

# 不同种类高膳食油脂对小鼠血脂、肝脂及尿酸的影响

周慧娟<sup>1,2</sup>, 刘水平<sup>1,2</sup>, 易想炼<sup>1</sup>, 肖海思<sup>1,2</sup>, 曾禹<sup>1,2</sup>, 严思思<sup>1,2</sup>, 王吉<sup>1,3</sup>, 文利新<sup>1,2</sup>

(1. 湖南农业大学动物医学院, 湖南长沙 410128) (2. 湖南畜禽安全生产协同创新中心, 湖南长沙 410128)  
(3. 湖南长沙绿叶生物科技有限公司, 湖南长沙 410128)

**摘要:** 为了探讨猪油、植物油及其调和油对血脂、肝脂及血尿酸的影响, 评估其对特殊人群的健康潜在风险, 本研究以小鼠为模型, 模拟居民用油习惯, 将 50 只 8 周龄雄性 C57BL/6J 小鼠随机均分为葵花籽油组 (SSO)、豆油组 (SO)、猪油组 (LO)、葵花籽油与猪油调和油组 (SSO-L)、豆油与猪油调和油组 (SO-L) 5 组, 模拟我国部分人群 (5%~10%) 日均烹调油脂高摄入水平 (95 g/d), 每日日粮中分别添加 10.5% 的不同油脂, 饲养 8 周后采集血液和肝脏组织, 检测血清和肝脏指标。结果显示, 相比于其他各组, LO 组在体脂和血脂方面都有显著或极显著升高 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ )。而 SSO-L 组和 SO-L 组在肝脂方面显著高于对应的 SSO 组和 SO 组 ( $p < 0.05$ )。同时, SSO-L 组和 SO-L 组的 SUA 和肝脏 XOD 水平都显著高于 LO 组 ( $p < 0.05$ )。表明在 95 g/d 的膳食油脂摄入水平下, 猪油会极大增加肥胖和患脂肪肝病的风险。葵花籽油与猪油调和油和豆油与猪油调和油也会通过升高尿酸水平来增大痛风和脂肪肝的患病风险。此外, 长期以该水平摄入这两种调和油对肝脏功能也有明显损伤。在该摄入水平下, 豆油为较优选择。

**关键词:** 猪油; 葵花籽油; 豆油; 调和油; 血脂; 尿酸

文章编号: 1673-9078(2018)05-8-13

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.05.002

## Effects of Different Kinds of High Dietary Oil on the Blood Lipid, Liver Fat and Uric Acid in Mice

ZHOU Hui-juan<sup>1,2</sup>, LIU Shui-ping<sup>1,2</sup>, YI Xiang-lian<sup>1</sup>, XIAO Hai-si<sup>1,2</sup>, ZENG Yu<sup>1,2</sup>, YAN Si-si<sup>1,2</sup>, WANG Ji<sup>1,3</sup>,  
WEN Li-xin<sup>1,2</sup>

(1.College of Veterinary Medicine, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)(2.Hunan Synthetic Innovation Center for Livestock Production Safety, Changsha 410128, China)(3.Hunan Changsha Green Leaf Biotechnology Co., Ltd. Changsha 410128, China)

**Abstract:** In order to investigate the effect of lard oil, vegetable oil and their blend oil on the blood lipid, liver fat and blood uric acid, in addition to assess the potential health risks for a particular population, the mice were used as a model to simulate the dietary habits of residents. Fifty of 8 weeks old male C57BL/6J mice were randomly divided into 5 groups as follows: sunflower seed oil group (SSO), soybean oil group (SO), lard oil group (LO), blend oil of lard and sunflower seed oil (SSO-L), blend oil of lard and soybean oil group (SO-L group), respectively. They were fed with 10.5% of different oils for simulating high daily average cooking oil intake (95 g/d) in the part of Chinese people (5%~10%). After 8 weeks, the blood and liver tissues were collected to measure serum and liver indexes. The results showed that compared with other groups, LO significantly increased the body fat rate and blood lipid levels ( $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ ). SSO-L and SO-L significantly increased the liver fat compared with the corresponding SSO and SO, respectively ( $p < 0.05$ ). At the same time, SUA and hepatic XOD levels in SSO-L and SO-L groups were significantly higher than those in LO group ( $p < 0.05$ ). The result suggested that the lard oil could greatly increase the risk of obesity and fatty liver disease at a dietary oil intake of 95 g/d. The blend oil of lard and sunflower seed oil or soybean oil could also increase the risk of gout and fatty liver disease by raising the level of uric acid. In addition, the long-term intake of these two kinds of blend oil at this level also had obvious damage to the liver function. At this level of intake, soybean oil was a better choice.

**Key words:** lard; sunflower seed oil; soybean oil; blended oil; blood lipid; uric acid

收稿日期: 2018-01-01

基金项目: 湖南省创新创业技术投资项目“低胆固醇无抗安全猪肉产业化关键技术集成创新与示范”(湘科发〔2017〕159号, 项目编号: 2017GK5009)

作者简介: 周慧娟 (1994-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 营养代谢和动物保健; 通讯作者: 文利新, 教授, 博士生导师, 研究方向: 营养代谢和动物保健

高脂膳食易致肥胖,并引发相关的心血管疾病、糖尿病和脂肪肝等代谢紊乱性疾病。中国营养学会建议油脂摄入量 25~30 g/d,脂肪供能比例不超过 30%<sup>[1]</sup>,但我国城乡居民人均的油脂实际摄入已高达 42.1 g/d,超量 1/3。随着人们饮食习惯的改变,全世界非酒精性脂肪肝病(nonalcoholic fatty liver disease, NAFLD)发病率不断上升,根据调查,其在西方国家发病率为 20%~30%,亚洲国家为 15%<sup>[2]</sup>。世界卫生组织建议的每日烹调油摄入量为 25~30 g,而根据中国营养学会的调查统计数据,我国居民烹调油脂的摄入量为平均每天 42 g,城市居民每日烹调油摄入量为 50 g,有 5%~10%的居民日烹调油摄入量甚至高达 95 g<sup>[3]</sup>,远高于世界卫生组织的推荐量。

本课题小组前期研究发现,对于不同的食用油脂,在世界卫生组织推荐油脂摄入量条件下,相比于单一油脂,将玉米油与猪油搭配食用能显著减轻机体氧化损伤<sup>[4]</sup>。虽然油脂摄入过量会增加肥胖和脂肪肝的风险,但不摄入食用油脂也会造成一定程度的肝功能损伤<sup>[5]</sup>。

而在我国居民实际摄入量(42.1 g/d)条件下,与单一油脂相比,将植物油与猪油搭配后也有助于降低体重和血脂<sup>[6]</sup>,减少脂肪细胞内的脂质积累和肝脏脂质沉积,具有极显著抗肥胖功能<sup>[7]</sup>;但大豆油和猪油的调和油相比于其他调和油,更易促进肥胖和损伤肾功能<sup>[8]</sup>。

目前,我国城市居民烹调用油量还在持续增加,其中 5~10%的特殊人群日均油脂摄入量高达 95 g,对其健康长期的影响和潜在风险研究很少。因此,本研究以 SPF 级 C57BL/6J 雄性小鼠作为模型,研究高脂膳食(95 g/d)的长期用油习惯对机体血脂、肝脂和尿酸的影响,旨在前瞻性评估高脂膳食对健康的影响和潜在风险,为健康合理用油提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验动物

8 周龄 SPF 级雄性 C57BL/6 小鼠,购于湖南斯莱克景达实验动物有限公司,实验动物许可证号为 SCXK(湘)2016-0002。

### 1.2 实验材料

#### 1.2.1 实验原料与试剂

大豆油和葵花籽油购于中粮粮油工业有限公司;猪油由购自市场的猪板油炼制。

总胆固醇(TC)检测试剂盒、甘油三酯(TG)

检测试剂盒、游离脂肪酸(FFA)检测试剂盒、谷丙转氨酶(ALT)检测试剂盒、谷草转氨酶(AST)检测试剂盒、尿酸(UA)检测试剂盒购于深圳迈瑞公司;总胆固醇(TC)测定试剂盒、甘油三酯(TG)测定试剂盒、黄嘌呤氧化酶(XOD)测定试剂盒、HMG-CoA 还原酶测定试剂盒、FAS 测定试剂盒购于南京建成生物工程研究所;苏木精-伊红(H&E)染色液购于武汉谷歌生物公司。

#### 1.2.2 仪器与设备

电子天平购于日本岛津有限公司;BS190 全自动生化分析仪购于深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司;Infinite M200 Pro 全波长酶标仪购于奥地利 TECAN 公司。CX41 光学显微镜购于日本 Olympus 有限公司。

## 1.3 试验方法

### 1.3.1 动物实验设计

选取 8 w 龄 SPF 级雄性 C57BL/6J 小鼠 50 只,进行 1 周的适应性喂养后,随机分为 5 组,每组 10 只,参考 GB 14924.3-2010 实验小鼠营养需求配制基础日粮,根据膳食油脂供能比,将我国少部分(5%~10%)居民日均烹调油脂摄入量(95 g)分别折算为小鼠日粮中 10.5%的总油脂添加量。实验分为 5 组,分别为葵花籽油组(SSO)、豆油组(SO)、猪油组(LO)、葵花籽油与猪油调和油组(SSO-L)、豆油与猪油调和油组(SO-L),日粮配制具体方案如表 1 所示。饲养过程中不限制饮食,温度维持在 24 ℃左右,每日 12 h 光照。第 56 d 禁食不禁水 12 h,称重,眼球取血,断颈处死,采集附睾脂肪、肾周脂肪和肠系膜脂肪,采集肝脏,进行指标检测。

表 1 饲料组成

Table 1 Composition of fodder

原料	组别				
	SSO	SO	LO	SSO-L	SO-L
玉米粉	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
小麦麸	28	28	28	28	28
大豆饼粕	18	18	18	18	18
鱼粉	10	10	10	10	10
啤酒酵母	2	2	2	2	2
预混料	4	4	4	4	4
葵花籽油	10.5	0	0	5.77	0
大豆油	0	10.5	0	0	5.77
猪油	0	0	10.5	4.73	4.73

注:上表单位为%

### 1.3.2 体脂率和肝脂数的计算

按照公式：体脂率=(附睾脂肪+肾周脂肪+肠系膜脂肪)(g)/体重(100 g)。肝脂数=肝脏重量(g)/体重(g)。

### 1.3.3 指标的检测

小鼠血清采集后于 4 °C 静置 2 h, 3000 r/min 离心 10 min, 收集血清进行检测。肝脏采集后匀浆, 检测过程严格按照试剂盒说明书操作。

### 1.3.4 脂肪组织切片制作

取附睾脂肪固定于 4%中性甲醛, 经常规石蜡包埋, 切片后, 进行染色处理, 包括脱蜡、染色、脱水、透明、封片, 最后用 CX41 光学显微镜进行镜检。

### 1.3.5 数据处理

运用 SPSS 17.0 软件进行均值单因素比较, 分析后取数据平均值±标准误 (x±SEM)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同种类高膳食油脂对体脂的影响

由表 2 和图 1 可见, LO 组的体重和体脂率都分别显著和极显著高于两种单一油脂组 ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ), SO-L 组的体重也显著高于 SO 组 ( $p<0.05$ )。同时 LO 组的脂肪细胞横截面积显著高于 SSO-L 组 ( $p<0.05$ ), 极显著高于其他三组 ( $p<0.01$ )。说明在该油脂摄入水平下, 对于增重作用, 猪油要显著高于

豆油、葵花籽油和其两种调和油, 而豆油与猪油的调和油要高于豆油。

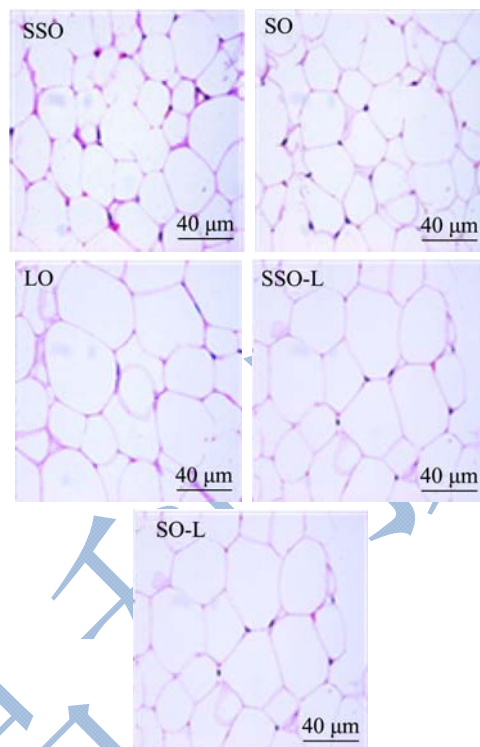


图 1 不同种类高膳食油脂对脂肪细胞横截面积的影响

Fig.1 Effects of different kinds of high dietary oils on the cross-sectional area of adipocytes in mice

表 2 不同种类高膳食油脂对体脂的影响

Table 2 Effects of different kinds of high dietary oils on the body fat in mice

项目	组别				
	SSO	SO	LO	SSO-L	SO-L
初体重/g	20.75±0.40	20.53±0.34	21.03±0.26	20.26±0.19	20.49±0.13
末体重/g	29.03±0.89*	26.05±0.68*	31.59±0.83	30.78±0.76	30.27±0.52 <sup>##</sup>
体脂率/(g/100 g BW)	3.00±0.45**	2.16±0.37**	5.15±0.47	4.62±0.53 <sup>#</sup>	3.77±0.45* <sup>#</sup>
脂肪细胞横截面积/μm <sup>2</sup>	1067.87±86.47**	1049.49±75.83**	1582.11±114.64	1217.03±128.16*	1126.38±85.68**

注: 与猪油组比较, \*表示  $p<0.05$ , \*\*表示  $p<0.01$ ; 调和油组与相对应的单一植物油组比较, #表示  $p<0.05$ , ##表示  $p<0.01$ 。下表同。

### 2.2 不同种类高膳食油脂对血脂的影响

由表 3 可见, 与 LO 组相比于其他各组, 血清 TC、TG 和 FFA 水平均有极显著升高 ( $p<0.01$ ), 相比于 SSO-L 组, 血清 TC 水平显著升高 ( $p<0.05$ )。说明在该油脂摄入水平下, 猪油对血脂的升高作用最明显。尹彩娜等<sup>[9]</sup>研究显示, 猪油由于富含 SFA, 其摄入会使机体内自由基积累而造成氧化应激, 升高脂质过氧化物含量, 从而导致血脂水平升高。且猪油中 n-6/n-3 PUFA 比值很高, 杨立刚等<sup>[10]</sup>研究表明, 低 n-6/n-3 PUFA 比值膳食可能通过降低 FFA 增高诱导的氧化应激水平来改善高脂饮食引起的脂代谢紊乱状态; 葵花

籽油中不饱和脂肪酸含量丰富, 报告显示其中亚油酸含量为 62.2%<sup>[11]</sup>, 亚油酸为多不饱和脂肪酸, 有研究发现, 膳食油脂中 MUFA 含量高能相对减轻体重<sup>[12]</sup>并增强机体的抗氧化能力<sup>[13]</sup>。富含大豆蛋白和异黄酮的豆油也能在一定程度上降低 TC 和 TG 水平<sup>[14]</sup>。此外, SO-L 组血清 TC 水平极显著高于 SO 组 ( $p<0.01$ ), SSO-L 组血清 TG 和 FFA 水平极显著高于 SSO 组 ( $p<0.01$ )。说明调和油相比于其对应的单一植物油, 血脂水平也有所升高。而王吉等<sup>[4-6]</sup>的研究表明, 在理想和实际油脂摄入量条件下, 相比于单一油脂, 植物油与猪油的调和油能减低机体的氧化损伤和总胆固醇水平。这与本试验结果不符, 这可能是由于在该油脂

摄入水平下, 调和油中的猪油摄入量也增加, 从而对机体的体脂和血脂产生了不利影响。

表 3 不同种类高膳食油脂对血脂的影响

Table 3 Effects of different kinds of high dietary oils on the blood lipid levels in mice

项目	组别				
	SSO	SO	LO	SSO-L	SO-L
TC/(mmol/L)	2.47±0.18**	1.92±0.16**	3.28±0.13	2.76±0.16*	2.69±0.09** <sup>##</sup>
TG/(mmol/L)	0.50±0.03**	0.49±0.03**	1.16±0.05	0.81±0.06** <sup>##</sup>	0.57±0.06**
FFA/(mmol/L)	0.65±0.06**	0.63±0.05**	1.63±0.06	1.11±0.07** <sup>##</sup>	0.77±0.09**

### 2.3 不同种类高膳食油脂对肝脂的影响

五种不同种类高水平膳食油脂对肝脏脂肪沉积的影响, 结果见表 4。LO 组肝指数和肝脏 TG 含量都极显著高于 SSO 组和 SO 组 ( $p<0.01$ ), 肝指数显著高于 SSO-L 组 ( $p<0.05$ ), TG 含量分别显著和极显著高于 SO-L 组和 SSO-L 组 ( $p<0.01$ ,  $p<0.05$ ); 同时, 肝脏 TC 水平显著高于 SO 组 ( $p<0.05$ ), HMG-CoA 含量极显著高于 SO 组 ( $p<0.01$ )。说明相比于其他油脂, 猪油长期摄入过量会使血清中 FFA 含量升高, 导致肝脏 TG 沉积过多, 从而大大增加患脂肪肝的风险, 这与卜文婕<sup>[15]</sup>的研究结果相似。非酒精性脂肪肝是代谢综合征在肝脏的表现形式, 其特征为肝脏脂质沉积<sup>[16]</sup>。随着生活水平的提高和饮食习惯的改变, 其发病率不断增加, 已成为最常见的肝脏疾病之一<sup>[17]</sup>。FFA 是肝脏脂肪合成的重要原料, 其可以作为评估非酒精脂肪

肝病情的一个重要指标<sup>[18]</sup>。

此外, 两种调和油的肝指数和 FAS 含量分别显著和极显著高于对应的单一植物油和猪油组 ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ); SO-L 组肝脏 TC 和 HMG-CoA 水平分别显著和极显著高于 SO 组 ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ )。HMG-CoA 还原酶是肝细胞胆固醇合成的限速酶。

说明在该食用油摄入水平下, 调和油相比于单一植物油, 会增大患脂肪肝的风险, 这与之前的研究结果<sup>[6]</sup>不一致。FAS 是固醇调节元件结合蛋白 (SREBP-1c) 和碳水化合物反应元件结合蛋白 (ChREBP) 的下游靶基因, 他们是调节肝脏脂质合成的关键蛋白<sup>[19]</sup>, 调和油摄入过量可能会使 SREBP-1c 和/或 ChREBP 表达增加, 从而使脂质从头合成增加。所以, 调和油有可能通过增加肝脏脂质从头合成而增加脂肪肝的患病风险, 但其具体影响机制还需进一步研究。

表 4 不同种类高膳食油脂对肝脂的影响

Table 4 Effects of different kinds of high dietary oils on the liver fat in mice

项目	组别				
	SSO	SO	LO	SSO-L	SO-L
肝指数 LI/(g/g)	0.0385±0.0008**	0.0376±0.0012**	0.0452±0.0011	0.0418±0.0010* <sup>#</sup>	0.0437±0.0008 <sup>##</sup>
TC/(mmol/g)	0.049±0.003	0.046±0.003*	0.056±0.002	0.055±0.003	0.055±0.004 <sup>#</sup>
TG/(mmol/g)	0.139±0.031**	0.115±0.023**	0.287±0.025	0.152±0.035**	0.176±0.033*
HMG-CoA/(ng/mL)	14.32±1.24	11.63±0.53**	15.40±1.04	16.50±0.84	16.85±0.81 <sup>##</sup>
FAS/(pg/mL)	8.80±1.49	8.13±1.45	9.86±1.41	14.31±1.37* <sup>#</sup>	17.20±1.22** <sup>##</sup>

### 2.4 不同种类高膳食油脂对肝功能和尿酸的影响

不同种类高水平食用油脂对小鼠肝功能和尿酸的影响, 结果见表 5。SSO-L 组和 SO-L 组的 SUA 和 XOD 水平都显著高于 LO 组 ( $p<0.05$ )。SO-L 组的 ALT 水平也极显著高于 LO 组和 SO 组 ( $p<0.01$ ), AST 水平显著高于 SO 组 ( $p<0.05$ ); SSO-L 相比于 SSO 组也有相同的趋势, 但无差异显著性 ( $p>0.05$ )。这与冯春红<sup>[20]</sup>的研究结果不一致。尿酸是动物体内产生的内源性嘌呤代谢终产物, 主要在肝脏中 XOD 的催化下

生成。XOD 是嘌呤代谢中的关键酶, 其分布的主要部位是肝脏和小肠, 其在高尿酸血症的形成中有重要作用<sup>[21]</sup>。焉翠蔚等<sup>[22]</sup>研究发现, 在高尿酸血症小鼠体内加入 XOD 抑制剂, 则可以通过降低肝脏 XOD 活力从而降低血清尿酸水平。Dessein P 等<sup>[23]</sup>的研究表明, 增加 PUFA、减少 SFA 的摄入比例有助于降低 SUA 水平。宋春蕾<sup>[24]</sup>的研究显示, 补充摄入 n-3 PUFA 也能降低大鼠 SUA 水平。

而本研究的各油脂中, 猪油所含 SFA 的比例最高, 调和油的 n-3 PUFA 比例也高于猪油, 故推测调和油组 SUA 水平的显著升高不是由于油脂中脂肪酸比例不同造成的, 但其具体原因仍需进一步研究。高

尿酸血症与非酒精性脂肪肝关系密切。有研究显示,高尿酸血症是非酒精性脂肪肝发展进程中的高危因素<sup>[25]</sup>,且其影响的分子机制与 XOD 有关<sup>[26]</sup>。此外,有文献报道尿酸有激活 SREBP-1c 和促进 ChREBP 表达的作用<sup>[27,28]</sup>。说明调和油摄入过量会通过增加肝脏

XOD 活力使 SUA 水平升高从而增加患高尿酸血症的危险,同时,调和油也有可能通过增加 SUA 水平而促进肝脏 SREBP-1c 或 ChREBP 的表达,使肝脏脂质沉积增多,进一步增加患脂肪肝病的风险。但其具体机制需进一步试验证明。

表 5 不同种类高膳食油脂对肝功能和尿酸的影响

Table 5 Effects of different kinds of high dietary oils on the liver function and uric acid in mice

项目	组别				
	SSO	SO	LO	SSO-L	SO-L
ALT/(IU/l)	54.09±7.45	52.99±5.98	52.73±6.55	70.98±6.95	98.93±11.79** <sup>##</sup>
AST/(IU/l)	138.48±11.45	128.25±7.68	149.20±15.65	162.89±8.45	178.53±27.21 <sup>#</sup>
SUA/(μmol/L)	202.58±13.27	196.53±11.50	197.58±15.62	250.14±24.17*	255.29±23.26** <sup>##</sup>
XOD/(U/g)	10.02±1.30	10.21±1.16	9.12±1.08	12.88±1.14*	14.15±0.86* <sup>#</sup>

### 3 结论

在日常烹调摄入量高达 95 g 条件下,猪油会极大增加肥胖和患脂肪肝病的风险。葵花籽油与猪油调和油和豆油与猪油调和油也会通过升高尿酸水平来增大痛风和脂肪肝的患病风险。此外,长期以该水平摄入这两种调和油对肝脏功能也有明显损伤。在 95 g/d 的膳食油脂摄入量下,豆油相对其他几种油脂为最优选择,其次是葵花籽油。

### 参考文献

- 中国营养学会.中国居民膳食营养素参考摄入量[J].营养学报,2001,23(3):193-196  
Chinese Nutrition Society. Chinese dietary reference intakes [J]. ACTA Nutrimenta SINICA, 2001, 23(3): 193-196
- Bellentani S, Scaglioni F, Marino M, et al. Epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease [J]. Dig Dis., 2014, 28: 155-161
- 中国居民膳食指南(2016)[M].北京:人民卫生出版社,2016  
Dietary guidelines for Chinese residents(2016)[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016
- 王吉,刘必英,严思思,等.玉米油与猪油复合油对小鼠血液生化指标及肝脏抗氧化能力的影响[J].中兽医杂志,2016,35(5):16-20  
WANG Ji, LIU Bi-ying, YAN Si-si, et al. Effects of corn oil mixed with lard on blood lipid, glucose and liver antioxidant capacity in mice [J]. Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine, 2016, 35(5): 16-20
- 王吉,严思思,谢文,等.玉米油与猪油 1:1 调和油对小鼠血脂、肝功能及肝脏抗氧化能力的影响[J].食品科学,2017,38(5):257-261  
WANG Ji, YAN Si-si, XIE Wen, et al. Effect of dietary blend

of corn oil and lard at a ratio of 1:1 on blood lipid, liver function and liver antioxidant capacity in mice [J]. Food Science, 2017, 38(5): 257-261

- 王吉,谢文,严思思,等.植物油与猪油的 1:1 调和油对小鼠血脂及肝脏脂质代谢的影响[J].中国油脂,2016,41(9):59-64  
WANG Ji, XIE Wen, YAN Si-si, et al. Effects of vegetable oils blended with lard in mass ratios of 1:1 on blood lipid and hepatic lipid metabolism of mice [J]. China Oils and Fats, 2016, 41(9): 59-64
- Ji Wang, Sisi Yan, Haisi Xiao, et al. Anti-obesity effect of a traditional Chinese dietary habit-blending lard with vegetable oil while cooking [J]. Sci Rep., 2017, 7(1): 14689
- 严思思,刘水平,肖海思,等.植物油与猪油的调和油对小鼠血脂和肾功能的影响[J].中国油脂,2017,42(10):80-83  
YAN Si-si, LIU Shui-ping, XIAO Hai-si, et al. Effect of vegetable oil and lard blend oil on blood lipid and renal function of mice [J]. China Oils and Fats, 2017, 42(10): 80-83
- 尹彩娜,施用晖,王艳艳,等.猪油与椰子油对小鼠抗氧化能力及血脂代谢的影响[J].营养学报,2008,30(5):462-465,469  
YIN Cai-na, SHI Yong-hui, WANG Yan-yan, et al. Effect of lard and coconut oil on the antioxidation capability and blood lipid metabolism of mice [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2008, 30(5): 462-465, 469
- 杨立刚,宋志秀,曹卫鑫,等.不同 n-6/n-3 脂肪酸构成对小鼠心血管疾病危险因素的影响[J].卫生研究,2016, 45(3):436-441  
YANG Li-gang, SONG Zhi-xiu, CAO Wei-xin, et al. Effects of diets with different n-6/n-3 fatty acids on cardiovascular risk factors in mice fed high-fat diest [J]. Journal of Hygiene Research, 2016, 45(3): 436-441
- 王瑞元.葵花籽油是中国的优质食用油源[J].粮食与食品工

- 业,2015,22(6):1-3
- WANG Rui-yuan. Sunflower seed oil is a high quality edible oil source in China [J]. *Cereal and Food Industry*, 2015, 22(6): 1-3
- [12] Sarkkinen E S, Schwab U, Niskanen L, et al. The effects of monounsaturated-fat enriched diet and polyunsaturated-fat enriched diet on lipid and glucose metabolism in subjects with impaired glucose tolerance [J]. *Eur. J Clin. Nutr.*, 1996, 50(9): 592-598
- [13] Fung T T, Rexrode K M, Mantzoros C S, et al. Mediterranean diet and incidence and mortality of coronary heart disease and stroke in women [J]. *Circulation*, 2009, 119(8): 1093-1100
- [14] Anderson J W, Johnstone B M, Cook-Newell M E. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids [J]. *N Engl. J Med.*, 1995, 333(5): 276-282
- [15] 卜文婕,朱建梁,李艳,等.不同食用油脂对大鼠血脂代谢及脂肪肝的影响[J]. *食品工业科技*,2014,35(11):337-340
- BU Wen-jie, ZHU Jian-liang, LI Yan, et al. Effect of different oil on lipid metabolism and hepatic steatosis in rats [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(11): 337-340
- [16] 史丽娟,宋光耀.非酒精性脂肪肝中肝脂沉积的机制研究进展[J]. *生理科学进展*,2013,44(6):415-419
- SHI Li-juan, SONG Guang-yao. Progress in research of the mechanisms related with the hepatic steatosis in the nonalcoholic fatty liver disease [J]. *Progress in Physiological Sciences*, 2013, 44(6): 415-419
- [17] Vernon G, Baranova A, Younossi ZM. Systematic review: the epidemiology and natural history of non-alcoholic fatty liver disease and non-alcoholic steatohepatitis in adults [J]. *Aliment Pharmacol Ther.*, 2011, 34: 274-285
- [18] 霍丽梅,宋光耀.脂联素与非酒精性脂肪性肝病关系的研究进展[J]. *河北医药*,2012,34(24):3800-3801
- HUO Li-mei, SONG Guang-yao. Research progress on the relationship between adiponectin and nonalcoholic fatty liver disease [J]. *Hebei Medical Journal*, 2012, 34(24): 3800-3801
- [19] Koo H Y, Miyashita M, Cho B H, et al. Replacing dietary glucose with fructose increases ChREBP activity and SREBP-1 protein in rat liver nucleus [J]. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 2009, 390: 285-289
- [20] 冯春红.四种油脂组合对小鼠肝脏抗氧化能力和肾功能的影响[D].长沙:湖南农业大学,2015
- FENG Chun-hong. The effects of four grease composition on the liver antioxidant capacity and renal function in mice [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2015
- [21] 孔悦,张冰,刘小青,等.黄嘌呤氧化酶活性在高尿酸血症动物模型中的变化[J]. *北京中医药大学学报*,2004,27(6):38-40
- KONG Yue, ZHANG Bing, LIU Xiao-qing, et al. Changes in the activity of xanthine oxidase in the quail model of hyperuricemia [J]. *Journal of Beijing University of TCM*, 2004, 27(6): 38-40
- [22] 焉翠蔚,李晶,姜柳,等.海带多糖对黄嘌呤氧化酶的抑制作用及对小鼠高尿酸血症的调节[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*,2015,45(10):50-55
- YAN Cui-wei, LI Jing, JIANG Liu, et al. Inhibitory effects on xanthine oxidase activity and regulation on hyperuricemia in mice of *Laminaria japonica* polysaccharides [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2015, 45(10): 50-55
- [23] Dessein P, Shipton E, Stanwix A, et al. Beneficial effects of weight loss associated with moderate calorie/carbohydrate restriction, and increased proportional intake of protein and unsaturated fat on serum urate and lipoprotein levels in gout: a pilot study [J]. *Ann Rheum Dis.*, 2000, 59(7): 539-543
- [24] 宋春蕾.n-3 脂肪酸对 PM2.5 暴露的 T2DM 大鼠部分代谢指标的影响[D].郑州:郑州大学,2017
- [25] 郭宏,周晓燕,王雪,等.高尿酸血症对非酒精性脂肪肝肝损害程度的影响[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*,2012,6(11): 2974-2978
- GUO Hong, ZHOU Xiao-yan, WANG Xue, et al. The effect of hyperuricemia on severity of nonalcoholic fatty liver disease [J]. *Chin. J Clinicians*, 2012, 6(11): 2974-2978
- [26] 展鹏,刘涛,刘新泳.以黄嘌呤氧化酶为靶点的新型非嘌呤类抗痛风及高尿酸血症药物研究进展[J]. *中国药物化学杂志*,2012,22(5):403-415
- ZHAN Peng, LIU Tao, LIU Xin-yong. Recent and advances in novel non-purine selective inhibitors of xanthine oxidase for the treatment of hyperuricemia and gout [J]. *Chinese Journal of Medicinal Chemistry*, 2012, 22(5): 403-415
- [27] Choi Y J, Shin H S, Choi H S, et al. Uric acid induces fat accumulation via generation of endoplasmic reticulum stress and SREBP-1c activation in hepatocytes [J]. *Laboratory Investigation*, 2014, 94(10): 1114-1125
- [28] Lanasa MA, Sanchez-Lozada L G, Cicerchi C, et al. Uric acid stimulates fructokinase and accelerates fructose metabolism in the development of fatty liver [J]. *PloS One*, 2012, 7(10): e47948