

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.04.011

文章编号:2095-6002(2019)04-0078-06

引用格式:刘同方,于燕波,李淑娟,等.新资源食品提取物辅助降血糖配方的确定[J].食品科学技术学报,2019,37(4):78-83.



LIU Tongfang, YU Yanbo, LI Shujuan, et al. Determination of hypoglycemic formula assisted by new resources food extracts[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019,37(4):78-83.

新资源食品提取物辅助降血糖配方的确定

刘同方, 于燕波, 李淑娟, 沈起兵, 张国文, 李亦凡, 陈斌*

(深圳市绿航星际太空科技研究院, 广东 深圳 518117)

摘要:以 α -葡萄糖苷酶抑制剂体外模型实验筛选出 4 种具有较强活性的新资源食品提取物原料,进行混料配方优化设计,获得较优配方比例为:青钱柳提取物 26.05%,葡萄皮提取物 10.00%,桑叶提取物 22.13%,枇杷叶提取物 41.82%。采用高浓度葡萄糖刺激 HepG2 细胞体外降血糖评价模型对优化配方进行功能评价,结果显示配方可显著提高胰岛素抵抗模型的葡萄糖利用率,对造成的胰岛素抵抗具有一定的改善作用,且呈现一定的浓度依赖效应。

关键词: α -葡萄糖苷酶;体外模型实验;HepG2 细胞;葡萄糖利用率;胰岛素抵抗

中图分类号:TS201.4

文献标志码:A

随着对糖尿病基础研究的深入,越来越多的治疗药物研制成功并投入临床使用。西药降血糖作用明显、起效快,但往往缺乏整体的协调性,具有明显的副作用,不利于糖尿病患者长期使用^[1]。近年来,诸多研究表明中药对糖尿病具有多途径、多靶点、多环节的综合治疗作用,且中药治疗疾病的毒副作用较小^[2-4]。所以,从天然的植物中寻找降血糖的有效成分是开发治疗糖尿病食品的一条重要的途径。已有研究表明,白子菜^[5]、苦瓜^[6]、青钱柳^[7]、桑叶^[8]、甜茶叶^[9]、玉竹^[10]、葡萄皮^[11]、枇杷叶^[12]等植物中的活性成分具有降低血糖和促进胰岛素分泌等作用。本研究主要通过对植物提取物进行筛选,并进行配方优化,最后进行体外降血糖功能评价实验,以期对研制具有辅助降血糖功能的配方提供支持。

1 实验部分

1.1 材料与试剂

MTT 细胞增殖及细胞毒性检测试剂盒 (MTT cell proliferation and cytotoxicity assay kit),美国 Am-

resco 公司;二甲基亚砷 (dimethyl sulfoxide, DM-SO),美国 Sigma 公司;4-硝基苯- α -D-吡喃葡萄糖苷 (4-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside, pNPG),上海晶纯生化科技股份有限公司; α -葡萄糖苷酶 (酵母源),美国 Sigma 公司;阿卡波糖片,拜耳医药保健有限公司;MEM 低糖培养基及胰蛋白酶 (含 0.25% 乙二胺四乙酸),美国 Gibco 公司;地特胰岛素,丹麦诺和诺德公司;HepG2 细胞株购于北京协和医院;葡萄糖测定试剂盒,南京建成生物工程研究所;磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、碳酸钠、葡萄糖等均为分析纯,购于国药集团化学有限公司;提取物原料为固体粉末状,由张家界至诚生物有限公司提供。

1.2 仪器与设备

DK-8B 型电热恒温水浴锅,上海精宏试验设备有限公司;UV-2600 型紫外-可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;AL204 型电子天平,瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司;BCL-1000A 型超净工作台,北京亚太克隆公司;MCO-15AC 型 CO₂ 培养箱,美国 SANYO 仪器有限公司。

收稿日期:2018-12-14

基金项目:深圳市基础研究(自由探索)项目(深圳科技创新[2018]62号)。

第一作者:刘同方,男,助理研究员,主要从事食品营养与工程技术方面的研究。

*通信作者:陈斌,男,研究员,博士,主要从事航天营养与工程方面的研究。

1.3 实验方法

1.3.1 α -葡萄糖苷酶活性抑制率的测定

取 10 mL 试管,依次加入 pH = 6.8 磷酸缓冲液 1.85 mL,0.40 U/mL 酶溶液 100 μ L,加入 100 μ L 样品溶液,涡旋振荡混合均匀,37 $^{\circ}$ C 恒温水浴 15 min,再加入 0.011 6 mol/L pNPG 溶液 50 μ L,涡旋振荡混合均匀,37 $^{\circ}$ C 恒温水浴 20 min,再加入 8.00 mL 0.20 mol/L Na₂CO₃ 溶液终止反应,405 nm 处测定吸光度值, α -葡萄糖苷酶活性抑制率计算见式(1)。

$$E_{\text{抑制率}} = \frac{A_{\text{空白}} - (A_{\text{样品}} - A_{\text{背景}})}{A_{\text{空白}}} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, $E_{\text{抑制率}}$ 为 α -葡萄糖苷酶活性抑制率, $A_{\text{空白}}$ 为不加样品反应后的吸光度值, $A_{\text{样品}}$ 为加入样品反应后的吸光度, $A_{\text{背景}}$ 为只加样品的吸光度值,设阿卡波糖片为阳性对照组,每个样品做3个平行,取平均值,计算抑制率。

1.3.2 不同提取物原料体外酶抑制率活性比较

通过对不同浓度桑叶提取物、苦瓜提取物、葡萄皮提取物、甜茶叶提取物、白子菜提取物、玉竹提取物、青钱柳叶提取物和枇杷叶提取物等8种植物提取物原料(见表1)进行体外酶抑制率活性比较,筛选出活性较强的普通食品、新食品或药食同源原料提取物进行配方优化设计。

表1 用于降血糖配方设计的8种植物提取物

Tab.1 8 plant extracts for hypoglycemic formular design

原料名称	类别
桑叶	药食同源(卫法监发[2002]51号文)
苦瓜	普通食品
葡萄皮	普通食品
甜茶叶	新食品原料(卫食新申字(2017)第0006号)
白子菜	新资源食品(关于批准DHA藻油、棉籽低聚糖等7种物品为新资源食品及其他相关规定的公告(2010年第3号))
玉竹	药食同源(卫法监发[2002]51号文)
青钱柳叶	新食品原料(国家卫生和计划生育委员会公告2013年第4号)
枇杷叶	新资源食品(关于批准番茄籽油等9种新食品原料的公告(2014年第20号))

1.3.3 配方优化设计

通过不同原料活性比较实验,选取活性高于阳性对照组的提取物原料,采用 Design Expert 8.0.6 中 D-optimal 限制成分上下界的方法,对组分量范围进行人为限制,然后通过回归方程及各组分等高线图和响应曲面的分析,确定最优配方。

1.3.4 HepG2 细胞体外模型降血糖效果评价

1.3.4.1 胰岛素抵抗 HepG2 细胞模型建立

参考文献[13]方法建立体外细胞模型,HepG2 细胞 1×10^5 个/mL 接入细胞培养板,贴壁生长 24 h 后,加入终浓度为 30 mmol/L 的葡萄糖溶液,孵育 24 h,再加入终浓度为 1×10^{-7} mmol/L 的胰岛素刺激 10 min,即建立高浓度葡萄糖诱导的胰岛素抵抗 HepG2 细胞模型。

1.3.4.2 细胞存活率的测定

采用 MTT 法测定细胞存活率^[14],当细胞生长至可传代后用胰蛋白酶溶液消化,用 MEM 低糖培养基调整细胞密度为 1×10^5 个/mL,接入 96 孔板,每孔 180 μ L。贴壁生长 24 h 后向细胞中加入 20 μ L 待测样品,同时设添加 20 μ L 磷酸盐缓冲液的细胞孔作为空白对照组,做 6 个平行实验。孵育 24 h 后添加 20 μ L 5 mg/mL MTT,继续培养 4 h,随后吸尽培养基并添加 150 μ L DMSO,室温放置 10 min 后于 570 nm 处测定吸光度值。将空白组细胞存活率设置为 100%,细胞存活率计算见式(2)。

$$\gamma_{\text{细胞存活率}} = \frac{A_{\text{实验组}}}{A_{\text{空白组}}} \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中, $\gamma_{\text{细胞存活率}}$ 为细胞存活率, $A_{\text{实验组}}$ 为添加待测样品处理后测得吸光度值, $A_{\text{空白组}}$ 为添加磷酸盐缓冲液处理后测得吸光度值。

1.3.4.3 葡萄糖利用率的测定

根据葡萄糖氧化酶-过氧化物酶法^[15]测定葡萄糖含量,实验组细胞同时添加葡萄糖溶液和样品溶液,模型对照组添加葡萄糖溶液和等体积磷酸盐缓冲液,空白组仅添加等体积无菌磷酸盐缓冲液,添加葡萄糖终浓度为 30 mmol/L,继续孵育 24 h,添加胰岛素(终浓度为 1×10^{-7} mmol/L)刺激细胞 10 min,随后立即吸取上层培养基,用葡萄糖测定试剂盒测定葡萄糖浓度,葡萄糖利用率计算见式(3)。

$$\beta_{\text{葡萄糖利用率}} = \frac{c_1 + c_2 - c_3}{c_1 + c_2} \times 100\% \quad (3)$$

式(3)中, c_1 为原培养基中葡萄糖浓度,5.55 mmol/L, c_2 为葡萄糖添加终浓度,0 或 30 mmol/L, c_3 为上层培养基中葡萄糖浓度,mmol/L。

2 结果与分析

2.1 不同提取物对 α -葡萄糖苷酶抑制活性比较结果分析

不同提取物原料对 α -葡萄糖苷酶抑制活性的比较结果见图 1。

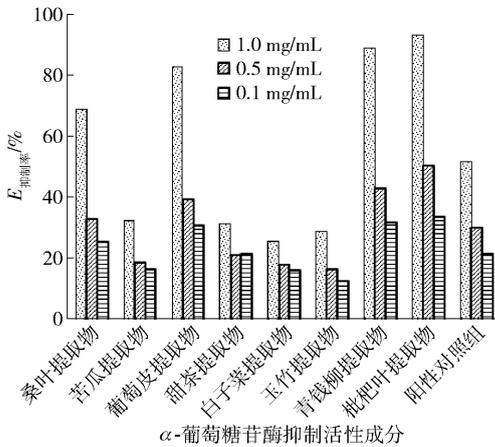


图1 不同提取物原料对 α -葡萄糖苷酶抑制活性的比较

Fig. 1 Comparison of inhibitory activities of different extracts on α -glucosidase

由图1可知,在相同质量浓度条件下,桑叶提取物、葡萄皮提取物、青钱柳叶提取物和枇杷叶提取物对 α -葡萄糖苷酶抑制率均大于阳性对照组,因此选取以上4种提取物进行配方优化设计。

2.2 配方优化设计结果分析

2.2.1 混料设计方案及结果

运用 Design-Expert 8.0.6 数据统计分析软件,得到实验方案,并按照实验方案进行实验,结果见表2。

对表2测定结果进行数学模型拟合与回归分析,得到模型 $P < 0.05$,达到显著的水平,失拟项的 $P = 0.0734$,不显著。多元相关系数 $R^2 = 0.8419$,校正决定系数 $R_{adj}^2 = 0.6363$,说明该模型对实际情况拟合较好,拟合的三次回归方程比较合适,可以选择此模型对混合配方进行分析预测。分析结果显示,枇杷叶提取物、青钱柳提取物和桑叶提取物的复配比例对 α -葡萄糖苷酶体外抑制率存在交互作用,达到显著水平。

根据实验结果建立回归方程:

$$E_{\text{抑制率}} = 41.11A + 44.25B + 42.13C + 35.58D - 26.63AB + 17.66AC + 33.36AD + 17.97BC + 4.27BD + 8.92CD - 68.89ABC + 176.71ABD - 63.09ACD + 24.21BCD。$$

其中A、B、C、D分别表示枇杷叶提取物、青钱柳叶提取物、葡萄皮提取物、桑叶提取物的质量分数,由回归方程和方差分析可见,拟合的三次方程中ABD和BCD三次项的系数为正值,说明枇杷叶提取物、青钱柳提取物、葡萄皮提取物和桑叶提取物对体外抑制率起到贡献作用,二次项回归系数AD项绝对值最大,说明在混料配方中枇杷叶提取物和桑叶提取物复配液对 α -葡萄糖苷酶的体外抑制率的贡

献最大。

表2 混料设计方案及结果

Tab. 2 Mixture design scheme and results

序号	ω (枇杷叶提取物)/%	ω (青钱柳叶提取物)/%	ω (葡萄皮提取物)/%	ω (桑叶提取物)/%	$E_{\text{抑制率}}/\%$
1	30.00	30.00	20.00	20.00	44.13
2	40.00	30.00	20.00	10.00	41.82
3	30.00	20.00	10.00	40.00	35.09
4	30.00	20.00	40.00	10.00	42.12
5	45.00	20.00	25.00	10.00	46.86
6	33.75	38.75	13.75	13.75	43.09
7	30.00	50.00	10.00	10.00	44.34
8	33.75	23.75	13.75	28.75	46.23
9	30.00	35.00	25.00	10.00	47.87
10	37.50	27.50	17.50	17.50	47.18
11	30.00	20.00	10.00	40.00	35.09
12	40.00	20.00	20.00	20.00	43.91
13	48.75	23.75	13.75	13.75	38.54
14	45.00	35.00	10.00	10.00	36.27
15	30.00	20.00	40.00	10.00	42.12
16	30.00	20.00	25.00	25.00	40.61
17	45.00	35.00	10.00	10.00	36.71
18	60.00	20.00	10.00	10.00	39.38
19	30.00	50.00	10.00	10.00	44.34
20	30.00	35.00	10.00	25.00	40.62
21	33.75	23.75	28.75	13.75	43.91
22	60.00	20.00	10.00	10.00	44.13
23	40.00	30.00	10.00	20.00	48.21
24	45.00	20.00	10.00	25.00	46.96

2.2.2 较佳复配比例的确定与验证

当葡萄皮提取物添加比例固定在10.00%时,不同比例枇杷叶提取物、青钱柳提取物和桑叶提取物溶液对 α -葡萄糖苷酶抑制率影响的等高线图及3D响应面图见图2。其中响应面图为曲面,表明因素之间存在交互作用。通过软件优化功能,对最优配方进行优化,并对最优配方条件下的结果进行预测,结果见图3。

通过数据分析,确定较佳复配比例为:枇杷叶提取物41.82%,青钱柳提取物26.05%,葡萄皮提取物10.00%,桑叶提取物22.13%,体外抑制率的预测值为48.73%。按照最优的复配比例进行3次重复验证实验,计算结果,得到配方溶液对 α -葡萄糖苷酶的体外抑制率为 $49.32\% \pm 0.15\%$,与响应面的预测值无明显差异,说明响应面模型优化复配4种提取物的最佳复配比例的结果可靠。

2.3 HepG2细胞体外模型降血糖效果分析

2.3.1 配方对HepG2细胞存活率的影响

采用MTT法测定了配方样品对HepG2细胞存

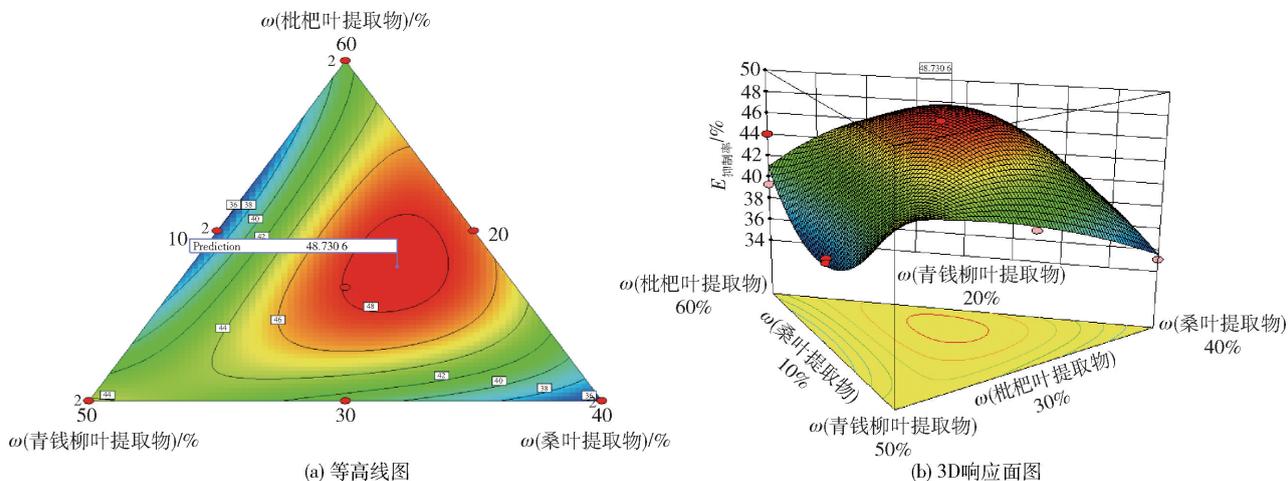
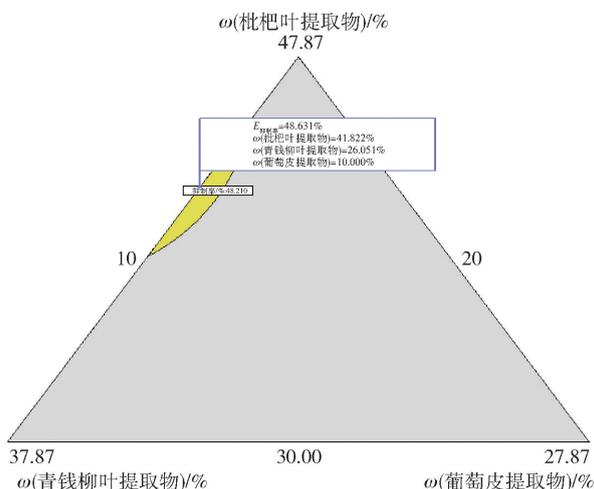
图2 不同比例提取物溶液对 α -葡萄糖苷酶抑制率影响Fig. 2 Effects of different proportions of extract solutions on inhibitory rate of α -glucosidase

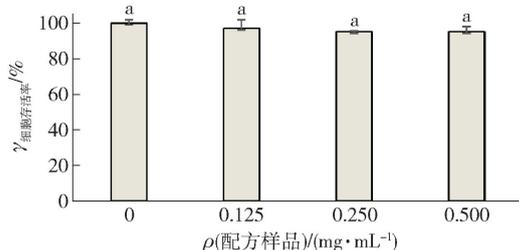
图3 数据处理软件对较优配方比例的预测

Fig. 3 Prediction of proportion of better formula by data processing software

活率的影响,数据采用 Duncan's multiple range test 方法分析,不同字母表示显著性差异,结果见图4。结果表明,配方样品在质量浓度 0.125 ~ 0.500 mg/mL 范围内对细胞存活率均没有显著影响,说明配方样品在质量浓度 0.500 mg/mL 及以下时对 HepG2 细胞没有细胞毒性。因此,选定此浓度范围进行后续实验。

2.3.2 配方样品对高糖诱导胰岛素抵抗 HepG2 细胞内葡萄糖利用率的影响

当加入高浓度葡萄糖刺激后,与空白对照组相比模型组的葡萄糖利用率显著降低,说明成功建立了胰岛素抵抗模型。采用葡萄糖氧化酶-过氧化物酶法测定配方样品对高糖诱导胰岛素抵抗 HepG2 细胞内葡萄糖利用率的影响,结果见图5。而在添



字母代表差异性。

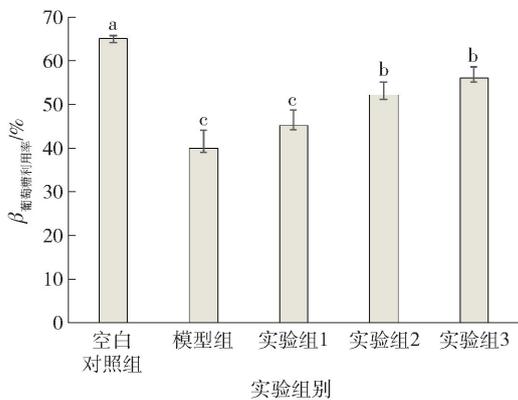
图4 不同浓度配方样品对 HepG2 细胞存活率的影响

Fig. 4 Effects of different concentrations formula sample on cytoactive of HepG2 cells

加高浓度葡萄糖刺激的同时,加入不同浓度配方样品处理,其中实验组1添加了 30 mmol/L 葡萄糖溶液和 0.125 mg/mL 样品溶液,实验组2添加了 30 mmol/L 葡萄糖溶液和 0.250 mg/mL 样品溶液,实验组3添加了 30 mmol/L 葡萄糖溶液和 0.500 mg/mL 样品溶液。结果表明实验组显著提高胰岛素抵抗模型的葡萄糖利用率,且促进作用呈现一定的浓度依赖效应。当样品终质量浓度为 0.500 mg/mL 时细胞对葡萄糖的利用率最高,与模型组相比提高了 37.88%。结果表明配方样品对高浓度葡萄糖刺激 HepG2 细胞造成的胰岛素抵抗具有一定的改善作用。

2.3.3 配方对高糖和高脂联合诱导胰岛素抵抗 HepG2 细胞内葡萄糖利用率的影响

测定配方样品对高糖和高脂联合诱导胰岛素抵抗 HepG2 细胞内葡萄糖利用率的影响,结果见图6。当加入高浓度葡萄糖与棕榈酸刺激后,与空白对照组相比模型组的葡萄糖利用率显著降低,说明成功建立了胰岛素抵抗模型。在添加高浓度

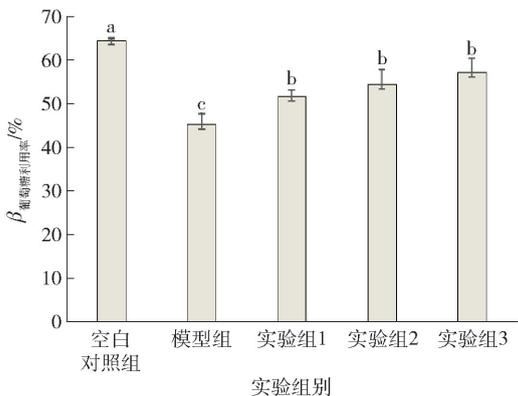


不同字母代表差异显著。

图5 配方样品对高糖诱导胰岛素抵抗 HepG2 细胞内葡萄糖利用率的影响

Fig. 5 Effects of formula samples on glucose utilization in HepG2 cells induced by elevated glucose

葡萄糖和棕榈酸刺激的同时,加入不同浓度配方样品处理,其中实验组1添加了30 mmol/L葡萄糖溶液、0.250 mmol/L棕榈酸和0.125 mg/mL样品溶液,实验组2添加了30 mmol/L葡萄糖溶液、0.250 mmol/L棕榈酸和0.250 mg/mL样品溶液,实验组3添加了30 mmol/L葡萄糖溶液、0.250 mmol/L棕榈酸和0.500 mg/mL样品溶液。结果显示实验组显著提高胰岛素抵抗肝细胞对葡萄糖的利用率。当配方样本终质量浓度为0.500 mg/mL时细胞对葡萄糖的利用率最高,与模型组相比提高了25.63%。结果表明配方样品对高浓度葡萄糖与棕榈酸联合刺激 HepG2 细胞造成的胰岛素抵抗具有一定的改善作用。



不同字母代表差异显著。

图6 配方样品对高糖和高脂联合诱导胰岛素抵抗 HepG2 细胞内葡萄糖利用率的影响

Fig. 6 Effects of formula samples on glucose utilization in HepG2 cells induced by elevated glucose and free fatty acids

3 结论

本文通过对8种不同植物提取物原料进行体外酶抑制率比较,筛选出4种活性较强的提取物原料进行配方优化设计,对数据进行分析,得出4种提取物具有交互作用,较佳复配比例为:枇杷叶提取物41.82%,青钱柳提取物26.05%,葡萄皮提取物10.00%,桑叶提取物22.13%。HepG2细胞体外模型降血糖效果评价实验结果显示配方样品可提高高糖诱导以及高糖-高脂联合诱导胰岛素抵抗 HepG2 细胞内葡萄糖利用率,降低细胞外的葡萄糖浓度,改善胰岛素抵抗模型症状。

目前,本配方只进行了体外细胞模型评价降血糖效果实验,辅助降血糖功能评价实验有待完善,可望在此配方基础上,结合感官评价开发一款辅助降血糖功能性食品。

参考文献:

- [1] 李清,周金培,张惠斌. 抗糖尿病药物研究进展[J]. 药学进展,2013,37(9):417-427.
LI Q, ZHOU J P, ZHANG H B. Research progresses in anti-diabetic drugs[J]. Progress in Pharmaceutical Sciences,2013,37(9):417-427.
- [2] PANKAJ M. Diabetes beyond insulin: review of new drugs for treatment of diabetes mellitus[J]. Current Drug Discovery Technologies,2007,4(1):39-47.
- [3] 刘雄,龚婷. 辣椒碱调节机体糖脂代谢的机理研究[J]. 食品科学技术学报,2018,36(1):18-24.
LIU X, GONG T. Effect mechanism of capsaicinoids on metabolism of body glucose and lipid[J]. Journal of Food Science and Technology,2018,36(1):18-24.
- [4] 崔亚楠,张晖,马毓,等. 低血糖指数冲调粉配方和加工工艺研究[J]. 食品科学技术学报,2017,35(6):21-27.
CUI Y N, ZHANG H, MA Y, et al. Study on formula and processing technology of low-glycemic-index mixing powder[J]. Journal of Food Science and Technology,2017,35(6):21-27.
- [5] 覃兰琼. 白背三七中降血糖物质的研究[D]. 福州:福建农林大学,2011.
QIN L Q. Studies on hypoglycemic materials of *Gynura divaricata*[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University,2011.
- [6] 陈淑贞,牟淑敏,刘雨凡,等. 苦瓜提取物降糖作用的研究进展[J]. 世界最新医学信息文摘,2018(92):87-91.

- CHEN S Z, MOU S M, LIU Y F, et al. The research progress of *Momordica charantia* extract antidiabetic effect [J]. World Latest Medicine Information, 2018 (92): 87-91.
- [7] 唐梅,赵立春,扈芷怡,等.青钱柳化学成分及药理作用研究进展[J].国际药学研究杂志,2017,44(9):851-859.
- TANG M, ZHAO L C, HU Z Y, et al. Chemical constituents and pharmacological activities of *Cyclocarya paliurus* (Batal.): research advances[J]. Journal of International Pharmaceutical Research, 2017, 44(9):851-859.
- [8] 刘国艳,魏晓蕊,叶群,等.桑叶提取物对糖尿病小鼠降血糖效果的研究[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2013,34(4):80-83.
- LIU G Y, WEI X R, YE Q, et al. Study on the effect of mulberry leaves extract on blood glucose in diabetic mice [J]. Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition), 2013, 34(4):80-83.
- [9] 丰杰,辛宁.瑶山甜茶和百色甜茶化学成分及药理研究进展[J].时珍国医国药,2007,18(5):1089-1090.
- FENG J, XIN N. Advance in studies on chemical constituents and pharmacological action of *Rubus suavissimus* S. Lee and *Lithocarpus polystachyus* Rehd [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2007, 18(5):1089-1090.
- [10] 谢建军,胡蔓菁,孙桂菊,等.玉竹多糖对四氧嘧啶糖尿病大鼠胰岛 β 细胞损伤的保护作用[J].时珍国医国药,2008,19(10):2479-2481.
- XIE J J, HU M J, SUN G J, et al. Protective effect of polygonatum odoratum polysaccharides on pancreatic β -cell damage in alloxan-induced diabetes in rats [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2008, 19(10):2479-2481.
- [11] 吴建国,吴岩斌,许惠凤,等.天然化合物治疗糖尿病的研究进展[J].海峡药学,2011,23(10):6-9.
- WU J G, WU Y B, XU H F, et al. Research progress of natural compounds used in the treatment of diabetes mellitus [J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2011, 23(10):6-9.
- [12] 李锋,王航,薛原楷,等.枇杷叶三萜酸降血糖活性实验研究[J].药物生物技术,2011(4):328-331.
- LI F, WANG H, XUE Y K, et al. The experimental study on hypoglycemic activity of triterpenic acids from loquat leaf [J]. Pharmaceutical Bio technology, 2011(4):328-331.
- [13] CORDERO HERRERA I, MARTIN M A, BRAVO L, et al. Cocoa flavonoids improve insulin signalling and modulate glucose production via AKT and AMPK in HepG2 cells [J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2013, 57(6):974-985.
- [14] JOHAN V M, GERTJAN J K, JACQUELINE C. Cell sensitivity assay: the MTT assay [J]. Methods Mol Biol, 2011, 731(20):237-245.
- [15] 朱传江,刘苹.葡萄糖氧化酶-过氧化物酶改良法的建立-血糖测定时间窗口的探讨[J].中国药理学通报,2010,26(9):1246-1249.
- ZHU C J, LIU P. Establishment of improved glucose oxidase-peroxidase enzyme method: time window for measurement of blood glucose [J]. Chinese Pharmacological Bulletin, 2010, 26(9):1246-1249.

Determination of Hypoglycemic Formula Assisted by New Resources Food Extracts

LIU Tongfang, YU Yanbo, LI Shujuan, SHEN Qibing, ZHANG Guowen, LI Yifan, CHEN Bin*
(SPACenter Space Institute of Southern China, Shenzhen 518117, China)

Abstract: *In vitro* model experiment of α -glucosidase inhibitor was used to screen out 4 kinds of active material, and the optimization design of the mixture formula was carried out. The optimal proportions of formula were *Cyclocarya paliurus* leaves extract 26.05%, grape skin extract 10.00%, mulberry leaves extract 22.13%, and loquat leaves extract 41.82%. The insulin resistant HepG2 cell model was induced by the high concentration glucose. The results showed that the formula could significantly promote the glucose utilization of the insulin resistant HepG2 cell to improve the insulin resistance, and the effect was concentration-dependent.

Keywords: α -glucosidase; *in vitro* model experiment; HepG2 cells; glucose utilization; insulin resistance

(责任编辑:李 宁)