

辐照对人参活性成分及其药理特性的影响研究进展

Research progress on the influence of irradiation on ginseng active components and pharmacological properties

齐仕博¹ 张露¹ 宋鑫萍¹ 高鹏² 崔承弼¹

QI Shi-bo¹ ZHANG Lu¹ SONG Xin-ping¹ GAO Peng² CUI Cheng-bi¹

(1. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002; 2. 四川省原子能研究院, 四川 成都 610101)

(1. College of Agriculture, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China;

2. Sichuan Institute of Atomic Energy, Chengdu, Sichuan 610101, China)

摘要:重点归纳了辐照技术应用于人参制品后,对人参相关功能尤其是药理功能的影响。发现以⁶⁰Co- γ 射线1~6 kGy剂量处理鲜人参保鲜率显著提升20%~30%,辅以其他手段处理,保鲜率可达98%以上,在保鲜基础上10 kGy辐照后人参皂苷Rb1显著降低,21 kGy辐照,吡喃环型己醛糖单元的C—O—H功能团被破坏,产生其他成分,30 kGy辐照下人参皂苷Rb1会部分转换为Rg3,同时维生素等热敏化合物遭到破坏,而辐照后由于稀有皂苷Rg1、Rg3、Rh1、Rh2、Rh4、CK含量上升,能够显著提升机体对流行病毒的免疫力;改善淀粉样蛋白病理学,激活PKA/CREB信号通路对阿尔兹海默症小鼠模型起到保护神经作用;抑制血管生长因子降低血小板恶性聚集引起的血栓并起到抗癌作用;通过下调脂肪生成及炎症基因缓解肥胖和高胆固醇血症的发生;提升机体胰岛素敏感性改善胰岛素抵抗增进组织对血糖的摄取从而降低糖尿病机体血糖水平。

关键词:人参;辐照;人参皂苷;药理;毒性

Abstract: The paper focuses on the changes of the ginseng's function with radiation. Under the dose of 1~6 kGy of ⁶⁰Co- γ ray, the preservation rate of fresh ginseng significantly increased by 20% to 30%, while up to 98% when combining with other method and meanwhile reduce consumption of energy, which surely has a great advantage o-

基金项目:国家重点专项(编号:2018YFD0400104);国家自然科学基金(编号:31160314);辐照保藏四川省重点实验室开放课题项目(编号:SCFZBC2017003)

作者简介:齐仕博,女,延边大学在读硕士研究生。

通信作者:高鹏(1982—),女,四川省原子能研究院生物技术研究副研究员,硕士。E-mail: ppenggao@163.com

崔承弼(1968—),男,延边大学教授,博士。

E-mail: cuichengbi@ybu.edu.cn

收稿日期:2018-09-03

ver the general dry treatment. Besides preservation after 10 kGy irradiation ginsenoside Rb1 significantly reduced, 21 kGy irradiation resulting in the damage of C—O—H functional units of the pyran ring aldohexose and new chemical composition, 30 kGy irradiation will cause a partial conversion from ginsenoside Rb1 to ginsenoside Rg3, but at the same time vitamins and other heat-sensitive compounds have been destroyed. But because of the significant enhancement of the content of Rg1, Rg3, Rh1, Rh2, Rh4 and CK after irradiation, which can enhance immunity of body to the virus, relieve Alzheimerin mouse model by improving the pathology of amyloid and activation of PKA/CREB signaling pathway thus play a neuroprotective role; inhibit the growth of VGF, which reduce the thrombosis caused by malignant aggregation of platelets and play a role in anticancer; down-regulate lipogenic and inflammatory genes to alleviate the occurrence of obesity and hypercholesterolemia; promote insulin sensitivity, which improve insulin resistance, improve glucose uptake and thus reduce fast blood glucose levels in diabetic subjects. As for toxicity of ginseng after irradiation, no accumulation of toxicity, abnormal toxicity and genotoxicity was found.

Keywords: Ginseng; irradiation; ginsenoside; pharmacology; toxicity

世界公认的人参分布区域在北纬33°~48°以红松为主的针阔混交林或落叶阔叶林。《神农本草经》中最早记载了人参药用功效:“人参,味甘微寒,主补五脏,安精神,定魂魄,开心益智。久服,轻身延年”。现代科学研究也证明了人参具有很高的药食价值,例如治疗恶性肿瘤^[1]、改善糖尿病发病率等作用^[2]。

食品辐照技术兴起于20世纪50年代。研究人员不断探索辐照处理食品原料中活性成分^[3]、产品特性的变化^[4]以

及药理成分及作用是否改变,是否具有遗传或生理毒性以及其辐照前后的质变。辐照最初被应用于食品保鲜,以电离辐射产生的高能射线对食品或原料进行杀虫、灭菌以提高食品卫生质量,延长货架期^[5]。到20世纪末期,人参在辐照处理下的贮藏保鲜技术得到了快速发展。

1 辐照的安全性

1.1 辐照保鲜机理

人参在采集、加工、运输等过程中受到外界细菌、霉菌污染,随着贮藏和人参制品受潮后(含水量达到15%以上)并在适宜温度下微生物会大量繁殖,而辐照保鲜能在微生物水平进行灭菌处理。食品常用的辐照源有⁶⁰Co- γ 、¹³⁷Se- γ 射线、5 MeV以下的X射线、10 MeV以下高能电子束。原理是利用高能辐射将组成物质的原子或分子解离成一对阴阳离子并通过电离辐射对食品中的成分产生辐射物理、化学和生物学效应。辐照的用途是对食品及原料等进行非热加工、DNA水平进行杀虫、灭菌、进一步延长食品货架期保证食品品质^[6]。

1.2 辐照技术的安全性及人参辐照相关研究

参考GB 18524—2016和CAC/RCP19-1979, Rev.2-2003相关规定,辐照源电子加速器X射线、电子加速器电子束的

能量限制分别是 ≤ 5 、 ≤ 10 MeV。而⁶⁰Co- γ 、¹³⁷Se- γ 射线未规定能量限制。

钴源辐照和电子加速器是目前常用的辐照技术。常用的辐照源是钴源(⁶⁰Co),其产生的射线种类主要是 γ 射线,模拟的辐照环境与太空环境相当,穿透力强,已经广泛地应用在各种辐照试验中^[7]。电子加速器的辐射射线类型主要是高速电子流,除了产生X射线外,还可产生各种高能粒子。它与钴源相比,具有使用便捷、无潜在放射性废物污染、能量利用率高独特技术优势,因此电子加速器作为另一种辐照源,也有着广阔的应用前景^[8]。1999年,由世界卫生组织、联合国粮农组织、国际原子能机构组成的辐照食品联合专家委员会宣布⁶⁰Co- γ 射线辐照剂量 > 10 kGy,食品在安全性、营养性上仍没有大的变化^[9-10],甚至是高达75 kGy的剂量处理食品亦可以食用^[11]。

对人参及人参制品的辐照保鲜已有研究见表1。

1.3 辐照对人参及人参制品的安全性研究

随着辐照技术的应用,关于辐照人参及人参制品对人体是否存在安全性问题也成了人们关注的焦点。从表2可以看到辐照人参无毒性作用。

表1 人参及其制品辐照保鲜相关研究

Table 1 Research on radiation preservation of Ginseng and its products

辐照源	辐射剂量	辐射吸收剂量	结论	参考文献
⁶⁰ Co- γ 射线	100~300, 6 万伦琴	—	100~300 万伦琴时鲜人参彻底灭菌,6 万伦琴时防止人参霉烂	[12]
⁶⁰ Co- γ 射线	—	1.5~2.3 kGy 3.8~7.6 kGy 3.7~20.6 kGy	1.5~2.3 kGy 杀虫,3.8~7.6 kGy 灭菌辐照后人参皂苷 Rg1 无明显变化,贮藏1 年仍色鲜,味正,无虫害发霉现象,效果显著	[6]
⁶⁰ Co- γ 射线	—	0 kGy 1 kGy 2 kGy 6 kGy	鲜参6 个月保鲜率 60.00% 鲜参6 个月保鲜率 86.67% 鲜参6 个月保鲜率 88.33% 鲜参6 个月保鲜率 81.67%,参体细胞被破坏,质壁分离,细胞液渗出	[13]
⁶⁰ Co- γ 射线	—	20 Gy	硅窗气调小包装(气体组成 CO ₂ <5.7%、O ₂ >10%、O ₂ /CO ₂ 在 1.4~3.0),249 d 保鲜率达 95%,比对照组高 40%,保持原有色泽、形态,浆气足,坚实度与鲜参相当,且人参皂苷并无明显变化	[14]
⁶⁰ Co- γ 射线	—	1.0~2.5 kGy	液藏软装鲜参加热杀菌 3 min,细菌总数减少 99.8%~99.9%,24 °C 以下和 35 °C 分别贮藏为 20~30 个月,人参形态色泽均保持良好	[15]
⁶⁰ Co- γ 射线	—	0.4~0.6 kGy	12 个月保鲜率达 97%,形态色泽与鲜人参无显著差异,辐照剂量过大使人参细胞结构受损影响保鲜效果	[16]
⁶⁰ Co- γ 射线	0.3~0.6 kGy	0.45 kGy	鲜参+清洗+抗坏血酸预处理+造型装入 0.07~0.10 mm 聚乙烯—尼龙复合膜袋真空氮气封口,常温贮藏 12 个月,保鲜率达到 98%,人参主要皂苷含量无显著变化,对照组第 1 个月已经开始霉变	[17]
⁶⁰ Co- γ 射线	—	4.2 kGy	⁶⁰ Co- γ 辐照可以达到对三七超微粉灭菌的效果,微生物限度符合《中国药典》2015 版的标准要求	[18]
⁶⁰ Co- γ 射线	—	8 kGy	灭菌后人参粉末显微特征未见变化,同时需氧菌总数、霉菌和酵母菌总数及限度均达标要求	[19]

2 人参中的活性成分及其作用

人参所含活性成分种类繁多,包括人参皂苷、人参多糖、黄酮类和人参挥发油等。其中一般认为人参的主要活性成分即为人参皂苷,主要分类见表 3。

其中包括人参皂苷 Rg3 在内的多种人参皂苷具有极高生理活性如抗疲劳^[26]、凝血^[18]、抗癌、保肝和免疫刺激活性等^[27]。在对人参及人参制品进行辐照处理过程中,需重点

考察辐照强度对人参及人参制品中活性成分的影响。人参中的活性物质具有很多作用,例如人参皂苷 Rg1 和 Rh1 具有益智、镇静、镇痛作用。Rb1 对缺血性脑损伤有保护作用,人参三醇皂苷 Rg2 具有抗休克作用,快速改善心肌缺血和缺氧,治疗和预防冠心病^[25]。人参皂苷 Rg2 联合紫杉协同抗胃癌等^[28]。在对人参及人参制品进行辐照处理过程中,需重点考察辐照强度对人参及人参制品中活性成分的影响。

表 2 辐照人参毒性相关研究

Table 2 Related research on toxicity of radiation Ginseng

辐照处理	研究项目	研究结果	参考文献
⁶⁰ Co- γ 射线	遗传毒性	染色体畸变试验、微核试验、Ames 试验证明未诱发中国仓鼠肺细胞染色体畸变,未诱发 NIH 小鼠骨髓微核作用($P < 0.01$),未诱发基因突变,未发现 γ 射线辐照鲜人参的遗传毒性	[20-21]
⁶⁰ Co- γ 射线 2.00~0.45 kGy	蓄积毒性 异常毒性	灌胃试验,给药 7 d 均未死亡,无中毒现象,“递增法”灌胃 17 d,无死亡,无蓄积毒性,未发现异常毒性,证明辐照人参对小鼠无毒性作用	[13,17]
⁶⁰ Co- γ 射线 8,10 kGy	氧化损伤	8,10 kGy 辐照后自由基浓度分别提高 1~2 个数量级,经过 10 d 恢复到正常水平,说明辐照参制品不可即食	[22-23]

表 3 人参皂苷分类

Table 3 Classification of Ginsenosides

分类	单体皂苷	参考文献
原人参二醇型	Ra1、Ra2、Rb1、Rb2、Rc、Rd、Rh2、M-Rb1、M-Rd 等	[24]
原人参三醇型	Rc、Rf、Rg1、Rg2、Rg3、Rh1 等	[25]
齐墩果酸型	Ro、Ri 等	

3 辐照对人参活性成分的影响

3.1 辐照对人参皂苷的影响

最初在以薄层层析一比色法及分光光度法为检测手段下,剂量 < 8 kGy 辐照后人参皂苷含量未发现显著差异。当辐照剂量在 8~30 kGy 时改变了某些特定单体皂苷官能团结构,而产生了新的皂苷成分,研究不同辐照剂量对人参皂苷的影响见表 4。另外辐照诱导 3 年生韩国野山参不定根愈伤组织产生的可田间栽培的人参株体,其人参总皂苷含量比母株有明显提升^[37],但具体转化机制尚不明确($P < 0.05$)。所以一定剂量的辐照能提升参制品中某些人参皂苷的含量,增加人参皂苷的活性,包括肿瘤抑制、抗转移、抗癌、保肝、神经保护和免疫刺激活动^[27]。然而辐照剂量限值、辐照时间对人参皂苷的影响机制仍需进一步探索与研究。

3.2 辐照对人参中其他活性成分的影响

人参中的其他活性成分如维生素 B₁₂ 等热敏感型化合物,辐照后均遭到破坏^[30]。多糖类大分子在 21 kGy 辐照处理后化合物键断裂从而分解为小分子,糖的类型增多^[33],可能

增加了可以有效保护小鼠小肠免于辐射诱导损伤的人参酸性多糖(APG)^[38]。

4 人参单体皂苷的药理研究

一些稀有的皂苷单体具有巨大的功能特性,如黑参提取物中的人参皂苷 Rh4^[39]很可能通过 AMPK-PI3K-Sirt6 及上调 β -氧化基因表达稳定 I 型糖尿病 ICR 小鼠机体血糖水平;作为天然二醇型人参皂苷代谢产物的人参皂苷化合物 K,也是人参在体内发挥活性的实体,能显著降低 II 型糖尿病大鼠体重和空腹血糖水平,提升糖耐量,上调 InsR、IRS1 表达,并通过 PI3K-Akt 通路信号转导,提升胰岛素敏感性降低胰岛素抵抗^[40]($P < 0.05$),即人参皂苷 Rh4 和 CK 均有利于糖尿病状态的恢复;人参皂苷 Rg1 可以显著抑制人形突变体 β 淀粉样蛋白积累和 B103-APP 细胞的 γ 分泌酶活性,改善淀粉样蛋白病理学,激活 PKA/CREB 信号通路起到保护神经作用^[41],人参皂苷 Rh2 具有抗癌性,而西洋参随着辐照后贮藏时间的延长,Rg1 和 Rh2 含量逐渐增加,抗癌能力大大提升^[42]($P < 0.05$),为延缓老年痴呆和抑制机体恶性肿瘤的发生提供了新发现。

近年与 Rg3 相关的研究,多数也集中对血液代谢类疾病的影响上(表 5)。

人参皂苷 Rg3 富集提取物能显著抑制血小板聚集及 ATP 释放,下调相关蛋白表达并降低纤维蛋白原和整合素 $\alpha_{IIb}\beta_3$ 的结合水平,治疗心血管紊乱^[47],显著抑制 PI3K/Akt 通路的信号转导,是血小板介导下机体心血管疾病的治疗剂^[43],韩国红参经醇提和柿子醋富集提取得到的 Rg3 和精氨酸-果糖提取物以 1 000 mg/kg 剂量灌胃自发性高血压

表4 辐照对人参皂苷影响相关研究

Table 4 Research on the effect of irradiation on Ginsenosides

辐照源	辐射(剂)量	检测方法	检测方式	参考文献
⁶⁰ Co- γ 射线	6 万伦琴	薄层层析—比色法	人参皂苷含量与剂量正相关,6 万伦琴时含量最高	[12]
⁶⁰ Co- γ 射线	—	分光光度法	人参皂苷含量并无明显变化	[29]
⁶⁰ Co- γ 射线	10 kGy	分光光度法 薄层层析—比色法	人参皂苷含量无显著变化($P>0.05$); 展开剂正丁醇:乙酸乙酯:水=4:1:5,硅胶 G 为吸 附剂,浓 H ₂ SO ₄ 显色,无显著差异	[30]
⁶⁰ Co- γ 射线	—	薄层层析—比色法薄 层扫描法	人参总皂苷和单体皂苷 Rg1 含量无显著差异	[6]
⁶⁰ Co- γ 射线	10 kGy	—	在 60 °C 下,人参皂苷含量无显著变化	[31]
⁶⁰ Co- γ 射线	≤ 9 kGy ≥ 15 kGy 21 kGy	傅里叶变换红外光 谱法	人参皂苷 Rb1、Rd、Re、Rg1 几乎无变化,可能改变了某 些分子的结构,吡喃环型己醛糖单元的 C—O—H 功能 团被破坏	[32—33]
⁶⁰ Co- γ 射线	6,8,10 kGy	高效液相色谱	对 Rg1、Re、Rb1 3 种皂苷含量没有明显影响	[34]
⁶⁰ Co- γ 射线	≤ 8 kGy 8 kGy 10 kGy	高效液相色谱	辐照影响不显著,Rb1 和 Rc 有下降趋势,西洋参中 Re 和 Rd 含量开始下降,Rg2 增加	[35] ³⁶⁻⁴⁷
⁶⁰ Co- γ 射线	30 kGy	高效液相色谱	Rb1 部分转换为 Rg3,且转化率最高	[27]
电子束	5 kGy 15 kGy 22.5 kGy 30 kGy	高效液相色谱	皂苷种类基本相同,Rg3 消失,Rg3 重现,皂苷单体含量 均上升,皂苷种类相同,Rg3 高于上组,Rg2 和 Ppt 显著 下降,其他皂苷含量上升,其中 Rf、Rc、Rg3 显著上升	[36]
⁶⁰ Co- γ 射线	≤ 14.2 kGy	高效液相色谱	对人参皂苷 Rg1、Rb1 含量无明显影响	[18]
⁶⁰ Co- γ 射线	8 kGy	薄层色谱 高效液相色谱	人参皂苷 Rg1、Re、Rb1 无明显变化($P>0.05$)	[19]

表5 人参单体皂苷的相关药理研究

Table 5 Related pharmacological research of Ginsenosides

物质/化合物/动物	研究结果	参考文献
黑参提取物(Rh4) I型糖尿病 ICR 小鼠	基础日粮+900 mg/kg 提取物,降低了血糖,HbA1c、TG 及 TC 水平,提升了糖耐量,通过 AMPK-PI3K-Sirt6 促进了肌肉组织对葡萄糖的摄取,与人参皂苷 Rh4 相关	[39]
人参皂苷化合物 K (CompoundK,CK)	抑制血糖水平提升糖耐量和胰岛素水平并提升肌肉组织 InsR、IRS1 蛋白表达同时激活 PI3K-Akt 通路提升胰岛素敏感性,调节机体血糖稳态	[40]
富集 Rg3 的皂苷提取物 (67.41 mg/g)	抑制胶原蛋白诱发的血小板聚集和[Ca ²⁺]代谢,减少血小板活化后 ATP 释放量($P<$ 0.05),抑制 PI3K/Akt 通路的信号转导,潜在的血小板介导下机体心血管疾病的 治疗剂	[43]
人参皂苷 Rg3 精氨酸果糖	1 000 mg/kg Rg3/精氨酸—果糖灌胃 8 周后,显著降低自发性高血压大鼠的收缩压及舒 张压,血管紧张度转换酶 I 且提升 NO 含量($P<0.05$)	[44]
人参皂苷 Rg3	降低动脉收缩压及舒张压,提升内皮一氧化氮合酶(eNOS)的蛋白表达水平促进血浆 NO 的生成治疗高血压	[45]
20(S)-Rg3	发酵黑参 20(S)-Rg3 提取物能够通过阻断 JNK-p53-caspase-3 信号通路而起到缓解 LLC- PK1 细胞肾毒性的作用	[46]

大鼠后,其收缩压及舒张压显著改善,血管紧张度转换酶 I 含量降低,NO 含量提升(NO 的产生对维护机体正常血压及促进血液循环具有重要作用)^[44],醇提和酶—酸水解法富集的人参皂苷 Rg3 提取物以 3 mg/kg 剂量颈静脉注射后能显著提升内皮一氧化氮合酶(eNOS)的表达和血浆 NO 的生成,稳定自发高血压大鼠的血压($P<0.05$)^[48],均显示出人参

皂苷 Rg3 治疗高血压的功能。

此外,人参皂苷 Rg3 也有着很强的抗肾毒性作用,发酵黑参中 20(S)-Rg3 显著恢复了顺铂诱导的 LLC-PK1(猪肾细胞)细胞活力,抑制了顺铂诱导的 JNK-p53-caspase-3 通路信号转导($P<0.05$),表明 20(S)-Rg3 能够通过阻断 JNK-p53-caspase-3 信号通路而缓解肾毒性^[46],在未来可能参与

到糖尿病诱发肾毒性的治疗中。

5 辐照对人参中单体皂苷的作用影响

人参具有降血糖、改善高脂血症、防治心脑血管疾病、抗癌等功能,是不可多得的药食两用植物^[48],人参众多药理特性与人参皂苷关系密切^[37,49]。就目前人参皂苷的主要药理功效大致有抗机体氧化损伤、缓解血液相关代谢疾病、抗癌三方面,其中的血液类代谢疾病种类和影响最为广泛和严重。大多是由于饮食引起的过度肥胖导致,如高胰岛素血症、高胆固醇血症及脂肪炎症等,因而近年来对人参抗肥胖、抗高血压及降血糖的相关研究越来越多。

人参经过特定剂量的辐照处理能够生成新的皂苷,或转化已存在的皂苷类型并提升其含量,进而增加药理作用。辐

照对人参药理的影响见表 6。

近年来传染性病毒耐药变异体不断出现,抗病毒药物可用性大大受限,更多人将目光放在了中药材上,致力于广谱抗病毒药物和免疫刺激药物的研制,人参对于抗病毒感染极为有效。韩国红参本身具有更大的药理活性和稳定性,辐照处理在一定程度上提升红参皂苷提取物针对免疫病毒学和肥胖的改善特性。

不仅如此,在癌症频发的今天以人参改善辐照给大鼠异食癖的研究和减轻化疗患者痛苦带来了曙光。所谓的异食癖,是由于大鼠中枢神经系统缺少呕吐中枢,故只能通过摄食饲料外的其他物质来表征其异常反应的剧烈程度;采用高岭土为替代物的研究^[51]也表明人参在一定程度上改善异食癖大鼠的摄食行为。

表 6 辐照人参或制品相关药理研究

Table 6 Related pharmacological research of radiation Ginseng products

辐照处理	物质/化合物/动物	研究结果	参考文献
⁶⁰ Co- γ 射线 2 kGy	鲜参	抗缺氧、抗疲劳、抗利尿作用,降低戊四氮引起惊厥率,延长发生潜伏时间	[48]
⁶⁰ Co- γ 射线 0~10 kGy	人参,西洋参	辐照不会抑制人参的抗氧化活性	[35] ⁶⁰⁻⁶⁹
γ 射线照射	黑参	100 kGy 黑参提取物(BGE)具有减轻小鼠特异性皮炎症状(AD)的效果	[50]
X-射线	SD 大鼠	6 Gy 辐照后 24 h 异食行为超过正常组的 3 倍,人参提取液预处理后异食行为与辐照组有显著性差异,对饲料的摄入和体重以及血清素的检测得出人参提取液浓度在 25 mg/mL 缓解异食效果最佳	[51]
电子束	HCT-116, HepG2, HeLa, H22, Hek-293 KM 小鼠	30 kGy 辐照人参提取物对 HCT-116、HeLa、HepG2 细胞抑制率显著;动物试验中,辐照组瘤重低于对照组,同时提升荷瘤小鼠抗氧化能力,提高小鼠抗肿瘤能力	[36]
⁶⁰ Co- γ 射线 14.2 kGy	ICR 小鼠 人参皂苷 Rg1、Rb1	对减少断尾小鼠出血量、缩短止血和凝血时间及小鼠内、外源凝血系统(如 PT、APTT 及 FIB)均无明显影响	[18]

6 前景与展望

迄今为止,众多研究成果均证实:一定剂量的辐照能提升参制品中某些人参皂苷的含量,增加人参皂苷的活性,包括肿瘤抑制、抗转移、抗癌、保肝、神经保护和免疫刺激活动。对于辐照保鲜,以 1~6 kGy 辐照剂量的⁶⁰Co- γ 射线对鲜人参辐照处理保鲜率提升了 20%~30%,效果显著。值得注意的是,过高的辐照剂量会造成参体细胞破坏,细胞液渗出影响人参价值。另经过辐照人参皂苷 Rg3、Rg1、Rh1、Rh2、Rh4、CK 的含量均有显著提升,可以减轻小鼠特异性皮炎症状、修复皮肤损伤,还可以治疗高血压、抗病毒、抗癌,以及经辐照人参皂苷对 I 型糖尿病和 II 型糖尿病的治疗潜力有所提升,还对阿兹海默症患者的神经有保护作用。然而辐照剂量的限值、辐照时间对人参的影响机制以及具体的转化条件还待进一步研究。人参的药理作用及开发前景是社会普遍认可的,实验室结果也令人满意,但是目前研究大都广而不深。将实验室成果大胆应用于现代医学,使人参不仅限于满

足人类对保健食品日趋增加的需求,更为人类疾病做出药理贡献,应该是未来的研究方向之一。

参考文献

- [1] 贾玉萍,周东顺,孙超,等. 人参多糖对环磷酰胺的增效减毒作用[J]. 中国实验动物学报, 2013, 21(6): 61-64.
- [2] 史得君,严欢,崔清美,等. 人参茎叶提取物对 I 型糖尿病小鼠模型的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 165-169.
- [3] 罗志平,孟兰贞,徐远芳,等. ⁶⁰Co- γ 辐照对茶花蜂花粉的杀菌效果及品质影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 150-153.
- [4] 杨丹,罗小虎,齐丽君,等. 电子束辐照对稻米储藏特性及品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 106-110, 178.
- [5] 李树锦,金乾坤,李晓东,等. 浅谈食品辐照技术的研究现状[J]. 延边大学学报, 2012, 34(4): 362-366.
- [6] 刘琼英,邝炎华,邓志群,等. ⁶⁰Co- γ 射线辐照中药材杀虫灭菌效果及主要有效成分变化的研究[J]. 华南大学学报, 1990, 11(3): 76-84.

- [7] 李玮轩. wCo-Y 辐照处理对不同品种蓝莓货架期及冷藏效果的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017: 6-8.
- [8] 王守经, 柳尧波, 胡鹏, 等. 高能电子束辐照对小麦粉品质及面团流变学特性的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(8): 1 517-1 524.
- [9] 王锋, 哈益明, 周洪杰, 等. 辐照对食品营养成分的影响[J]. 食品与机械, 2005(5): 52-55.
- [10] CAVA R, TARREGA R, RAMIREZ R, et al. Decolouration and lipid oxidation changes of vacuum-packed Iberian dry-cured loin treated with E-beam irradiation(5 kGy and 10 kGy) during refrigerated storage[J]. Innovative Food Sci, 2009(10): 495-499.
- [11] 陈其勇, 吴若昕, 刘畅, 等. 电子束辐照降解人参口服液多种农药残留的可行性研究[J]. 核农学报, 2013, 27(7): 952-956.
- [12] 王乃利, 姚新生, 王志学. 钴-60 射线辐照鲜人参防腐对人参皂甙的影响[J]. 沈阳药学院学报, 1986, 8(4): 296.
- [13] 王子文, 许德春, 杨万旗, 等. 人参辐照保鲜及毒性试验[J]. 核农学报, 1991, 5(4): 229-232.
- [14] 王成方, 刘士德, 金卫东, 等. 辐照及小包装气调综合技术保鲜人参的研究[J]. 核农学报, 1992, 6(2): 125-128.
- [15] 王成方, 刘士德, 金卫东, 等. 辐照加工长白山鲜人参的品质及安全性[J]. 核农学通报, 1995, 16(6): 287-290.
- [16] 许德春, 王子文, 孟丽芬, 等. 鲜人参辐照保鲜工艺研究[J]. 核农学报, 1998, 12(3): 135-138.
- [17] ZHAO Xiao-nan, WANG Zi-wen, XU De-chun, et al. Study on Irradiation Technique to Keep Fresh in Ginseng [J]. Acta Laser Biology Sinica, 2001, 10(3): 222-225.
- [18] 孟兰贞, 罗志平, 李文革, 等. ^{60}Co - γ 辐照灭菌对三七超微粉有效成分及止血作用的影响[J]. 今日药学, 2017, 27(8): 510-513.
- [19] 游强葵, 李雪松, 贺云杰, 等. 人参等中药材辐照灭菌前后质量对比研究[J]. 天津药学, 2017, 29(5): 15-21.
- [20] 黄念君, 陈世明. 不同品系小鼠在微核实验中敏感性的比较[J]. 药学通报, 1985(262): 714.
- [21] 黄念君, 毕道琴, 孟建华. γ 射线辐照长白山鲜人参遗传毒性的系列研究[J]. 人参研究, 1992(3): 12-16.
- [22] 陈庆隆, 黄志勇. 洋参丸辐照后的灭菌效果与品质变化[J]. 江西农业学报, 1995, 7(2): 162-165.
- [23] 吴彩宣, 邓志群. 西洋参 ^{60}Co 辐照的贮藏效应[J]. 核农学通报, 1993, 14(1): 29-31.
- [24] SUN Liang, ZHANG Mei-ping, WANG Yi, et al. Research progress in biotransformation of ginsenosides and solid state fermentation by microorganism[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(15): 395-399.
- [25] WANG Hai-jing, YAN Ming-ming, SHAO Shuai, et al. Comparison of ginseng and notoginseng on chemical composition and pharmaceutical action[J]. Ginseng Research, 2008, 21(4): 2-11.
- [26] 杨佳丹, 向荣凤, 戴青, 等. 人参皂甙 Rg3 对模拟高原缺氧大鼠的抗疲劳效应和骨骼肌线粒体功能的影响[J]. 第三军医大学学报, 2018, 11(6).
- [27] KIM J H, KWON S K, SUNG N Y, et al. Effect of gamma irradiation on the conversion of ginsenoside Rb1 to Rg3[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2012(81): 1 128-1 131.
- [28] 李鹏飞, 于婷, 严红实, 等. 人参协同作用的研究现状[J]. 食品与机械, 2013, 29(5): 252-255
- [29] 韩玉刚, 王猛, 陈淑云, 等. 钴-60- γ 辐照对人参制品中化学成分人参皂甙含量的影响[J]. 人参研究, 1998(4): 15-16.
- [30] 芮和恺, 吴美芬, 顾慧芬, 等. 辐射杀菌对十五种中药材有效成份的影响[J]. 核技术, 1987(5): 44-51.
- [31] 陈瑞珍, 戚州扬. 关于中药及其制剂辐照灭菌的效果研究[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(1): 243-244.
- [32] LI Jia-wang, SI Min-zhen. A study on the effect of irradiation on components in pns powder using fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy[J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2011, 28(6): 2 825-2 830.
- [33] LI Jia-wang, SI Min-zhen. A study on the effect of irradiation on components in panax ginseng powder using fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy[J]. The Journal of Light Scattering, 2011, 23(1): 83-89.
- [34] XIE You-liang, TONG Yu-lin, ZHAO Xue-jun, et al. Effect of irradiant sterilization on quality of american ginseng cataplasm[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2013, 19(8): 98-102.
- [35] BAI Yu. Effect of gamma irradiation on the ingredients of herbs and detection analysis methods for irradiated herbs by thermoluminescence[D]. Jilin: Jilin University, 2014.
- [36] 李鹏飞, 于婷, 李雪, 等. 电子束辐照对人参抗肿瘤作用的影响[J]. 核农学报, 2016, 30(8): 1 524-1 533.
- [37] ZHANG Jun-ying, SUN Hyeon-jin, SONG In-ja, et al. Plant regeneration of Korean wild ginseng (Panax ginseng Meyer) mutant lines induced by γ -irradiation (^{60}Co) of adventitious roots[J]. J Ginseng Res, 2014, 38(3): 220-225.
- [38] EUNJIN P, HWANG Insun, SONG Jie-young, et al. Acidic polysaccharide of Panax ginseng as a defense against small intestinal damage by whole-body gamma irradiation of mice[J]. Acta Histochemica, 2011, 113(1): 19-23.
- [39] JIANG Shuang, REN Da-yong, LI Jian-rui, et al. Effects of compound K on hyperglycemia and insulin resistance in rats with type 2 diabetes mellitus[J]. Fitoterapia, 2014, 95(10): 58-64.
- [40] SEO Yun-soo, SHON Mi-yeae, KONG Ryong, et al. Black ginseng extract exerts anti-hyperglycemic effect via modulation of glucose metabolism in liver and muscle[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2016, 190: 231-240.
- [41] FANG Fang, CHEN Xiao-chun, HUANG Tian-wen, et al. Multi-faced neuroprotective effects of Ginsenoside Rg1 in an Alzheimer mouse model[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2012, 1 882(2): 286-292.
- [42] 杨明, 王成方, 崔云志, 等. 液藏软包装辐照保鲜西洋参皂甙含量分析[J]. 现代农业科技, 2006(6): 5, 8.
- [43] DAHYE Jeong, MUHAMMAD Irfan, KIM Sung-dae, et al. Ginsenoside Rg3-enriched red ginseng extract inhibits platelet activation and in vivo thrombus formation [J]. Journal of Ginseng Research, 2017, 41(4): 548-555.
- [44] LEE Kyung Hee, BAE In Young, PARK Song I, et al. Anti-hypertensive effect of Korean Red Ginseng by enrichment of ginsenoside Rg3 and arginine-fructose[J]. Journal of Ginseng Research, 2016, 40(3): 237-244.

- ence, 2016, 81(10): H2 578-H2 586.
- [12] AND P L, LAAKSO S. Inhibition of linoleic acid oxidation by interaction with a protein-rich oat fraction[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(11): 5 654-5 657.
- [13] 陈彩薇, 吴晖, 赖富饶, 等. 米糠中不同存在形态酚类物质的抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(2): 42-46.
- [14] EDZIRI H L, SMACH M A, AMMAR S, et al. Antioxidant, antibacterial, and antiviral effects of *Lactuca sativa* extracts[J]. Industrial Crops and Products, 2011, 34(1): 1 182-1 185.
- [15] SOUZA H A, BRAGAGNOLO N. New method for the extraction of volatile lipid oxidation products from shrimp by headspace-solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry and evaluation of the effect of salting and drying[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(3): 590-599.
- [16] 黄风格, 贡嫣茹, 卫世乾. 菊花干制工艺研究[J]. 南阳师范学院学报, 2012, 11(6): 41-46.
- [17] JING Si-qun, CHAI Wen-jie, GUO Gai, et al. Comparison of antioxidant and antiproliferative activity between Kunlun *Chrysanthemum* flowers polysaccharides (KCCP) and fraction PII separated by column chromatography[J]. Journal of Chromatography B, 2016, 1 019: 169-177.
- [18] LEE B H, NAM T G, PARK W J, et al. Antioxidative and neuroprotective effects of volatile components in essential oils from *Chrysanthemum indicum* Linné flowers[J]. Food Science and Biotechnology, 2015, 24(2): 717-723.
- [19] CHEN Liang-mian, KOTANI A, KUSU F, et al. Quantitative comparison of caffeoylquinic acids and flavonoids in *Chrysanthemum morifolium* flowers and their sulfur-fumigated products by three-channel liquid chromatography with electrochemical detection[J]. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 2015, 63(1): 25-32.
- [20] AN Ke-jing, ZHAO Dan-dan, WANG Zheng-fu, et al. Comparison of different drying methods on Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): Changes in volatiles, chemical profile, antioxidant properties, and microstructure[J]. Food Chemistry, 2016, 197: 1 292-1 300.
- [21] NEGI P S, CHAUHAN A S, SADIA G A, et al. Antioxidant and antibacterial activities of various seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed extracts[J]. Food Chemistry, 2005, 92(1): 119-124.
- [22] NAKAJIMA Y, ISHIBASHI J, YUKUHIRO F, et al. Antibacterial activity and mechanism of action of tick defensin against Gram-positive bacteria[J]. Biochimica Et Biophysica Acta General Subjects, 2003, 1 624(1/2/3): 125-130.
- [23] UKIYA M, AKIHISA T, YASUKAWA K, et al. Constituents of compositae plants 2: Triterpene diols, triols, and their 3-*o*-fatty acid esters from edible *chrysanthemum* flower extract and their anti-inflammatory effects[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(7): 3 187-3 197.
- [24] CHANDRA M, PRAKASH O, KUMAR R, et al. β -Selinene-rich essential oils from the parts of *Callicarpa macrophylla* and their antioxidant and pharmacological activities[J]. Medicines, 2017, 4(3): 52.
- [25] SHAKERI A, AKHTARI J, SOHEILI V, et al. Identification and biological activity of the volatile compounds of *Glycyrrhiza triphylla* Fisch. & C. A. Mey[J]. Microbial Pathogenesis, 2017, 109: 39-44.
- [26] AYOUB I M, YOUSSEF F S, EL-SHAZLY M, et al. Volatile constituents of *Diets bicolor* (Iridaceae) and their antimicrobial activity[J]. Zeitschrift Fur Naturforschung C-A Journal of Biosciences, 2015, 70 (7/8): 217-225.
- [27] ZENG Lan-ting, LIAO Yin-yin, LI Jian-long, et al. α -Farnesene and ocimene induce metabolite changes by volatile signaling in neighboring tea (*Camellia sinensis*) plants[J]. Plant Science, 2017, 264: 29-36.
- [28] MILLAR J G. Rapid and simple isolation of zingiberene from ginger essential oil[J]. Journal of Natural Products, 1998, 61(8): 1 025-1 026.
- [29] WHITFIELD F B. Volatiles from interactions of Maillard reactions and lipids[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1992, 31(1/2): 1-58.
- [30] 邢增涛, 郭倩, 冯志勇, 等. 姬松茸中挥发性风味物质的 GC-MS 分析[J]. 中药材, 2003, 26(11): 789-791.
- [31] 韩婷, 毛健, 姬中伟, 等. 滁菊挥发性成分的全二维气相色谱/飞行时间质谱研究[J]. 食品科学, 2013, 34(2): 159-164.
- [32] 廖祯妮, 黄青, 程启明, 等. 云南两个薰衣草品种精油分析[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(4): 544-549.
- [33] 麦雅彦, 杨锡洪, 连鑫, 等. SDE/GC-MS 测定南美白对虾的挥发性香气成分[J]. 现代食品科技, 2014, 30(1): 206-210.

(上接第 166 页)

- [45] HARSHA Nagar, SUJEONG Choi, JUNG Saet-byel, et al. Rg3-enriched Korean Red Ginseng enhances blood pressure stability in spontaneously hypertensive rats [J]. Integrative Medicine Research, 2016, 5(3): 223-229.
- [46] HAN Myoung-sik, HAN Im-ho, LEE Dahae, et al. Beneficial effects of fermented black ginseng and its ginsenoside 20(S)-Rg3 against cisplatin-induced nephrotoxicity in LLC-PK1 cells [J]. Journal of Ginseng Research, 2016, 40(2): 135-140.
- [47] BO Ra Jeon, SU Jung Kim, SEUNG Bok Hong, et al. The inhibitory mechanism of crude saponin fraction from Korean Red Ginseng in collagen-induced platelet aggregation[J]. Journal of Ginseng Research, 2015, 39(3): 279-285.
- [48] 王子文, 许德春, 孟丽芬, 等. 辐照保鲜人参药理作用的研究[J]. 核农学报, 1992, 6(1): 8-12.
- [49] LEE C H, KIM J H, A review on the medicinal potentials of ginseng and ginsenosides on cardiovascular diseases [J]. J Ginseng Res, 2014, 38(3): 161-166.
- [50] KANG J A, SONG H Y, BYUN E H. Gamma-irradiated black ginseng extract inhibits mast cell degranulation and suppresses atopic dermatitis-like skin lesions in mice[J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 111: 133-143.
- [51] HANUMANTHA RB, REKHA S, KIM JH, et al. Ginsenoside rich fraction of *Panax ginseng* C. A. Meyer improve feeding behavior following radiation-induced pica in rats[J]. Fitoterapia, 2012, 83(6): 1 144-1 150.