

酵母山楂茯苓组合物增强小鼠免疫力的研究

栾金玲¹, 梁秋元², 张彦^{1,2*}

(1. 安琪酵母股份有限公司, 宜昌 443003; 2. 酵母功能湖北省重点实验室, 宜昌 443003)

摘要: **目的** 探讨酵母、山楂和茯苓的组合物是否具有增强小鼠免疫力的作用。**方法** 将小鼠分为空白对照组和实验组, 实验组分别以低、中、高 3 个剂量组 75、150、450 mg/(kg·BW) 每天 1 次给小鼠灌胃 30~35 d, 然后测定小鼠脏器/体重比值, 小鼠脾淋巴细胞转化、迟发型变态反应、抗体生成细胞、血清溶血素、单核-巨噬细胞功能、小鼠碳廓清实验、小鼠腹腔巨噬细胞吞噬荧光微球、NK(natural killer)细胞活性等免疫指标。**结果** 中、高剂量的组合物可以显著地提高淋巴细胞的增值转化能力。各剂量组的组合物均可以促进小鼠体重增长和迟发变态反应, 增加小鼠的抗体数量和抗体积数以及小鼠的单核-腹腔巨噬细胞吞噬和碳廓清能力, 而对于 NK 细胞活性则没有显著性的影响。**结论** 酵母、山楂和茯苓的组合物可以增加小鼠免疫力, 对于相关保健品的开发具有一定的指导意义。

关键词: 山楂; 酵母; 茯苓; 免疫力

Research on enhancing immunity of mice with the composition of yeast, hawthorn and *Poria cocos*

LUAN Jin-Ling¹, LIANG Qiu-Yuan², ZHANG Yan^{1,2*}

(1. Angel Yeast Co., Ltd, Yichang 443003, China; 2. Hubei Key Laboratory of Yeast Function, Yichang 443003, China)

ABSTRACT: Objective To investigate whether the combination of yeast, hawthorn and *Poria cocos* can enhance the immunity of mice. **Methods** Mice were divided into blank control group and experimental group. The mice in experimental group were also divided into 3 groups according to the feeding amount, low dose group, 75 mg/(kg·BW), middle dose 140 mg/(kg·BW) and high dose 450 mg/(kg·BW). The feeding was carried out in the manner of gavage once a day and lasted 30-35 days. Nine immune function indexes were measured to judge the effect of combinations on immune system, including viscera/body weight ratio, spleen lymphocyte transformation, late onset of allergy, antibody generation cells and the serum hemolysin, carbon clearance, chicken red blood cells of macrophage cell in abdominal cavity, and NK(natural killer) cells activity, etc. **Results** For the medium and high dose level, the combination could significantly improve the proliferation and transformation ability of lymphocyte. Every dose level of mixture could promote weight growth and delayed allergic reaction in mice, increase the number and volume of antibodies in mice, and enhance the phagocytosis and carbon clearance ability of mono-peritoneal macrophages in mice, while had no significant effect on NK cell activity. **Conclusion** The composition of yeast, hawthorn and *Poria cocos* has the function of increasing immunity in mice, which has certain guiding significance for the development of related health products.

KEY WORDS: hawthorn; yeast; *Poria cocos*; immunity

*通讯作者: 张彦, 博士, 主要研究方向为食品营养与功能食品的开发。E-mail: zhangyan@angelyeast.com

*Corresponding author: ZHANG Yan, Ph.D, Angel Yeast Co., Ltd, Yichang 443003, China. E-mail: zhangyan@angelyeast.com

1 引言

酵母是一种营养丰富的安全的真核微生物, 含有优质的蛋白质, 丰富的维生素和矿物质、脂肪、辅酶、核酸等营养物质^[1-4]。其含有的 8 种必需氨基酸含量已接近理想蛋白质的水平, 尤其是含有非常丰富的谷物所缺乏的赖氨酸。酵母抽提物是通过将酵母细胞内的蛋白质降解成氨基酸和多肽, 核酸降解成核苷酸, 并将它们和其他营养物质如维生素、矿物质、谷胱甘肽等一起提取出来的混合物质, 可供人体直接吸收利用, 是一种天然、安全、营养的酵母深加工食品原料^[3,4]。山楂是我国的特产果树, 栽培和食用历史悠久, 其果实具有消食健胃、行气散瘀、化浊降脂的功效, 在心脑血管、消化系统、糖代谢等方面均具有较强的药理作用。山楂果的主要成分包括黄酮类、有机酸、维生素 C、三萜等多种成分, 是药食两用的上等补品, 因此也常被作为降血脂和减肥的保健食品的原料^[5-7]。茯苓是多孔菌科真菌茯苓 *Poria cocos* (Schw.) Wolf 的干燥菌核, 含有多糖类、三萜类等多种成分, 食用历史已经有两千多年。它不仅是药还是食品, 具有抗肿瘤、增强免疫力、护肝保肝、治疗糖尿病和利尿去湿等多种保健功能^[8-10]。

酵母、山楂、茯苓均是食品原料, 多年来对于酵母的研究主要集中在其营养和功能, 近几年对于含有锌元素的酵母在功能方面研究的比较少, 主要侧重于其他金属元素酵母以及酵母组分的功能研究, 如锆^[11]、核苷酸^[12]对于免疫力的影响, 酵母 β -葡聚糖对免疫力提升^[13]的影响以及作为益生元对机体的作用^[14]。山楂作为药食同源的原料, 最熟悉的是其助消化功能, 但是黄酮也是其特有的功能性标志物, 近几年来很多学者及企业主要注重于山楂黄酮工艺的提取^[15,16], 而忽略了其功能的得研究, 而茯苓的研究主要集中在心血管^[17]、关节炎^[18]等方面的研究。山楂、酵母和茯苓是百姓所熟知的食品原料, 锌是生长发育所必需的营养素, 虽然研究的方向比较多, 但是对于其应用仍有一定的局限性, 如免疫力的研究, 为了进一步探索这个 3 种食品原料的功效, 本文以小鼠为研究对象, 研究这 3 种原料的结合对小鼠免疫力的影响, 为相关保健食品的开发提供指导意义。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

2.1.1 实验原材料与试剂

实验小鼠由三峡大学提供的 SPF 级昆明小鼠 240 只, 体重 18~22 g 的健康小鼠。实验动物房温度: 22~25 °C, 相对湿度: 55%~70%。小鼠饲料: 上海普路腾生物科技有限公司, 按照美国 NIH31 标准生产, 并且满足中国实验动物配合饲料通用质量要求(GB 14924.1)和实验动物配合饲

料卫生标准(GB 14924.2), 颗粒状^[19]。富锌酵母提取物由安琪酵母股份有限公司提供(锌含量 3000 ppm), 山楂提取物(黄酮含量 10%)和茯苓提取物(质量比为茯苓:水=1:10 的水提物)均由陕西新天域生物科技有限公司提供, 以上 3 种成分按酵母提取物:山楂提取物:茯苓提取物=20:7:10 的质量比例(根据前期预实验研究)混合均匀。

2.1.2 实验试剂

RPMI 1640 培养液(吉诺生物医药技术有限公司); 二硝基氟苯(2,4-dinitrofluorobenzene, DNFB)(分析纯, 南京化学实际股份有限公司); 2%(V/V)绵羊红细胞(sheep red blood cell receptor, SRBC)悬液(常州贝源鑫生物科技有限公司); 印度墨汁(上海哈灵生物科技有限公司); Na₂CO₃、NaHCO₃、丙酮、乳酸锂、硝基氯化四氮唑、吩嗪二甲酯硫酸盐、氧化型辅酶 I、Tris、HCL、1%(w/w)乙基苯基聚乙二醇(Nonidet P 40, NP40)(分析纯, 上海国药集团); 鸡红细胞悬液和 4%(V/V)、Giemsa-磷酸缓冲液(三峡大学实验室自制); 麻油(食品级, 李锦记(广州)食品有限公司); 生理盐水(药品级, 石家庄四药有限公司); ConA 液(美国 sigma 公司), 用双蒸水配制成 100 μ g/mL 的溶液, 过滤除菌, 在 -20°C 保存; 无菌 Hank's 溶液(上海恒远生物科技有限公司), 用前以 3.5%(w/w)的无菌 NaHCO₃ 调 pH7.2~7.4; 乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)基质液: 将 5 \times 10⁻² mol/L 乳酸锂, 6.6 \times 10⁻⁴ mol/L 硝基氯化四氮唑, 2.8 \times 10⁻⁴ mol/L 吩嗪二甲酯硫酸盐, 1.3 \times 10⁻³ mol/L 氧化型辅酶 I 溶于 0.2 mol/L 的 Tris-HCL 缓冲液中(pH 8.2); DNFB 丙酮麻油溶液: 称取 DNFB 50 mg 至于清洁干燥的小瓶中, 将预先配好的 5 mL 丙酮麻油溶液(丙酮: 麻油=1:1, 体积比)倒入小瓶, 盖好瓶盖并用胶布密封。

2.2 主要仪器

ME204E 梅特勒-托利多电子天平(瑞士梅特勒-托利多仪器公司); QP-50 气套式博科二氧化碳培养箱(山东博科科学仪器公司); TGL-16GB 高速离心机(上海安亭科学仪器厂); TU-1901 双光束紫外可见分光光度计(北京普析普尔科学仪器公司); WD-2102A 型全自动酶标仪(北京六一生物科技有限公司); HD-2000A 博视达电子显微镜(深圳博视达光学有限公司); 500-196 数显游标卡尺(日本三丰公司); 微量血凝实验板(常州翔天试验仪器厂); U 型 96 孔培养板(杭州爱津生物技术有限公司)。

2.3 实验方法

参考文献^[20-22]中的实验方法进行实验设计。实验小鼠 240 只, 每 40 只小鼠为 1 组, 共 6 组。按照实验结束时间分别进行脏器/体重比值, 小鼠脾淋巴细胞转化、迟发型变态反应、抗体生成细胞、血清溶血素、单核-巨噬细胞功能、小鼠碳廓清实验、小鼠腹腔巨噬细胞吞噬荧光微球、细胞活性实验(natural killer, NK)的结果测定。

2.4 剂量和给与方式

设 3 个剂量组, 分别为 75、150、450 mg/(kg·BW), 另设一个空白对照组, 每组 10 只动物。受试物用蒸馏水配成浓度为 4、8、24 mg/mL 的混悬液, 按 0.2 mL/10 g 的体积给予相应剂量组动物灌胃, 对照组给予等体积的蒸馏水, 每天灌胃 1 次, 连续灌胃 30~35 d, 之后进行各项免疫指标的测定。

2.5 检测方法

2.5.1 脏器/体重比值测定

称量小鼠的体重并采取颈椎脱臼法将小鼠处死, 取出胸腺和脾脏, 称重后计算脏/体比值:

$$(1) \text{脏器体重比值}(\%) = \frac{\text{脏器重}(\text{g})}{\text{终体重}(\text{g})} \times 100$$

2.5.2 ConA 诱导小鼠脾淋巴细胞转化实验

采用 MTT 法。颈椎脱臼法处死小鼠, 无菌取脏, 置于有 Hank's 溶液的白磁盘中, 并用镊子轻轻的将其撕碎, 分离成单个脾细胞, 用全自动细胞计数仪计数调整细胞浓度为 3×10^6 个/mL。将细胞转移至 24 孔培养板中, 每一孔加入 75 μ L/mL ConA 液, 另设置对照孔, 置 37 $^{\circ}$ C 5% 二氧化碳培养箱中培养 72 h。在 570 nm 波长下用酶联免疫检测仪测定光密度(optical density, OD)。

2.5.3 二硝基氟苯诱导的小鼠迟发型变态反应(delayed type hypersensitivity, DTH)

采用耳肿胀法进行测量。首先配制好 DNFB 丙酮麻油溶液贮存备用。小鼠腹部用电动剃须刀脱毛, 范围约 3 cm \times 3 cm, 然后用 DNFB 溶液均匀涂抹使其致敏, 5 d 后将 DNFB 均匀涂抹于小鼠右耳两面进行攻击, 24 h 时处死小鼠, 剪下两耳, 用打孔器取 8 mm 直径的耳片并称重, 计算左右两耳的重量差异, 即 DTH 值。

2.5.4 抗体生成细胞检测

采用 Jerne 改良玻片法^[20]进行抗体生成细胞检测。实验结束前 5 d, 给每只小鼠腹腔注射 0.2 mL 2% SRBC 悬液进行免疫。5 d 后处死小鼠, 无菌取脾脏, 用玻璃匀浆器将其磨碎, 并用 4 层纱布过滤, 离心, 再用 Hank's 溶液洗 2 遍, 并制成脾细胞悬液, 按 Jerne 改良玻片法进行抗体生成细胞测定, 用空斑数/10⁶ 脾细胞表示抗体生成细胞数。

2.5.5 血清溶血素的测定

采用凝集法进行血清溶血素的测定。实验结束前 5 d, 每只小鼠腹腔注射 0.2 mL 2% SRBC 悬液, 5 d 后小鼠眼球取血和离心分离血清。用生理盐水按倍数稀释, 分别置于微量血凝板内, 于 37 $^{\circ}$ C 温箱孵育 3 h, 观察血球凝集程度, 利用血球凝集程度检测溶血素(SRBC 抗体)水平。

2.5.6 小鼠碳廓清实验

经小鼠左眼内眦静脉注入稀释的印度墨汁^[9](用生理盐水稀释 4 倍), 每 10 g 体重注射 0.1 mL, 墨汁注入后立即计时, 第 2、10 min 分别从右眼内眦取血 20 μ L, 立即加入到 2 mL 0.1% Na₂CO₃ 溶液中。以 Na₂CO₃ 溶液作空白对照,

以 600 nm 波长用全自动生化仪测 OD 值。将小鼠处死, 取肝脏和脾脏并用滤纸吸干表面血污, 称重。以吞噬指数表示小鼠碳廓清的能力, 按下式计算吞噬指数 a , 其中, K 为吞噬率, OD_1 为第 2 min 中的光密度值, OD_2 为第 10 min 中的光密度值, t_2 为 10 min, t_1 为 2 min:

$$(2) K = (\lg OD_1 - \lg OD_2) / (t_2 - t_1)$$

$$(3) \text{吞噬指数} a = \frac{\text{体重}}{\text{肝重} + \text{脾重}} \times \sqrt[3]{K}$$

2.5.7 小鼠腹腔巨噬细胞吞噬荧光微球试验

实验结束前 4 d 给小鼠腹腔注射 0.2 mL 2% SRBC 悬液, 实验当天用颈椎脱臼法处死小鼠, 腹腔注入小牛血清的 Hank's 溶液 3 mL, 轻轻按揉腹部 20 次, 吸取腹腔的巨噬细胞并调整细胞数为 $4 \times 10^5 \sim 6 \times 10^5$ 个/mL, 置于 37 $^{\circ}$ C 二氧化碳细胞培养箱孵育 100 min。孵育完成后弃上清, 每次用 1.0 mL 磷酸盐缓冲液(phosphate buffer saline, PBS)轻轻洗涤 2 次, 去上清后再加入 4 $^{\circ}$ C PBS 0.3 mL, 用细胞刮刮下贴壁细胞, 轻轻吹打均匀后经 75 μ m 过滤器过滤之后上流式细胞仪分析, 按下式计算吞噬率和吞噬指数:

$$(4) \text{吞噬百分率}(\%) = \frac{\text{吞噬荧光微球的巨噬细胞数}}{\text{计数的巨噬细胞数}} \times 100\%$$

$$(5) \text{吞噬指数} = \frac{\text{被吞噬的荧光微球总数}}{\text{计数的巨噬细胞数}}$$

2.5.8 NK 细胞活性测定

采用 LDH 法测定细胞活性。无菌取脾, 制成脾细胞悬液 2×10^7 个/mL, 取传代后 24 h 生长良好的靶细胞, 调整浓度为 4×10^5 个/mL。取靶细胞和效应细胞各 100 μ L(效靶比 50:1), 加入 U 型 96 孔培养板中; 靶细胞自然释放孔加靶细胞和培养液各 100 μ L, 靶细胞最大释放孔加靶细胞和 1% NP40 各 100 μ L。上述各项各设 3 个平行孔, 置 5% CO₂、37 $^{\circ}$ C 二氧化碳孵箱中培养 4 h。然后将 96 孔培养板以 1500 r/min 离心 5 min, 每孔吸取上清 100 μ L 置平底 96 孔培养板中, 同时加入 LDH 基质液 100 μ L, 反应 8 分钟, 每孔加入 1 mol/L 的 HCL 30 μ L, 在酶标仪 490 nm 处测定 OD 值, 按下式计算 NK 细胞活性:

$$(6) \text{NK 细胞活性}(\%) = \frac{\text{反应孔 OD} - \text{自然释放孔 OD}}{\text{最大释放孔 OD} - \text{自然释放孔 OD}} \times 100\%$$

2.6 实验数据统计与结果判定

应用 SPSS 统计软件进行方差分析统计处理。采用 t 检验, 重复 3 次, 实验结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 以 $P < 0.05$ 为具有统计学差异, 有显著性影响。细胞免疫功能、体液免疫功能、单核-巨噬细胞功能、NK 细胞活性 4 个方面中任 2 个结果阳性, 可判定该受试物具有增强免疫力功能作用。

3 结果与分析

3.1 受试物对小鼠体重的影响

受试物对小鼠体重的影响见表 1。可以看出在实验前

选择的实验小鼠与对照的小鼠在体重上没有显著性差异 ($P>0.05$), 小鼠的体重比较平均。实验结束时, 各实验组与对照组的小鼠体重相比, 均具有显著性差异 ($P<0.05$), 表明该受试物有助于小鼠的体重的增长, 与前期学者发现山楂酵母复方颗粒具有增强食欲和增加体重的作用一致^[5,23]。

表 1 受试物对小鼠体重的影响 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Effect of the subjects on body weight of mice ($\bar{x} \pm s$)

剂量组/[mg/(kg·BW)]	动物数/只	初始体重/g	实验结束体重/g
450	10	19.3±0.18	39.1±0.27*
150	10	18.9±0.22	36.3±0.16*
75	10	19.2±0.17	34.5±0.25*
空白对照组	10	19.0±0.12	31.2±0.12

注: * $P<0.05$ 与空白对照组比较。

3.2 受试物对小鼠免疫器官脏器/体重比值的影响

由表 2 的数据可知, 对于脏器与体重的比值, 各剂量组与空白对照组比较, 没有显著性差异 ($P>0.05$), 表明该组合物对小鼠的免疫器官重量没有显著性影响。文献中报道, 锌除了对机体的生长发育、体重有显著的影响以外, 对机体影响最显著的就是胸腺和脾脏。缺锌会导致生长发育迟缓、体重下降、胸腺和脾脏萎缩^[24]。在本次的实验结果中胸腺和脾脏的增长相对于对照组没有显著性差异, 可能是该批小鼠体内储藏的锌加上该组合物中补充的锌还没有达到刺激胸腺和脾脏增长的剂量。

表 3 受试物对小鼠脾淋巴细胞转化及迟发型变态反应(DTH)实验结果 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 The results of spleen lymphocyte transformation and delayed allergy (DTH) in mice ($\bar{x} \pm s$)

剂量组/[mg/(kg·BW)]	动物数/只	淋巴细胞增殖能力(OD 值)	左右耳片重量差异/mg
450	10	0.217±0.012*	16.18±0.047*
150	10	0.182±0.010*	15.62±0.056*
75	10	0.137±0.021*	14.79±0.051*
空白对照组	10	0.102±0.018	13.02±0.056

注: * $P<0.05$ 与空白对照组比较。

表 4 受试物对抗体生成细胞检测及溶血素的测定实验结果 ($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Test results of antibody production cells and hemolysin determination ($\bar{x} \pm s$)

剂量组/[mg/(kg·BW)]	动物数/只	溶血空斑数/(1×10^6 脾细胞数)	抗体积数
450	10	220.1±21.83*	182.3±18.89*
150	10	192.5±18.19*	161.2±23.67*
75	10	168.7±23.16*	150.9±32.52
空白对照组	10	160.3±12.18	141.2±21.96

注: * $P<0.05$ 与空白对照组比较。

表 2 受试物各剂量组试验小鼠的免疫器官脏器/体重比值 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Immunological organs/body weight ratio of the mice ($\bar{x} \pm s$)

剂量组/[mg/(kg·BW)]	动物数/只	(胸腺/体重)/%	(脾脏/体重)/%
450	10	0.287±0.012	0.493±0.047
150	10	0.243±0.010	0.457±0.056
75	10	0.221±0.021	0.425±0.051
空白对照组	10	0.223±0.018	0.426±0.056

注: * $P<0.05$ 与空白对照组比较。

3.3 受试物对小鼠细胞免疫的影响

从表 3 的检测结果可以看出该受试物小鼠淋巴转化 OD 值与空白对照组比较具有显著性差异 ($P<0.05$), 表明该受试物具有促进小鼠淋巴细胞增殖、转化能力的作用。受试物对于小鼠耳片肿胀程度与空白对照组比较具有显著性差异 ($P<0.05$), 表明该受试物具有促进小鼠的迟发型变态反应的作用。因此, 该受试物对小鼠细胞免疫有增强的作用。

3.4 受试物对小鼠体液免疫的影响

从表 4 可见, 高剂量组和中剂量组的受试物与空白对照组相比, 小鼠抗体生成细胞数和小鼠抗体积数均具有显著性差异 ($P<0.05$), 表明该高剂量和中剂量的受试物具有促进小鼠抗体生成细胞增殖和提高小鼠的血清溶血素水平的作用。因此, 高剂量组和中剂量组的受试物对小鼠体液免疫具有增强的作用。

3.5 受试物对小鼠单核-巨噬细胞吞噬功能的影响

从表 5 可见,中、高剂量组小鼠轮廓清吞噬指数与空白对照组比较具有显著性差异($P < 0.05$),表明该受试物具有促进小鼠单核-巨噬细胞碳廓清功能的作用。各剂量组小鼠腹腔巨噬细胞对鸡红细胞的吞噬率及吞噬指数与空白对照组比较均无显著性差异($P > 0.05$),表明该样品对小鼠腹

腔巨噬细胞的吞噬功能无明显促进作用。

3.6 受试物对小鼠 NK 细胞活性的影响

从表 6 结果可以看出,各剂量组受试物对小鼠的 NK 细胞活性均高于空白对照组,但与空白对照组比较均无显著性差异($P > 0.05$),表明该受试物对小鼠的 NK 细胞活性无明显提高作用。

表 5 受试物对小鼠单核-巨噬细胞碳廓清及腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞实验结果($\bar{x} \pm s$)

Table 5 Experimental results of carbon clearance of mouse mononuclear macrophages and phagocytosis of chicken erythrocytes by peritoneal macrophages ($\bar{x} \pm s$)

剂量组/[mg/(kg·BW)]	动物数/只	轮廓清	巨噬细胞	吞噬率	巨噬细胞
		吞噬指数	吞噬率/%	数据转换	吞噬指数
450	10	8.29±0.37*	21.4±3.6	0.475±0.31	0.68±0.17
150	10	8.04±0.53*	20.7±5.2	0.478±0.76	0.57±0.21
75	10	7.62±0.28	20.8±1.9	0.478±0.26	0.49±0.19
空白对照组	10	7.02±0.23	20.5±2.7	0.472±0.54	0.48±0.10

注: * $P < 0.05$ 与空白对照组比较。

表 6 受试物对小鼠 NK 细胞活性测定结果($\bar{x} \pm s$)

Table 6 Test results of NK cell activity in mice ($\bar{x} \pm s$)

剂量组/[mg/(kg·BW)]	动物数/只	NK 细胞活性/%	NK 细胞活性转换数据
450	10	24.65±5.23	0.567±0.076
150	10	23.57±7.31	0.524±0.095
75	10	22.34±4.96	0.492±0.103
空白对照组	10	21.25±4.66	0.452±0.079

注: * $P < 0.05$ 与空白对照组比较。

4 结论与讨论

在本次实验中,将酵母抽提物、山楂提取物和茯苓提取物以质量比 20:7:10 的比例混合均匀,并以 75、150、450 mg/(kg·BW)的浓度灌胃 30~35 d,可以促进小鼠的体重增长,增强淋巴细胞的增殖转化能力,促进小鼠的迟发型变态反应和单核-巨噬细胞碳廓清功能,增加小鼠的抗体数量和抗体体积,而对 NK 细胞活性没有明显显著性增加。根据结果判定要求,该组合物可以对小鼠增加免疫力具有积极影响。综合上述研究结果表明,该组合物对于提高机体免疫有促进作用,因此为该组合物在保健食品中的应用和大健康事业具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 韩瑞超,刘思喜. 酵母在保健食品中的应用[J]. 山东食品发酵, 2015, 4(179): 39-42.
Han RC, Liu SX. Application of yeast in health food [J]. Shandong Food Ferment, 2015, 4(179): 39-42.
- [2] 刘颖. 酵母的营养价值及其应用[J]. 食品科技, 1990, 12(4): 34-35.
Liu Y. Nutritional value of yeast and its application [J]. Food Sci Technol, 1990, 12(4): 34-35.
- [3] 王腾飞,刘洪玲,王瑞明. 酵母抽提物的营养价值及应用前景[J]. 山东食品发酵, 2007, 1(144): 5-9.
Wang TF, Liu HL, Wang RM. Nutritional value of yeast extract and its application prospect [J]. Shandong Food Ferment, 2007, 1(144): 5-9.
- [4] 杜支红. 全球酵母抽提物(YE)发展态势[J]. 中国调味品, 2009, 34(12): 444-446.
Du ZH. The development trend of global yeast extract [J]. China Cond, 2009, 34(12): 444-446.
- [5] 张小丽,朱娅敏,梁秋元,等. 酵母山楂复方制剂促进消化功能的人体试验研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(12): 4547-4550.
Zhang XL, Zhu YM, Liang QY, et al. Effects of yeast hawthorn compound preparation on digestion in the human body [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(12): 4547-4550.
- [6] 于蓓蓓,闫雪生,孙丹丹. 山楂药理作用及其机制研究进展[J]. 中南药学, 2015, 13(7): 745-748.
Yu BB, Yan XS, Sun DD. Advances in studies on pharmacological action and mechanism of hawthorn [J]. Cent S Pharm, 2015, 13(7): 745-748.

- [7] 刘鲲, 刘娜, 张玉珂. 山楂免疫和保健作用研究[J]. 光明中医, 2017, 32(18): 2727-2730.
Liu K, Liu N, Zhang YK. Study on immunity and health care of hawthorn [J]. Guangming J Chin Med, 2017, 32(18): 2727-2730.
- [8] 梁学清, 李丹丹, 黄忠威. 茯苓药理作用研究进展[J]. 河南科技大学学报(医学版), 2012, 30(2): 154-156.
Liang XQ, Li DD, Huang ZW. Advances in pharmacological effects of *Poria cocos* [J]. J Henan Univ Sci Technol (Med Sci Ed), 2012, 30(2): 154-156.
- [9] 刘森, 吴玉冰. 药食同源植物茯苓的研究现状与展望[J]. 湖南中医药大学学报, 2018, 38(12): 1476-1480.
Liu M, Wu YB. The research status and prospect of *Poria cocos* [J]. J Tradit Chin Med Univ Hunan, 2018, 38(12): 1476-1480.
- [10] 钟霞. 中药茯苓的药理研究及临床应用[J]. 中国农村卫生, 2019, 11(4): 33-35.
Zhong X. Pharmacological research and clinical application of *Poria cocos* [J]. China Rural Health, 2019, 11(4): 33-35.
- [11] 高凯, 李晓东, 张敏, 等. 不同添加水平酵母锗培养物对断奶仔猪肠道菌群、免疫力和抗氧化性能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45(7): 1849-1855.
Gao K, Li XD, Zhang M, et al. Effects of different adding amounts of yeast-germanium culture on intestinal flora, immunity and antioxidant properties of weaned piglets [J]. Chin J Anim Husband Veter Med, 2018, 45(7): 1849-1855.
- [12] Xiong J, Jin M, Yuan Y, et al. Dietary nucleotide-rich yeast supplementation improves growth, innate immunity and intestinal morphology of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) [J]. Aquacult Nutr, 2018, 24(Suppl. 3): 1425-1435.
- [13] 王珊珊, 蔡超, 郝杰杰, 等. 水溶性酵母 β -葡聚糖的制备及免疫活性评价[J]. 高等学校化学学报, 2019, 40(9): 1873-1880.
Wang SS, Cai C, Hao JJ, et al. Preparation and immunoactivity evaluation of water-soluble β -glucan from *Saccharomyces cerevisiae* [J]. Chem J Chin Univ, 2019, 40(9): 1873-1880.
- [14] 王佳佳, 胡松青, 黄艳波, 等. 酵母 β -葡聚糖的理化性质和体外益生元效应[J]. 中国食品学报, 2018, 18(7): 10-17.
Wang JJ, Hu QS, Huang YB, et al. Physicochemical properties and prebiotics effect of yeast β -glucans *in vitro* [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2018, 18(7): 10-17.
- [15] 张旭, 张蕾, 马媛媛. 甘肃山楂与山里红总黄酮的提取及含量测定方法研究[J]. 中国兽药杂志, 2018, 52(6): 34-39.
Zhang X, Zhang L, Ma YY. Study on extraction and content determination of total flavonoids from hawthorn and *Rhizoma corydus* [J]. Chin J Veter Drug, 2018, 52(6): 34-39.
- [16] 刘焯焯, 罗维巍, 刁全平, 等. 山楂中黄酮类化合物的提取研究[J]. 山东化工, 2019, 48(16): 22-24.
Liu XW, Luo WW, Diao QP, et al. Study on the extraction of flavonoids from hawthorn [J]. Shandong Chem Ind, 2019, 48(16): 22-24.
- [17] 张家明. 桂枝茯苓方在脑血管疾病中的应用及作用机制研究进展[J]. 中草药, 2017, 48(24): 5276-5280.
Zhang JM. Application and mechanism of guizhi *Poria cocos* prescription in cerebrovascular diseases [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2017, 48(24): 5276-5280.
- [18] 廖志浩. 土茯苓单味治疗湿热蕴结型急性痛风性关节炎的疗效观察[D]. 广州: 广州中医药大学, 2017.
Liao ZH. Observation on the curative effect of tufu ling single flavor in the treatment of acute gouty arthritis of dampness-heat accumulation [D]. Guangzhou: Guangzhou University of Chinese Medicine, 2017.
- [19] 白玉, 尹良宏, 车路平, 等. 我国实验动物垫料质量控制的研究[J]. 实验动物科学, 2012, (6): 38-42.
Bai Y, Yin LH, Che LP, et al. Research on the quality control of bedding materials for experimental animals in China [J]. Lab Anim Sci Admin, 2012, (6): 38-42.
- [20] 李凤文, 覃辉艳, 赵鹏. 黄芪胶囊增强免疫力的实验研究[J]. 应用预防医学, 2018, 14(6): 14-17.
Li FW, Qin HY, Zhao P. Experimental research on astragalus capsule enhancing immunity [J]. J Appl Prev Med, 2018, 14(6): 14-17.
- [21] 田鹏程, 黄国军. 扶正胶囊增强免疫力实验研究[J]. 医药导报, 2008, 27(10): 1184-1186.
Tian PC, Huang GJ. Experimental study on strengthening immunity of fuzheng capsule [J]. Herald Med, 2008, 27(10): 1184-1186.
- [22] 张冬洁, 陈云, 赵树平, 等. 低聚半乳糖增强免疫力功能研究[J]. 中国食品添加剂, 2012, 12(4): 141-146.
Zhang DJ, Chen Y, Zhao SP. The study of enhancing immune function galacto-oligosaccharides [J]. China Food Addit, 2012, 12(4): 141-146.
- [23] 盛锡联, 刘力建. 缺锌对大鼠食量, 体重及胃窦生长抑素含量的影响[J]. 第三军医大学学报, 1995, 17(6): 544-545.
Sheng XL, Liu LJ. Effects of zinc deficiency on food intake, body weight and gastric antrum somatostatin content in rats [J]. Acta Acad Med Mil Tert, 1995, 17(6): 544-545.
- [24] 吴嘉惠, 吴水冰, 孔祥英. 锌对免疫器官的影响[J]. 营养学报, 1994, 16(1): 44-50.
Wu JH, Wu SB, Kong XY. Effects of zinc on immune organs [J]. Acta Nutr Sin, 1994, 16(1): 44-50.

(责任编辑: 李磅礴)

作者简介



栾金玲, 硕士, 主要研究方向为功能性食品。
E-mail: 1134837410@qq.com



张彦, 博士, 主要研究方向为功能性食品。
E-mail: zhangyan@angelyeast.com