

核桃加工副产物综合利用途径

冯 贞,方晓璞

(西安中粮工程研究设计院有限公司,西安 710082)

摘要:随着核桃产业的快速发展,核桃加工副产物的回收利用成为可能。综述了核桃加工副产物的综合利用途径,包括以核桃饼粕为原料制备蛋白粉、核桃乳、浓缩蛋白、分离蛋白、蛋白肽、酱油;以核桃壳为原料制备活性炭,提取棕色素;以核桃青皮为原料制备染色剂、植物农药;以核桃隔膜为原料开发袋泡饮料等。为核桃产业的发展提供参考。

关键词:核桃;副产物;综合利用

中图分类号:TS209;TS229

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2018)09-0071-05

Comprehensive utilization ways of by-products from walnut processing

FENG Zhen, FANG Xiaopu

(Xi'an COFCO Engineering Research & Design Institute Co., Ltd., Xi'an 710082, China)

Abstract: With the rapid development of walnut industry, the recycling of by-products from walnut processing becomes possible. The comprehensive utilization ways of by-products from walnut processing were summarized, including preparation of protein powder, walnut milk, protein concentrate, protein isolate, protein peptide and soy sauce from walnut cake and meal, preparation of activated carbon and extraction of brown pigment from walnut shell, preparation of stain and plant pesticide from walnut green husk, and preparation of tea bags from walnut diaphragm, etc. It could provide references for the development of walnut industry.

Key words: walnut; by-product; comprehensive utilization

核桃(*Juglans regia* L.)为核桃科核桃属植物,分布于中亚、西亚、南亚和欧洲,在我国主要分布于华北、西北、西南、华中、华南、华东,我国核桃产量、种植面积均居世界第一^[1-2]。核桃营养丰富,含有丰富的蛋白质、脂肪、矿物质和维生素^[3]。核桃油为核桃加工的主要产品,具有改善消化系统功能、保护骨骼、预防心脑血管疾病、防癌、防辐射等作用,核桃加工的副产物核桃蛋白具有维持体内酸碱平衡、组织修复等多种功能^[4]。随着核桃产业的快速发展,核桃已从过去的主要作为干果销售,逐渐变为集中加工制油,核桃加工副产物的回收利用成为可能。本文主要综述了核桃加工副产物——核桃饼粕、核桃壳、核桃青皮、核桃隔膜等的综合利用途径,以期

为核桃加工副产物的综合利用提供参考。

1 核桃饼粕

核桃制油方法有压榨法和压榨-浸出法,压榨法包括低温压榨法和热榨法,目前我国核桃制油多采用低温压榨法^[5]。作为核桃油加工的副产物,核桃饼粕中蛋白质含量可达40%左右^[6],另外核桃饼粕中还含有丰富的维生素等营养物质,可进一步加工利用。核桃蛋白中8种必需氨基酸比例合理,谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸含量均较高,其中谷氨酸是影响人体特别是青少年智力及记忆发育的重要功能物质^[7]。冷榨核桃蛋白具有更好的溶解性、乳化性、吸水性,而热榨核桃蛋白具有更高的吸油性和乳化稳定性,二者均具有较好的体外消化特性^[8]。目前,我国核桃榨油后的饼粕大部分用作饲料,仅有少量用于生产核桃蛋白粉等初级产品,造成资源的浪费。

1.1 制备核桃蛋白粉

最常见的核桃饼粕的利用方式为采用喷雾干燥

收稿日期:2018-06-12

作者简介:冯贞(1981),女,工程师,主要从事油脂及植物蛋白研究与科技期刊的编辑工作(E-mail)25590357@qq.com。

技术生产速溶核桃蛋白粉,或采用超微粉碎技术生产普通核桃蛋白粉。核桃饼粕经脱皮、磨浆、均质、杀菌后采用喷雾干燥法生产的核桃蛋白粉产品颗粒蓬松多孔,流动性、溶解性好,不易分层,且可有效延长产品的保质期。相比喷雾干燥技术,超微粉碎法生产普通核桃蛋白粉的工艺大大简化,设备少,节省了投资。郝剑等^[9]以冷榨核桃饼为原料,在乳化剂蔗糖脂脂肪酸酯添加量 2%、稳定剂 β -环糊精添加量 0.9%、乳化温度 60℃的条件下制备的核桃液乳化稳定性好。采用微胶囊包埋技术,以明胶、麦芽糊精、 β -环糊精为壁材,配方为 1:4:4,芯壁比 10:1,核桃粉包埋率可达 85.63%。得到的微胶囊速溶核桃粉保质期可达 12 个月。普通核桃蛋白粉一般以热榨核桃饼为原料,采用超微粉碎工艺制备,可添加到肉制品中作为天然植物蛋白成分,能够有效减少消费者的脂肪摄入,并显著提高肉制品的吸水性和吸油性^[8,10]。

1.2 制备核桃乳

以核桃饼粕为原料,可以通过酶解或发酵的方法制备核桃乳,提升核桃饼粕的利用价值。王文杰等^[11]以家用榨油机提取部分油脂的核桃粉为原料制备核桃蛋白酶解饮料,采用木瓜蛋白酶进行酶解,得到最佳配方为:甜蜜素 0.075%、蔗糖 0.037%、山梨糖醇 0.055%、磷酸 0.1%,核桃蛋白酶解饮料的口感较好、风味浓郁、酸甜适中、容易吸收。刘瑞芳等^[12]以核桃粕为原料,以嗜热链球菌和植物乳杆菌作为最适发酵菌种制备核桃蛋白发酵乳,确定最佳发酵条件为:装料量 90%、接种量 1%、接种比例 1:1、蔗糖添加量 8%、发酵初始 pH 6.8、发酵温度 38℃、发酵时间 10.5 h。徐素云等^[13]以核桃粕、苦荞粉为主要原料,通过感官评定和正交实验得到苦荞低脂低糖核桃乳的最佳配方为核桃粕汁 28%、熟苦荞粉 1.5%、蔗糖 3%、赤藓糖醇 2.8%,稳定剂 CMC-Na 0.05%、黄原胶 0.12%、海藻酸钠 0.08%。该工艺获得的核桃乳色泽佳,风味浓郁,低脂低糖,营养丰富。张洪礼等^[14]对核桃粕发酵乳的菌株进行筛选,从 9 株乳酸菌中筛选出嗜酸乳杆菌(*Lactobacillus acidophilus*)和植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)两株优良菌种,最终得到的发酵乳氨基酸态氮含量 57.0 mg/L,活菌总数 7.35×10^7 CFU/mL,经发酵后的营养价值明显优于传统发酵剂发酵的核桃粕乳。

1.3 制备核桃浓缩蛋白及分离蛋白

Mao 等^[15]以核桃脱脂粉为原料,采用乙醇浸洗结合等电沉淀法制备核桃浓缩蛋白,将核桃脱脂粉

用乙醇浸提后,分散于去离子水中调节 pH 4.5,搅拌 2 h,4℃下离心 30 min,所得沉淀用去离子水清洗后在 pH 7.0 条件下冻干得到核桃浓缩蛋白。杜蕾蕾等^[16]以核桃脱脂粉为原料,在碱提 pH 9.0、碱提温度 45℃、碱提时间 30 min、料液比 1:12、酸沉 pH 4.8、酸沉温度 45℃、酸沉时间 30 min 条件下制备核桃分离蛋白,蛋白提取率为 72.5%。在蛋白提取液中采用淀粉酶和水洗除去杂质,最终制得的核桃蛋白纯度达到 91.2%。

1.4 制备核桃蛋白肽

核桃饼粕是一种良好的活性肽生产原料,利用核桃饼粕为原料制备核桃多肽可大大提高核桃饼粕的综合利用价值。武万兴等^[17]以核桃粕为原料,采用黑曲霉固态发酵制备活性肽,在接种量 5.5%、发酵温度 33.50℃、培养基含水量 1.00 mL/g、发酵时间 84 h 的条件下,核桃活性肽得率可达 35.68%。该活性肽清除 DPPH 自由基、羟基自由基和超氧阴离子自由基的 IC_{50} 分别为 0.15、1.75、2.4 mg/mL,具有较强的体外抗氧化活性。程晓明等^[18]将核桃压榨饼通过粉碎、磨浆、均质、蛋白酶酶解得到核桃多肽。姜荣庆^[4]以酶法提取核桃油后,以核桃饼粕为原料,采用碱溶酸沉法提取蛋白,经水解制备核桃蛋白肽,通过喷雾干燥制成核桃蛋白肽微胶囊,进一步提升了副产物的利用价值。

1.5 制备核桃酱油

以核桃粕为蛋白原料生产核桃酱油,是核桃饼粕综合利用的一个新方式,既为生产高档营养酱油提供了方向,又提高了核桃饼粕的附加值。北京林业大学以核桃粕为主要原料,采用特殊发酵生产工艺,并添加核桃多肽浓缩液,生产出一种功能型保健酱油^[19]。蔺立杰等^[6]以核桃粕为蛋白原料,中性蛋白酶活力为指标,对酱油制曲工艺进行了优化。在核桃粕含量 55%、润水量 113%、蒸料时间 32 min、制曲时间 32.9 h 条件下,中性蛋白酶活力(干基)为 1 002.87 U/g。

2 核桃壳

2.1 制备活性炭

核桃壳是核桃副产物之一,一般都被丢弃或焚烧,对环境造成了一定的污染。核桃壳含固定碳 21.03%、挥发分 78.52%、灰分 0.72%,水分 14.70%^[20]。核桃壳固定碳和挥发分含量较高,而灰分含量较低,适宜作为活性炭的原料。以核桃壳为原料制备得到的活性炭具有比表面积高、活化得率高、微孔率高的优点。Zabihi 等^[21]以 $ZnCl_2$ 为活

化剂,采用化学活化法制备了核桃壳炭吸附剂,并考察了其吸附性能。余筱洁等^[22]以核桃壳为原料,采用磷酸法制备活性炭,活性炭得率为53.21%,碘吸附值为804.36 mg/g,亚甲基蓝脱色力为102 mL/g。赵阳等^[23]以核桃壳为原料、KOH为活化剂确定了核桃壳基活性炭制备的最佳工艺条件为碱炭比3:1、活化时间60 min、活化温度800℃。另外,还有研究采用氧化锌活化法^[24]、微波-催化法^[25]制备核桃壳活性炭的报道。采用核桃壳制备的活性炭可在水污染和大气污染治理方面应用,具有很高的环境效益和经济效益。

2.2 提取棕色素

核桃壳中含有的棕色素是一种天然植物色素,可应用于食品领域。目前,关于核桃壳棕色素的提取主要采用溶剂提取法。李敬芬等^[26]采用50%的乙醇为提取溶剂、超声波提取核桃壳天然棕色素,在超声时间40 min、超声温度60℃、超声功率95 W、固液比1:10时,棕色素的提取率最高。李维莉等^[27]在溶剂提取的基础上采用树脂纯化核桃壳棕色素。结果表明,AB-8树脂对核桃壳棕色素有较高的吸附量并且具有较好的重复使用性能,用50%乙醇为洗脱剂得到棕色素质量好、色价高、水溶性好,在酸性条件下具有较好的稳定性,有一定的耐光性,在适当温度下对热稳定性较好,对低浓度的常用食品添加剂较稳定。

2.3 其他

核桃壳经过处理后可用作金属的清洗和抛光材料。核桃壳超细粉无毒,而且没有杂质,具有一定的弹性、恢复力、承受力,适合在气流冲洗操作中作为研磨剂,可用在塑料、铝板等材料中,使表面光滑没有疤痕^[28]。核桃壳含有较多的黄酮类化合物,黄酮具有抗炎、抗病毒、抗氧化、抗肿瘤等多种生物活性,研究表明以核桃壳为原料,可以提取核桃壳总黄酮。宋倩等^[1]利用响应面法对核桃壳总黄酮的提取工艺进行优化,得到核桃壳总黄酮的最佳提取工艺条件为乙醇体积分数59%、提取温度78℃、液固比33:1,在此条件下核桃壳总黄酮含量为3.61 mg/g。另外,核桃壳在提取多糖、栽培食用菌方面也有一定的利用价值^[29]。

3 核桃青皮

核桃青皮又称青龙衣,为核桃外部的绿色果皮,是核桃加工中产生的大量副产物。目前,核桃青皮通常被直接丢弃,造成资源的浪费和环境的污染。核桃青皮中含有丰富的单宁、多酚类成分,具有很高的利用价值。

3.1 制备染色剂

核桃青皮可被用来提取植物源核桃青皮色素。以核桃青皮为原料,用碱液提取天然食用色素,该色素在不同pH下呈现不同颜色,性质基本稳定,可在不同酸度食品 and 不同颜色需要的情况下使用。以核桃青皮为原料提取天然食用色素原料来源丰富、生产工艺简单、产率高、成本低,产品色素附着力强且安全无毒,在食品工业中有很好的开发应用价值。在远古就有用核桃青皮染布料的记载。将核桃青皮加以利用,作为着色剂,并加入硅油、羊毛脂、维生素B₅等成分,用于染头发既不破坏头发,而且其天然营养成分又能够在染发的同时在头发上形成一层保护膜^[30]。成尔军等^[31]采用索氏提取器对核桃青皮进行了黑色素提取,并将其应用于羊毛织物的后媒法染色,上染率达到30.5%。

3.2 制备植物农药

核桃青皮所含次生物种类多样,包括酚类、黄酮类,香豆素、萜类、甾类和有机酸等,具有杀虫、抑菌等作用,具有较好的农药活性,可以开发为植物农药杀虫剂、抑菌剂等^[28,32]。将核桃青皮压成浆液,每千克浆液加10~20 kg水,喷撒可防治蚜虫、红蜘蛛;核桃青皮用10倍水浸泡,浸液对马铃薯晚疫病孢子发芽抑制率可达96.7%,对甘薯黑斑病菌的孢子发芽抑制率为98.7%^[30]。

3.3 其他

核桃青皮中的单宁属水解类单宁,含量丰富,研究表明普通核桃青皮和美国黑核桃青皮中单宁含量分别为19.24%和29.08%^[33]。新鲜核桃青皮单宁含量最高,不同干燥方式对单宁含量影响较大,随温度升高单宁含量降低,因此干燥处理时应尽量选择阴干。而单宁可用于规模化生产栲胶用于燃料、制革、纺织等工业^[28]。核桃青皮在中医药方中被称作“青龙衣”,可治疗胃神经病、皮肤病等^[28]。核桃青皮的乙醇提取物对病原真菌具有一定的抑制作用。核桃青皮中含有的胡桃醌及其衍生物具有明显的抑菌和抗癌作用^[34],可用于医药行业。

4 核桃隔膜

核桃隔膜又称分心木,是核桃果核的干燥木质隔膜,呈薄片状,多弯曲,破碎而不整齐,表面淡棕色至棕褐色或棕黑色,略有光泽,质脆、易折断。作为一种传统中药材,核桃隔膜具有抗氧化、抗菌、补肾等作用,具有较高的药用及研究开发价值,已开发中药饮片、袋泡饮料等饮品^[28]。刘姗姗等^[35]以分心木为主要原料,桑叶和沙棘叶为辅料,通过感官评分与总黄酮含量的综合考评得到分心木袋泡饮料的最

佳配比为分心木、桑叶、沙棘叶质量比 3:1:1。采用单因素实验和响应面实验优化分心木袋泡饮料的冲泡工艺,在原料粉碎度 80 目、冲泡水温 83 ℃、冲泡时间 20 min、冲泡 2 次条件下,总黄酮含量为 58.65 mg/g,冲泡工艺最佳。另外,核桃隔膜含有黄酮、微量元素、酚类、糖类、生物碱等多种化学成分^[36],目前也有关于核桃隔膜中黄酮、多糖、色素等成分的提取研究。

5 结束语

随着核桃产业的快速发展,核桃加工副产物的回收利用成为可能。核桃饼粕、核桃壳、核桃青皮、核桃隔膜的综合利用逐渐成为人们研究的热点,通过核桃加工副产物的综合利用可以大大提高经济效益,也符合我国可持续发展的要求,扩大副产物的应用领域和生产能力是今后核桃产业的发展方向。目前,关于核桃饼粕的研究和应用较多,已有工业化生产,对其他副产物的研究多处于实验室阶段,有待进一步开发利用。

参考文献:

- [1] 宋倩,赵声兰,刘彬球,等. 响应面法优化核桃壳总黄酮提取工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2013,34(11): 214-217.
- [2] 蒲成伟,阚欢,刘云. 不同贮藏条件下核桃及其油脂品质的变化分析[J]. 中国油脂, 2018,43(2):46-50.
- [3] KWC S T, SATHE S K. Walnuts (*Juglans regia* L.): proximate composition, protein solubility, protein amino acid composition and protein in vitro digestibility[J]. J Sci Food Agric, 2000, 80(9):1393-1401.
- [4] 姜荣庆. 复合酶提取山核桃油及副产物综合利用的研究[D]. 长春:吉林农业大学, 2011.
- [5] 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.
- [6] 蔺立杰,赵媛,王建中,等. 核桃酱油制曲条件的优化[J]. 食品与发酵工业, 2012,38(5):96-100.
- [7] 沈敏江,刘红芝,刘丽,等. 核桃蛋白质的组成、制备及功能特性研究进展[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(1): 123-128.
- [8] 郭兴峰,陈计峦,林燕,等. 热榨和冷榨核桃饼粕中蛋白质提取及其性质研究[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18):287-292.
- [9] 郝剑,张卫民,杨红军,等. 核桃粕制备微胶囊速溶核桃粉工艺研究[J]. 陕西林业科技, 2015(1):83-89.
- [10] COFRADES S, SERRANO A, AYO J. Characteristics of meat batters with added native and preheated defatted walnut [J]. Food Chem, 2008, 107(4):1506-1514.
- [11] 王文杰,李芳,王琳,等. 核桃蛋白酶解饮料风味研究[J]. 食品科技, 2016(3):125-128.
- [12] 刘瑞芳,赵良启. 核桃蛋白发酵乳的发酵条件研究[J]. 山西农业科学, 2015(3):324-328.
- [13] 徐素云,罗昱,姚敏,等. 苦荞低脂低糖核桃乳饮料的工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2014,40(7):246-250.
- [14] 张洪礼,徐素云,彭邦远,等. 核桃粕发酵乳菌种筛选及发酵条件优化研究[J]. 中国酿造, 2016,35(9): 180-184.
- [15] MAO X Y, HUA Y F. Composition, structure and functional properties of protein concentrates and isolates produced from walnut (*Juglans regia* L.) [J]. Int J Mol Sci, 2012,13:1561-1584.
- [16] 杜蕾蕾,郭涛,万辉,等. 冷榨核桃饼中核桃蛋白的提取与纯化的研究[J]. 粮油加工, 2008(10):79-81.
- [17] 武万兴,陈朝银,赵声兰,等. 固态发酵核桃粕制备活性肽及其抗氧化活性的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16):266-271.
- [18] 程晓明,陈研韬. 核桃多肽饮料的技术研究[J]. 现代食品, 2016, 5(9):74-75.
- [19] 王丰俊,王希群,李保国,等. 核桃酱油的开发及市场潜力分析[J]. 中国调味品, 2011,36(5):116-120.
- [20] 张利波,彭金辉,范兴祥,等. 核桃壳综合利用技术的现状[J]. 生物质化学工程, 2003, 37(2):21-25.
- [21] ZABIHI M, ASI A H, AHMADPOUR A. Studies on adsorption of mercury from aqueous solution on activated carbons prepared from walnut shell [J]. J Hazard Mater, 2010,174(1/3):251-256.
- [22] 余筱洁,周存山,王允祥,等. 山核桃壳活性炭制备及其吸附苯胺特性[J]. 过程工程学报, 2010, 10(1): 65-69.
- [23] 赵阳,高建民,郝新敏,等. 基于 KOH 活化法的核桃壳基活性炭制备及其表征[J]. 安全与环境学报, 2016,16(2):262-266.
- [24] 欧阳娜娜,杨焰. 核桃壳制活性炭的工艺研究[J]. 湖南林业科技, 2006,33(1):26-27.
- [25] 丁之恩,周学辉,石苏华,等. 微波-催化剂法制取山核桃壳活性炭的研究[J]. 经济林研究, 2003, 21(4): 47-50.
- [26] 李敬芬,严贝贝. 浙江安吉核桃壳天然棕色色素提取及其稳定性研究[J]. 湖州师范学院学报, 2016,38(8): 70-74.
- [27] 李维莉,马银海,刘增康,等. 核桃壳棕色色素的提取及性质研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 339-341.
- [28] 崔宽波,李忠新,杨莉玲,等. 核桃加工产业现状分析[J]. 粮油加工, 2014(8):56-61.
- [29] 汤慧民,李茂兴. 微波辅助提取核桃壳多糖及其抗氧化活性[J]. 中国油脂, 2018,43(5):123-126.
- [30] 赵岩,吕淑萍,吕朝霞,等. 核桃青皮的化学成分与综合利用[J]. 农产品加工, 2008(11):66-68.

12-十八碳烯酸产量少而且难以分离纯化,所以将 *odh*、*odc* 基因同时导入耶氏解脂酵母中,通过添加本实验室分离纯化的 10-HOE,判断是否有 10-氧代-反 11-十八碳烯酸生成,以此证明两个基因是否成功表达。GC-MS 结果显示,反应体系(图 6D)中检测到保留时间为 23.6 min、且与理论碎片断裂方式对应的反应产物——10-氧代-反 11-十八碳烯酸,而对照组(图 6C)没有检测出该产物。说明 *odh*、*odc* 基因对应的酶分别将 10-HOE 催化生成 10-氧代-顺 12-十八碳烯酸,从而进一步生成 10-氧代-反 11-十八碳烯酸。综上所述,经过优化后的 *omcra*、*odh*、*odc* 基因在耶氏解脂酵母中成功实现了异源表达。

3 结论

本实验成功地将植物乳杆菌 ZS2058 中与 CLA 生物合成相关基因在耶氏解脂酵母中进行了表达。在添加游离亚油酸作为底物时,含有密码子优化基因 *omcra* 的重组菌 Polf 1269-*omcra* 将亚油酸催化为 10-羟基-顺 12-十八碳烯酸;以本实验室分离纯化的 10-羟基-顺 12-十八碳烯酸为底物,含有 *odh*、*odc* 基因的重组菌 Polf 1312-*odh-odc* 将底物催化为 10-氧代-反 11-十八碳烯酸。3 个基因在耶氏解脂酵母中异源表达后均具有活性,这对后期得到能合成 CLA 的耶氏解脂酵母工程菌提供了良好的实验基础和理论支持。

参考文献:

- [1] IP C, BANNI S, ANGIIONI E, et al. Conjugated linoleic acid enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats [J]. *Nutrition*, 1999, 129:2135-2142.
- [2] PARK Y, ALBRIGHT K J, STORKSON J M, et al. Changes in body composition in mice during feeding and withdrawal of conjugated linoleic acid [J]. *Lipids*, 1999, 34(3):234-248.
- [3] YAMASAKI M, MANSHO K, et al. Acute reduction of se-

rum leptin level by dietary conjugated linoleic acid in Sprague-Dawley rats [J]. *J Nutr*, 2000, 11(9):467-471.

- [4] JEAN-MICHEL G, JOHAN H, KJITIL H, et al. Supplementation with conjugated linoleic acid for 24 months is well tolerated by and reduces body fat mass in healthy, overweight humans [J]. *J Nutr*, 2005, 135(4):778-784.
- [5] OGAWA J, KISHINO S, ANDO A, et al. Production of conjugated fatty acids by lactic acid bacterial [J]. *J Biosci Bioeng*, 2005, 100(4):355-364.
- [6] YANG B, CHEN H Q, SONG Y D, et al. Myosin-cross-reactive antigens from four different lactic acid bacteria are fatty acid hydratases [J]. *Biotechnol Lett*, 2013, 35(1):75-81.
- [7] GROENEWALD M, BOEKHOUT T, NEUVEGLISE C, et al. *Yarrowia lipolytica*: safety assessment of an oleaginous yeast with a great industrial potential [J]. *Crit Rev Microbiol*, 2014, 40(3):187-206.
- [8] ZHANG B X, RONG C C, CHEN H Q, et al. *De novo* synthesis of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid in oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* [J]. *Microb Cell Fact*, 2012, 11(1):1475-2859.
- [9] 郝光飞. 高山被孢霉脂肪酸合成过程转录水平调控和还原力来源研究 [D]. 江苏 无锡:江南大学, 2014.
- [10] JEAN M N, CAHERINE M, PETER V D B, et al. Protein expression and secretion in the yeast *Yarrowia lipolytica* [J]. *Fems Yest Res*, 2002, 2:371-379.
- [11] OGAWA J, MATSUMURA K, KISHINO S, et al. Conjugated linoleic acid accumulation via 10-hydroxy-12-octadecaenoic acid during microaerobic transformation of linoleic acid by *Lactobacillus acidophilus* [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2001, 67(3):1246-1252.
- [12] TAKEUCHI M, KISHINO S, PARK S B, et al. Characterization of hydroxy fatty acid dehydrogenase involved in polyunsaturated fatty acid saturation metabolism in *Lactobacillus plantarum* AKU 1009a [J]. *J Mol Catal B Enzym*, 2015, 17:7-12.

(上接第 74 页)

- [31] 成尔军, 周天池. 核桃青皮黑色素媒染羊毛的染色工艺初探 [J]. *山东纺织经济*, 2016(3):35-38.
- [32] 巩芳娥, 张进德, 汪海, 等. 陇南市核桃青皮开发植物农药探讨 [J]. *林业实用技术*, 2015(6):82-85.
- [33] 王全杰, 李超, 王纯, 等. 核桃青皮中单宁的类型及含量测定 [J]. *皮革与化工*, 2011, 28(3):25-27.
- [34] LI X F. Progress of research on the chemical components

and pharmaceutical action of walnut green husk [J]. *Food Sci Technol*, 2007(4):241-242.

- [35] 刘姗姗, 王正红, 禄璐, 等. 响应面法优化分心木袋泡茶饮料冲泡工艺研究 [J]. *食品工业科技*, 2015, 36(21):249-253, 258.
- [36] 王艳梅, 高莉, 刘梦, 等. 核桃隔膜化学成分定性研究 [J]. *食品工业科技*, 2008, 29(12):123-124.