

不同豆浆饮品对普通及高脂饲料 饲喂小鼠健康的影响

张莉^{1,2}, 刘珊¹, 赵丽芹², 李怡然², 负婷婷¹,
赵明久¹, 蔡文涛¹, 李爱科¹

(1. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037;

2. 内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 内蒙古呼和浩特 010018)

摘要: 研究普通日粮和高脂饲料条件下不同豆浆饮品对小鼠健康的影响。采用4种不同豆浆饮品(自磨非转基因豆浆F、自磨转基因豆浆G、两种常见市售豆浆K和M)灌胃C57小鼠,并分别饲喂普通日粮和高脂饲料,10周后处死,测定其体重增长率、肝脏系数和结肠长度等参数,并用生化分析仪测定小鼠血清葡萄糖(Glucose, GLU)、甘油三酯(Triglycerides, TG)、总胆固醇(total cholesterol, CHOL)、高密度脂蛋白胆固醇(High density lipoprotein cholesterol, HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(Low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)等指标。用不同豆浆处理人结肠癌细胞HCT-116,检测其对细胞增殖和脂滴积累的影响。结果显示,所有豆浆都不同程度地降低了小鼠血液TG,且市售豆浆M还降低了小鼠血液GLU和CHOL浓度;豆浆处理后结肠癌细胞增殖活性得到明显抑制,但是对油酸诱导的细胞增殖和脂滴积累影响不显著。不同豆浆由于营养及功能活性物质的含量不同,对小鼠血糖、血脂和胆固醇等参数的影响不同,市售豆浆相对自磨豆浆更利于减轻高脂饲料带来的健康副作用。

关键词: 豆浆;小鼠;高脂饲料;细胞增殖;脂滴积累

中图分类号:TS 214.2 文献标识码:A 文章编号:1007-7561(2015)06-0047-05

Effects of different soybean milk on the health of mice fed with normal and high-fat diets

ZHANG Li^{1,2}, LIU Shan¹, ZHAO Li-qin², LI Yi-ran², YUN Ting-ting¹,
ZHAO Ming-jiu¹, QI Wen-tao¹, LI Ai-ke¹

(1. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037; 2. College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot Inner Mongolia 010018)

Abstract: The effects of different kinds of soybean milk on mice under normal diet and high fat feed conditions were researched. Four different kinds of soybean milk, including non-transgenic home-made soybean milk F, transgenic home-made soybean milk G and two kinds of common commercial ready-made soybean milk K and M, were selected to feed the C57 mice by gavage. Normal and high-fat diets were added, respectively. The executions were performed after 10 weeks. The weight growth rate, liver coefficient and colon length of the mice were measured. The concentrations of GLU, TG, CHOL, HDL-C and LDL-C in mice serum were determined by a biochemical analyzer. Human colon cancer cell line HCT-116 was used to investigate the influences of different soybean milks on the proliferation of cells and accumulation of lipid droplets. Results showed that the level of blood TG in mice was reduced by all of the soybean milks. Commercial ready-made soybean milk M could lower the concentrations of GLU and CHOL. The cell proliferation were significantly decreased by the soybean milks, however, the decrease were non-significant when the proliferation were induced by the oleic acid. Same results were found in the accumulations of lipid droplets. Different soybean milks could bring different effects on concentrations of GLU, TG, and CHOL etc in mice serum for their various contents of nutritional and func-

收稿日期:2015-05-21

基金项目:中央级事业单位公益性专项课题(ZX1214);国家自然科学基金面上项目(31471591)

作者简介:张莉,1990年出生,女,硕士。

通讯作者:蔡文涛,1973年出生,男,副研究员。

tional factors. The commercial ready-made soybean milk was more conducive to reduce the adverse impact brought by high fat feed than the home-made soybean milks.

Key words: soybean-milk; mouse; high-fat diet; cell proliferation; lipid droplet accumulation

豆浆是我国居民喜食饮品之一,不但营养丰富,而且具有一定的保健作用^[1]。目前,有关豆浆在抗肿瘤、预防心血管疾病和糖尿病等方面的功能已有众多报道^[2-3]。豆浆及大豆对于结肠癌、肝癌、乳腺癌和皮肤癌等多种癌症都有预防作用^[4-6]。豆浆中还被证明含有多种有利于预防和控制心血管疾病的功能成分^[7-9]。豆浆是一种消化速度慢而且餐后血糖反应极低的食物^[3],其主要原因可能是由于豆浆中含有多种有利于控制消化速度和血糖上升的功能因子,如胰蛋白酶抑制剂、大豆膳食纤维、大豆黄酮等^[10-12]。

自磨法是豆浆加工和消费的主要方式之一,该法更好地保存了大豆的营养成分和功能因子,但其缺点是口味不佳^[13]。由于其水分含量高,不易保存、携带和运输,因此将豆浆经过干燥加工成豆浆粉,冲制后即可饮用,这也是目前豆浆饮品的另一主要消费方式^[13]。豆浆粉不仅可以解决储运不便的问题,而且风味更加好,口感细腻醇厚^[14]。目前,关于豆浆粉和现磨豆浆哪个营养高,已经引起了广泛关注和争议^[15]。

本文在前期研究的基础上,采用动物和细胞实验,研究不同豆浆对正常及肥胖小鼠健康的影响,以期为人们合理加工和科学消费豆浆提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料

豆浆样品:非转基因大豆(F)、转基因大豆(G)、市售两种品牌豆浆粉(K和M)。实验动物:健康的雄性C57小鼠,鼠龄5周,购于北京维通利华实验动物技术有限公司。实验动物高脂饲料:货号D12492,购于北京华阜康生物科技股份有限公司。HCT-116结肠癌细胞:购于北京市协和医学院细胞资源中心。

1.1.2 试剂

DMEM培养基:美国Gibco公司;胎牛血清(FBS):浙江天杭生物科技有限公司;0.25% Trypsin-EDTA:美国Gibco公司;双抗:美国Gibco公司;油酸(OA):美国Sigma公司;MTS:美国Promega公司;油红O(Oil red O):北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司;苏木素染液:北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司。

1.1.3 仪器与设备

电子天平:瑞士Mettler Toledo公司;离心机:德

国Eppendorf公司;倒置显微镜:重庆奥特光学仪器有限公司;酶标仪:美国Thermo scientific公司;CO₂培养箱:美国Thermo scientific公司;Milli-Q Academic超纯水系统:美国Millipore公司;生化分析仪:美国Beckman Coulter公司。

1.2 方法

1.2.1 豆浆样品的制备

称取大豆80g,溶于1000mL水(100℃)中,用九阳豆浆机粉碎研磨30min后制成豆浆,终浓度为0.07g/mL;称取豆浆粉0.7g,加入10mL水(100℃),充分溶解,备用。

1.2.2 动物条件和分组

健康小鼠饲养于国家粮食局科学研究院SPF级实验动物中心,小鼠经称重编号后,随机分成普通日粮组和高脂饲料组,两组又分别被分成对照组C、非转基因自磨豆浆组F、转基因自磨豆浆组G、市售豆浆组K和市售豆浆组M,每组10只,正常对照组每天按10mL/kg灌胃蒸馏水,其他各组每天按10mL/kg灌胃豆浆,每天一次,连续70d。

最后一次灌胃后禁食不禁水12h,称量体重,摘眼球取血,低温离心机3500r/min离心15min分离血清,用生化分析仪测定血清中小鼠血清葡萄糖(GLU, Glucose)、甘油三脂(TG, triglycerides)、总胆固醇(CHOL, total cholesterol)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C, high density lipoprotein cholesterol)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C, low density lipoprotein cholesterol)、白蛋白(Albumin, ALB)、谷草转氨酶(glutamic-oxalacetic transaminase, AST)和谷丙转氨酶(Alanine transaminase, ALT)等指标,分离肝脏称量其湿重并计算肝脏系数,肝脏系数/(g/100g)=肝脏湿重/体重*100;分离结肠,测量其长度。

1.2.3 HCT-116细胞的培养及分组

HCT-116结肠癌细胞在DMEM培养基、10%FBS、1%双抗环境下生长,并在37℃、5%的CO₂培养箱中培养。分为普通培养基组(C、F、G、K、M)和OA培养基组(C/OA、F/OA、G/OA、K/OA、M/OA)(其中C为对照组),加10%DMEM在37℃、CO₂培养箱中培养过夜,次日将无菌水及豆浆样品上清以1:4的比例配成混合培养基加入96孔板中培养,OA组则在普通培养基基础上以1:100的比例添加OA,同时放入37℃、5%的CO₂培养箱中培养48h,收集细胞,进行下一步分析。

1.2.4 MTS 法测定细胞生长曲线

豆浆对结肠癌细胞增殖的影响采用 MTS 法,将 HCT-116 结肠癌细胞铺在 96 孔板中,按上述分组方式培养细胞,将 MTS 和 1% DMEM 按 1:7 配制混合培养液,处理细胞,3~4 h 后,用酶标仪测其吸光度值,选择 490 nm 的波长最佳。

1.2.5 油红 O 染色法测定细胞脂滴积累

将 HCT-116 结肠癌细胞铺在 24 孔板中,细胞培养完毕,用 PBS 清洗后,加入 0.5 mL 中性甲醛 0.5 mL/孔,固定 30 min 吸走,再用去离子水清洗两次,加 60% 异丙醇 0.5 mL/孔,处理 5 min 吸走,加入油红 O,0.2 mL/孔浸泡 8 min 吸走,用去离子水洗至无背景色,加稀释好的苏木素染液 0.2 mL/孔,浸泡 3 min 吸走,用去离子水洗至无背景色,取出盖玻片,将其放在载玻片上封片保存,留待观察分析。

1.2.6 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 统计分析软件进行数据处理,各组间均数差异性比较采用 One - Way ANOVA。各组数据结果均以 mean ± sd 表示, P < 0.05 认为差异具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 不同豆浆对小鼠体重及相关器官参数的影响

从图 1 看出,在普通日粮条件下,不同豆浆饲喂的小鼠体重增长率相对对照组略有降低,但差异不显著。高脂饲料条件下,与对照组相比,饲喂豆浆的小鼠其体重增长率均明显降低,其中与自磨豆浆组相比市售豆浆粉组小鼠体重增长率明显低。另一方面,与普通日粮条件相比,高脂饲料条件下小鼠的体重增长率较高,其中自磨豆浆组差异显著,市售豆浆粉组差异不显著。

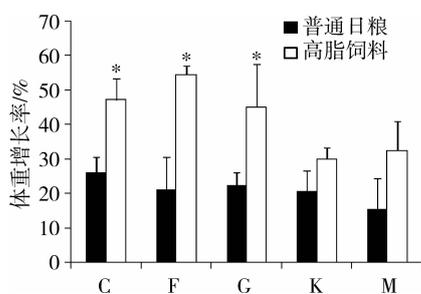


图 1 不同豆浆对小鼠体重增长率的影响

注: * 表示高脂饲料组与普通日粮组相比差异显著。C, 对照组; F, 非转基因自磨豆浆组; G, 转基因自磨豆浆组; K 和 M: 两种代表性市售豆浆组。下图同。

从图 2 看出,四种豆浆均未对小鼠的肝脏系数产生显著影响,且高脂饲料也未对小鼠的肝脏系数产生显著性影响。小鼠血清的 ALB、AST 和 ALT 测定结果也未产生显著性差异(数据省略)。

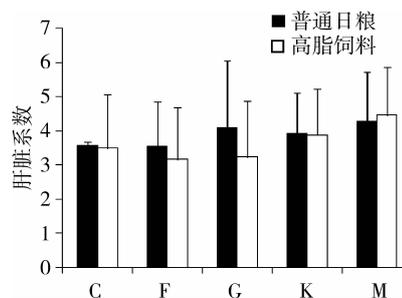


图 2 不同豆浆对小鼠肝脏系数的影响

从图 3 看出,普通日粮条件下,不同豆浆对小鼠结肠长度与体重的比值无显著影响。高脂饲料条件下,与对照组相比豆浆组小鼠结肠长度均变长,其中市售豆浆组小鼠结肠长度最长,但差异不显著。与普通日粮条件相比,高脂饲料条件下对照组和自磨豆浆组小鼠的结肠长度显著变短,而市售豆浆组小鼠结肠长度无显著变化。

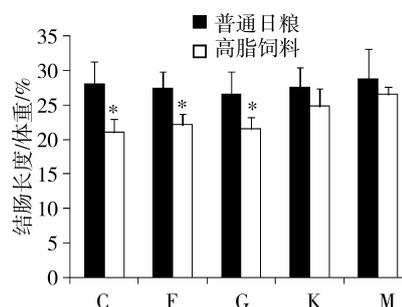


图 3 不同豆浆对小鼠结肠长度的影响

2.2 不同豆浆对小鼠血液生化指标的影响

由表 1 可见,普通日粮条件下,与对照组相比豆浆组小鼠血液中 TG 含量均显著降低;而血液 GLU 则只有市售豆浆粉 M 组表现出显著降低现象; CHOL、HDL - C 和 LDL - C 的检测结果表明,除市售豆浆粉 M 显著降低小鼠血液 CHOL 外,其他均未产生显著性差异。由表 2 可见,高脂饲料饲喂条件下,与对照组相比,小鼠血液中 TG 含量除市售豆浆粉 K 出现升高外,其他均显著降低;而血液 GLU 浓度仅市售豆浆粉 K 组表现出显著降低现象;所有豆浆组 CHOL、HDL - C 和 LDL - C 含量均未表现出显著性差异。

表 1 不同豆浆对正常小鼠血液生化指标的影响

组别	GLU /(mmol/L)	TG /(mmol/L)	CHOL /(mmol/L)	HDL - C /(mM/L)	LDL - C /(mM/L)
对照	8.93 ± 2.17	1.46 ± 0.36	1.42 ± 0.10	0.95 ± 0.09	0.17 ± 0.04
F	8.72 ± 1.44	0.70 ± 0.12*	1.44 ± 0.18	0.90 ± 0.19	0.21 ± 0.05
G	8.78 ± 0.76	1.18 ± 0.51*	1.52 ± 0.19	1.01 ± 0.12	0.18 ± 0.01
K	8.48 ± 2.01	0.86 ± 0.37*	1.52 ± 0.19	1.00 ± 0.13	0.19 ± 0.05
M	7.94 ± 0.69*	1.06 ± 0.35*	1.33 ± 0.19*	0.87 ± 0.19	0.18 ± 0.05

注: * 表示与对照组相比,差异显著。C, 对照组; F, 非转基因自磨豆浆组; G, 转基因自磨豆浆组; K 和 M, 两种代表性市售豆浆组。下表同。

表2 不同豆浆对高脂小鼠的血液生化指标的影响

组别	GLU /(mmol/L)	TG /(mmol/L)	CHOL /(mmol/L)	HDL-C /(mM/L)	LDL-C /(mM/L)
高脂对照	8.68 ± 1.64	1.78 ± 1.01	2.81 ± 0.35	1.65 ± 0.18	0.60 ± 0.09
F	9.49 ± 2.01	1.50 ± 0.85 *	2.33 ± 0.63	1.30 ± 0.38	0.41 ± 0.12
G	8.95 ± 1.43	0.90 ± 0.16 **	2.08 ± 0.10	1.24 ± 0.14	0.36 ± 0.10
K	6.77 ± 0.48 *	2.02 ± 0.63	2.83 ± 0.45	1.47 ± 0.10	0.65 ± 0.32
M	8.33 ± 1.17	0.88 ± 0.22 *	2.39 ± 0.65	1.37 ± 0.29	0.61 ± 0.20

2.3 不同豆浆对细胞增殖的影响

本文以人结肠癌细胞 HCT - 116 为模型,用 MTS 法检测了不同豆浆对细胞增殖状况的影响。从图 4 看出,不同豆浆处理后结肠癌细胞增殖活性得到明显抑制,与对照组 C 相比,豆浆 F 组、G 组、K 组和 M 组细胞增殖活性分别降低了 39.72%、42.41%、73.14%、69.12%。其中市售豆浆对结肠癌细胞增殖的抑制作用明显高于自磨豆浆。从图 4 看出,OA 培养基条件下,不同豆浆的加入不同程度上抑制了 OA 条件下细胞的增殖活性,且市售豆浆粉 M 组的抑制效果最佳,但差异不显著。

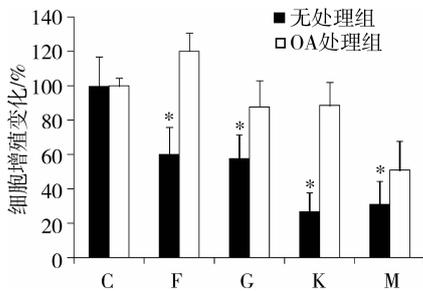


图4 不同豆浆产品对结肠癌细胞增殖的影响(n=5)

2.4 不同豆浆对细胞脂滴积累的影响

从图 5 看出,普通培养基条件下,与对照组相比除市售豆浆粉 M 组无显著差异外,其他各组均出现明显增加。在 OA 存在下,豆浆对细胞脂滴积累的影响如图 6 所示,OA 的存在显著增加了细胞内部脂滴的积累,而不同豆浆的加入均未对之产生显著性影响。

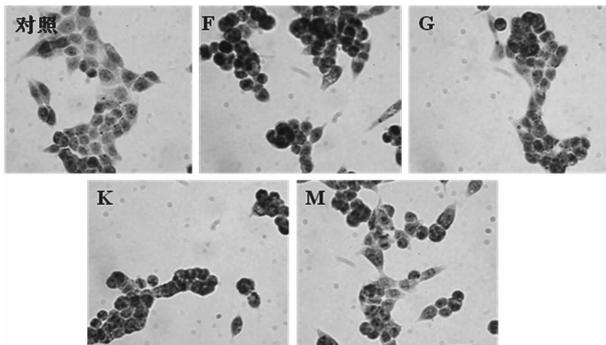


图5 不同豆浆对结肠癌细胞内部脂滴积累的影响

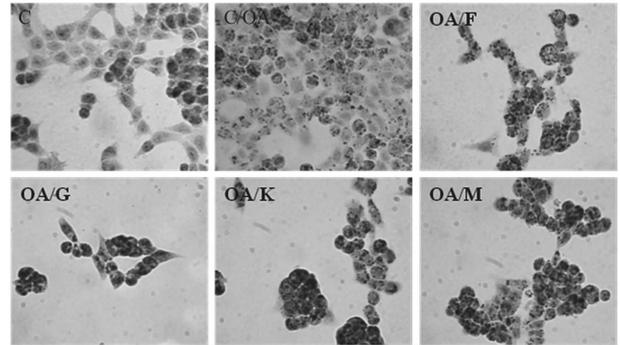


图6 OA条件下不同豆浆对结肠癌细胞内部脂滴积累的影响

2.5 讨论

豆浆是中国人的传统食品,因其营养价值丰富得到国内外的广泛关注,有关豆浆与疾病预防和控制方面的研究已有不少。本文针对目前居民肥胖及体重超标的严峻问题,首次探索了不同来源豆浆对机体脂肪积累和肥胖相关健康参数的影响。

自磨豆浆和豆浆粉冲制豆浆是目前主要的两种消费方式,本研究采用非转基因大豆和转基因大豆作为自磨豆浆的食材,同时采购两种市售主流豆浆粉作为对比。通过小鼠实验发现,四种不同豆浆对普通饮食条件下雄性小鼠的体重影响效果不显著,对肝脏指数也无显著影响,表明其对健康小鼠是安全的。与普通日粮条件相比,高脂饲料条件下对照组和饲喂自磨豆浆组的小鼠体重增长率明显提高,而饲喂市售冲制豆浆的小鼠体重增长率无显著差异。相对于自磨豆浆,市售豆浆粉加工多出了浓缩、喷雾干燥等工序,两者在原料前处理、磨浆和豆浆热处理等方面也有较大不同^[13]。除此之外,为了改善豆浆的健康作用,提高其功能性,许多豆浆粉还进行了脱脂或降脂处理。因此,市售豆浆的油脂含量往往远低于自磨豆浆,这可能是造成自磨与市售豆浆对高脂小鼠体重增长率影响不同的原因。

本研究并未发现高脂和普通日粮条件下,不同豆浆组小鼠肝脏系数之间的显著性差异,血液 ALB、AST 和 ALT 也未产生显著性差异。AST 和 ALT 是肝损伤指标,可反映肝细胞发生炎症及坏死损害的程度;ALB 由肝细胞产生,ALB 指标的下降也是肝功能低下的表现之一^[16]。高脂饮食和肥胖组往往会导致机体肝脏组织中脂肪细胞数目增多、体积变大,并影响其功能^[17]。实验结果表明,无论高脂还是普通日粮条件下,饲喂不同类型豆浆均不会对小鼠肝脏造成影响。

在结肠炎和结肠癌等病理条件下,结肠的长度、弹性及粪便的分布状态都会发生变化,如结肠的长度变短、弹性变差、结肠中的粪便呈大小不一、分布

不均、粘度增大等^[4]。本研究发现,普通条件下的雄性小鼠,不同豆浆处理过的结肠状态未发生任何变化,说明豆浆对结肠的健康是安全的。与普通日粮条件相比,高脂条件下对照组和自磨豆浆组结肠长度均变短,结肠弹性变差,而市售豆浆其结肠长度未发生显著性变化。推测原因可能与不同豆浆引起的小鼠体重增长率不同原因一致,高油脂含量的豆浆进一步恶化了高脂饲料条件下小鼠结肠的健康状况。小鼠血液生化指标的测定结果表明,普通日粮条件下,四种豆浆都不同程度降低了小鼠血液 TG 浓度;且市售豆浆粉 M 还进一步显著降低了小鼠血液 GLU 和 CHOL 浓度,这与文献报道一致^[8];高脂饲料条件下,豆浆的作用被明显削弱,这与上述体重及结肠等指标的测定结果一致。

本文进一步通过细胞实验研究了不同豆浆对细胞脂滴积累和增殖活性的影响情况。结果表明不同豆浆处理后结肠癌细胞增殖活性得到明显抑制,且市售豆浆粉对结肠癌细胞增殖的抑制作用明显高于自磨豆浆,这与豆浆中含有的异黄酮,尤其是染料木甙(Genistin)和大豆甙(Daidzin)有关^[4]。OA 培养基条件下,豆浆对细胞增殖的抑制作用并没体现出来,只有市售豆浆粉 M 组细胞增殖活性有降低趋势,但并无统计学意义。有研究表明,OA 能够增加细胞内脂滴 LD(Lipid Droplets)的积累,此外,研究还表明 LD 是促进癌细胞扩增的能量来源^[18],这可能是造成上述结果的原因。为了说明问题,本文用油红 O 染色法研究了不同豆浆处理下结肠癌细胞内部脂滴的积累情况,高油脂含量的自磨豆浆明显增加了细胞内脂滴的积累,而市售豆浆粉 M 对脂滴积累的增加并不明显;OA 条件下,细胞内部脂滴积累明显增加,且不同豆浆均未减弱 OA 的作用。

植物中富含的生物活性物质,通常水溶性越好,越容易被人体吸收,从而发挥其特有功效。经不同加工过程得到的大豆食品,其含有的多肽及异黄酮等的种类和数量通常都会发生变化,从而改善这些功能活性成分的水溶性^[14]。

3 结论

本研究结果表明豆浆对体内甘油三酯的浓度具有降低作用,并能够抑制结肠癌细胞的增殖活性。但不同豆浆对小鼠健康指数的影响也不同,市售豆浆相对自磨豆浆,更利于防抗高脂饲料带来的健康副作用。此外,根据本次细胞和动物实验结果,未发现转基因自磨豆浆的不安全因素存在,小鼠大部分饲喂指标与自磨非转基因豆浆无显著性差异。但本研究不能确定外援基因的引入是否存在隐性的短期内难以显现的危害。

参考文献:

- [1]林旭东,潘巨忠,凌建刚,等. 豆浆的保健功能及研究进展[J]. 现代农业科技,2007,(24): 146-149.
- [2]李怡然,赵丽芹,李爱科,等. 豆浆中水溶性大豆异黄酮检测方法的建立[J]. 大豆科学,2014,3: 429-433.
- [3]梁晓丽,许钰麒,范志红,等. 豆浆对慢性病的预防与控制作用研究进展[J]. 中国食物与营养,2010,11: 73-76.
- [4]Qi W, Christopher R W, Kaarin W, et al. Genistein inhibits proliferation of colon cancer cells by attenuating a negative effect of epidermal growth factor on tumor suppressor FOXO3 activity[J]. BMC Cancer, 2011, 11: 219-228.
- [5]Wu A H, Yu M C, Tseng C C, et al. Epidemiology of soy exposures and breast cancer risk [J]. British Journal of Cancer, 2008, 989(1): 9-14.
- [6]Yang G, Shu X O, Li H L, et al. Prospective cohort study of soy food intake and colorectal cancer risk in women [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2009, 89(2): 577-583.
- [7]Rivas M, Garay R P, Escanero J F. Soy Milk Lowers Blood Pressure in Men and Women with Mild to Moderate Essential Hypertension [J]. American Society for Nutritional Sciences, 2002, 132(7): 1900-1902.
- [8]Hermansen K, DMSc M D. Effects of Soy and Other Natural Products on LDL:HDL Ratio and Other Lipid Parameters: A Literature Review[J]. Advances In Therapy, 2003, 1-2(1): 50-78.
- [9]Zhang X, Shu X O, Gao Y T, et al. Soy Food Consumption Is Associated with Lower Risk of Coronary Heart Disease in Chinese Women [J]. Journal of National, 2003, 133(9): 2874-2878.
- [10]Villegas R, Gao Y T, Yang G, et al. Legume and soy food intake and the incidence of type 2 diabetes in the Shanghai Women's Health Study[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2008, 87(1): 162-167.
- [11]Nanri A, Mizoue T, Takahashi Y, et al. Soy Product and Isoflavone Intakes Are Associated with a Lower Risk of Type 2 Diabetes in Overweight Japanese Women [J]. Journal of Nutrition, 2010, 140(3): 580-586.
- [12]Teixeira S R., Tappenden K A, Carson L, et al. Isolated Soy Protein Consumption Reduces Urinary Albumin Excretion and Improves the Serum Lipid Profile in Men with Type 2 Diabetes Mellitus and Nephropathy Human Nutrition and Metabolism [J]. Journal of Nutrition, 2004, 134(8): 1874-1880.
- [13]杨晓晖. 豆浆的营养价值—豆浆粉与现磨豆浆对比[J]. 大豆科技,2014,2: 37-39.
- [14]程真真,朱毅,郝睿,等. 不同豆浆及豆浆粉中异黄酮含量的比较[J]. 食品工业,2013,8: 139-142.
- [15]朱晓倩,许钰麒,范志红,等. 不同预处理方法对豆浆中抗营养因子的影响[J]. 中国食物与营养 2012,18(1):65-68.
- [16]蒋蔚茹,徐三荣. AST/ALT 比值对慢性肝炎及各期肝硬化的鉴别诊断价值[J]. 中国全科医学, 2002,10: 788-789.
- [17]张君,褚志华,陆环,等. 肥胖 2 型糖尿病过程中大鼠肝脏形态结构变化的比较[J]. 现代生物医学进展,2009,12:2246-2248,2409.
- [18]Qi W, Fitch P S, Cornwell M L, et al. Savkovic SD. FOXO3 growth inhibition of colonic cells is dependent on intraepithelial lipid droplet density[J]. Journal of biological . 2013,288(23): 16274-16281. ☉