富含功能性氨基酸,具有很高的开发利用价值。研究发现,紫苏籽蛋白可显著提高免疫低下小鼠T/B淋巴细胞的增殖、半数溶血值(HC50)、NK细胞杀伤力、巨噬细胞吞噬能力,增加小鼠血清细胞因子IL-2含量,发挥较强的免疫调节作用^[24]。

以脱脂紫苏籽饼粕为原料得到的紫苏籽浓缩蛋白,具有很好的溶解性和乳化性^[25];采用碱提酸沉法提取紫苏籽分离蛋白,得率一般在25%左右,纯度可达到85%以上^[26]。紫苏籽分离蛋白具有优良的加工特性,与大豆分离蛋白相比,其相对分子质量

小,溶解性好,持油性、乳化性高,持水性、起泡性低,可作为食品加工工业的优质蛋白原料^[27]。研究发现,从紫苏籽脱脂粉中可提取得到分离蛋白、清蛋白和球蛋白,3种蛋白质中都含有8种必需氨基酸,且谷氨酸、精氨酸含量均较高^[28]。近年来,除大豆蛋白粉外,豌豆蛋白粉、火麻蛋白粉、葵花籽蛋白粉等小品种蛋白粉市场发展迅速,紫苏籽蛋白营养丰富、加工特性好,且无异味、不含过敏性因子,是不可多得的优质蛋白资源,在新型功能食品领域开发应用潜力巨大。

2.2.2 紫苏多肽

紫苏籽蛋白经蛋白酶酶解后得到的紫苏多肽对DPPH自由基的清除率可达73.64%,具有很强的抗氧化性^[29]。贺东亮^[30]采用生物酶酶解紫苏籽蛋白,分离纯化得到一种含有7个氨基酸的抗氧化性多肽,相对分子质量为716.77 Da,纯度为98.6%;体外细胞活性研究表明,该紫苏多肽对人肝癌细胞HepG2具有较强的抑制作用,可使HepG2细胞核凝聚、断裂、边缘化,呈现典型的凋亡状态;H22肝癌小鼠模型评价体内抗肿瘤、抗氧化作用表明,该紫苏多肽在受试小鼠体内不仅对免疫系统没有伤害,反而能够修复癌细胞导致的免疫器官的损伤,进而抑制体内肿瘤细胞的增殖。由此可见,紫苏多肽产品在功能保健食品开发应用方面潜力巨大。

2.2.3 紫苏籽多糖

目前,有关紫苏籽多糖提取、纯化、理化活性和生物活性研究的报道较少。紫苏籽多糖具有抗氧化、保肝降酶等生物活性^[31],应用前景十分广阔。紫苏籽多糖提取方法有热水浸提法、超声辅助提取法、微波辅助提取法、超声辅助碱浸提法等,现有方法紫苏籽多糖得率在1.99%~14.00%之间^[32]。Zhu等^[33]采用碱从紫苏籽粕中提取多糖,并采用D101大孔树脂吸附脱色法纯化紫苏籽多糖,可使蛋白质、色素去除率分别达到77.14%、78.7%,多糖保留率高达79.56%^[33]。Zhang等^[34]通过超声辅助提取法提取紫苏籽多糖,经DEAE-52和Sephadex G-200纯化后多糖纯度可达(88.82 \pm 0.51)% ,其单糖组成为鼠李糖(3.196%)、阿拉伯糖(43.901%)、木糖(21.956%)、甘露糖(4.244%)、葡萄糖(4.706%)、半乳糖(21.997%)。然而,在紫苏籽分离蛋白加工中紫苏籽水溶性多糖往往作为废水被排放。将紫苏籽多糖开发为提高免疫产品,不仅可以变废为宝,而且还能减少废水中有机物含量,降低环保压力。

2.2.4 紫苏籽微量成分

从紫苏籽饼粕中还可以提取具有抗菌消炎、抗

肿瘤、抗氧化功效的黄酮^[35]、迷迭香酸^[36]等生物学活性成分,可以广泛应用于医药、食品、化妆品等领域。

2.2.5 其他深加工产品

除紫苏籽蛋白、紫苏多肽、紫苏籽多糖、黄酮、迷迭香酸等多种活性成分外,近年来针对紫苏籽饼粕还开发出紫苏酱、紫苏粉、发酵乳等新产品。如张昕等^[37]以紫苏籽粕和豆粕为原料共同发酵生产的紫苏酱,既充分利用了紫苏籽粕中的蛋白质、多糖和油脂,实现了紫苏籽粕的全营养利用,且有传统豆酱的营养与风味,集调味、增香和保健为一体。田海娟等^[38]以紫苏籽粕为原料制备发酵紫苏粉,将发酵紫苏粉添加到面包粉中可生产紫苏粉面包,其储藏期的保水性、老化度、淀粉老化焓值以及脂肪氧化程度指标均优于未加紫苏粉的空白组;另外,将紫苏籽粕发酵用于生产具有紫苏特有香味的风味发酵乳^[39]。李占君等^[40]将紫苏籽粕直接添加到桃酥原料中还可生产出紫苏籽粕桃酥。

2.3 紫苏籽壳多酚提取物

紫苏籽壳占籽粒总质量的25%~30%,是紫苏籽加工主要副产物之一。谭永兰^[41]研究表明,紫苏籽壳多酚提取物中主要含有木犀草素、芹菜素、黄芩素和迷迭香酸4种多酚物质,具有抗氧化活性,对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌有抑制作用。将紫苏籽壳多酚提取物加工为饲料添加剂,可充分发挥其活性成分的作用,实现变废为宝和增值利用。

3 展 望

作为药食同源植物,紫苏浑身是宝。随着国家大健康产业的迅速发展,紫苏产业迎来了前所未有的发展机遇。紫苏籽综合精深加工是紫苏产业转型升级发展的最主要方向,企业应通过加工技术创新引领、提升企业科技含量,源源不断开发和生产高附加值产品,只有通过综合精深加工才能降低生产成本,创造更大的经济效益。同时,紫苏籽加工企业持续高质量发展,是紫苏产业发展的不竭动力,有利于促进种植结构调整,带动农民种植,实现农民稳定增收和脱贫致富,为乡村振兴做出更大的贡献。

参考文献:

[1] 李会珍. 紫苏营养与活性成分研究[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015: 5-8.
[2] HA T J, LEE J H, LEE M H, et al. Isolation and identification of phenolic compounds from the seeds of *Perilla frutescens* (L.) and their inhibitory activities against α -glucosidase and aldose reductase [J]. Food Chem,

2012, 135(3): 1397-1403.
[3] IGARASHI M, MIYAZAKI Y, VILEGAS W. A review on bioactivities of perilla; progress in research on the functions of perilla as medicine and food [J/OL]. Evid - based Compl Alt, 2013(4): 925342 [2020-02-24]. <https://dx.doi.org/10.1155/2013/925342>.
[4] 沈奇, 王仙萍, 杨森. 紫苏籽主要营养成分含量分析[J]. 西南农业学报, 2019, 32(8): 1904-1909.
[5] 张以忠, 邓琳琼, 冯图, 等. 紫苏籽粒粗脂肪、蛋白质及可溶性糖含量的测定及评价[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(16): 170-177.
[6] 许万乐, 李会珍, 张志军, 等. 紫苏籽油理化性质测定及脂肪酸组分分析[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(12): 106-109.
[7] 许春芳, 董喆, 郑明明, 等. 不同产地的紫苏籽油活性成分检测与主成分分析[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(2): 275-282.
[8] 吴烧, 马飞, 张良晓, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定紫苏籽油中11种酚类化合物[J]. 分析化学, 2015, 43(10): 1600-1606.
[9] 郭艳, 敬明武, 徐薇, 等. 紫苏油软胶囊辅助降血脂功能研究[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(5): 46-48.
[10] 郑双, 谭伟江, 李想, 等. 紫苏籽提取物在ApoE^{-/-}小鼠中的抗动脉粥样硬化和心脏保护作用[J]. 中国实验动物学报, 2019, 27(6): 683-691.
[11] 王丽梅, 叶诚, 吴晨, 等. 紫苏油对衰老模型大鼠的抗衰老作用研究[J]. 食品科技, 2013(1): 280-284.
[12] 夏瑶瑶, 张志军, 贺东亮, 等. 紫苏籽油水酶法提取中的酶配比研究[J]. 中国油脂, 2017, 42(1): 19-21.
[13] 江慧娟, 吕小兰, 黄赣辉. 多孔淀粉粉末紫苏籽油的制备及其抗氧化性[J]. 食品科学, 2013, 34(12): 95-98.
[14] 邵超群, 陈均志, 刘希夷. 环糊精包合紫苏油的研究[J]. 粮油加工, 2007(7): 57-59.
[15] 徐江波, 肖江, 陈元涛, 等. 喷雾干燥法制备紫苏籽油微胶囊的研究[J]. 中国调味品, 2013, 38(12): 9-13.
[16] 陈琳, 李荣, 姜子涛, 等. 微胶囊化方法对紫苏油包埋性能的比较研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(20): 176-234.
[17] 刘义凤, 侯占群, 田巧基, 等. 添加玉米低聚肽的紫苏籽油乳状液及其微胶囊的制备[J]. 食品科学, 2021, 42(2): 36-44.
[18] CHEN B, HOU M, ZHANG B, et al. Enhancement of the solubility and antioxidant capacity of α -linolenic acid using an oil in water microemulsion [J]. Food Funct, 2017(8): 2792-2802.
[19] 杜艳, 殷丽君, 韩清华, 等. 紫苏油乳液的制备及其稳定性研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(4): 87-92.

- [20] 郑永军, 王振, 郑勇, 等. 紫苏油微乳的制备与表征[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019, 40(4):41-45, 70.
- [21] 刘旭, 张秀玲, 赵天彤, 等. 尿素包合法提纯紫苏籽油中的 α -亚麻酸工艺的优化[J]. 食品工业, 2016, 37(3):152-156.
- [22] 邓小莉, 李翠霞, 李畅, 等. 紫苏籽油中亚麻酸的纯化工艺研究[J]. 河南科技学院学报, 2013, 41(6):1-5.
- [23] 王远, 闫树军, 饶在生, 等. 响应面法优化紫苏子中 α -亚麻酸的纯化工艺[J]. 食品工业科技, 2012, 33(15):229-232.
- [24] 朱艳, 姜盛, 李明亮. 紫苏籽蛋白对免疫力低下小鼠免疫调节功能的研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(21):322-326, 332.
- [25] 吴锦波, 吴振, 朱国君, 等. 紫苏饼粕浓缩蛋白溶解性与乳化特性的研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(2):55-58.
- [26] 石玮婷, 李荣, 姜子涛. 紫苏籽蛋白的提取及纯化研究[J]. 中国食品添加剂, 2013(4):68-74.
- [27] HE D L, ZHANG Z J, LI H Z, et al. Optimizing functional properties of perilla protein isolate using the response surface methodology [J]. Food Sci Technol, 2018, 38(2):348-355.
- [28] 刘宁, 赵佳, 武选民, 等. 紫苏籽中不同蛋白组分的功能性质研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(6):45-49.
- [29] 胡磊, 陈艺宾, 王惠敏, 等. 紫苏籽抗氧化肽的制备工艺研究[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2017, 45(5):742-747.
- [30] 贺东亮. 紫苏多肽分离纯化及其抗肿瘤活性研究[D]. 太原: 中北大学, 2019.
- [31] 李冲伟, 宋永, 孙庆申. 微波辅助提取紫苏多糖及保肝降酶活性的研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(9):285-290.
- [32] 沙爽, 张欣蕊, 唐佳文, 等. 紫苏籽深加工研究进展[J]. 食品工业, 2020, 41(4):234-239.
- [33] ZHU J F, HU L. Decoloration and deproteinization technology of the alkali-extractable polysaccharide from perilla seed meal by adsorption resin [J]. Adv J Food Sci Technol, 2016, 11(1):54-59.
- [34] ZHANG H J, LI H Z, ZHANG Z J, et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from perilla seed meal by response surface methodology: characterization and in vitro antioxidant activities [J]. J Food Sci, 2021, 86(2):306-318.
- [35] 宋继伟, 刘蓓, 尤丽新. 紫苏籽饼粕黄酮类物质的提取[J]. 现代食品, 2015(21):71-73.
- [36] 梅喜刚, 张琦, 李曼娜, 等. 紫苏粕中迷迭香酸的提取与富集工艺研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(6):250-255.
- [37] 张昕, 王彩蓉, 吕源嘉, 等. 紫苏粕和豆粕共发酵生产紫苏酱的发酵条件研究[J]. 中国调味品, 2019, 44(5):86-90.
- [38] 田海娟, 胡征宇, 孙宇, 等. 发酵紫苏粉对面包储藏品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23):261-265, 271.
- [39] 田海娟, 罗佳, 孙宇, 等. 紫苏发酵乳体外抗氧化活性的研究[J]. 中国乳品工业, 2019, 47(6):14-17, 64.
- [40] 李占君, 刘运伟, 郭兴, 等. 紫苏籽粕桃酥制备工艺的优化[J]. 森林工程, 2021, 37(1):45-52.
- [41] 谭永兰. 紫苏籽壳多酚的提取及应用研究[D]. 太原: 中北大学, 2019.

· 公益广告 ·



油脂加工精准适度

《中国油脂》宣