

獾油、貂油、貉油的脂肪酸组成及其抗氧化、 抑菌性能研究

王 静, 钟 伟, 施 佐, 蔡熙姮, 张新宇, 韩菲菲, 李光玉

(中国农业科学院特产研究所 吉林省特种经济动物分子生物学省部共建实验室, 长春 130112)

摘要:分别以獾、貂、貉皮下脂肪为原料,提取獾油、貂油、貉油。用气质联用仪分析了獾油、貂油、貉油的脂肪酸组成,并分别对其进行了 DPPH 自由基清除能力的测定。采用倾注法测定了獾油、貂油、貉油对大肠杆菌、鼠伤寒沙门氏菌、金黄色葡萄球菌的抑制性能。结果表明:獾油、貂油、貉油的主要脂肪酸组成均为油酸、亚油酸和棕榈酸,不饱和脂肪酸含量分别为 76.296%、76.515%、78.908%;獾油、貂油、貉油清除 DPPH 自由基的 IC_{50} 分别为 0.315、0.074、0.081 g/mL,即对 DPPH 自由基清除能力貂油略优于貉油,明显优于獾油;獾油、貂油、貉油对大肠杆菌、鼠伤寒沙门氏菌、金黄色葡萄球菌均无抑制作用。

关键词:獾油;貂油;貉油;脂肪酸;DPPH 自由基;抑菌性能

中图分类号:TS225.2;TQ646 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)02-0067-05

Fatty acid composition, antioxidation and antibacterial properties of *Meles meles* oil, mink oil and raccoon dog oil

WANG Jing, ZHONG Wei, SHI Zuo, CAI Xiheng, ZHANG Xinyu,
HAN Feifei, LI Guangyu

(Jilin Province Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology, Institute of Special Animal and Plant Sciences of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130112, China)

Abstract: The *Meles meles* oil, mink oil and raccoon dog oil were extracted from the subcutaneous fat of *Meles meles*, mink and raccoon respectively. The fatty acid compositions of *Meles meles* oil, mink oil and raccoon dog oil were analyzed by gas chromatography – mass spectrometry (GC – MS), and their antioxidant capacities in vitro were respectively tested by 1,1 – diphenyl – 2 – picrylhydrazyl (DPPH) free radicals scavenging capacity. The pouring method was used to determine the antibacterial properties of the three oils against *E. coli*, *Salmonella* and *Staphylococcus aureus*. The results showed that the main fatty acid compositions of *Meles meles* oil, mink oil and raccoon dog oil were oleic acid, linoleic acid and palmitic acid, and their unsaturated fatty acids contents were 76.296%, 76.515% and 78.908%, respectively. The IC_{50} for scavenging DPPH free radicals of *Meles meles* oil, mink oil, and raccoon dog oil were 0.315, 0.074 g/mL and 0.081 g/mL, respectively. That was, mink oil was slightly better than raccoon dog oil in the scavenging DPPH free radicals, and was significantly better than *Meles meles* oil. *Meles meles* oil, mink oil, and raccoon dog oil had no antibacterial effects on *E. coli*, *Salmonella*, and

Staphylococcus aureus.

Key words: *Meles meles* oil; mink oil; raccoon dog oil; fatty acid; DPPH free radical; antibacterial property

收稿日期:2020-04-28;修回日期:2020-05-28

基金项目:中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-2020-ISAPS)

作者简介:王 静(1991),女,在读博士,主要从事特种经济动物的营养代谢研究(E-mail)jingw1011@163.com。

通信作者:李光玉,研究员,博士生导师(E-mail)tcslyg@126.com。

狗獾(*Meles meles* Linnaeus)属食肉目鼬科獾属中体形较大的种类,食性较杂,体长 500~700 mm,

体重 5~10 kg, 体形肥胖。狗獾冬季皮下囤积大量脂肪以越冬, 一只 10 kg 的狗獾约有皮下脂肪 3 kg, 其皮下脂肪经过熬炼成油, 过滤、去渣、放冷, 即为獾油。水貂属食肉目鼬科貂属, 似家猫大小, 身体较细长, 四肢短健, 体重 1~3 kg。水貂至秋季开始囤积脂肪以越冬, 但皮下脂肪较少。将水貂皮下脂肪组织经减压、水提取、中和、减压水蒸气蒸馏、脱臭、高速离心分离和真空脱水等工序, 可制得精制貂油^[1]。貉属食肉目犬科动物, 食性较杂, 体长 450~660 mm, 体重 6~8 kg, 与狗獾具有部分相似的生物学学习性。貉冬季皮下囤积大量的脂肪以越冬。

《中国药用动物志》中记载獾油具有清热解毒、消肿止痛、润肠作用, 主治烫伤、火伤。《中国药典》《中药大辞典》《中华本草》均有提及獾油可用于治疗烫伤、烧伤。貂油表面张力较小、延展性好、刺激性弱、氧化稳定性强, 用于化妆品可防皮肤干裂, 而且保湿性能好; 貂油还可用于喷发香水, 既防头屑又能使头发柔顺富有光泽; 此外, 貂油还可用于皮革品的上光用油^[2]。也有文献^[3]报道, 貉油同样可用于制作防冻防裂霜, 保护皮肤, 因产品具有吸收紫外线、防止皮肤老化的特点, 故适用于野外寒冷作业工作人员使用。同时, 貉油对褥疮、脂溢性皮炎、皲裂有较好的治疗和预防作用。獾、貂、貉同属特种经济动物, 獾养殖主要为获取獾油, 貂和貉养殖主要为获取珍贵皮毛, 其油脂属于副产品, 且獾油、貂油、貉油在应用上有一定的相似性。然而关于 3 种油脂的脂肪酸组成和功能研究报道较少, 因此本试验旨在研究獾油、貂油、貉油的脂肪酸组成, 并比较 3 种油的 DPPH 自由基清除能力及抑菌性能, 以期对獾油、貂油、貉油的应用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

獾于 2019 年 11 月 28 日在吉林煜丰驯养繁殖加工有限公司打皮时, 提取皮下脂肪; 貂、貉于 2019 年 12 月 3 日在中国农业科学院特产研究所特种经济动物实验基地打皮时, 提取皮下脂肪。将取得的皮下脂肪, 利用步琪 B-811 型索氏抽提仪, 分别抽提獾油、貂油、貉油, 低温保存。

37 种混合脂肪酸甲酯标准品 (批号 XA11420V), 美国 Sigma 公司; 试验用菌株包括大肠杆菌 (ATCC 25922)、金黄色葡萄球菌 (ATCC 25923)、鼠伤寒沙门氏菌 (ATCC 14028), 均为本实验室保存菌种。乙酸乙酯、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH)、维生素 C (V_c), 均为分析纯; ISQ 气质联用仪, 美国安捷伦; Epoch2 微孔板分光光度

计, 美国伯腾仪器有限公司; DHP-9272 型电热恒温培养箱, 上海一恒科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 脂肪酸组成的测定

参考 GB 5009.168—2016 方法, 采用外标法, 将 3 种动物油脂进行皂化和甲酯化, 通过气质联用仪测定其脂肪酸的含量。仪器条件: DB-23 色谱柱 (60 m × 0.25 mm × 0.25 μm); 载气为高纯氦气, 载气流量 1.0 mL/min; 进样口温度 220 °C; EI 源温度 230 °C; 程序升温条件为初始温度 60 °C, 保持 1 min, 以 10 °C/min 升温至 180 °C, 然后以 3 °C/min 升温至 220 °C, 保持 2 min。

1.2.2 DPPH 自由基清除能力的测定^[4-5]

取獾油上清 8 g, 加入乙酸乙酯定容至 10 mL。精准量取 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 mL 獾油乙酸乙酯溶液于 6 支离心管中, 再分别加入乙酸乙酯至总体积为 1.6 mL, 摇匀, 配制成獾油质量浓度分别为 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 g/mL 的溶液。再分别加入 0.2 mmol/L 的 DPPH 乙酸乙酯溶液 1.6 mL, 混匀后置暗处, 室温反应 30 min 后, 以乙酸乙酯调零点, 在 519 nm 处测定空白管的吸光值 (A_c)、样品管的吸光值 (A_s)。同时测定 1.6 mL 乙酸乙酯与一定獾油加乙酸乙酯至 1.6 mL 的混合溶液的吸光值 (A_0)。重复检测 3 次, 取平均值。半抑制浓度 (IC_{50}) 为 DPPH 自由基清除率为 50% 时的獾油质量浓度, DPPH 自由基清除率 (x) 按下式计算。

$$x = [1 - (A_s - A_0) / A_c] \times 100\% \quad (1)$$

取貂油上清 4 g, 加入乙酸乙酯定容至 10 mL。精准量取 0.02、0.04、0.2、0.4、0.6 mL 的貂油乙酸乙酯溶液于 5 支离心管中, 再分别加入乙酸乙酯至总体积为 1.6 mL, 摇匀, 配制成貂油质量浓度分别为 0.005、0.01、0.05、0.1、0.15 g/mL 的溶液。其 DPPH 自由基清除能力测定方法同獾油。

取貉油上清 4 g, 加入乙酸乙酯定容至 10 mL。精准量取 0.02、0.04、0.2、0.4、0.6 mL 的貉油乙酸乙酯溶液于 5 支离心管中, 再分别加入乙酸乙酯至总体积为 1.6 mL, 摇匀, 配制成貉油质量浓度分别为 0.005、0.01、0.05、0.1、0.15 g/mL 的溶液。其 DPPH 自由基清除能力测定方法同獾油。

V_c 为阳性对照。用乙酸乙酯配制 V_c 质量浓度分别为 0.004、0.006、0.008、0.010、0.012 mg/mL 的溶液。DPPH 自由基清除能力测定方法同獾油。

1.2.3 抑菌性能测定

将大肠杆菌、鼠伤寒沙门氏菌、金黄色葡萄球菌

接种于对应的液体培养基中,于37℃培养箱恒温培养,连续传代2~3次。使菌种充分恢复其生理性状。无菌环境条件下,向试管中加入10 mL 无菌生理盐水,用无菌接种针分别挑供试菌放入对应的试管中,摇晃打碎菌体,使其在无菌生理盐水中散开,制成菌悬液,备用。

向已冷却至50℃左右的LB培养基中注入一定量的菌悬液,混合均匀,使培养基中活菌浓度为 1×10^5 CFU/mL。倾注平板(约25 mL/平板),水平静置凝固后备用。

打孔法测定抑菌圈:用已灭菌的钢管打孔器在试验平板上打孔,往孔中注入50 μL 样品(两个重复)。大肠杆菌、鼠伤寒沙门氏菌培养基用质量浓度为13.22 mg/mL 硫酸庆大霉素做对照。金黄色葡萄球菌用0.012 g/mL 的青霉素钠做对照。4℃预扩散2 h,37℃培养24 h,测定抑菌圈直径。

2 结果与讨论

2.1 獾油、貂油、貉油脂肪酸组成(见表1)

表1 獾油、貂油、貉油脂肪酸组成及含量 %

脂肪酸	獾油	貂油	貉油
丁酸 C4:0	-	-	-
己酸 C6:0	-	0.002	-
辛酸 C8:0	0.009	0.013	0.004
癸酸 C10:0	0.061	0.055	0.019
十一碳酸 C11:0	-	0.001	-
月桂酸 C12:0	0.112	0.105	0.046
十三碳酸 C13:0	0.003	0.001	0.003
肉豆蔻酸 C14:0	2.865	2.119	1.023
肉豆蔻烯酸 C14:1n5	0.442	0.388	0.186
十五碳酸 C15:0	0.043	0.032	0.069
棕榈酸 C16:0	14.041	14.587	11.786
棕榈油酸 C16:1n7	8.274	7.635	4.315
十七碳酸 C17:0	0.083	0.066	0.203
顺-10-十七碳一烯酸 C17:1n7	0.097	0.072	0.232
硬脂酸 C18:0	6.394	6.421	7.549
油酸 C18:1n9c	35.416	42.479	42.565
亚油酸 C18:2n6c	28.333	24.399	27.760
γ-亚麻酸 C18:3n6	0.033	0.084	0.102
α-亚麻酸 C18:3n3	1.636	0.547	0.775
花生酸 C20:0	0.084	0.070	0.314
顺-11-二十碳一烯酸 C20:1n9	0.432	0.314	0.720
顺,顺-11,14-二十碳二烯酸 C20:2n6	0.126	0.135	0.450
二十一碳酸 C21:0	-	0.002	-
顺,顺,顺-8,11,14-二十碳三烯酸 C20:3n6	0.043	0.085	0.223
花生四烯酸 C20:4n6	0.091	0.210	0.715

续表1

脂肪酸	獾油	貂油	貉油
顺-11,14,17-二十碳三烯酸 C20:3n3	0.021	0.009	0.031
二十二碳酸 C22:0	0.010	0.005	0.042
EPA C20:5n3	0.248	0.025	0.123
芥酸 C22:1n9	0.013	0.005	0.023
顺-13,16-二十二碳二烯酸 C22:2n6	0.013	0.002	-
二十三碳酸 C23:0	-	0.001	-
二十四碳酸 C24:0	-	0.005	0.037
DHA C22:6n3	1.078	0.126	0.670
顺-15-二十四碳一烯酸 C24:1n9	-	-	0.018
饱和脂肪酸(SFA)	23.705	23.485	21.095
不饱和脂肪酸(UFA)	76.296	76.515	78.908
多不饱和脂肪酸(PUFA)	31.622	25.622	30.849
单不饱和脂肪酸(MUFA)	44.674	50.893	48.059
n-3 PUFA	2.983	0.707	1.599
n-6 PUFA	28.639	24.915	29.250
n-9 MUFA	35.861	42.798	43.326

注:“-”表示未检出。

由表1可知,獾油、貂油、貉油的主要脂肪酸组成都是油酸、亚油酸和棕榈酸,次要成分都是棕榈油酸和硬脂酸。其中,油酸、亚油酸和棕榈酸的总量分别占獾油、貂油、貉油脂肪酸总量的77.790%、81.465%、82.111%;油酸、亚油酸、棕榈酸、棕榈油酸和硬脂酸的总量分别占獾油、貂油、貉油脂肪酸总量的92.458%、95.521%、93.975%;3种油均不包含反式脂肪酸。貂油比獾油和貉油多含己酸、十一碳酸、二十一碳酸、二十三碳酸,但是含量很低。3种油均含有十三碳酸、十五碳酸和十七碳酸等奇数碳酸。獾油、貂油、貉油中不饱和脂肪酸含量分别是76.296%、76.515%、78.908%,其中多不饱和脂肪酸含量分别为31.622%、25.622%、30.849%。獾油、貂油、貉油中n-9单不饱和脂肪酸含量最多,分别为35.861%、42.798%、43.326%;n-6多不饱和脂肪酸含量次之,分别为28.639%、24.915%、29.250%;n-3多不饱和脂肪酸含量最少,分别为2.983%、0.707%、1.599%。

獾油呈油膏状液体,淡黄色或棕黄色,半透明,不溶于水,气特异,味淡。鲍俊英等^[6]对黑龙江省伊春市带岭地区獾油的成分进行了GC-MS及¹³C NMR的分析测定,得出獾油中含有多种脂肪酸,其中18碳的脂肪酸中,C18:0含量为16.87%,C18:1含量为19.83%,C18:2含量为52.74%,C18:3含量为10.54%。与其不一致的是,本试验中C18:1含

量高于 C18:2 含量。

张述忠等^[7]系统比较了国产精制貂油、比利时貂油,以及日本和前苏联貂油的脂肪酸组成,结果发现油酸、棕榈油酸、棕榈酸为 4 种貂油的主要脂肪酸,且不同制取方法以及不同品种的貂油在脂肪酸组成上差异不大。该结果与本试验结果差别较大,可能与貂的品种、貂油制取方式不同有关。

鲍俊英等^[8]测得貂油的主要脂肪酸组成为油酸、亚油酸和棕榈酸,与本试验结果基本一致。赵胤等^[9]测得貂油的不饱和脂肪酸含量较高,为 77.29%,与本试验结果相一致。由于动物产地的不同等原因,动物油脂中各脂肪酸含量有所差异^[10]。

棕榈酸具有亲肤性,被广泛用于护肤品及化妆品中,是优良的皮肤柔润剂。油酸可以保护胃黏膜损伤^[11]、防止记忆力下降^[12]、调节白细胞活动、预防皮肤损伤等疾病的发生^[13]。油酸和亚油酸能够降低脂肪沉积、预防心血管疾病^[14],减少炎症、调节机体免疫力,减少癌症的发生^[13],同时二者的酸渗透能力好,常作为医药品的载体^[15]。多不饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸在炎症反应中发挥着重要作用,它们要么以磷脂的形式固定在细胞膜上,要么作为可溶性脂肪介质。 $n-9$ 脂肪酸强烈抑制伤口处一氧化氮的生成。亚麻酸($n-3$)、亚油酸($n-6$)和油酸($n-9$)可以调节皮肤伤口愈合^[16]。奇数碳脂肪酸在天然脂类中广泛存在,在正常情况下其含量很少,高等动物的脂类中奇数碳脂肪酸占脂肪酸总量的 1%~5%^[17]。獾油中十七碳酸的含量高于猪油,蛇油中则未检出^[15]。在长期饥饿期间,饲料富含奇数碳脂肪酸的大鼠能够更好地维持肝糖原和血糖^[18]。奇数碳脂肪酸使动物在产生较高血糖水平的同时,血酮体水平则相对较低,故能在较长时间饥饿期中抵抗酮病的发展^[19]。

2.2 獾油、貂油、貂油的 DPPH 自由基清除能力(见图 1~图 2)

由图 1 可知,獾油对 DPPH 自由基有一定的清除作用,而且在 0.1~0.6 g/mL 质量浓度范围内随着质量浓度的升高清除率逐渐增大,呈现量效关系,曲线拟合公式为 $Y = 140.54X + 5.74$, $R^2 = 0.9927$ 。经计算,獾油的 IC_{50} 为 0.315 g/mL。貂油在 0.005~0.15 g/mL 范围内随着质量浓度的升高 DPPH 自由基清除率逐渐增大,呈现量效关系,曲线拟合公式为 $Y = 563.52X + 8.41$, $R^2 = 0.9904$ 。经计算,貂油的 IC_{50} 为 0.074 g/mL。貂油在 0.005~0.15 g/mL 范围内随着质量浓度的升高 DPPH 自由基清除率逐渐增大,呈现量效关系,曲线拟合公式为 $Y = 550.07X +$

4.99, $R^2 = 0.9999$ 。经计算,貂油的 IC_{50} 为 0.081 g/mL。

由图 2 可知, V_C 在 0.004~0.012 mg/mL 范围内随着质量浓度的升高清除率逐渐增大,呈现量效关系,曲线拟合公式为 $Y = 6381X - 1.78$, $R^2 = 0.9989$ 。经计算, V_C 的 IC_{50} 为 0.008 mg/mL。

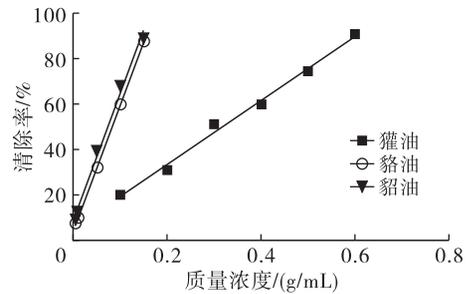


图 1 獾油、貂油、貂油对 DPPH 自由基的清除能力

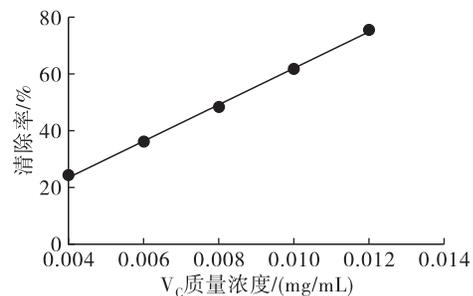


图 2 V_C 对 DPPH 自由基的清除能力

本试验以 V_C 为对照, V_C 的 IC_{50} 为 0.008 mg/mL。而獾油、貂油、貂油的 IC_{50} 分别为 0.315、0.074、0.081 g/mL。3 种油脂对 DPPH 自由基清除能力远低于 V_C ;且貂油、貂油的 DPPH 自由基清除能力接近,两者的 DPPH 自由基清除能力约为獾油的 4 倍。研究显示,红树莓籽油^[20]、紫苏籽油^[21]、辣木果胚油^[22]的 IC_{50} 分别为 5.80 mg/mL、6.37 μ L/mL、20 mg/mL,本试验中 3 种动物油脂的 DPPH 自由基清除能力弱于这些植物油。

2.3 獾油、貂油、貂油抑菌性能

试验表明,獾油、貂油、貂油对 3 种供试菌无抑制作用。

功效性油脂多具有抗炎、促进皮肤修复和愈合的作用,因此一些油脂具有抑菌性能。研究^[23]表明,鹧鸪油对大肠埃希菌和金黄色葡萄球菌具有较好的抑制作用,通过影响两种致病菌的表面特性来抑制其生长。不同产地的动物油脂对不同菌种的抗性不同,如产自澳大利亚的鸵鸟油在体外试验中对绿脓杆菌和金黄色葡萄球菌有抗性,而产自陕西西安的鸵鸟油对金黄色葡萄球菌没有抗性,对白色念珠菌、绿脓杆菌和青霉菌有较好的抗性^[24]。有些动物油脂只对少数菌种有抑制作用,如马油^[25]对金黄

色葡萄球菌、大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、青霉菌、黑曲霉、变形杆菌、酵母菌的抑制作用不显著,但对白色念珠菌的抑制作用显著。本试验中,獾油、貂油、貉油对大肠杆菌、鼠伤寒沙门氏菌、金黄色葡萄球菌均无抑制作用。由于受试菌种比较少,3种油脂对其他菌种是否具有抑制作用,还有待进一步研究。

3 结论

獾油、貂油、貉油的主要脂肪酸组成均为油酸、亚油酸和棕榈酸,3种油脂的不饱和脂肪酸含量分别为76.296%、76.515%、78.908%;貂油对DPPH自由基清除能力略优于貉油,明显优于獾油;獾油、貂油、貉油对大肠杆菌、鼠伤寒沙门氏菌、金黄色葡萄球菌均无抑制作用。

参考文献:

- [1] 庄志勇,周相云,陈凤楼. 貂油黑发霜的研制[J]. 化工时刊, 2000(1):41-43.
- [2] 亦森. 貂油[J]. 粮食与油脂, 1995(2):48-49.
- [3] 刘晓明. 貂油、獾油、貉油在外用制剂中的应用[C]//中华中医药学会. 中华中医药学会中成药学术研讨会论文集. 北京:中华中医药学会, 2007:103-104.
- [4] 赵优萍,肖金妮,孙卢狄,等. 紫苏籽油的提取及品质分析研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(6):85-90.
- [5] CHENG Z, MOORE J, YU L. High-throughput relative DPPH radical scavenging capacity assay[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(20):7429-7436.
- [6] 鲍俊英,姚忠文,芦大明. 狗獾油脂脂肪酸色质(GC/MS)及核磁共振(NMR¹³C)分析[J]. 林业科技, 1989(4):25-26.
- [7] 张述忠,赵国良,韩梅,等. 貂油的系统分析方法[J]. 精细化工, 1986(3):33-36.
- [8] 鲍俊英,冯旭,王迪. 貉油的理化性质及成份测定[J]. 中国林副特产, 1996(3):8-9.
- [9] 赵胤,滕冰. 貉油高级脂肪酸测定[J]. 特产研究, 1991(2):57.
- [10] ZALEWSKI K, MARTYSIAK - ZUROWSKA D, IWANIUK M, et al. Characterization of fatty acid composition in Eurasian badger (*Meles meles*) [J]. Pol J Environ Stud, 2007, 16(4):645-650.
- [11] 杨素娟,郭燕世. 油酸对消炎痛引起的胃粘膜损伤大鼠胃粘液分泌的影响[J]. 生理学报, 1985(6):532-538.
- [12] BECKEL J M, DE GROAT W C. The effect of the electrophilic fatty acid nitro-oleic acid on TRP channel function in sensory neurons [J]. Nitric Oxide, 2018, 78(8):154-160.
- [13] CARRILLO C, CAVIA MDEL M, ALONSO - TORRE S. Role of oleic acid in immune system; mechanism of action;a review [J]. Nutr Hosp, 2012, 27(4):978-990.
- [14] 伏春燕,张燕,魏祥法,等. 共轭亚油酸降低脂肪沉积的分子机制研究进展 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(8):3456-3462.
- [15] 王宇萌,朱琳,闻晓鑫,等. 獾子油、猪油、蛇油脂肪酸成分的分析比较 [J]. 中国现代中药, 2017, 19(6):767-770.
- [16] CARDOSO C R B, SOUZA M A, ELOÍSA A V F, et al. Influence of topical administration of n-3 and n-6 essential and n-9 nonessential fatty acids on the healing of cutaneous wounds [J]. Wound Repair Regen, 2004, 12(2):235-243.
- [17] 张大昕. 奇数碳脂肪酸的代谢与营养 [J]. 生理科学进展, 1979(3):250-255.
- [18] PI - SUNYER F X. Rats enriched with odd-carbon fatty acids. Effect of prolonged starvation on liver glycogen and serum lipids, glucose and insulin [J]. Diabetes, 1971, 20(4):200-205.
- [19] PI - SUNYER F X, VAN ITALLIE T B. Starvation-induced ketosis: reduction in dogs enriched with odd-carbon fatty acids [J]. Proc Soc Exp Biol Med, 1974, 145(3):786-789.
- [20] 唐琳琳,桑英,陈思睿,等. 不同提取方法的红树莓籽油品质及体外抗氧化活性对比 [J]. 现代食品科技, 2020, 36(3):80-88.
- [21] 赵优萍,肖金妮,孙卢狄,等. 紫苏籽油的提取及品质分析研究 [J]. 食品研究与开发, 2019, 40(6):75-80.
- [22] 殷春雁,刘自单,马瑞菊,等. 辣木果胚油的体外抗氧化活性研究 [J]. 中国新技术新产品, 2019(10):22-23.
- [23] 郭彦君,郑召君,叶展,等. 鹌鹑油的抑菌活性及机理研究 [J]. 中国油脂, 2019, 44(12):25-31.
- [24] 杨秀芳,伍发云,马养民,等. 鸵鸟油抗菌活性的实验研究 [J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2010, 28(2):82-84.
- [25] 敬思群,艾百拉·热合曼,李艳美. 马油精炼工艺优选及抑菌性的研究 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(8):291-294, 298.