玛咖复合黄精和桔梗调节糖脂代谢作用的研究

李爱民[1,2,3]，冯秋琪[4,5]，柳 嘉[4,5]，吴晓磊[3]，林 静[4,5]，丁方莉[4,5]，夏 凯[4,5]，苑 鹏[4,5]，桑若杰[4,5]，万 宁[4,5]，段盛林[4,5]，高晓冬[*1,2]

(1. 江南大学 糖化学与生物技术教育部重点实验室，江苏 无锡 214122；2. 江南大学 生物工程学院，江苏 无锡 214122；3. 新时代健康产业(集团)有限公司，北京 102206；4. 功能主食创制与慢病营养干预北京市重点实验室，北京 100015；5. 中国食品发酵工业研究院有限公司，北京 100015)

摘要：旨在探讨玛咖、黄精和桔梗3种原料的水提物复方，在细胞水平对调节糖脂代谢的作用。用超声波辅助法分别提取玛咖、黄精和桔梗的水溶性成分，得到玛咖(maca)水提物，将黄精(HJ)水提物和桔梗(JG)水提物按质量比为1:1的比例混合得到黄精-桔梗(HJJG)水提物。采用游离脂肪酸、果糖和葡萄糖诱导人肝癌细胞株(HepG2)细胞，建立糖脂代谢紊乱模型。以二甲双胍作为阳性对照组，分别评价质量浓度为0.25、0.5、1 mg/mL的maca水提物、HJJG水提物以及两者复配物对模型细胞的影响。测定的指标包括模型细胞的葡萄糖吸收量、细胞内糖原、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)的含量以及细胞内活性氧自由基(ROS)的水平。结果表明，玛咖和黄精-桔梗复配后能够通过促进糖吸收和细胞内糖原合成，以及降低细胞内TC含量和ROS水平($P<0.05$)，调节模型组HepG2细胞糖脂代谢，其中质量浓度为1 mg/mL的玛咖和1 mg/mL HJJG(1:1，体积比)复配后改善效果较优。

关键词：玛咖；黄精；桔梗；糖脂代谢；HepG2

中图分类号：TS20　**文章编号**：1673-1689(2020)12-0092-08　**DOI**：10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.12.014

Effects of Maca, *Polygonatum sibiricum* and *Platycodon grandiflorum* on Glucose and Lipid Metabolism

LI Aimin[1,2,3], *FENG Qiuqi*[4,5], *LIU Jia*[4,5], *WU Xiaolei*[3], *LIN Jing*[4,5], *DING Fangli*[4,5], *XIA Kai*[4,5], *YUAN Peng*[4,5], *SANG Ruojie*[4,5], *WAN Ning*[4,5], *DUAN Shenglin*[4,5], *GAO Xiaodong*[*1,2]

(1. Key Laboratory of Carbohydrate Chemistry and Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. New Era Health Industry (Group)Co., Ltd., Beijing 102206, China; 4. Beijing Key Laboratory of Innovative Development of Functional Staple and the Nutritional Intervention for Chronic Disease Co., Ltd., Beijing 100015, China; 5. China National Research Institute of Food and Fermentation Industries Co., Ltd., Beijing 100015, China)

Abstract: This study was to investigate whether the combination of aqueous extracts from maca (*Lepidium meyenii* Walp), *Polygonatum sibiricum* and *Platycodon grandiflorum* could effectively regulate glucose and lipid metabolism at cellular level. Ultrasonic-assisted water extraction was

收稿日期：2020-02-14

作者简介：李爱民(1978—)，博士研究生，主要研究方向为中草药健康食品和保健食品研发。E-mail：liaimin0920@163.com

* **通信作者**：高晓冬(1965—)，博士，教授，博士研究生导师，主要从事细胞糖生物学方面研究。E-mail：xdgao@jiangnan.edu.cn

adopted to obtain their aqueous extracts. The HJJG aqueous extract was achieved by mixing the extracts form *Polygonatum sibiricum* (HJ) and *Platycodon grandiflorum* (JG) at a mass ratio of 1∶1. A glucose-lipid metabolic disorder model was established by inducing human hepatocellular carcinoma cell line (HepG2) with free fatty acid, fructose and glucose. Metformin was used as the positive control group to evaluate effects of aqueous extract of maca, HJJG or maca-JHHG mixture on the model cells at different concentration (0.25, 0.5, 1 mg/mL). The glucose absorption, intracellular glycogen, triglyceride (TG), total cholesterol (TC) and reactive oxygen radicals (ROS) levels in the model cells were measured. The results showed that glucose and lipid metabolism in model HepG2 cells could be significantly regulated by combing maca and HJJG aqueous extracts. They coordinately promoted the sugar absorption and intracellular glycogen synthesis. They also reduced the levels of TC and intracellular ROS in cells ($P < 0.05$), especially. The mixture of maca (1 mg/mL) and HJJG (1 mg/mL) at a volume ratio of 1∶1 exhibited the best effect.

Keywords: maca, *Polygonatum sibiricum*, *Platycodon grandiflorum*, glucose and lipid metabolism, HepG2

经济发展使人们的饮食结构发生了巨变,以往的粗粮、粗加工、低脂低糖食品逐渐被精细加工的高糖高脂食品所替代。长期摄入高脂高糖食品会直接导致肥胖,同时伴随一系列代谢综合征,如高血糖、高血脂、胰岛素抵抗(insulin resistance,IR)和氧化应激等,严重时可发展为一系列代谢疾病,如糖尿病(diabetes mellitus,DM)、非酒精性脂肪肝(non-alcoholic fatty liver disease,NAFLD)和心脑血管疾病等[1-2]。其中氧化应激和IR是上述多种代谢疾病共同症状,是研究代谢疾病的关键所在。

近年来,人们对药食同源的天然资源进行研究,发现一些植物中的活性成分可通过其抗氧化、清除自由基以及缓解炎症的作用,来改善糖脂代谢[3-5]。玛咖(*Lepidium meyenii* Walp)为十字花科独行菜属一年或两年生草本植物,原产于秘鲁,是当地的一种保健食品。2002年中国引种玛咖,目前已在云南丽江和新疆等地种植。玛咖作为新食品资源,在市场上已经有各种类型的产品,其功效有抗疲劳、调节神经、改善性功能、缓解更年期综合征等[6]。黄精为百合科黄精属多年生草本植物的干燥根状茎,在我国各省均有广泛分布,是一种传统滋补中药,味甘,性平,归脾、肺、肾经,具有补气养阴、健脾、润肺、益肾的功效。黄精的主要活性成分有黄精多糖、皂苷、黄酮和挥发油等,具有抗肿瘤、抗病毒、抗氧化以及降血糖等功效[7]。桔梗为桔梗目桔梗科多年生草本植物,是我国药食同源的传统中药,有祛痰止咳、消炎和提高免疫力的作用。桔梗中主要的药理活性成分是皂苷类,此外还含有黄酮、酚类、多糖、甾体等一些活性成分[8]。研究结果还表明,玛咖、黄精和桔梗的水提物均具有一定的抗氧化、调节代谢的功效[9-11]。黄远英等[12]通过建立小鼠疲劳模型,发现黄精和玛咖组成的复方含片可增加小鼠肝糖原的含量,并降低血乳酸水平,具有一定的缓解体力疲劳的作用。也有相关的专利报道,黄精玛咖组成的复方食品,可缓解人体疲劳并增强免疫力[13-14]。王瑜玲等[15]公开了一种黄精复合桔梗等药食同源的植物提取物的配方,具有降血糖的功效,可作为辅助降血糖的食品配方。作者在以往研究的基础上,对玛咖、黄精和桔梗的活性成分分别进行提取,并采用高糖高脂诱导HepG2细胞,建立糖脂代谢紊乱的细胞模型,从多个指标评价玛咖和黄精-桔梗提取物复配对糖脂代谢的调节作用,探究其作用机制及复方的最佳配比,以期为玛咖功能组方干预代谢疾病提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

玛咖:新时代健康产业(集团)有限公司产品;黄精和桔梗:北京同仁堂有限责任公司产品;HepG2细胞株:中国食品发酵工业研究院提供;Dulbecco's Modified Eagle Medium(DMEM)培养基、磷酸盐缓冲液(Phosphate buffered saline,PBS)、平衡盐缓冲液(Hank's balanced salt solution,HBSS)、DMEM无

糖培养基、小牛血清：美国 Gibco 公司产品；油酸(Oleic acid,OA)、棕榈酸(Palmitic acid,PA)、2′,7′-二氯荧光黄双乙酸盐 (DCFH-DA)、二甲基亚砜(Dimethyl sulfoxide,DMSO)、噻唑兰 (3-(4,5-dimethylthiazol -2 -yl) -2,5 -diphenylterazolium bromide,MTT)、胰蛋白酶、二甲双胍：美国 Sigma 化学公司产品；无游离脂肪酸(FFA)、牛血清白蛋白(FFA-free bovine serum albumin,BSA)：日本 WAKO 公司产品；RIPA 细胞裂解液、TG 试剂盒、葡萄糖试剂盒、糖原试剂盒、TC 试剂盒：碧云天生物技术研究所提供；氯仿、正丁醇、碳酸钠、无水乙醇：均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

高速多功能粉碎机：德清拜杰有限公司产品；旋转蒸发仪：上海亚荣生化仪器厂制造；真空冷冻干燥机：北京松源华兴科技发展有限公司产品；CKX41 倒置生物显微镜：日本 OLympus 公司产品；生物安全柜：中国济南鑫贝西生物技术有限公司产品；MCO-20AIC CO_2 细胞培养箱：松下健康医疗器械公司产品；Spectra Max i3 酶标仪：美国 MD 公司产品；电子分析天平：梅特勒-托利多仪器有限公司产品；超声波清洗仪：昆山超声仪器有限公司产品；pH 计：上海雷磁仪器厂制造；GL-20G-Ⅱ型高速冷冻离心机：上海安亭科学仪器厂制造；DK-8D 三温三控水槽：上海博迅实业有限公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 玛咖、黄精和桔梗水提物的制备 取一定量的玛咖、黄精和桔梗干燥后机械粉碎，过 60 目筛。3 个样品各取 40 g，按照料液比 1 g:20 mL 加入到 60 ℃蒸馏水中，搅拌均匀，超声波(功率 250 W)辅助提取 30 min，提取液经过 4 000 r/min 离心 15 min，取上清液，将沉淀再次加入等量蒸馏水超声辅助提取一次，再次离心 15 min，合并上清液后，利用旋转蒸发浓缩至每个样品体积为 200 mL；加入氯仿-正丁醇(3:1，体积比)溶液，使样品液与有机相溶液体积比为 1:3~1:4，振摇 30 min 后，3 000 r/min 离心5 min，中间层为变性的游离蛋白层，分离两相，使蛋白质全部去除；水相中再加入其三分之一体积的有机溶液，重复 2 次，有机相合并后可加水使得体积比为 3:1~4:1，3 000 r/min 离心 10 min，上清液与所有水相合并在一起后冷冻干燥，得到 3 个样品的水提物备用[16-18]。

1.3.2 造模液的配制 称取一定量 BSA，溶于无糖无酚红不完全 DMEM 培养基中，用 10 mol/L 的氢氧化钾调 pH 值至 10，并超声至澄清。称取一定量的油酸和棕榈酸，溶于少量含 BSA 相应不完全培养基中，使得 FFA 溶液中油酸与棕榈酸的摩尔比例为 2:1，同时 FFA 与 BSA 的摩尔比例为 6.6:1，超声至澄清。将 BSA-FFA 复合物溶液 pH 值调至 7.4，用 0.22 μm 过滤器过滤除菌。然后加入称取的一定量的葡萄糖和果糖，混合均匀，再次进行过滤除菌，即得到所需造模液，于-20 ℃保存备用，使用前孵育至 37 ℃[19-20]。

1.3.3 样品的配制 MTT 用样品的配制：将黄精水提物和桔梗水提物按照质量比为 1:1 混合得到黄精-桔梗水提混合物，称取一定量的玛咖水提物和黄精-桔梗水提混合物，分别溶于无血清的 DMEM 培养基，配制成 10 mg/mL 的模型组用母液，用 0.22 μm 过滤器过滤除菌。将配制的 2 个样品置于 4 ℃冰箱备用。

样品的配制：将黄精水提物和桔梗水提物按照质量比为 1:1 混合，得到黄精-桔梗水提混合物，称取一定量的玛咖水提物和黄精-桔梗水提混合物，分别溶于配制好的造模液中，配制成 10 mg/mL 的母液，用 0.22 μm 过滤器过滤除菌后置于 4 ℃冰箱备用。

1.3.4 MTT 法测定细胞存活率 HepG2 细胞培养于含新生牛血清 10%(体积分数)、青霉素 100 U/mL 和链霉素 100 μg/mL 的 DMEM 培养基中(下文简称 DMEM10)，于温度为 37 ℃、CO_2 体积分数为 5%以及相对湿度为 90%的培养箱中常规培养。当细胞生长至 80%~90%融合时，移除旧培养液，用 PBS 溶液润洗细胞层后用胰蛋白酶消化细胞，在显微镜下观察细胞呈圆形时，吸出胰酶，加入 3 mL DMEM10 终止胰蛋白酶消化反应，将细胞用移液枪吹打成细胞悬液[21]。取 96 孔培养板，每孔加 100 μL 细胞悬液，HepG2 细胞浓度为 1×10^5 个/mL，37 ℃培养 24 h 后弃去培养液，用 PBS 清洗 1 次，每孔加入不同浓度的处理液 100 μL，以含质量分数 1% BSA 的 DMEM 培养基孵育细胞为对照。培养 24 h 后除去培养液，加入 0.5 mg/mL MTT-DMEM 于 37 ℃避光孵育 4 h，再加入 100 μL DMSO，震荡混匀以完全溶解 MTT 紫色结晶产物。用酶标仪在 490 nm 处测定吸光度值，并以对照组细胞的细胞存活率为 100%计算其

余组别的细胞存活率[22]。

1.3.5 细胞葡萄糖摄取能力的测定 各组细胞加样处理 24 h 后,弃去培养液,用 PBS 洗 1 次,换为葡萄糖浓度为 12.5 mmol/L 的 DMEM 培养基,培养 12 h 后取 5 μL 上清液,用葡萄糖测定试剂盒测定葡萄糖含量,计算葡萄糖消耗量[20]。

1.3.6 细胞内糖原含量的测定 各组细胞加样处理 24 h 后,小心弃去培养液,用 PBS 洗 1 次,细胞用 RIPA 裂解液裂解,用糖原试剂盒测定胞内糖原含量。结果除以蛋白质含量后,换算为与对照组的百分比为最终表示结果。

1.3.7 上清液及细胞内 TG、TC 含量的测定 各组细胞加样处理 24 h 后,取 50 μL 待测细胞上清液,用 TG 试剂盒测定 TG 含量,结果以模型组 TG 含量的百分比表示(%)。

各组细胞加样处理 24 h 后,小心弃去培养液,将板内待测定细胞用 PBS 润洗 2 次后,加入 RIPA 裂解液。充分裂解后,用 TG 试剂盒和 TC 试剂盒测定 TG 和 TC 的含量,结果以模型组 TG 和 TC 含量的百分比表示(%)[19]。

1.3.8 细胞内 ROS 水平测定 将处理的细胞用含有 25 μmol/L DCFH-DA 的 HBSS 在 37 ℃条件下培养 30 min,然后用 HBSS 清洗 2 次后加入 100 μL 的 HBSS。用酶标仪测定 96 孔黑板中荧光物质的发射光,结果以模型组 ROS 水平的百分比表示(%)[23]。

1.3.9 统计学处理 实验数据采用 Origin 8.0 统计软件进行分析,结果以平均值±标准误差($\overline{X}$±SD)表示。并对实验结果进行单因素显著性分析,P<0.05 表示差异显著。

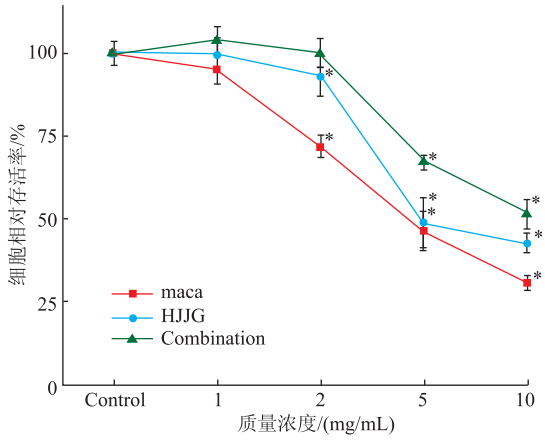
2 结果与分析

2.1 玛咖、黄精和桔梗水提物的提取率

分别称取玛咖、黄精和桔梗各 40 g,水提后,得到玛咖、黄精和桔梗的水提物的干质量分别为 12.12、18.4、16.36 g。计算可得,玛咖,黄精以及桔梗水提物均有较高的提取率,分别为 30.3%、46.0%、40.9%。

2.2 玛咖复合黄精和桔梗对细胞增殖的影响

采用不同质量浓度的玛咖和黄精-桔梗混合物处理细胞 24 h,由图 1 可知,玛咖在质量浓度为 1 mg/mL 时,细胞存活率与对照组相比没有显著差异;2 mg/mL 时,细胞存活率与对照组相比显著降低(P<0.05)。因此,在后续实验中,玛咖的上样质量浓度不得超过 1 mg/mL。同理,黄精-桔梗混合物的后续最大上样质量浓度也应为 1 mg/mL。玛咖和黄精-桔梗混合物以体积比 1:1 复配后,质量浓度为 0~2 mg/mL 时,细胞存活率与对照组相比无显著差异,而当质量浓度大于 2 mg/mL 时,细胞存活率显著下降。因此得出,2 mg/mL 应为玛咖和黄精-桔梗混合物以体积比 1:1 复配后上样的最大质量浓度。



maca 为玛咖,HJJG 为黄精-桔梗混合物,Combination 为玛咖和黄精-桔梗混合物 1:1(体积比)复配溶液;与对照组相比,*P<0.05。

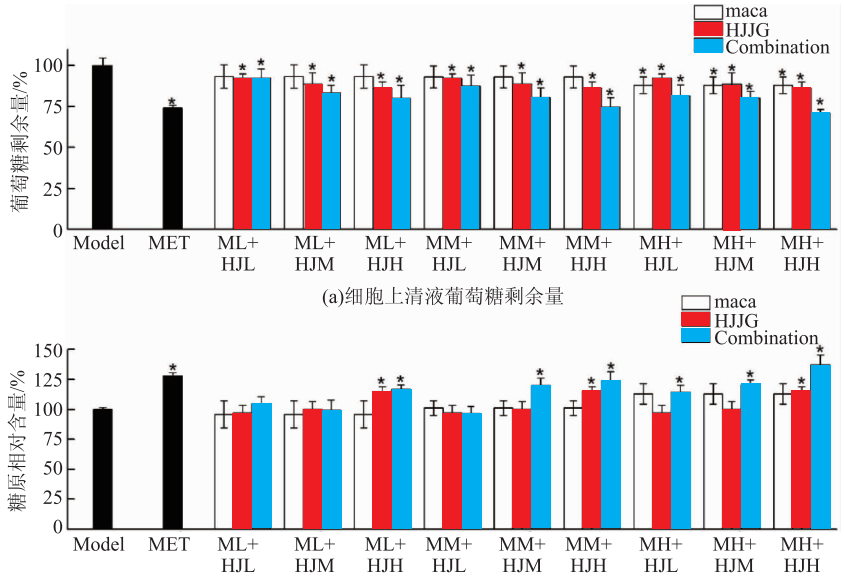
图 1 玛咖和黄精-桔梗提取物处理 24 h 对细胞增殖的影响

Fig. 1 Effects of maca and HJJG extract on cell proliferation after 24 h treatment

2.3 玛咖复合黄精和桔梗对糖脂代谢紊乱细胞糖吸收和胞内糖原含量的影响

由图 2(a)可知,与模型组相比,玛咖单独作用时,仅在高剂量质量浓度 1 mg/mL 时能够显著降低细胞上清液葡萄糖含量(P<0.05),而黄精-桔梗混合物在中(0.5 mg/mL)、高剂量(1 mg/mL)时均能够显著降低细胞上清葡萄糖含量(P<0.05)。此外,玛咖和黄精-桔梗混合物不同比例复配后的上清液葡萄糖含量均低于单独作用时的含量,当玛咖和黄精-桔梗混合物以 1 mg/mL 质量浓度复配时,上清液葡萄糖含量降低最显著,下降约 30%(P<0.05)。从图中还可看出,玛咖和黄精-桔梗混合物高质量浓度复配时,其促进细胞糖吸收的活性与阳性对照 MET 相当。由图 2(b)可知,玛咖单独作用时在低、中、高质量浓度时对细胞内糖原水平均无显著影响,黄精-桔梗混合物仅在高剂量质量浓度 1 mg/mL 时能

够显著提高胞内糖原相对含量(P<0.05),而复配后的结果显示,高质量浓度黄精-桔梗混合物与低、中、高质量浓度玛咖分别复配时,其细胞内糖原相对含量均高于单独作用的相对含量;中、高质量浓度的玛咖与中质量浓度的黄精-桔梗混合物,高质量浓度的玛咖与低质量浓度的黄精-桔梗混合物虽在单独作用时对细胞内糖原无显著影响,但复配后均能显著提高细胞内糖原相对含量(P<0.05),且高质量浓度的玛咖和高质量浓度的黄精-桔梗复配混合,细胞内糖原相对含量最高。由以上可以得出,玛咖和黄精-桔梗混合物复配后能够显著促进细胞葡萄糖吸收及胞内糖原转化,具有调节糖代谢紊乱的作用,且当 1 mg/mL 的玛咖和 1 mg/mL 的黄精-桔梗混合物复配时,调节细胞糖代谢紊乱的效果最佳。



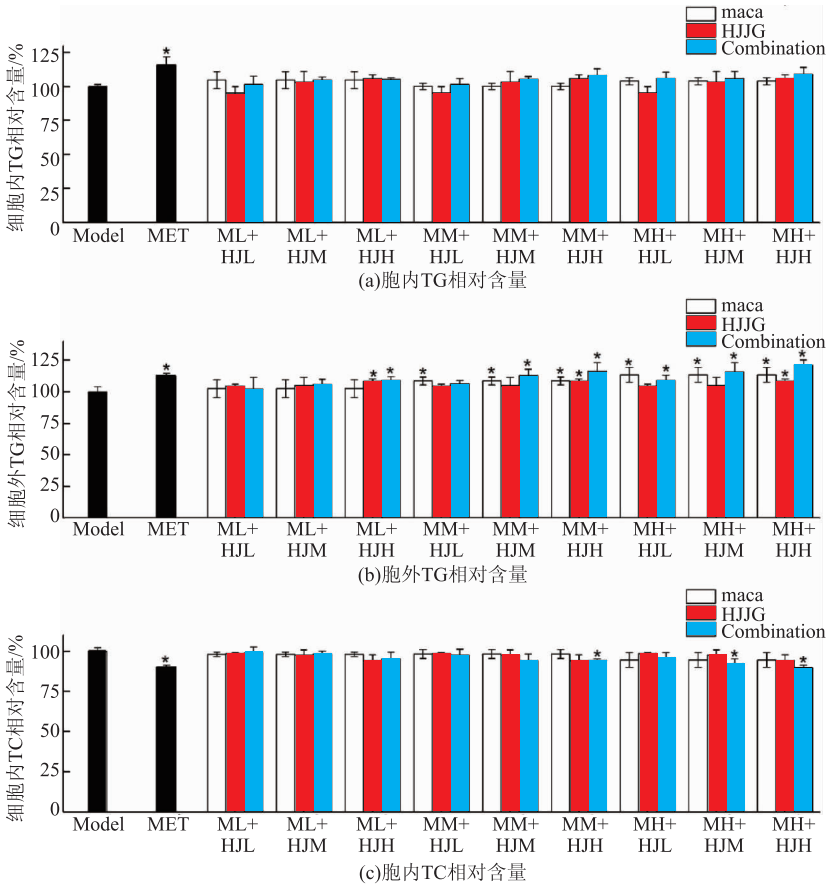
MET 为二甲双胍(质量浓度为 10 μg/mL),maca 为玛咖,HJJG 为黄精-桔梗混合物,Combination 为玛咖和黄精-桔梗混合物不同比例复配溶液,ML、MM 和 MH 分别代表玛咖低(0.25 mg/mL)、中(0.5 mg/mL)和高(1 mg/mL)质量浓度,HJL、HJM 和 HJH 分别代表黄精-桔梗混合物低(0.25 mg/mL)、中(0.5 mg/mL)和高(1 mg/mL)质量浓度;与模型组相比,*P<0.05。

图 2 玛咖和黄精-桔梗混合物对糖脂代谢紊乱细胞上清液葡萄糖和胞内糖原的影响

Fig. 2 Effects of maca and HJJG on supernatant glucose and intracellular glycogen with glucose-lipid metabolism disorder

2.4 玛咖复合黄精和桔梗对糖脂代谢紊乱细胞胞内 TG、TC 和上清液 TG 的影响

由图 3(a)可知,加样处理 24 h 后,与模型组相比,玛咖和黄精-桔梗混合物单独和复配后的样品处理细胞,其胞内 TG 水平无显著性差异(P>0.05)。由图 3(b)可知,玛咖单独作用时,在中、高质量浓度均能显著提高上清液 TG 相对含量(P<0.05),黄精-桔梗混合物在高质量浓度时,能够显著提高上清液 TG 相对含量(P<0.05)。而复配结果显示,玛咖和黄精-桔梗混合物在低质量浓度复配时对细胞上清液 TG 相对含量无显著影响,在中、高质量浓度复配时均可显著提高细胞上清液 TG 相对含量(P<0.05)。胞外 TG 含量升高的原因是由于细胞糖吸收增加,促进了 TG 的合成以及胞内 TG 的排出[22]。由图 3(c)可以看出,中质量浓度玛咖复配高质量浓度黄精-桔梗混合物以及高质量浓度玛咖复配高质量浓度黄精-桔梗混合物均能够显著降低细胞内 TC 相对含量(P<0.05),其中高质量浓度玛咖和高质量浓度黄精-桔梗混合物复配效果最好,细胞内 TC 含量下降了约 11%。其可能是通过抑制 TC 的合成或促进 TC 的分解,实现降低 TC 水平[19,23]。综上可知,玛咖和黄精-桔梗混合物复配分别为 MH+HJM、MM+HJH、MH+HJH 组合时,可显著提高胞外 TG 水平,并显著抑制胞内 TC 含量,TC 是引起血脂异常的一个重要指标,因此,玛咖和黄精-桔梗混合物复配分别为 MH+HJM、MM+HJH、MH+HJH 组合时,可显著调节细胞脂代谢,其中玛咖与黄精-桔梗混合物质量浓度分别为 1 mg/mL 进行复配时,调节脂代谢的



MET 为二甲双胍(质量浓度为 10 μg/mL),maca 为玛咖,HJJG 为黄精-桔梗混合物,Combination 为玛咖和黄精-桔梗混合物不同比例复配溶液,ML、MM 和 MH 分别代表玛咖低(0.25 mg/mL)、中(0.5 mg/mL)和高(1 mg/mL)质量浓度,HJL、HJM 和 HJH 分别代表黄精-桔梗混合物低(0.25 mg/mL)、中(0.5 mg/mL)和高(1 mg/mL)质量浓度;与模型组相比,*P<0.05。

图 3　玛咖和黄精-桔梗混合物对糖脂代谢紊乱细胞内 TG,TC 和细胞上清液 TG 的影响

Fig. 3　Effects of maca and HJJG on intracellular TG,TC and supernatant TG with glucolipid-lipid metabolism disorders

效果最佳。

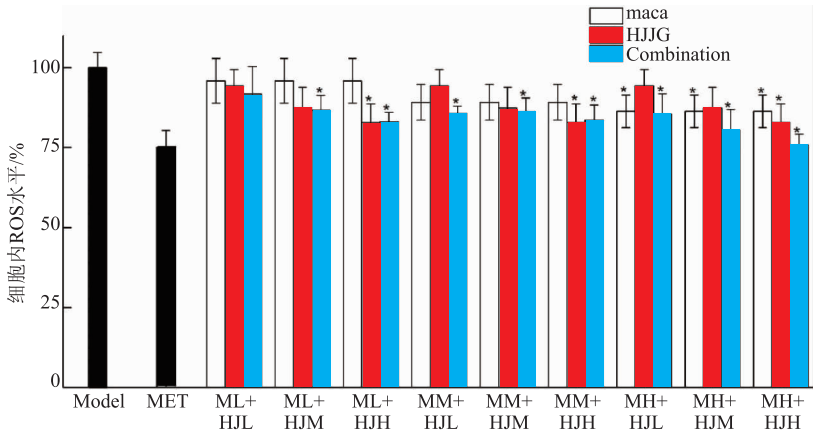
2.5　玛咖复合黄精和桔梗对细胞内 ROS 的影响

由图 4 可知,与模型组相比,高质量浓度的玛咖和中、高质量浓度的黄精-桔梗混合物在单独作用时,均可不同程度降低胞内荧光值。除了低质量浓度的玛咖和低质量浓度黄精-桔梗混合物复配时对胞内荧光值无显著影响外,其他复配组合均能够显著降低胞内荧光值(P<0.05)。当高质量浓度的玛咖和黄精-桔梗混合物复配时,胞内荧光值降低最显著(P<0.05),约为 25%,也即高质量浓度的玛咖和黄精-桔梗混合物复配时与阳性对照二甲双胍具有相当的清除 ROS 的能力[16]。

由以上结果可知,玛咖与黄精-桔梗混合物分别以高质量浓度进行复配时,能够显著促进细胞糖吸收和糖原的合成和胞内 TG 的合成和排出,同时降低细胞内 TC 含量和 ROS 水平。此外,质量浓度分别为 1 mg/mL 的玛咖与黄精-桔梗混合物复配时调节糖脂代谢的效果最为显著。

3　结　语

本实验得到玛咖水提物的得率为 30.3%,黄精水提物的得率为 46.0%,桔梗水提物的得率为 40.9%。玛咖和黄精-桔梗混合物分别单独作用时,对细胞生长无明显影响的最大作用质量浓度为 1 mg/mL(P>0.05)。玛咖和黄精-桔梗混合物体积比 1:1 复配后,对细胞生长无明显影响的最大作用质量浓度为 2 mg/mL(P>0.05)。玛咖和黄精-桔梗混合物分别以质量浓度 1 mg/mL 复配时,能够显著促进



MET 为二甲双胍(质量浓度为 10 μg/mL),maca 为玛咖,HJJG 为黄精–桔梗混合物,Combination 为玛咖和黄精–桔梗混合物不同比例复配,ML、MM 和 MH 分别代表玛咖低(0.25 mg/mL)、中(0.5 mg/mL)和高(1 mg/mL)质量浓度,HJL、HJM 和 HJH 分别代表黄精–桔梗混合物低(0.25 mg/mL),中(0.5 mg/mL)和高(1 mg/mL)质量浓度;与模型组相比,*P<0.05。

图 4　玛咖和黄精桔梗混合物对糖脂代谢紊乱细胞内 ROS 水平的影响

Fig. 4　Effects of maca and HJJG on intracellular ROS levels with glucose and lipid metabolism disorders

糖吸收和细胞内糖原的合成，同时降低细胞内 TC 含量和 ROS 水平。因此,高质量浓度的玛咖和黄精–桔梗混合物复配可显著调节 HepG2 模型细胞的糖脂代谢紊乱(P<0.05)。

综上所述,玛咖、黄精和桔梗三者复配后能够更有效地通过促进糖吸收和细胞内糖原合成,降低细胞内胆固醇和 ROS 水平,最终达到调节糖脂代谢的效果。本文中提供了一种安全且无副作用的具有改善糖脂代谢紊乱的玛咖和黄精–桔梗混合物复方,为玛咖功能组方的研发提供理论参考,也可为糖尿病等慢性疾病患者饮食提供更多选择。

参考文献:

[1] HAGBERG C E,MEHLEM A,FALKEVALL A,et al. Targeting VEGF-B as a novel treatment for insulin resistance and type 2 diabetes[J]. **Nature**,2012,490(7420):426-430.

[2] PISTROSCH F,PASSAUER J,FISCHER S,et al. In type 2 diabetes,rosiglitazone therapy for insulin resistance ameliorates endothelial dysfunction independent of glucose control[J]. **Diabetes Care**,2004,27(2):484-490.

[3] KNICOLA W G,IBRAHIM K M,MIKHAIL T H,et al. Role of the hypoglycemic plant extract cleome droserifolia in improving glucose and lipid metabolism and its relation to insulin resistance in fatty liver[J]. **Bollettino Chimico Farmaceutico**,1996,135(9):507-517.

[4] JUNG U J,BAEK N I,CHUNG H G,et al. Effects of the ethanol extract of the roots of *Brassica rapa* on glucose and lipid metabolism in C57BL/KsJ-db/db mice[J]. **Clinical Nutrition**,2008,27(1):158-167.

[5] YANG X,ZHANG P,ZHANG F,et al. Protective effect of hypoglycemic granule against diabetes-induced liver injury by alleviating glycolipid metabolic disorder and oxidative stress[J]. **Journal of Cellular Biochemistry**,2020,121(5-6):3221-3234.

[6] 王竹,杨晶明,王国栋,等. 玛咖独行菜对卵巢切除术后大鼠血脂及骨质代谢的影响[J]. 卫生研究,2009,38(4):420-422.

[7] 陆建平,张静,张艳贞. 黄精多糖的功能活性及应用前景[J]. 食品安全质量检测学报,2013,4(1):273-278.

[8] 田雨弘. 桔梗的化学成分分析及药理活性研究[D]. 长春:吉林农业大学,2017.

[9] VECERA R,OROLIN J,SKOTTOVÁ N,et al. The influence of maca(*Lepidium meyenii*) on antioxidant status,lipid and glucose metabolism in rat[J]. **Plant Foods for Human Nutrition**,2007,62(2):59-63.

[10] 张遥遥,张梦,胡悦,等. 黄精多糖的提纯、硫酸化和羧甲基化修饰及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技,2019,40(21):45-51.

[11] SUN T,ZHANG H,LI Y,et al. Physicochemical properties and immunological activities of polysaccharides from both crude and

wine-processed *Polygonatum sibiricum*[J]. **International Journal of Biological Macromolecules**,2020,143:255-264.
[12] 黄远英,汪玉芳. 黄精玛咖片缓解体力疲劳的研究[J]. 食品安全质量检测学报,2016,7(12):4991-4995.
[13] 王阳光. 一种黄精玛咖复方保健食品:中国,CN105310072A[P].2016-02-10.
[14] 罗华云,胡传芳. 一种滋补强身玛咖保健茶:中国,CN108813051A[P].2018-11-16.
[15] 王瑜玲,王鹤霖,郭建鹏,等. 一种辅助降血糖的组合物及其应用:中国,CN108553584A[P].2018-09-21.
[16] 刘淼,黄莹莹,林梦雅,等. 黑玛咖不同提取物的抗疲劳作用与谱效关系研究[J]. 中草药,2018,9:2090-2096.
[17] 郭谦亮,张天华,王宁,等. 玛咖不同提取部位对磷酸二酯酶 5 抑制作用的谱 - 效关系研究[J]. 中草药,2017,48(4):728-736.
[18] 赵江丽,李荣乔,温春秀,等. 苦瓜玛咖复合饮品的研制及其质量标准研究[J]. 食品研究与开发,2017,38(11):77-81.
[19] LIU J,ZHANG H J,JI B P,et al. A diet formula of *Puerariae radix*,*Lycium barbarum*,*Crataegus pinnatifida*,and *Polygonati rhizoma* alleviates insulin resistance and hepatic steatosis in CD-1 mice and HepG2 cells[J]. **Food & Function**,2014,5(5):1038-1049.
[20] 柳嘉,郭孝萱,吴薇,等. 高糖高脂诱导胰岛素抵抗 HepG2 细胞模型的建立及活性成分的功能评价[J]. 食品科技,2012(3):73-78.
[21] 王章林. 疏肝健脾法复方含药血清对 HepG2.2.15 细胞 JAK2,STAT3 mRNA 及 HBsAg 表达的影响[D]. 福州:福建中医药大学,2017.
[22] 姜保平,乐亮,姚霞,等. HepG2 细胞胰岛素抵抗模型的建立及在筛选两色金鸡菊活性化合物中的应用[J]. 中国现代中药,2017,19(2):165-173.
[23] NAGANO T. Bioimaging probes for reactive oxygen species and reactive nitrogen species[J]. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**,2009,45(2):111-124.

科　技　信　息

欧盟食品安全局发布饲料中硝酸盐和亚硝酸盐的风险评估

2020 年 11 月 4 日,欧盟食品安全局(EFSA)发布关于饲料中硝酸盐(nitrate)和亚硝酸盐(nitrite)的风险评估。

经过评估,由于现有数据的局限性,食物链污染物小组无法确定硝酸盐对除反刍动物和猪以外物种的健康风险,以及亚硝酸盐对所有牲畜和伴生动物的健康风险。根据有限的数据集,硝酸盐和亚硝酸盐从饲料向动物源性食品的转移,以及硝酸盐和亚硝酸盐介导的 N-亚硝胺的形成及其向这些产品的转移可能可以忽略不计。

[信息来源]食品伙伴网.欧盟食品安全局发布饲料中硝酸盐和亚硝酸盐的风险评估 [EB/OL]. (2020-11-6). http://news.foodmate.net/2020/11/576312.html