

## 红花籽油和紫苏籽油不同配比降血脂作用研究

申思洋, 苒建峰, 柴逸飞, 李娟, 褚梦真, 李连珍

(河南农业大学农学院, 郑州 450046)

**摘要:**探讨红花籽油和紫苏籽油不同配比的降血脂作用。将正常小鼠 60 只随机分为空白组、红花籽油、紫苏籽油、红花籽油与紫苏籽油配比 1.18:1、2.59:1、5.42:1 组;将正常大鼠 48 只随机分为空白组、红花籽油与紫苏籽油配比 0.47:1、2.59:1、4.01:1、5.42:1、8.25:1 组;空白组给予生理盐水,其余组给予对应配比的油,灌胃量 10 mL/kg。灌胃 30 d 后,小鼠取血,大鼠取血及肝脏,检测总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量。结果表明:与空白组比,小鼠 TG、TC 含量红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组、5.42:1 组均显著降低,2.59:1 组 LDL-C 含量显著降低,2.59:1 组、5.42:1 组 HDL-C 含量显著升高。与空白组相比,大鼠血清 TG、TC 含量红花籽油与紫苏籽油配比 0.47:1 组、2.59:1 组显著或极显著降低,0.47:1 组、2.59:1 组 LDL-C 含量显著降低,2.59:1 组 HDL-C 含量显著升高。与空白组相比,大鼠肝脏 TC 含量红花籽油与紫苏籽油配比 0.47:1 组、2.59:1 组显著或极显著降低,2.59:1 组和 4.01:1 组 TG 含量极显著或显著降低,0.47:1 组、2.59:1 组 LDL-C 含量显著降低。红花籽油和紫苏籽油不同配比对正常动物血脂具有降低作用,其中红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组降血脂作用最明显。

**关键词:**大鼠;小鼠;红花籽油;紫苏籽油;降血脂作用

中图分类号:TS225.1;TS201.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2020)02-0106-05

## Hypolipidemic effect of different proportions of safflower seed oil and perilla seed oil

SHEN Siyang, CHANG Jianfeng, CHAI Yifei, LI Juan, CHU Mengzhen, LI Lianzhen

(Agronomy College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450046, China)

**Abstract:** The hypolipidemic effects of different proportions of safflower seed oil and perilla seed oil was explored. 60 normal mice were randomly divided into blank group, safflower seed oil, perilla seed oil and proportions of safflower seed oil to perilla oil 1.18:1, 2.59:1, 5.42:1 groups, 48 normal rats were randomly divided into blank group, proportions of safflower seed oil to perilla seed oil 0.47:1, 2.59:1, 4.01:1, 5.42:1, 8.25:1 groups. Blank group was given saline, the remaining groups were given the corresponding proportion of oil, and the amount of gavage dose was 10 mL/kg. After 30 d of gavage, mouse blood and rats blood and liver were taken, and the total cholesterol (TC), triglyceride (TG), high density lipoprotein (HDL-C), low density lipoprotein (LDL-C) levels were measured by total biochemical analyzer. The results showed that compared with blank group, TG and TC level of mice in 2.59:1 group and 5.42:1 group significantly decreased, LDL-C level in 2.59:1 group had a sig-

nificantly decrease, and HDL-C level in 2.59:1 group and 5.42:1 group had a significant increase. Compared with blank group, serum TG and TC levels of rats significantly decreased in 0.47:1 group and very significantly decreased in 2.59:1 group, LDL-C level in the two groups

收稿日期:2019-04-03;修回日期:2019-10-23

基金项目:河南省高校重点科研项目(17A360006)

作者简介:申思洋(1994),男,在读硕士,研究方向为中药栽培和资源开发(E-mail)shen819508469@163.com。

通信作者:李连珍,副教授,博士(E-mail)lilianzhen0813@163.com。

also markedly reduced. For HDL - C level, there was a significant increase in 2.59:1 group. Compared with blank group, TC level of rat in liver significantly decreased in the 0.47:1 group and very significantly decreased in 2.59:1 group, TG level very significantly decreased in 2.59:1 group and significantly decreased in 4.01:1 group, and LDL - C level significantly decreased in 0.47:1 group and 2.59:1 group. Safflower seed oil and perilla seed oil in different proportions had a hypolipidemic effects on normal animals, and the hypolipidemic effect of 2.59:1 group was the most obvious.

**Key words:** rat; mouse; safflower seed oil; perilla seed oil; hypolipidemic effect

高血脂是诱发高血压、冠心病、心肌梗死等心脑血管疾病的重要因素。我国因高血脂引起的心梗、脑梗、中风、偏瘫、致残、致死人数以每年12%的速度递增。高血脂已成为吞噬人类健康的第一隐形杀手<sup>[1]</sup>。因此,开发安全有效的降血脂食品或药物对人类健康具有重要意义。

研究表明,多不饱和脂肪酸(PUFAs)中的 $\omega-3$ 和 $\omega-6$ 系列在降血脂、抗衰老、抗心血管疾病等方面有着重要作用<sup>[2]</sup>。膳食结构中 $\omega-6$  PUFAs 摄入增加, $\omega-3$  PUFAs 摄入减少, $\omega-6$  PUFAs/ $\omega-3$  PUFAs 的比例失调,可能是高脂血症发生的重要原因。 $\omega-3$  系列 PUFAs 主要有 $\alpha$ -亚麻酸(ALA)、二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)等, $\omega-6$  系列 PUFAs 主要有亚油酸(LA)和花生四烯酸(AA)等。修伟娜等<sup>[3]</sup>对10种药用植物油的分析结果显示,红花籽油中亚油酸( $\omega-6$ 系列)含量最高,紫苏籽油中 $\alpha$ -亚麻酸( $\omega-3$ 系列)含量最高。余德林等<sup>[4]</sup>发现紫苏籽油和红花籽油等质量混合,对高脂小鼠的降血脂作用强于紫苏油软胶囊组,但并未对两者的最佳配比进行研究。本实验以红花籽油和紫苏籽油不同配比为切入点,探讨其对正常小鼠和大鼠的降血脂作用,寻求两者配伍最佳比例,以期为开发药用植物保健食用油提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 实验动物

健康清洁型SD大鼠48只,雌雄各半,体重(200±20)g;健康清洁型SD小鼠60只,雌雄各半,体重(20±10)g,由山西医科大学提供,合格证号为20150001。

#### 1.1.2 试剂与仪器

红花籽油(物理压榨),紫苏籽油(物理压榨)。生理盐水,山东科伦药业有限公司;甘油三酯测试盒(批号为20170420-01)、总胆固醇测试盒(批号为20170415-02)、高密度脂蛋白试剂盒(批号为

20170516-02)、低密度脂蛋白试剂盒(批号为20170605-01),深圳市锦瑞生物科技有限公司。GS200全自动生化分析仪,深圳市锦瑞生物科技有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 实验设计

(1)给药量设计。参考文献[5],国家对人体摄入食用油标准按体表面积折算出大鼠1~2 mL/100 g,小鼠1~3 mL/100 g,考虑到药物性质、浓度等因素,结合前期预实验,大鼠和小鼠灌胃量均设定为10 mL/kg。按亚油酸与 $\alpha$ -亚麻酸含量比1:1、2:1、4:1、6:1、8:1、12:1,根据测定的红花籽油和紫苏籽油中亚油酸和 $\alpha$ -亚麻酸含量计算,调配红花籽油和紫苏籽油的配比。

(2)分组给药设计。大鼠和小鼠实验室适应性喂养3 d,禁食8 h后,称重,按体重随机分组。60只小鼠分为6组,每组10只,雌雄各半,即空白组,红花籽油组,紫苏籽油组,红花籽油与紫苏籽油配比1.18:1、2.59:1、5.42:1 3个不同配比组。48只大鼠分为6组,每组8只,雌雄各半,即空白组和红花籽油与紫苏籽油配比0.47:1、2.59:1、4.01:1、5.42:1、8.25:1 5个不同配比组。红花籽油与紫苏籽油配比和亚油酸与 $\alpha$ -亚麻酸含量比对应关系如表1所示。空白组灌胃生理盐水,其他组灌胃相应配比食用油。灌胃量10 mL/kg,每天灌胃1次。

表1 红花籽油和紫苏籽油不同配比对应关系

亚油酸与 $\alpha$ -亚麻酸 含量比	1:1	2:1	4:1	6:1	8:1	12:1
红花籽油 与紫苏籽 油配比	0.47:1	1.18:1	2.59:1	4.01:1	5.42:1	8.25:1

#### 1.2.2 动物实验

小鼠连续灌胃30 d,灌胃结束当日晚上9点禁食不禁水12 h,次日早上9点,摘眼球取血。血液静置3 h后,4 000 r/min离心20 min,取血清,备用。

大鼠连续灌胃 30 d,灌胃结束当日晚上 9 点禁食不禁水 12 h,次日早上 9 点,用 10% 水合氯醛麻醉,腹主动脉取血。血液静置 3 h 后,4 000 r/min 离心 20 min,取血清,备用。取大鼠肝脏,−80 °C 保存。

准确称取肝脏质量,按质量体积比 1:9 加入 9 倍体积的生理盐水,机械匀浆,12 000 r/min 离心 12 min,取上清,备用。

### 1.2.3 指标测定

测定前对全自动生化仪进行校准,按试剂盒要求对血清和肝脏进行处理,分别测定总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)的含量。

### 1.2.4 统计学处理

使用 SPSS22.0 作统计学分析,组间比较使用 *t* 检验,差异显著为  $P < 0.05$ ,差异极显著为  $P < 0.01$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 红花籽油和紫苏籽油的脂肪酸组成、营养成分与部分理化性质(见表 2~表 4)

表 2 红花籽油和紫苏籽油的脂肪酸组成及含量 %

脂肪酸	红花籽油	紫苏籽油
棕榈酸	6.25	6.73
硬脂酸	1.84	2.03
油酸	16.20	21.80
亚油酸	73.80	17.40
α-亚麻酸	0.23	52.20
花生酸	0.44	0.17
花生一烯酸	0.30	0.26
山嵛酸	1.02	未检出

表 3 红花籽油和紫苏籽油的营养成分含量 g/100 g

营养成分	红花籽油	紫苏籽油
α-维生素 E	47.80	2.78
β-维生素 E	3.16	0.83
γ-维生素 E	0.88	29.90
δ-维生素 E	0.41	1.11
芸薹甾醇	未检出	未检出
菜油甾醇	24.75	21.36
豆甾醇	15.23	18.61
β-谷甾醇	146.50	289.60
锌	0.52	0.84
铁	1.64	2.62
钾	未检出	未检出
钠	5.32	4.90
钙	12.10	19.10

由表 2~表 4 可知,红花籽油与紫苏籽油气滋味与透明度良好,红花籽油富含亚油酸(73.80%),紫苏籽油富含 α-亚麻酸(52.20%)。二者的维生

素 E 含量分别为 52.25、34.62 g/100 g,甾醇含量分别为 186.48、329.57 g/100 g。

表 4 红花籽油和紫苏籽油的部分理化性质

项目	红花籽油	紫苏籽油
气味、滋味	气味、口感良好	气味、口感良好
透明度	澄清、透明	澄清、透明
酸价(KOH)/(mg/g)	1.9	6.6
过氧化值/(mmol/kg)	6.4	3.4

### 2.2 对血清中 TC、TG 含量的影响(见表 5、表 6)

表 5 各组小鼠血清中 TC、TG 含量变化

组别	$(\bar{x} \pm s, n = 10)$	
	TC	TG
空白组	2.74 ± 0.71	1.61 ± 0.49
紫苏籽油组	2.65 ± 0.65	1.55 ± 0.25
红花籽油组	2.63 ± 0.35	1.53 ± 0.21
1.18:1 组	2.54 ± 0.15	1.48 ± 0.51
2.59:1 组	2.28 ± 0.32 **	1.34 ± 0.29 *
5.42:1 组	2.40 ± 0.70 *	1.38 ± 0.33 *

注:与空白组比,\* $P < 0.05$ ,\*\* $P < 0.01$ ,差异极显著。下同。

表 6 各组大鼠血清中 TC、TG 含量变化

组别	$(\bar{x} \pm s, n = 8)$	
	TC	TG
空白组	1.28 ± 0.25	0.57 ± 0.16
0.47:1 组	0.85 ± 0.19 *	0.38 ± 0.10 *
2.59:1 组	0.77 ± 0.21 **	0.28 ± 0.04 **
4.01:1 组	1.03 ± 0.34	0.45 ± 0.08
5.42:1 组	1.13 ± 0.08	0.45 ± 0.18
8.25:1 组	0.92 ± 0.28	0.43 ± 0.23

由表 5、表 6 可知:与空白组比较,红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组、5.42:1 组小鼠血清中 TC 含量极显著或显著降低,TG 含量显著降低;大鼠血清中 TC、TG 含量红花籽油与紫苏籽油配比 0.47:1 组显著降低,2.59:1 组极显著降低;其余各组与对照相比有降低趋势,但没有统计学差异。

胆固醇(TC)和甘油三酯(TG)是人体脂质的组成成分,是血脂分析的常规项目,是临床上高脂血症诊断的常用指标。蔺新英等<sup>[6]</sup>研究发现红花籽油能显著降低动脉粥样硬化家兔血清中 TC、TG 含量,有降血脂作用。丁晶晶等<sup>[7]</sup>研究发现紫苏籽油能显著降低高脂大鼠血清中 TC、TG 含量,其降低机理可能与所含 α-亚麻酸有关。余德林等<sup>[4]</sup>研究认为两者等质量合用后对血清中 TC、TG 的降低作用增强。本实验结果中,与空白组比,红花籽油与紫苏籽油 6 个配比对大鼠和小鼠血清中 TC、TG 含量均有不同程度降低作用,有 3 个配比组出现了统计学

差异,其中红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组在大鼠和小鼠的实验中差异均达到了显著水平。综合两个实验结果,红花籽油和紫苏籽油合用对正常动物血清中 TC、TG 含量有降低作用,且以红花籽油与紫苏籽油配比为 2.59:1 组效果更好。

2.3 对血清中 LDL-C 和 HDL-C 含量的影响(见表 7、表 8)

表 7 各组小鼠血清中 LDL-C、HDL-C 含量变化( $\bar{x} \pm s, n=10$ ) mmol/L

组别	LDL-C	HDL-C
空白组	0.77 ± 0.23	1.38 ± 0.46
紫苏籽油组	0.77 ± 0.26	1.39 ± 0.41
红花籽油组	0.76 ± 0.16	1.43 ± 0.16
1.18:1 组	0.76 ± 0.06	1.48 ± 0.42
2.59:1 组	0.64 ± 0.17 *	1.97 ± 0.41 *
5.42:1 组	0.74 ± 0.14	1.77 ± 0.61 *

表 8 各组大鼠血清中 LDL-C、HDL-C 含量变化( $\bar{x} \pm s, n=8$ ) mmol/L

组别	LDL-C	HDL-C
空白组	0.32 ± 0.05	1.37 ± 0.37
0.47:1 组	0.23 ± 0.04 *	1.52 ± 0.31
2.59:1 组	0.22 ± 0.07 *	1.88 ± 0.40 *
4.01:1 组	0.28 ± 0.07	1.34 ± 0.77
5.42:1 组	0.26 ± 0.07	1.22 ± 0.40
8.25:1 组	0.24 ± 0.10	1.39 ± 0.20

由表 7、表 8 可知:与空白组比较,小鼠血清中红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组 LDL-C 含量显著降低,红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组、5.42:1 组 HDL-C 含量显著升高;大鼠血清中红花籽油与紫苏籽油配比 0.47:1 组、2.59:1 组 LDL-C 含量显著降低,红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组 HDL-C 含量显著升高。

低密度脂蛋白(LDL)和高密度脂蛋白(HDL)在脂质转化过程中起关键作用。LDL 是血浆胆固醇的主要载体,其氧化性修饰可导致动脉粥样硬化;而 HDL 有助于胆固醇的清除,能抗动脉粥样硬化。血清中 LDL 和 HDL 含量亦常作为临床诊断高脂血症的重要指标。田华等<sup>[8]</sup>研究发现红花籽粕提取物能显著降低糖尿病大鼠血清中的 LDL 含量,显著升高 HDL 含量,具有降低糖尿病大鼠血脂的作用。蔺新英等<sup>[6]</sup>研究发现红花籽油能显著降低动脉粥样硬化家兔血清中 LDL 值,升高 HDL 值,有降血脂作用。武镪<sup>[9]</sup>研究表明紫苏籽油能降低高血脂大鼠 LDL 水平,升高 HDL 水平,具有降血脂作用。本研究比较了红花籽油和紫苏籽油不同配比对血清中 LDL-C 和 HDL-C 含量的影响,结果显示,6 个配

比对 LDL-C 均有不同程度降低作用,对 HDL-C 整体有不同程度升高作用,有 3 个配比出现了统计学差异。红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组在大鼠和小鼠的实验中统计学差异均达到了显著水平。综合分析可知,红花籽油和紫苏籽油合用能降低正常动物血清中 LDL-C 值,升高 HDL 值,且与配比有关,以配比 2.59:1 组作用更明显。

2.4 对肝脏中 TC、TG 含量的影响(见表 9)

表 9 各组大鼠肝脏中 TC、TG 含量变化( $\bar{x} \pm s, n=8$ ) mmol/L

组别	TC	TG
空白组	0.61 ± 0.11	0.20 ± 0.06
0.47:1 组	0.51 ± 0.11 *	0.17 ± 0.05
2.59:1 组	0.44 ± 0.05 **	0.13 ± 0.05 **
4.01:1 组	0.54 ± 0.10	0.14 ± 0.05 *
5.42:1 组	0.54 ± 0.07	0.16 ± 0.05
8.25:1 组	0.57 ± 0.15	0.14 ± 0.08

由表 9 可知:与空白组组比,红花籽油与紫苏籽油配比 0.47:1 组、2.59:1 组大鼠肝脏中 TC 含量显著或极显著降低;红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组、4.01:1 组肝脏中 TG 含量极显著或显著降低。其余组未见统计学差异。

肝脏是 TC 和 TG 合成和储存的主要器官。詹麒平等<sup>[10]</sup>研究表明高含量 DHA/EPA 甘油三酯能够显著降低小鼠肝脏中 TC 和 TG 含量,有效改善肝脏脂肪酸组成,这可能与其为  $\omega-3$  系列多不饱和脂肪酸有关。DHA、EPA 和  $\alpha$ -亚麻酸均属于  $\omega-3$  系列多不饱和脂肪酸, $\alpha$ -亚麻酸亦可降低肝脏 TC、TG 含量。本实验结果显示,与空白组相比,5 个配比组对肝脏中的 TC 和 TG 含量有降低作用,3 个配比组出现了统计学差异。其中红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组对大鼠肝脏中 TC 和 TG 含量均有降低作用,且达到了极显著水平。可见,红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组对肝脏 TC、TG 降低作用最明显。

2.5 对肝脏中 LDL-C、HDL-C 含量的影响(见表 10)

表 10 各组大鼠肝脏中 LDL-C、HDL-C 含量变化( $\bar{x} \pm s, n=8$ ) mmol/L

组别	LDL-C	HDL-C
空白组	0.10 ± 0.05	0.39 ± 0.08
0.47:1 组	0.06 ± 0.03 *	0.41 ± 0.15
2.59:1 组	0.05 ± 0.01 *	0.41 ± 0.07
4.01:1 组	0.09 ± 0.03	0.39 ± 0.11
5.42:1 组	0.08 ± 0.03	0.40 ± 0.18
8.25:1 组	0.09 ± 0.04	0.40 ± 0.10

由表 10 可知:与空白组相比,红花籽油与紫苏籽油配比 0.47:1 组、2.59:1 组 LDL-C 含量显著降低,其余组未见统计学差异;HDL-C 含量各组均未见统计学差异。

LDL-C 和 HDL-C 主要是由肝脏合成。HDL-C 由磷脂、载脂蛋白、胆固醇和少量脂肪酸组成,主要生理功能是转运磷脂和胆固醇,能促进外周组织中胆固醇的消除,降低血脂,防止动脉粥样硬化。LDL-C 的氧化修饰可引起动脉粥样硬化。本实验结果显示,5 个不同配比组对肝脏中 LDL-C 含量均有降低作用,对 HDL-C 含量均有升高作用,2 个配比组出现了统计学差异,分别是红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组和 0.47:1 组。

本实验中红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组降血脂作用最明显,该配比所对应的  $\omega-6$  PUFAs 与  $\omega-3$  PUFAs 的含量比 4:1。这与喜食富含  $\omega-3$  PUFA 的海鱼的日本,膳食中  $\omega-6$  PUFAs 与  $\omega-3$  PUFAs 的比例相同( $\omega-6/\omega-3 = 4.0$ )<sup>[11]</sup>。亦与中国营养学会提出的人体内最佳的  $\omega-6$  PUFAs 与  $\omega-3$  PUFAs 比为 4:1~6:1,联合国卫生组织推荐的合理膳食  $\omega-6$  PUFAs 与  $\omega-3$  PUFAs 摄入比例值 4~5 一致。

与空白组相比,单独紫苏籽油和红花籽油组小鼠血清中 TC、TG 有降低趋势,但与空白组相比,未出现统计学差异,与余德林等<sup>[4]</sup>的研究结果有所差异,这可能与本实验用的是正常动物而不是高血脂动物有关。

### 3 结 论

本实验研究了红花籽油和紫苏籽油不同配比对正常小鼠血清、大鼠血清和肝脏中 TC、TG、HDL-C 和 LDL-C 含量的影响,寻求两者降血脂作用的最

佳配比。实验结果显示,两者经过不同配比后对临床常检查的血脂四项(TC、TG、HDL、LDL)均有不同程度的作用,表现出降血脂效果,其中红花籽油与紫苏籽油配比 2.59:1 组降血脂作用最明显。

### 参考文献:

- [1] 王静,林晶晶,沈涛. 高脂血症的现代医学研究[J]. 山西医药杂志, 2015(19):2243-2245.
  - [2] 王萍,张银波,江木兰. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 中国油脂, 2008, 33(12):42-46.
  - [3] 修伟娜,崔炯谟,赵余庆. 10 种药用保健油的化学组成与分析方法研究进展[J]. 中国现代中药, 2008, 10(12):13-15.
  - [4] 余德林,马超英,宋磊,等. 紫苏籽油与红花籽油联合使用降血脂研究[J]. 中国油脂, 2014, 39(12):35-38.
  - [5] 邵义祥. 医学实验动物学教程[M]. 南京:东南大学出版社,2016.
  - [6] 蔺新英,徐贵发,王淑娥,等. 红花籽油对动脉粥样硬化家兔血脂及脂质过氧化作用的影响[J]. 山东医科大学学报,2001(3):212-214.
  - [7] 丁晶晶,徐婧,霍天瑶,等. 紫苏油对大鼠降血脂的时效研究[J]. 中国油脂, 2004, 29(10):61-64.
  - [8] 田华,信学雷,麦提喀斯木·尼扎木丁,等. 红花籽粕提取物对糖尿病大鼠的降脂作用[J]. 解放军预防医学杂志,2016,34(3):351-353.
  - [9] 武镗. 紫苏油对高脂模型大鼠调脂作用及其毒性评价[D]. 太原:山西医科大学,2002.
  - [10] 詹麒平,朱昱哲,张昕,等. 高含量 DHA/EPA 甘油三酯的降血脂和保肝作用的研究[J]. 食品工业科技,2014, 35(13):355-358.
  - [11] SUGANO A M, HIRATA F. Polyunsaturated fatty acids in food chain in Japan[J]. Am J Clin Nutr, 2000, 71:189.
- 
- (上接第 80 页)
- [13] 陈益春,刘骞,姜帅,等. 氧化单宁酸提高含猪血浆蛋白水解物的乳状液物理稳定性[J]. 食品科学, 2018(1):42-47.
  - [14] TAHA A, HU T, ZHANG Z, et al. Effect of different oils and ultrasound emulsification conditions on the physicochemical properties of emulsions stabilized by soy protein isolate[J]. Ultrason Sonochem, 2018, 12(49):283-293.
  - [15] ZHU Z, ZHU W, YI J, et al. Effects of sonication on the physicochemical and functional properties of walnut protein isolate[J]. Food Res Int, 2018, 106:853-861.
  - [16] QAMAR S, BHANDARI B, PRAKASH S, et al. Effect of different homogenisation methods and UHT processing on the stability of pea protein emulsion[J]. Food Res Int, 2019, 116(2):1374-1385.
  - [17] 常慧敏,杨敬东,田少君. 超声辅助木瓜蛋白酶改性对米糠蛋白溶解性和乳化性的影响[J]. 中国油脂, 2019,44(4):35-40.