

油脂加工

精炼工艺对椰子油品质的影响

程敏¹,塔巍²,刘睿杰¹,郑立友¹,常明¹,金青哲¹,王兴国¹

(1. 江南大学食品学院,国家功能食品工程技术研究中心,江苏省食品安全与质量控制协同创新中心,江苏无锡214122; 2. 无锡先生食品科技有限公司,江苏无锡214122)

摘要:研究了精炼工艺对椰子油品质的影响。分析了毛椰油、碱炼油、脱色油、脱臭油的理化指标、脂肪酸、甘油酯组成和脂肪伴随物(甾醇、生育酚、多酚)的变化情况。结果表明:精炼工艺使椰子油的酸值、过氧化值显著降低,脂肪酸和甘油酯组成无显著变化;总甾醇、总生育酚和多酚含量显著降低,损失率分别为63.77%、68.03%、71.20%。综上所述,精炼能够显著影响油脂品质,需注重油脂适度加工技术的应用。

关键词:椰子油;油脂精炼;品质;影响

中图分类号:TS224.6;TS225.1 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2018)07-0001-05

Effect of refining process on quality of coconut oil

CHENG Min¹, TA Wei², LIU Ruijie¹, ZHENG Liyou¹,
CHANG Ming¹, JIN Qingzhe¹, WANG Xingguo¹

(1. Synergetic Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, National Engineering Center of Functional Food, School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China; 2. Wuxi XS Foods Co., Ltd., Wuxi 214122, Jiangsu, China)

Abstract: The effect of refining process on the quality of coconut oil was investigated. The changes of the physicochemical indexes, fatty acid composition, glycerides composition and fat accompaniment (sterol, tocopherol and polyphenol) of crude coconut oil, deacidified oil, bleached oil and deodorized oil were analyzed. The results showed that the acid value and peroxide value of coconut oil significantly decreased in the refining process, but there was no significant change in fatty acid composition and glycerides composition. The contents of total sterol, total tocopherol and polyphenol significantly decreased, and the loss rates were 63.77%, 68.03% and 71.20%, respectively. These results showed that refining process could significantly influence oil quality, which indicated the necessity of moderate processing in oil industry.

Key words: coconut oil; oil refining; quality; effect

椰子主要分布在热带或亚热带沿海地区,与油茶、橄榄、棕榈并称为四大木本油料植物^[1]。椰子油是一种白色或淡黄色油脂,其饱和脂肪酸含量达80%以上,尤以月桂酸为主,同时椰子油中含多酚、甾醇等多种油脂伴随物,具有多种生理活性,如调节血浆血脂、抗氧化等^[2],现阶段椰子油被广泛应用

于特医食品行业、食品工业等领域^[3]。据USDA报道^[4],2016—2017年世界范围内椰干的产量为541万t,折合成椰子油的产量为337万t。目前世界椰子产品还是以椰干为主,椰干是制取椰子油的主要原料。椰干经压榨或萃取等工艺可获得椰子毛油,该油一般颜色较深、酸值较高,不能直接食用,需进一步精炼。而随着精炼程度的加剧,油脂的品质会发生很大变化,导致甾醇、生育酚和多酚等有益伴随物的大量损失^[5]。

国内现有文献主要集中于椰子油的提取^[6-8]、利用椰子油合成脂肪酸甲酯^[9-10]及烷基羟肟

收稿日期:2017-12-12;修回日期:2018-04-21

作者简介:程敏(1992),女,在读硕士,研究方向为油脂工程技术(E-mail)563878653@qq.com。

通信作者:刘睿杰,副教授(E-mail)liuruijie163@163.com。

酸^[11],而对于精炼工艺对于椰子油品质的影响少有研究。本文着重分析了精炼过程中椰子油理化指标及脂肪伴随物的含量变化,为优化椰子油精炼工艺、指导合理适度精炼提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

毛椰油、碱炼油、脱色油和脱臭油采样于椰子油加工企业。毛椰油由椰干压榨制得,酸值(KOH) 7.4 mg/g,过氧化值 2.91 mmol/kg。

碱炼油由毛椰油碱炼水洗干燥后获得。碱炼温度 70 °C,按照油质量的 0.2% 加入 6.58% 的淡碱液,混合时间 10 min,离心机分离后水洗,真空条件 110 °C 干燥。

脱色油由碱炼油经白土吸附过滤后获得。活性白土添加量为油质量的 1.5%,脱色时间 30 min,脱色温度 100 °C,真空度 94 kPa。

脱臭油由脱色油真空脱臭获得。脱臭温度 230 °C,真空度 0.3 kPa,脱臭时间 1 h。

37 种脂肪酸混标, α -、 β -、 γ -、 δ -生育酚(纯度 >95%),部分甘油酯(2-油酸单甘酯、1,2-二油酸双甘酯、1,3-二油酸双甘酯),没食子酸,BSTFA + TMCS 硅烷化试剂和 5 α -胆甾醇标准品,均购于美国 Sigma 公司。甘油酯(甘油三癩酸酯 CpCpCp、甘油三月桂酸酯 LaLaLa、甘油三棕榈酸甘油酯 PPP)标准品,购于 Larodan Fine Chemicals AB 公司。正己烷、乙酸乙酯、甲醇、异丙醇均为色谱纯;氢氧化钾、冰醋酸、三氯甲烷、无水乙醚等均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

气质联用色谱仪,Thermo Fisher 公司;Waters e2695 高效液相色谱仪(2475 荧光检测器);Waters 1525 高效液相色谱仪(2414 示差检测器);7890A 气相色谱仪(FID 检测器),Agilent 公司;Alpha-1500 紫外可见分光光度计;Rancimat743 氧化稳定仪,Metrohm 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 理化指标的测定

椰子油的酸值参考 GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》;过氧化值参考 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》;氧化稳定指数参考 GB/T 21121—2007《动植物油脂 氧化稳定性的测定》。

1.2.2 脂肪酸组成测定

样品的预处理及测定参考刘慧敏^[12]的方法。

气相色谱条件:TRACE TR-FAME 毛细管柱

(60 m × 0.25 mm, 0.25 μ m);氢火焰离子化检测器(FID);载气(N₂)流速 1 mL/min;检测器和进样口温度均为 250 °C,分流比 1:100;升温程序为 60 °C (3 min),60 ~ 170 °C (5 °C/min),170 °C (15 min),170 ~ 220 °C (2 °C/min),220 °C (10 min);进样量 1 μ L。采用 37 种脂肪酸甲酯混合标准品定性,采用面积归一化法定量。

1.2.3 甘油酯测定

甘油酯、甘油二酯和单甘酯的含量参考 Zeng 等^[13]的方法进行测定。样品前处理,称取适当油样,加入正己烷溶液,配成 20 mg/mL 的溶液,过滤膜后待测。

采用 Waters 1525 高效液相色谱仪(2414 示差折光检测器)进行测定。色谱条件:Luna 硅胶柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μ m);流动相为正己烷-异丙醇-甲酸(体积比 15:1:0.03);流速 1.0 mL/min;柱温 30 °C;示差折光检测器;进样量 20 μ L。采用面积归一化法定量。

1.2.4 甘油酯组成测定

样品的预处理及测定方法,参考 Jin 等^[14]的方法进行测定。

油样预处理:正己烷溶解油样,配制油样质量浓度为 5 mg/mL 样品,过滤膜后待测。

气相色谱条件:毛细管柱 DB-17HT (0.25 mm × 15 m, 0.15 μ m);载气(N₂)流速为 1 mL/min;检测器(FID)及进样口温度分别为 375 °C 和 360 °C;升温程序为 300 °C (0.5 min),300 ~ 350 °C (5 °C/min),350 °C (50 min);进样量 1 μ L。

1.2.5 脂肪伴随物的测定

1.2.5.1 甾醇含量测定

样品的前处理及测定方法,参考谢丹^[15]的方法进行测定。

色谱条件:DB-5 柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μ m);升温程序为 200 °C (0.5 min),200 ~ 300 °C (10 °C/min),300 °C (18 min);检测器、进样口温度均为 280 °C;进样量 1.0 μ L;分流比 100:1。载气为氦气(纯度 99.99%),流速 1.2 mL/min。

质谱条件:离子源温度 250 °C,传输线温度 280 °C,离子化模式为 EI,分子离子碎片扫描范围(m/z) 50 ~ 550。

1.2.5.2 生育酚含量测定

样品的前处理及测定方法,参考 Shi 等^[16]的方法进行测定。

油样预处理:正己烷溶解油样,配制油样质量浓度为 200 mg/mL 样品,过滤膜后待测。

采用 Waters e2695 高效液相色谱仪(2475 荧光检测器)。色谱条件:硅胶色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm);流动相为正己烷-异丙醇(体积比 98.5:1.5);荧光检测激发波长 293 nm, 发射波长 330 nm;进样量 20 μL;流速 0.8 mL/min;柱温 30 ℃。

1.2.5.3 多酚含量测定

多酚物质的提取:取(5 ± 0.001) g 椰子油溶于

6 mL 正己烷中,将此溶液过预先活化好的 Diol - SPE 柱,然后用 3 mL 正己烷过柱清洗 2 次,再用 4 mL 正己烷-乙酸乙酯(体积比 9:1)混合液过柱,最后用甲醇洗柱并将洗液收集于 10 mL 容量瓶中,定容后待测。

多酚含量的测定:采用 Folin - Ciocalteu 法^[17]测定。

2 结果与分析

2.1 椰子油精炼过程中理化指标变化(见表 1)

表 1 椰子油精炼过程中基本理化指标的变化

项目	毛椰油	碱炼油	脱色油	脱臭油
酸值(KOH)/(mg/g)	7.40 ± 0.03 ^a	0.78 ± 0.03 ^b	0.84 ± 0.02 ^b	0.29 ± 0.01 ^c
过氧化值/(mmol/kg)	2.91 ± 0.11 ^a	1.56 ± 0.04 ^b	1.66 ± 0.05 ^b	0.80 ± 0.01 ^c
氧化稳定指数/h	54.29 ± 0.34 ^a	38.36 ± 1.88 ^b	35.12 ± 1.32 ^b	52.36 ± 2.21 ^a

注:同一行标注不同字母表示具有显著性差异($p < 0.05$)。下同。

由表 1 可知,精炼工艺使椰子油的酸值(KOH)由 7.40 mg/g 显著下降到 0.29 mg/g($p < 0.05$),精炼过程中椰子油的过氧化值呈现显著下降的趋势($p < 0.05$)。脱臭工序由于脱除大量的氧化产物使过氧化值显著降低($p < 0.05$),达到 0.80 mmol/kg。酸值和过氧化值指标均符合 NY/T 230—2006《椰子油》对于精炼椰子油的要求。

由表 1 还可知,椰子油的氧化稳定指数在精炼过程中呈现先下降再上升的趋势。其中,毛椰油的氧化稳定指数最高(54.29 h),可能源于毛椰油中内源性天然抗氧化成分含量较碱炼油和脱色油

的高。但随着精炼过程的深入,天然抗氧化成分逐渐损失,碱炼油氧化稳定指数降低至 38.36 h,可能是由于碱的加入使得部分多酚类物质损失,从而导致氧化稳定性下降。脱色油的氧化稳定指数最低(35.12 h),可能源于加入了活性白土等成分,活性白土具有较强的催化活性,其催化椰子油氧化生成了一些小分子物质从而使得氧化稳定性变差。脱臭后,氧化稳定指数大幅度提高,这主要是由于在高温高真空条件下脱臭,易氧化的小分子物质被脱除,氧化稳定性提高^[18]。

2.2 椰子油精炼过程中脂肪酸组成变化(见表 2)

表 2 椰子油精炼过程中脂肪酸组成变化

脂肪酸	毛椰油	碱炼油	脱色油	脱臭油
己酸	0.56 ± 0.04	0.62 ± 0.07	0.59 ± 0.01	0.59 ± 0.02
辛酸	7.79 ± 0.40	8.25 ± 0.23	8.00 ± 0.22	7.91 ± 0.29
癸酸	6.43 ± 0.10	6.54 ± 0.12	6.45 ± 0.11	6.29 ± 0.15
月桂酸	49.85 ± 0.23	49.41 ± 0.31	49.35 ± 0.27	49.85 ± 0.29
豆蔻酸	18.75 ± 0.43	18.01 ± 0.26	18.25 ± 0.15	18.16 ± 0.12
棕榈酸	8.24 ± 0.15	8.28 ± 0.17	8.48 ± 0.03	8.30 ± 0.11
硬脂酸	2.94 ± 0.22	2.91 ± 0.21	2.94 ± 0.11	2.95 ± 0.12
油酸	4.70 ± 0.26	5.17 ± 0.25	5.15 ± 0.33	5.13 ± 0.31
亚油酸	0.75 ± 0.09	0.83 ± 0.06	0.80 ± 0.06	0.81 ± 0.07
饱和脂肪酸	94.55 ± 0.40 ^a	94.00 ± 0.38 ^a	94.05 ± 0.22 ^a	94.06 ± 0.21 ^a
单不饱和脂肪酸	4.70 ± 0.26 ^a	5.17 ± 0.25 ^a	5.15 ± 0.33 ^a	5.13 ± 0.31 ^a
多不饱和脂肪酸	0.75 ± 0.09 ^a	0.83 ± 0.06 ^a	0.80 ± 0.06 ^a	0.81 ± 0.07 ^a

由表 2 可知,椰子油的脂肪酸组成主要以月桂酸、豆蔻酸和棕榈酸为主,毛椰油中三者含量分别为 49.85%、18.75% 和 8.24%,饱和脂肪酸含量为 94.55%,单不饱和脂肪酸含量为 4.70%,多不饱和脂肪酸含量为 0.75%。结果表明精炼工序对椰子油脂肪酸组成在统计学上没有显著差异($p > 0.05$),与前人研究结果一致^[19]。

2.3 椰子油精炼过程中甘油酯组成变化(见表 3)

由表 3 可知,本研究中椰子油未检测到单甘酯。在整个精炼过程中,甘三酯和总甘二酯的含量范围分别为 94.52% ~ 96.76% 和 1.73% ~ 1.95%,二者含量随着精炼工艺的进行,有较小程度的变化。1,3-甘二酯含量随着精炼进行其变化幅度不大,而 1,2(2,3)-甘二酯含量有一定程度的降低,因为

1,2(2,3)-甘二酯相较于1,3-甘二酯的沸点略低^[20],脱臭时被脱除,从而导致其含量略有下降。

表3 椰子油精炼过程中甘油酯组成变化

甘油酯	毛椰油	碱炼油	脱色油	脱臭油
甘三酯	96.76 ± 0.47 ^a	96.66 ± 0.47 ^a	96.41 ± 0.12 ^a	94.52 ± 0.16 ^b
1,3-甘二酯	1.46 ± 0.01 ^a	1.45 ± 0.01 ^a	1.49 ± 0.18 ^a	1.40 ± 0.17 ^a
1,2(2,3)-甘二酯	0.49 ± 0.13 ^a	0.45 ± 0.13 ^a	0.42 ± 0.10 ^a	0.33 ± 0.04 ^b
总甘二酯	1.95 ± 0.47 ^a	1.90 ± 0.47 ^a	1.91 ± 0.12 ^a	1.73 ± 0.16 ^b

2.4 椰子油精炼过程中甘三酯组成变化(见表4)

表4 椰子油精炼过程中甘三酯组成变化

甘三酯	毛椰油	碱炼油	脱色油	脱臭油
CLaLa	1.79 ± 0.16	1.82 ± 0.22	1.82 ± 0.22	1.72 ± 0.01
CyLaLa	11.26 ± 0.23 ^{ab}	11.34 ± 0.34 ^{ab}	11.56 ± 0.34 ^a	11.07 ± 0.08 ^b
CCyO	0.97 ± 0.02	0.96 ± 0.11	0.94 ± 0.11	1.10 ± 0.08
CpLaLa	15.63 ± 0.12 ^a	15.60 ± 0.32 ^a	15.68 ± 0.32 ^a	15.71 ± 0.13 ^a
LaLaLa	14.61 ± 0.41 ^a	13.91 ± 0.11 ^a	13.71 ± 0.11 ^a	14.38 ± 0.28 ^a
CyCpO	4.05 ± 0.40 ^c	4.60 ± 0.03 ^b	4.95 ± 0.03 ^a	4.12 ± 0.19 ^c
LaLaM	15.58 ± 0.13 ^a	15.57 ± 1.49 ^a	15.47 ± 1.49 ^a	15.54 ± 0.05 ^a
CyLaO	1.69 ± 0.07	1.68 ± 0.19	1.78 ± 0.19	1.73 ± 0.06
LaLaP	9.64 ± 0.09 ^a	9.72 ± 0.25 ^a	9.82 ± 0.25 ^a	9.76 ± 0.05 ^a
CpLaO	1.25 ± 0.05	1.30 ± 0.04	1.32 ± 0.04	1.31 ± 0.10
LaLaO	5.35 ± 0.22	5.34 ± 0.02	5.24 ± 0.02	5.36 ± 0.15
LaLaL	2.47 ± 0.02	2.24 ± 0.22	2.34 ± 0.22	2.49 ± 0.06
LaPS	2.13 ± 0.01	2.02 ± 0.06	1.94 ± 0.06	2.14 ± 0.15
LaMO	1.90 ± 0.01	1.89 ± 0.08	1.85 ± 0.08	1.87 ± 0.01
LaML	0.68 ± 0.04	0.60 ± 0.01	0.57 ± 0.01	0.67 ± 0.03
LaPO	1.50 ± 0.01	1.52 ± 0.01	1.44 ± 0.01	1.56 ± 0.02
MOP	0.82 ± 0.02	0.82 ± 0.01	0.87 ± 0.01	0.77 ± 0.01
MLP	0.79 ± 0.04	0.75 ± 0.05	0.77 ± 0.05	0.71 ± 0.05
PPS	0.44 ± 0.05	0.43 ± 0.00	0.45 ± 0.00	0.45 ± 0.00
POP	0.53 ± 0.02	0.60 ± 0.15	0.68 ± 0.15	0.51 ± 0.08
POS	0.40 ± 0.01	0.35 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.39 ± 0.10
POO	0.31 ± 0.12	0.43 ± 0.02	0.51 ± 0.00	0.37 ± 0.06

注:C己酸;Cy辛酸;Cp癸酸;La月桂酸;M豆蔻酸;P棕榈酸;S硬脂酸;O油酸;L亚油酸。

由表4可知,椰子油中主要的甘三酯有CpLaLa、LaLaM、LaLaLa、CyLaLa和LaLaP,其含量范围分别为15.60%~15.71%,15.47%~15.58%,13.71%~14.61%,11.07%~11.56%和9.64%~9.82%。上述5种甘三酯中仅CyLaLa有显著降低,但变化幅度不大,其他4种甘三酯在精炼过程中无显著变化($p > 0.05$)。上述结果可看出精炼过程对甘三酯组成影响较小。

2.5 椰子油精炼过程中脂肪伴随物含量变化(见表5)

由表5可知,精炼过程中椰子油的总甾醇含量呈显著降低的趋势($p < 0.05$)。总甾醇在毛椰油中的含量最高(642.64 mg/kg),而在脱臭油中的含量为232.81 mg/kg,损失率为63.77%,其中碱炼工序的损失率最大,降幅达54.97%。由于碱液

会与油脂中的游离脂肪酸反应,同时皂化部分中性油,形成皂脚。与此同时,皂脚对甾醇具有吸附作用,随着水洗过程排除皂脚,造成甾醇损失,该结果与谢丹^[15]研究结果一致。毛椰油中以 γ -生育酚为主,其次是 β -生育酚、 α -生育酚、 δ -生育酚。生育酚含量在毛椰油中最高,达到了10.48 mg/kg。精炼过程中椰子油生育酚单体及总生育酚的含量均呈显著降低的趋势($p < 0.05$)。整个精炼过程中生育酚含量降低可能源于酸、碱、高温等精炼条件对生育酚的破坏及活性白土对生育酚的吸附。经碱炼、脱色和脱臭工序后总生育酚降至3.35 mg/kg,损失率为68.03%。精炼过程中椰子油中多酚类物质含量也逐渐减少,由毛椰油的11.53 mg/kg降至脱臭油的3.32 mg/kg,损失率为71.20%。多酚类物质在碱炼、脱色和脱臭工序损

失率分别为45.01%、23.34%和31.69%。其中碱炼工序对多酚类物质含量的影响最大,可能源于酚类属于极性物质,极易溶于水,分离皂脚时需

对油脂进行多次水洗,部分酚类物质溶于水而损失。该结果与茶叶籽油在精炼过程中酚类物质损失的情况类似^[21]。

表5 椰子油精炼过程中脂肪伴随物含量变化

脂肪伴随物	毛椰油	碱炼油	脱色油	脱臭油
豆甾醇	71.90 ± 1.05 ^a	42.79 ± 0.93 ^b	30.89 ± 3.78 ^c	29.35 ± 1.73 ^c
菜油甾醇	151.82 ± 2.34 ^a	61.92 ± 1.00 ^b	50.26 ± 9.94 ^b	45.69 ± 2.44 ^b
β-谷甾醇	418.93 ± 3.79 ^a	184.69 ± 3.75 ^b	158.95 ± 5.34 ^c	157.78 ± 6.02 ^c
总甾醇	642.64 ± 2.50 ^a	289.40 ± 5.68 ^b	240.10 ± 8.38 ^c	232.81 ± 10.20 ^c
α-生育酚	2.36 ± 0.01 ^a	2.21 ± 0.02 ^b	1.51 ± 0.11 ^c	1.74 ± 0.02 ^c
β-生育酚	2.81 ± 0.01 ^a	1.84 ± 0.00 ^b	1.35 ± 0.05 ^c	1.28 ± 0.02 ^c
γ-生育酚	5.02 ± 0.02 ^a	2.71 ± 0.08 ^b	0.64 ± 0.05 ^c	0.34 ± 0.01 ^d
δ-生育酚	0.29 ± 0.01 ^b	0.82 ± 0.03 ^a	0.02 ± 0.01 ^c	-
总生育酚	10.48 ± 0.01 ^a	7.58 ± 0.13 ^b	3.52 ± 0.20 ^c	3.35 ± 0.01 ^c
多酚	11.53 ± 0.41 ^a	6.34 ± 0.03 ^b	4.86 ± 0.03 ^c	3.32 ± 0.06 ^d

注:“-”表示未检出。

3 结论

精炼过程中,椰子油酸值和过氧化值显著降低($p < 0.05$),精炼后的椰子油更加稳定,同时精炼也带来脂肪伴随物的损失。各精炼工序对油脂品质影响程度不同,相比于碱炼、脱色工序,脱臭工序对椰子油品质的影响最大,该工序可显著脱除小分子物质,在显著降低酸值和过氧化值的同时,也造成生育酚和多酚较大程度的损失。

参考文献:

- [1] SHANKAR P, AHUJA S, TRACCHIO A. Coconut oil: a review [J]. *Agro Food Ind Hi Tec*, 2014, 24(5):62-64.
- [2] 禩小凤, 邓福明, 赵松林, 等. 椰子油的生理活性(II): 调节血浆血脂[J]. *热带农业科学*, 2013, 33(9): 65-70.
- [3] 段岢君, 陈卫军, 宋菲, 等. 椰子油的精深加工与综合利用[J]. *热带农业科学*, 2013, 33(5): 67-72.
- [4] United States Department of Agriculture. Oilseeds - world markets and trade[EB/OL]. [2017-12-10]. <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>, 2016.
- [5] 王兴国. 食用油精准适度加工理论与实践[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2016:75-119.
- [6] 姜月霞, 李永纲, 杨巡天, 等. 亚临界萃取原生态椰子油的工艺研究[J]. *海南医学院学报*, 2012, 18(9): 1200-1205.
- [7] 李瑞, 夏秋瑜, 赵松林, 等. 复合酶法提取天然椰子油的研究[J]. *食品工业科技*, 2009(3): 153-155.
- [8] 夏秋瑜, 李瑞, 陈卫军, 等. 纤维素酶水解制备天然椰子油[J]. *中国油脂*, 2008, 33(12): 16-19.
- [9] 高伯良, 聂开立, 王芳, 等. 椰子油为原料酶法制备脂肪酸甲酯[J]. *北京化工大学学报(自然科学版)*, 2010, 37(1): 93-97.
- [10] 南阳, 张华, 刘国琴. 尿素包埋法富集椰子油中月桂酸甲酯[J]. *中国油脂*, 2016, 41(3): 26-29.
- [11] 葛英勇, 侯静涛, 张敏, 等. 用椰子油直接合成烷基羟酸及其应用[J]. *精细化工*, 2011, 28(8): 751-754.
- [12] 刘慧敏. 不同植物油微量成分与抗氧化能力的相关性研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2015.
- [13] ZENG C X, QI S J, XIN R P, et al. Enzymatic selective synthesis of 1,3-DAG based on deep eutectic solvent acting as substrate and solvent [J]. *Bioproc Biosyst Eng*, 2015, 38(11): 2053-2061.
- [14] JIN J, MU H, WANG Y, et al. Production of high-melting symmetrical monounsaturated triacylglycerol-rich fats from mango kernel fat by acetone fractionation[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2017, 94(2): 201-213.
- [15] 谢丹. 精炼及储藏对菜籽油品质的影响[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2012.
- [16] SHI C, CHANG M, LIU R J, et al. *Trans*-free shortenings through the interesterification of rice bran stearin, fully hydrogenated soybean oil and coconut oil [J]. *Int J Food Eng*, 2015, 11(4):467-477.
- [17] APPAIAH P, SUNIL L, KUMAR P K P, et al. Composition of coconut testa, coconut kernel and its oil [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2014, 91(6):917-924.
- [18] 王霞. 精炼对大豆油品质的影响[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2009.
- [19] ARUNIMA S, RAJAMOHAN T. Influence of virgin coconut oil-enriched diet on the transcriptional regulation of fatty acid synthesis and oxidation in rats—a comparative study[J]. *Brit J Nutr*, 2014, 111(10): 1782-1790.
- [20] 金青哲. 功能性脂质[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013:38-72.
- [21] 常明, 朱晋萱, 刘睿杰, 等. 油脂精炼对茶叶籽油品质变化的影响[J]. *中国油脂*, 2014, 39(6): 31-34.