

# 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

王吉<sup>1,2</sup>, 严思思<sup>1,2</sup>, 谢文<sup>1,2</sup>, 周慧娟<sup>1,2</sup>, 黄海滨<sup>1,2</sup>, 刘必英<sup>1,2</sup>, 冯春红<sup>1</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)

**摘要:**目的: 模拟中国人饮食习惯, 以小鼠为实验对象, 探讨不同玉米油与猪油1:1调和油(后称为调和油)摄入量对其血脂含量、肝功能以及肝脏抗氧化能力的影响。方法: 将24只8周龄雄性昆明小鼠随机平均分为空白组、推荐摄入量组和实际摄入量组, 每组分别在基础日粮中添加0%、3.8%和6.5%(质量分数)的调和油, 饲喂8周后称小鼠体质量, 解剖, 取外周血清检测血脂和肝功能指标, 取完整肝脏测量肝指数、进行组织形态观测和组织切片镜检, 对肝脏进行组织匀浆检测氧化损伤指标。结果: 小鼠的肝指数与饲料中所添加的调和油剂量呈正相关, 空白组小鼠肝脏碱性磷酸酶、谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性均明显高于摄入油脂组, 推荐摄入量组的小鼠肝脏总抗氧化能力显著高于空白组和实际摄入量组, 空白组的肝脏氧化损伤程度显著高于推荐摄入量组和实际摄入量组。结论: 不食用油脂对小鼠肝功能有一定的影响; 推荐摄入量的玉米油与猪油1:1调和油能提高小鼠肝脏抗氧化能力, 降低氧化损伤。

**关键词:** 玉米油; 猪油; 调和油; 血脂; 肝功能; 抗氧化

## 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

WANG Ji<sup>1,2</sup>, YAN Sisi<sup>1,2</sup>, XIE Wen<sup>1,2</sup>, ZHOU Huijuan<sup>1,2</sup>, HUANG Haibin<sup>1,2</sup>, LIU Biying<sup>1,2</sup>, FENG Chunhong<sup>1</sup>, WEN Lixin<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)

**Abstract:** Objective: To explore the 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 by simulating Chinese dietary habits. Methods: A total of 24 eight-week male SPF Kunming mice were randomly divided into blank, recommended intake and actual intake groups, which were fed a basal diet supplemented with 0%, 3.8%, and 6.5% of the oil blend, respectively. After 8 weeks, body weight was measured, and peripheral blood was collected for determining serum lipids and liver function indices. The intact liver tissue was collected for the calculation of liver index and morphological and histological examination under microscope. Moreover, liver homogenate was prepared for evaluation of oxidative stress. Results: The liver index in mice was positively correlated with the dietary amount of the oil blend. Alanine transaminase (ALT), aspartate transaminase (AST) and alkaline phosphatase (ALP) activities in mice from the blank group were significantly higher than those in mice from the recommended intake and actual intake groups. However, total antioxidant capacity in the liver of mice from the recommended intake group was significantly higher than in mice from the blank and actual intake groups. Oxidative liver injury in mice from the blank group was significantly greater than in mice from the two other groups. Conclusion: Insufficient dietary oil has a negative effect on liver function in mice. The recommended intake of corn oil/lard blend at 1:1 can enhance liver antioxidant capacity in mice and reduce oxidative damage.

**Key words:** corn oil; lard; oil blend; blood lipid; liver function; antioxidant

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201705042

中图分类号: S879.6

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2017)05-0257-05

收稿日期: 2016-03-02

作者简介: 王吉(1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为营养代谢和动物保健。E-mail: 653861001@qq.com

\*通信作者: 文利新(1968—), 男, 教授, 博士, 研究方向为营养代谢和动物保健。E-mail: sfwlx8015@sina.com

引文格式:

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. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201705042. <http://www.spkx.net.cn>

WANG Ji, YAN Sisi, 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. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201705042. <http://www.spkx.net.cn>

近年中国肥胖、糖尿病、高血压等慢病人群数量迅速上升, 其主要原因与膳食中油脂摄入过量和摄入不平衡有密切关系。目前, 中国人在摄入油脂营养的现状是多且不平衡, 实际油脂平均摄入量达每天41.4 g, 超过推荐摄入量的1/3; 其中, 植物油32.7 g、动物油8.7 g<sup>[1]</sup>, 根据世界卫生组织和中国营养学会的建议, 膳食总脂肪供能比例不超过30% (除了食物所含脂肪外, 每天摄入的油脂量25~30 g), 且饱和脂肪酸 (saturated fatty acid, SFA)、单不饱和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid, MUFA) 和多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 三者构成的最佳质量分数比例为1:1:1<sup>[2]</sup>。但天然的单一油脂不论是植物油还是动物油, 都不具有上述完美比例, 市场上所售调和油均以多种植物油调和为主, 脂肪酸构成也难以达到平衡。中国人传统饮食习惯是将猪油和植物油搭配食用, 不仅口感好, 烹饪时少用1/3油, 且两者搭配后, 脂肪酸构成趋近1:1:1。

国内外对植物油与猪油调和油的相关研究和报道尚不多见, 本研究模拟中国人饮食习惯, 以小鼠为实验对象, 探讨了不同玉米油与猪油的1:1调和油 (后称调和油) 摄入量对其血脂含量、肝功能以及肝脏抗氧化能力的影响, 为人们日常便捷地调制健康且口感更佳的食物调和油提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 动物、材料与试剂

8周龄SPF级雄性昆明小鼠, 购自湖南斯莱克景达实验动物有限公司。

玉米油购自山东西王食品有限公司; 猪油购自湖南烟村生态农牧科技股份有限公司。

碱性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP) 检测试剂盒、谷丙转氨酶 (alanine transaminase, ALT) 检测试剂盒、谷草转氨酶 (aspartate transaminase, AST) 检测试剂盒、直接胆红素 (direct bilirubin, DBIL) 检测试剂盒 深圳迈瑞公司; 脂质谷胱甘肽过氧化物酶 (glutathione peroxidase, GSH-Px) 活性试剂盒、脂质过氧化物丙二醛 (malonyldialdehyde, MDA) 试剂盒和总抗氧化能力 (total antioxidation,

T-AOC) 试剂盒 南京建成生物有限公司; 无水乙醇 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) 中国上海振兴化工一厂; 伊红Y (C<sub>20</sub>H<sub>18</sub>Br<sub>4</sub>O<sub>5</sub>) 上海三爱司试剂公司; 苏木精、二甲苯 (C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>) 中国医药集团上海化学试剂公司。

### 1.2 仪器与设备

BS190生化分析仪 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司; U410冰箱 Eppendorf中国有限公司; Infinite M200 Pr全波长酶标仪 奥地利帝肯公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 动物分组与饲喂

选取8周龄SPF级雄性昆明小鼠24只, 随机分为3组, 每组8只, 适应性喂养1周后, 参考GB 14924.3—2010《实验动物配合饲料营养成分》, 按照实验小鼠营养需求配制基础日粮, 根据我国营养学会推荐成人每日油脂摄入量 (25 g) 和实际每日油脂摄入量 (42 g), 运用营养代谢换算公式折算成小鼠日粮中的2个油脂添加剂量, 即3.8%和6.5%。实验分3组, 分别为空白组、推荐摄入量组和实际摄入量组, 分别在基础日粮中添加剂量为0%、3.8%和6.5%的玉米油与猪油1:1调和油, 实验分组详见表1。适宜喂养环境中自由采食及饮水, 第56天禁食不禁水12 h, 称体质量, 摘除眼球取血, 断颈椎处死, 采集肝脏, 做组织病理学检查及血清指标检测。

表1 小鼠分组及饲料配方  
Table 1 Feed ingredients for different groups of mice

组别	玉米粉含量	小麦麸含量	豆粕含量	鱼粉含量	啤酒酵母含量	预混料含量	调和油剂量
空白组	55	15.5	15.5	8	2	4	0
推荐摄入量组	55	10.2	17.0	8	2	4	3.8
实际摄入量组	55	6.5	18.0	8	2	4	6.5

### 1.3.2 指标测定

#### 1.3.2.1 肝指数测定

小鼠解剖前称体质量, 解剖后取完整肝脏并称肝质量, 按照下式计算肝指数。

$$\text{肝指数} = \frac{\text{肝质量/g}}{\text{体质量/g}}$$

### 1.3.2.2 肝脏组织解剖病理学观察及病理切片制作

取小鼠完整肝脏于自然光下观察其组织形态并拍照；称质量后取肝左叶于4%中性甲醛溶液中固定，进行常规石蜡包埋，5  $\mu\text{m}$ 切片，依次经脱蜡、染色、脱水、透明、封片后，置光学显微镜下进行镜检。

### 1.3.2.3 血脂检测

采集小鼠血液于4  $^{\circ}\text{C}$ 静置2 h后，3 000 r/min离心8 min，取血清，采用BS190全自动生化分析仪，检测血清中高密度脂蛋白胆固醇（high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C）、低密度脂蛋白胆固醇（low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C）、总胆固醇（total cholesterol, TC）和甘油三酯（triglyceride, TG）含量。

### 1.3.2.4 肝功能指标检测

采用BS190全自动血液生化分析仪检测小鼠血清中ALP、ALT和AST活性。

### 1.3.2.5 肝脏抗氧化指标检测

准确称取肝组织质量，按 $m$ （肝脏）： $V$ （生理盐水）=1:9加入生理盐水，用匀浆器在冰上研磨，制备成10%的肝组织匀浆，然后2 500~3 000 r/min离心10 min，去上清液后保存到新的离心管中，按试剂盒操作步骤分别检测肝组织匀浆中MDA含量、GSH-Px活性以及T-AOC。

## 1.4 数据处理

运用SPSS 17.0软件进行均值单因素比较，数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同调和油摄入量对小鼠血脂指标的影响

表2 不同调和油摄入量对小鼠血脂指标的影响  
Table 2 Effect of dietary oil blend on blood lipids of mice

组别	HDL-C含量	LDL-C含量	TC含量	TG含量
空白组	1.54 $\pm$ 0.20	0.25 $\pm$ 0.64	2.65 $\pm$ 0.44	1.42 $\pm$ 0.65
推荐摄入量组	2.25 $\pm$ 0.39**	0.36 $\pm$ 0.09**	3.90 $\pm$ 0.77**	2.03 $\pm$ 1.03
实际摄入量组	1.98 $\pm$ 0.39**	0.48 $\pm$ 0.10***	3.51 $\pm$ 0.84*	2.26 $\pm$ 0.71

注：\*、与空白组相比差异显著（ $P < 0.05$ ）；\*\*、与空白组相比差异极显著（ $P < 0.01$ ）；#、与推荐摄入量组相比差异显著（ $P < 0.05$ ）；###、与推荐摄入量组相比差异极显著（ $P < 0.01$ ）。下同。

由表2可知，同空白组相比，推荐摄入量组的HDL-C、LDL-C、TC含量，以及实际摄入量组的HDL-C、LDL-C含量均极显著上升（ $P < 0.01$ ），实际摄入量组TC含量相对空白组显著上升（ $P < 0.05$ ）；实际摄入量与推荐摄入量相比，LDL-C含量极显著上升（ $P < 0.01$ ）；各组间TG含量无显著性差异。表明推荐摄入量和实际摄入量的调和油均能明显升高小鼠血清中HDL-C、LDL-C和TC的含量，且LDL-C含量随调和油的摄入量增加而显著上升。

### 2.2 不同调和油摄入量对小鼠体质量及肝指数的影响

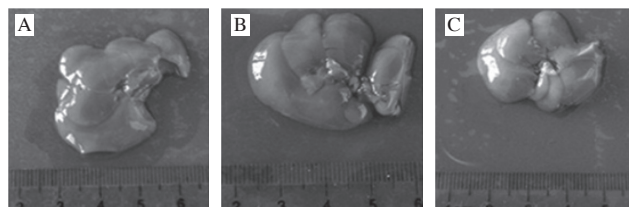
表3 不同调和油摄入量对小鼠体质量和肝指数的影响  
Table 3 Effect of dietary oil blend on body weight and liver index of mice

组别	初体质量/g	终体质量/g	肝指数
空白组	48.83 $\pm$ 3.27	50.81 $\pm$ 3.85	0.045 1 $\pm$ 0.004 6
推荐摄入量组	47.74 $\pm$ 4.11	52.00 $\pm$ 3.79	0.050 1 $\pm$ 0.004 3*
实际摄入量组	46.09 $\pm$ 2.77	51.04 $\pm$ 2.61	0.051 8 $\pm$ 0.004 2**

由表3可知，不同调和油摄入量对小鼠体质量无明显影响；推荐摄入量组的肝指数相对空白组显著上升（ $P < 0.05$ ），实际摄入量组的肝指数相对空白组极显著上升（ $P < 0.01$ ）；实际摄入量组与推荐摄入量组比较，无显著差异。由此可见小鼠的肝指数与其调和油摄入量呈正相关。

### 2.3 小鼠肝脏解剖学和组织病理学观察结果

解剖取完整肝脏眼观可见各组小鼠肝脏均色泽红润（图中未显示），大小适中，外形整齐，分页清晰，边缘锐利，未见肿大、淤血、褐斑等实质性损伤或病变（图1）。



A~C分别为空白组、推荐剂量组、实际摄入量组。图2同。

图1 小鼠肝脏组织解剖学观察

Fig. 1 Histological examination of liver tissues in mice from different groups

肝组织切片染色镜检可见各组小鼠肝脏病理切片中肝小叶完整、分界清晰，肝索清楚易辨，细胞形态正常、间隙适中，均未出现明显脂肪空泡、淤血等病理变化（图2）。

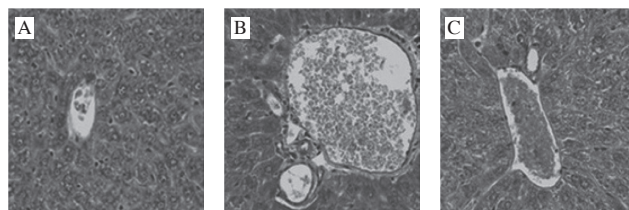


图2 小鼠肝脏组织病理学观察

Fig. 2 Histopathological examination of liver tissues in mice from different groups

### 2.4 不同调和油摄入量对小鼠肝功能的影响

如表4所示，推荐摄入量组的ALT和AST活性相对空白组均显著下降（ $P < 0.05$ ）；实际摄入量组的ALP和ALT活性相对空白组均极显著下降（ $P < 0.01$ ），



AST活性相对空白组显著下降 ( $P<0.05$ )；实际摄入量组的ALP和ALT活性相对推荐摄入量组均极显著下降 ( $P<0.01$ )。各组间DBIL含量无显著性差异。可见不食用油脂的小鼠肝脏ALP、ALT和AST活性均明显升高。

表4 不同调和油摄入量对小鼠肝功能的影响  
Table 4 Effect of dietary oil blend on liver function of mice

组别	ALP活力/ (U/L)	ALT活力/ (U/L)	AST活力/ (U/L)	DBIL含量/ ( $\mu\text{mol/L}$ )
空白组	74.70 $\pm$ 12.05	58.37 $\pm$ 3.31	163.85 $\pm$ 14.46	2.05 $\pm$ 0.16
推荐摄入量组	61.80 $\pm$ 11.04	48.77 $\pm$ 3.67*	140.32 $\pm$ 15.69*	2.27 $\pm$ 0.19
实际摄入量组	34.03 $\pm$ 7.87**##	41.57 $\pm$ 5.67***##	139.97 $\pm$ 14.51*	2.23 $\pm$ 0.38

## 2.5 不同调和油摄入量对小鼠肝脏抗氧化能力的影响

表5 不同调和油摄入量对小鼠肝脏抗氧化的影响  
Table 5 Effect of dietary oil blend on antioxidant capacity of liver tissues in mice

组别	MDA含量/ ( $\mu\text{mol/mg}$ )	GSH-Px活力/ (U/mg pro)	T-AOC/ (mU/mg)
空白组	0.61 $\pm$ 0.39	112.15 $\pm$ 6.01	0.19 $\pm$ 0.02
推荐摄入量组	0.38 $\pm$ 0.20	122.67 $\pm$ 12.11	0.22 $\pm$ 0.01**
实际摄入量组	3.98 $\pm$ 2.39#	117.78 $\pm$ 8.67	0.19 $\pm$ 0.02##

由表5可知，推荐摄入量组的T-AOC相对空白组极显著上升 ( $P<0.01$ )；实际摄入量组的MDA含量相对推荐摄入量组呈显著上升 ( $P<0.05$ )，T-AOC极显著下降 ( $P<0.01$ )，各组间GSH-Px活力的比较无显著性差异。由此可见，饲料中添加推荐剂量的调和油能有效提高小鼠肝脏的总抗氧化能力，降低肝脏的氧化损伤。

## 3 讨论与结论

根据《中国食物成分表2002》中的数据<sup>[3]</sup>，猪油和玉米油为1:1的调和油中，SFA、MUFA和PUFA的比例为0.76:1:0.87，趋近1:1:1完美比例。富含中MUFA的膳食能增强血清中LDL的抗氧化能力、升高HDL水平、降低TC和TG水平的能力<sup>[4-6]</sup>。PUFA具有降低血脂和减少肝脏内源性胆固醇合成等功效<sup>[7-8]</sup>。但过多摄入SFA且PUFA的摄入量不足，会引起血清的HDL含量降低，LDL、TC和TG的含量则升高<sup>[9]</sup>。玉米油中富含多种活性成分，其中共轭亚油酸的含量约占UFA的60%以上<sup>[10]</sup>。其非皂化部分还含有大量的 $\beta$ -谷甾醇等植物甾醇类物质，是一种具有降低胆固醇、降血脂、防治心血管疾病等供能的活性物质<sup>[11]</sup>。而猪油中虽然含有较高的SFA，但其中MUFA的含量也达到45.6%<sup>[3]</sup>，有研究显示，富含MUFA的花生油可以降低血液中的LDL含量，升高HDL含量<sup>[12]</sup>，且MUFA含量越高，LDL的氧化敏感性会随MUFA含量的升高而降低<sup>[13-14]</sup>，这些都可降低心血管疾病的发病危险性。HDL能够将其他组织内的胆固醇转运至肝脏组织

内，血清中HDL-C含量越高，冠状动脉疾病的发病危险性越低<sup>[15]</sup>，而LDL-C则与之相反，血清中LDL-C的含量则与动脉粥样硬化等心血管疾病的发病呈正相关<sup>[16]</sup>。本研究中，日粮中添加不同比例的调和油能明显升高小鼠血清中HDL-C、LDL-C和TC的含量，LDL-C含量随调和油的摄入量增加而显著上升。因此，适当减少膳食中油脂的摄入，可降低血清LDL-C含量，一定程度上能减少心脑血管疾病的患病危险。

本实验结果表明，小鼠的肝指数与其所摄入的调和油剂量呈正相关，这可能与脂质作为肝细胞的结构物质相关，结合各组小鼠的肝脏组织大体肉眼观察和切片苏木精-伊红染色镜检均无明显病理变化，可见短期内摄入不同水平的油脂会一定程度上升高肝指数，但并不会对机体肝脏造成实质性损伤，其中的具体机制有待进一步研究。血清中ALT和AST的水平反映了肝脏是否受到了损伤，是损伤程度的重要测量指标，ALT主要存在于肝细胞的细胞浆质中，AST主要存在于肝细胞线粒体和细胞浆中，当肝细胞损伤时，细胞膜破裂甚至线粒体破损，ALT和AST就会从肝细胞中进入血液，引起血清ALT和AST水平大幅提高<sup>[17-18]</sup>。本实验中，不食用油脂的小鼠肝脏ALP、ALT和AST活性均明显升高，且与8周龄以上的昆明小鼠正常值相比<sup>[19-20]</sup>，空白组小鼠血清ALT和AST活力已超出正常值上限，可见不食用油脂对小鼠肝功能造成了较为严重的影响。实验中各组小鼠的最终体重无显著差异。当前由于肥胖、高血脂等代谢性疾病人群的增多，及一些错误的膳食建议引导，越来越多的人在日常膳食中选择不食用油脂，以期达到减肥或降血脂等目的。实验结果表明，完全去除饮食中的油脂，并不能起到预期的减肥效果，反而会对肝脏有一定的损害作用。

当膳食中摄入过多的脂肪酸时，会促使机体分泌胆汁，血液中的胆固醇迅速升高，造成血脂异常，加重新陈代谢的负担，使自由基产生与清除的平衡被打破，产生大量自由基及脂质过氧化产物MDA。因此肝脏中MDA的水平是脂质氧化的体现之一，间接反映了肝脏所受自由基攻击的程度<sup>[21]</sup>。在一定程度上，饱和脂肪酸可以与胆汁所分泌的载脂蛋白结合形成HDL-C，并在肝脏内形成胆酸，能够降低血脂，减轻新陈代谢的负担，从而减少自由基的产生<sup>[22]</sup>。据齐小龙<sup>[23]</sup>研究报道，日粮中添加不同浓度共轭亚油酸 (conjugated linoleic acid, CLA) 可显著提高总超氧化物歧化酶和GSH-Px的活性，同时MDA的含量降低，这与Zuo Rantao等<sup>[24]</sup>的研究结果相类似，饲料中添加CLA可显著提高肝脏T-AOC和CAT活性，显著降低肝脏中MDA含量。本实验中摄入推荐剂量组小鼠肝脏的GSH-Px活性无显著差异，T-AOC显著高于空白组和实际摄入量组，MDA含量显著低于实际摄入

量组,结果提示可能其他抗氧化酶如SOD或CAT等发挥了更大的作用。而摄入高剂量的油脂同样导致抗氧化能力下降,氧化损伤加重,这与Haslam等<sup>[25]</sup>的研究相类似,胆固醇过高和油脂摄入过低,均可使血清MDA含量升高,自由基增加,造成肝脏的氧化损伤。综上所述,日粮中不摄入油脂会在降低血脂的同时对肝功能和肝脏抗氧化能力造成不利影响;相对于不摄入油脂和摄入高剂量油脂,膳食中摄入推荐剂量水平的玉米油与猪油1:1调和油能有效地降低肝指数、改善肝功能和提高肝脏抗氧化能力。

膳食中摄入一定量脂肪有益于健康,不食用油脂会影响肝功能和降低肝脏抗氧化能力;每天摄入玉米油与猪油1:1的调和油25 g,能极显著提高肝脏抗氧化能力,降低氧化损伤;而摄入过多油脂(42 g)亦会影响肝功能和肝脏抗氧化能力。

#### 参考文献:

- [1] 卫生部. 中国居民营养与健康现状[J]. 中国心血管病研究杂志, 2004, 2(12): 919-922. DOI:10.3969/j.issn.1672-5301.2004.12.001.
- [2] 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. DOI:10.3321/j.issn.0512-7955.2001.03.001.
- [3] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌, 等. 中国食物成分表2002[M]. 北京: 北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 2002: 322.
- [4] FUNG T T, REXRODE K M, MANTZOROS C S, et al. Mediterranean diet and incidence of and mortality from coronary heart disease and stroke in women[J]. *Circulation*, 2009, 119(8): 1093-1100. DOI:10.1007/s002620050546.
- [5] THOMSEN C, RASMUSSEN O, CHRISTIANSEN C, et al. Comparison of the effects of a monounsaturated fat diet and a high carbohydrate diet on cardiovascular risk factors in first degree relatives to type-2 diabetic subjects[J]. *European Journal Clinical Nutrition*, 1999, 53(10): 818-823. DOI:10.1038/sj.ejcn.1600855.
- [6] 唐蔚青, 王正, 李红霞, 等.  $\omega$ -3多不饱和脂肪酸对HepG2细胞胆固醇代谢的影响[J]. 中国动脉硬化杂志, 2011(3): 236.
- [7] 鲁敏.  $n$ -3多不饱和脂肪酸对2型糖尿病大鼠肝脏脂质沉积的影响[D]. 武汉: 华中科技大学, 2009: 31-32. DOI:10.7666/d.d084584.
- [8] TEMME E H, MENSINK R P, HORNSTRA G. Effects of medium chain fatty acids (MCFA), myristic acid, and oleic acid on serum lipoproteins in healthy subjects[J]. *Journal Lipid Research*, 1997, 38(9): 1746-1754.
- [9] 马永强, 孟洁, 那治国, 等. 超临界CO<sub>2</sub>萃取玉米油中的共轭亚油酸的研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(1): 89-91. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2010.01.022.
- [10] 杨波涛, 陈凤香, 莫文莲, 等. 我国食用植物油维生素E含量研究[J]. 粮油加工, 2009(9): 54-55.
- [11] 龙正海. 玉米油化学成分及其抗氧化性能研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(2): 68-70. DOI:10.3969/j.issn.1003-0174.2012.02.015.
- [12] KRIS-ETHERTON P M, PEARSON T A, WAN Y, et al. High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1999, 70(6): 1009-1015.
- [13] REAVEN P, GRASSE B, BARNETT J. Effect of antioxidants alone and in combination with monounsaturated fatty acid-enriched diets on lipoprotein oxidation[J]. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology*, 1996, 16: 1465-1472. DOI:10.1161/01.ATV.16.12.1465.
- [14] BARONI S S, AMELIO M, SANGIORGI Z, et al. Solid monounsaturated diet lowers LDL unsaturation trait and oxidisability in hypercholesterolemic (type IIb) patients[J]. *Free Radical Research*, 1999, 30(4): 275-285. DOI:10.1080/10715769900300301.
- [15] HEINECKE J W. HDL's protein cargo friend or foe in cardioprotection?[J]. *Circulation*, 2013, 127(8): 868-869. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000889.
- [16] SCHITTMAYER M, BIRNER-GRUENBERGER R. Functional proteomics in lipid research: lipases, lipid droplets and lipoproteins[J]. *Journal of Proteomics*, 2009, 72(6): 1006-1018. DOI:10.1016/j.jpro.2009.05.006.
- [17] 周燕, 王绩凯, 黄凯, 等. 脂肪肝患者肝功能与血脂水平关系[J]. 中国公共卫生, 2011, 27(1): 101-102.
- [18] 陆双川. 非酒精性脂肪肝的血脂和肝功能检测[J]. 中国高等医学教育, 2011(7): 128-129. DOI:10.3969/j.issn.1002-1701.2011.07.067.
- [19] 王冬平, 李善如, 张敏, 等. 三种小鼠血液生理生化正常值的测定[J]. 实验动物科学与管理, 2000(2): 24-28.
- [20] 胡建武, 卢胜明, 车路平, 等. 10种常见SPF级实验大、小鼠血液学及生化指标正常参考值的探讨[J]. 实验动物科学, 2007, 24(2): 5-10. DOI:10.3969/j.issn.1006-6179.2007.02.002.
- [21] FINN K L, CHUNG M, ROTHPLETZPUGLIA P, et al. Impact of providing a combination lipid emulsion compared with a standard soybean oil lipid emulsion in children receiving parenteral nutrition: a systematic review and meta-analysis[J]. *Journal of Parenteral & Enteral Nutrition*, 2015, 39(6): 656-667. DOI:10.1177/0148607114542515.
- [22] UMPIERREZ G E, SPIEGELMAN R, ZHAO V, et al. A double-blind, randomized clinical trial comparing soybean oil-based versus olive oil-based lipid emulsions in adult medical-surgical intensive care unit patients requiring parenteral nutrition[J]. *Critical Care Medicine*, 2012, 40(6): 1792-1798. DOI:10.1097/CCM.0b013e3182474bf9.
- [23] 齐晓龙. 共轭亚油酸对产蛋鸡抗氧化机能的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013: 9-10.
- [24] ZUO R, AI Q, MAI K, et al. Effects of conjugated linoleic acid on growth, non-specific immunity, antioxidant capacity, lipid deposition and related gene expression in juvenile large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) fed soyabean oil-based diets[J]. *British Journal of Nutrition*, 2013, 110(7): 1220-1232. DOI:10.1017/S0007114513000378.
- [25] HASLAM R P, RUIZ-LOPEZ N, EASTMOND P, et al. The modification of plant oil composition via metabolic engineering-better nutrition by design[J]. *Plant Biotechnology Journal*, 2013, 11(2): 157-168. DOI:10.1111/pbi.12012.