



富硒茶

多糖

Improvement and
Metabolic Mechanism of Selenium-rich Tea
Polysaccharide on Chronic Fatigue

对慢性疲劳的改善与代谢机制

池爱平 著



陕西师范大学出版总社

富硒茶多糖对慢性疲劳的 改善与代谢机制

Improvement and Metabolic Mechanism of Selenium-rich
Tea Polysaccharide on Chronic Fatigue

池爱平 著

陕西师范大学出版总社

图书代号 ZZ16N1114

图书在版编目(CIP)数据

富硒茶多糖对慢性疲劳的改善与代谢机制 / 池爱平
著. —西安: 陕西师范大学出版总社有限公司, 2016. 9
ISBN 978-7-5613-8624-8

I. ①富… II. ①池… III. ①硒—疗效食品—
茶叶—应用—慢性病—疲劳(生理)—治疗—研究
IV. ①S571.1 ②R442.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 216755 号

富硒茶多糖对慢性疲劳的改善与代谢机制

FUXICHA DUODANG DUI MANXING PILAO DE GAISHAN YU DAIXIE JIZHI

池爱平 著

责任编辑	于盼盼
责任校对	缪琳
封面设计	鼎新设计
出版发行	陕西师范大学出版总社 (西安市长安南路 199 号 邮编 710062)
网 址	http://www.snupg.com
经 销	新华书店
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司
开 本	787mm × 1092mm 1/16
印 张	6.75
字 数	110 千
版 次	2016 年 9 月第 1 版
印 次	2016 年 9 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5613-8624-8
定 价	23.00 元

读者购书、书店添货或发现印装质量问题,请与本社高教出版中心联系。
电话:(029)85303622(传真) 85307864

前 言

慢性疲劳综合征是一种亚健康状态,近年来慢性疲劳人群比重呈上升趋势。随着社会进步,人们对生活质量的要求提高,对疲劳问题的关注度也不断增强,然而,对于如何消除和缓解疲劳,依然还有许多亟待解决的科学问题。除了通过生活方式和生活环境的改善、生理心理治疗之外,通过外源性物质的补充,也就是通过营养学手段、中药手段来解决抗疲劳问题,依然是目前抗疲劳领域研究的核心问题之一。富硒茶具有抗疲劳的活性,其主要活性组分——多糖是一种高效的抗疲劳活性物质。

本文通过建立动物慢性疲劳模型,观察在富硒茶多糖的干预作用下对慢性疲劳的调节改善作用。利用 GC-TOF-MS 代谢组学技术检测分析慢性疲劳综合征大鼠在富硒茶多糖干预后引起的内源性代谢物的变化,确定与之相关的差异性代谢标志物及代谢通路,探讨慢性疲劳综合征大鼠代谢网络的改变以及富硒茶多糖干预后的代谢作用机制,为预防和缓解慢性疲劳提供实验依据。

本书编写受陕西师范大学中央高校基本科研业务费专项资金(GK201603122)和教育部人文社科项目(16YJA890001)资助。由于编者水平有限,文中不妥之处,敬请读者指正。

池爱平
2016 年 5 月

目 录

第1章 慢性疲劳与富硒茶	1
1.1 疲劳的概述	1
1.1.1 疲劳的定义	1
1.1.2 疲劳症状的常见分类	2
1.1.3 疲劳的评定指标概述	3
1.2 中药抗疲劳的代谢组学研究	6
1.3 富硒茶研究现状及发展趋势	8
1.3.1 富硒茶中的硒元素	8
1.3.2 富硒茶提取物的研究进展	8
1.3.3 富硒茶的药效学研究	9
1.4 研究意义	10
第2章 富硒茶多糖的制备与理化特性	12
2.1 实验材料、试剂与仪器设备	12
2.1.1 实验材料	12
2.1.2 实验试剂	12
2.1.3 实验仪器	13
2.2 实验方法	13
2.2.1 富硒茶多糖的制备	13
2.2.2 富硒茶多糖的基本理化特性	15
2.3 实验结果与分析	17
2.3.1 STP 的提取与纯化	17
2.3.2 STP 的主要成分含量	18
2.3.3 STP 的紫外与红外光谱	18
2.3.4 STP 的分子量测定	20

2.3.5	STP 的单糖组成	21
2.3.6	STP 的氨基酸组成	22
2.3.7	STP 的环境扫描电子显微镜 (SEM) 观测	23
2.3.8	STP 的核磁共振检测	26
2.4	小结	28
第 3 章	富硒茶多糖对小鼠慢动性疲劳的改善作用	30
3.1	材料与方法	30
3.1.1	实验动物、仪器及设备	30
3.1.2	实验方法	31
3.1.3	统计学处理	32
3.2	实验结果	32
3.2.1	各组小鼠力竭游泳时间的比较	32
3.2.2	各组小鼠血液部分生化指标的测定	33
3.2.3	小鼠肝组织部分生化指标测定	35
3.3	讨论	38
3.4	小结	39
第 4 章	富硒茶多糖对大鼠慢性疲劳综合征的影响	40
4.1	实验动物与设备	40
4.1.1	实验动物	40
4.1.2	动物分组	40
4.1.3	实验试剂与设备	40
4.1.4	灌胃剂的使用	41
4.2	实验方法	41
4.2.1	慢性疲劳综合征大鼠模型的建立	41
4.2.2	慢性疲劳综合征大鼠模型及 STP 治疗效果的验证	43
4.3	实验结果	45
4.3.1	慢性疲劳综合征大鼠模型验证结果	45
4.3.2	STP 对慢性疲劳综合征治疗效果的验证	50
4.4	分析与讨论	55
4.5	小结	57
第 5 章	富硒茶多糖改善慢性疲劳综合征的代谢机制研究	59
5.1	实验动物与设备	59

5.2 实验方法	59
5.2.1 尿常规检测	59
5.2.2 尿液的收集	59
5.2.3 尿液的检测	60
5.2.4 尿液代谢组学检测	60
5.3 实验结果	63
5.3.1 尿常规检测结果	63
5.3.2 代谢组学检测结果	63
5.4 分析与讨论	79
5.4.1 代谢组学分析	79
5.4.2 尿液差异代谢物分析	80
5.4.3 STP 治疗后尿液差异代谢物分析	81
5.5 小结	82
总结	83
参考文献	85
缩略词表	95



第1章 慢性疲劳与富硒茶

1.1 疲劳的概述

1.1.1 疲劳的定义

疲劳从字面上可以理解为疲乏、困倦。在行为学上表现为工作能力的降低,在心理学上表现为对所从事事务的厌恶感和不适感。19世纪下半叶,研究疲劳的相关文献开始出现,最初多侧重于运动性疲劳的研究^[1],以后逐渐涉及如癌症、糖尿病、高血压、病毒性肝炎等疾病性疲劳的研究。从20世纪80年代开始,“慢性疲劳综合征”逐渐成为科研工作者开始重视的研究领域。

运动性疲劳是指运动导致的肌肉最大收缩或最大输出功率出现暂时性下降的生理现象^[2]。21世纪以来,研究者提出如代谢基质耗竭、疲劳产物堆积、内环境酸化引发的运动应激性代谢产生的负效应可能是引发运动性疲劳的原因之一,它们通过影响肌纤维的收缩和舒张、改变能量供应系统等,最终导致肌肉运动能力下降。在1982年的第五届国际运动生化会议上,运动性疲劳定义为“机体的生理过程不能持续其机能在一特定水平或不能维持预定的运动强度”^[3]。

1988年,在人类的疾病谱上又添了一个新的病魔——慢性疲劳综合征(Chronic Fatigue Syndrome, CFS),美国疾病控制与预防中心(Centers for Disease Control, CDC),正式命名了此病,并拟定了相应的诊断标准。慢性疲劳综合征患者表现为身体在长时间内常常感到莫名的疲劳困乏,即使通过充分的休息和调整身体的疲劳感还是无法得到缓解,这种症状持续6个月以上,常规实验室和体格检查无明显的器质性病变发现,这种症状便被称为慢性疲劳综合征。美国马丁·莱楠等专家在世界医学刊物《慢性传染病和临床实践》杂志发表文章,认为CFS是一个重要的全球性健康问题。美国疾控中心预测CFS将成为21世纪影响人类健康的主要疾病之一。世界卫生组织



织还将 CFS 列为现代疑难病范畴。

1.1.2 疲劳症状的常见分类

1. 生理性疲劳

人体是一个开放的系统,在与环境进行物质交换的过程中具有一定的节律波动,这种节律性的波动一旦被打破就会产生疲劳。对于这种轻度的“失稳”,机体自身经过适当的调整就可以恢复到健康状态;如果机体自身的调节能力无法战胜干扰因素,这种“失稳”状态就会向疲劳方向发展。此类疲劳在经过适当的休息后会逐渐消除,是疲劳类型中的最安全类型。

2. 疾病性疲劳

现代医学规定的多种疾病种类中,将特异性疲劳作为某种疾病的临床症状之一。疲劳实际上是一种病,是某种疾病发展早期和发展过程中所呈现的最重要的诊断信息之一,如急性上呼吸道感染、突发性肝功能衰竭、肺结核等所表现出来的疲倦、乏力等症状,因此对于此类型疾病应早防早治。

3. 症候性疲劳

症候性疲劳主要是指病人在患病前期常常会感觉到困乏无力继而向病态方向发展的疲劳类型^[4]。此类型疲劳经现代医疗设备和诊断查不到有意义的阳性结果,人们常常找不到与自己症状相似的疾病,所以对于此类型疲劳往往容易忽视,因此对于这种难以预测的疲劳需要倍加警惕。

4. 运动性疲劳

运动性疲劳主要由长时间超强度的负荷训练引起。近年来,关于运动性疲劳的研究已经成为运动科学领域的研究热潮,特别是在竞争激烈的体育领域,在相关科研工作者的不断探索下,对于运动性疲劳产生的机制、诊断标准及疲劳的消除手段等方向的研究已趋于系统和完善。因此这是一类易知、易诊断、易鉴别的疲劳类型。

5. 慢性疲劳综合征

慢性疲劳综合征是一种严重的亚健康状态,20 世纪以来,诸多学者对其



发生的原因及机制进行研究和探讨但并无一致结果。美国疾控中心在1998年正式确立了慢性疲劳综合征并制定了相应的诊断内容和标准,虽然各国对诊断标准尚有不同意见,但对于慢性疲劳综合征的存在是公认的。因此将慢性疲劳综合征确定为重点研究的疲劳类型是有充分依据的。

6. 脑疲劳

脑力疲劳反映的是大脑处于病变状态,或者是在没有发生病变时经常出现情绪波动起伏,行为活动异常等各种不正常现象,是反映亚健康状态的临床表现之一^[5]。现代医学认为脑是一个能够识别和传递心、肝、肾、胆等脏腑功能的特殊脏器。脑力疲劳的产生与短暂的缺血、缺氧、人体自身脏腑器官产生的病理变化以及人类情感、习性、环境所导致的应激反应有关。

1.1.3 疲劳的评定指标概述

1. 运动性疲劳评定指标概述

1) 生理学评定指标

(1) 骨骼肌系统疲劳测定。①硬度和围度:肌肉收缩和舒张能力下降是硬度增加的表现形式,在放松状态下采用肌肉硬度计测量肌肉的弹性可以判断肌肉的疲劳程度;在重力作用下,下肢血液循环受阻以及组织液增多会导致肌肉围度增加,围度增加的大小与疲劳的程度呈正比。②呼吸肌机能:采用“洛金塔里测试法”来评价呼吸肌机能,每隔15s测一次肺活量,连续测5次,如果逐次降低,表明呼吸系统机能状态不佳或疲劳。③肌电图:肌肉疲劳时肌电图上下振动幅度较大,积分肌电图逐渐升高,肌电图功率谱右移等。

(2) 心血管系统指标。①心率:机体安静时的基础心率比较稳定,长时间大强度运动恢复后的基础心率较平时增加5~10次/分,提示疲劳出现累积现象。可采用遥测心率的方法来测定运动中的心率或运动后即刻的心率。②血压体位反射:主要用于测定心血管系统机能,受试者呈坐姿,测安静时血压,仰卧3min后扶其背部恢复坐姿,立即测定2min内的血压情况,每隔30s测一次。如果2min内血压不能恢复到正常范围,提示机体出现疲劳现象。

(3) 神经系统功能指标。反应时的变化可以反映中枢系统机能的状况



和机体疲劳的程度。当运动疲劳时,脑细胞处于抑制状态,对刺激的敏感度降低,反应时间就会延长。

(4)免疫功能指标。长时间大强度的运动训练会导致免疫抑制,免疫指标 CD4/CD8 可用于疲劳的早期诊断。

2) 生化学评定指标

(1)血液评定指标。①血乳酸(Bla):是糖代谢的中间产物,血乳酸含量的变化可以反映出骨骼肌内乳酸的含量。安静时 Bla 浓度升高或运动时乳酸阈下降可用于运动性疲劳的判断。②血尿素氮(BUN):是人体蛋白质代谢的终末产物,随着运动负荷的增加,BUN 增加显著,恢复过程比较慢。③糖原:是在运动过程中通过无氧代谢合成 ATP 的燃料。长时间大强度运动所需的大部分能量主要来源于糖原的消耗,当糖原被消耗殆尽时才会动员脂肪和蛋白质。④丙二醛(MDA):长时间大强度运动会打破体内自由基的动态平衡导致内源性氧自由基增多,过多的自由基会使抗氧化酶的活性下降,诱发脂质过氧化反应,其最终产物 MDA 的浓度可以反映组织脂质过氧化的程度。运动强度越大,机体脂质过氧化反应越强烈,MDA 含量越高。⑤谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px):是一种重要的含硒抗氧化酶,能够清除在代谢过程中产生的过氧化物和羟自由基,降低机体内脂质过氧化反应。运动能力的提高与 GSH-Px 活性密切相关。

(2)尿液评定指标。①尿蛋白:尿蛋白是反映机体机能是否处于疲劳状态的指标之一,如果测得运动后即刻或 15min 后的尿样与晨尿(清醒、空腹、安静状态)相比含量升高则可判定为运动性疲劳。②尿胆原:尿胆原是血红蛋白分解代谢的产物。大强度运动后血红蛋白含量下降、晨尿中尿胆原排量增多,可用于测定运动员的疲劳和恢复程度。③尿肌酐:尿肌酐排出量反映了骨骼肌磷酸的储存量。在运动疲劳发生时,尿肌酐系数明显增加。因此测定尿肌酐系数可作为检测运动性疲劳的方法之一。

3) 主观评定法

运动员在疲劳状态下总会感到力不从心,不能达到预定的运动强度且运动成绩下降。如果有明显困倦乏力、胸闷气短等不良症状,可采用“主观用力感觉等级表(RPE)”进行定量分析,以此来判断运动性疲劳的程度。研究人员对运动员运动时的 RPE 与客观各项检查结果(心率、血压、血乳酸、最大摄氧量)之间做了分析,发现 RPE 与心率之间的相关系数达到 0.80~0.90。

4) 心理学评定方法

长期的运动性疲劳会影响睡眠质量,根据自己的实际情况填写阿特森



失眠量表是判断运动性疲劳的方法之一。过度疲劳状态下会经常出现气喘、压抑等应激情绪,长期得不到缓解就会逐渐累积最终形成病态的心理环境。目前,国内外都有使用心境状态量表(POMS)来研究运动性疲劳的例子。

2. 慢性疲劳综合征评定指标概述

1) 行为学评定指标

行为学评定一般包括非量化和可量化的指标。

(1)一般非量化的指标评定带有一定的主观性,主要包括观察模型大鼠的体貌特征及行为变化,即在造模过程中记录大鼠的情绪反应如暴躁、抑郁等;行为上是否表现为撕咬打斗或反应迟钝、倦怠;耳鼻爪的色泽是否红润有光泽;毛发是否枯黄、稀疏脱落;粪便是否成形等。许多文献指出,在建立模型的过程中如果观察到动物精神不佳,懒动倦怠,反应能力下降;粪便稀薄;耳鼻颜色发白,无光泽;皮肤松弛,毛发枯黄易脱落等,则表明模型建立成功。

(2)一般可量化的评定指标比较客观,可以通过数据分析比较来判定模型建立是否成功。许多文献指出在造模过程中可记录模型动物的体重、摄食量和饮水量的变化,如果造模成功,模型组大鼠的体重增长趋势会减缓,摄食量和饮水量会逐渐减少。在造模结束后可通过行为学实验(悬尾实验、水迷宫实验、旷场实验)来判定模型的建立是否成功。悬尾实验用于评定动物模型的情绪状态和体力状况^[6],若造模成功,模型组动物的悬尾静止时间和挣扎次数将增多。水迷宫实验来反映模型动物的空间学习和记忆能力^[7],如果造模成功,模型动物寻找隐藏站台所在象限的时间将延长;撤除站台后模型动物寻找站台所在象限的时间同样会延长。旷场实验常用于评定模型动物的探究行为及情绪反应^[8],将模型动物放入旷场试验箱中的正中格内,记录其在5 min内的活动行为,测定指标包括:穿格次数、直立次数和修饰次数,如果造模成功,模型组动物的修饰次数将增多,穿越临近格子的次数以及直立次数将减少。

2) 生化评定指标

目前,关于慢性疲劳综合征在生化方面的指标评定并无统一、具体的标准。研究者们认为慢性疲劳综合征的发病是多因素的,主要包括病毒感染、氧化应激、免疫功能异常、心理应激及神经内分泌异常等,研究者常常将这些可能诱发CFS的病因机制作为选择指标的依据。由于神经内分泌异常导



致的 CFS 常选择的指标包括去甲肾上腺素、乙酰胆碱、5-羟色胺和多巴胺等中枢神经递质; CFS 的发生与免疫系统失调有关, 导致免疫功能异常的指标主要包括 NK 细胞、T 淋巴细胞、细胞因子水平(肿瘤坏死因子、转化生长因子等)、免疫球蛋白水平等^[9]。由于运动应激导致的 CFS 一般选择丙二醛、血乳酸、谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶等指标^[10]。

通过客观指标和主观感受来评定 CFS 机体代谢, 提前选定预测指标, 通过对预测指标的实验结果进行分析来验证实验假设。单一的指标检测缺乏整体性和动态性, 而代谢组学会对所有的代谢化合物进行全景式扫描。将代谢组学检测技术运用于 CFS 的诊断、治疗和机制的研究会对慢性疲劳综合征有更加清晰的认识。

1.2 中药抗疲劳的代谢组学研究

代谢组学是 20 世纪 90 年代末发展起来的以群组指标为分析基础、以高通量检测 and 数据处理为手段、以信息建模和系统整合为目标的系统生物学学科^[11]。代谢组学技术主要关注机体在受到外界的某种刺激后引发机体整体性的变化^[12]。疲劳时机体能量代谢、氧化应激等许多功能都会发生改变, 这些变化必然在代谢组物上有所体现, 如慢性疲劳综合征、疲劳型亚健康、运动性疲劳和过度疲劳等疾病的发生都会引起机体内小分子化合物的代谢变化。利用代谢组学寻找疾病发生过程中变化的异常代谢物, 通过这些代谢标记物评价治疗效果, 帮助其建立便利、特异性高的评价手段和指标体系。近年来, 代谢组学正在越来越多地被应用于中药抗疲劳研究领域, 它可以从体液小分子代谢产物的宏观轮廓的整体变动来评价药物的相应作用, 并根据生物标志物的生理学意义了解中药抗疲劳的相关通路。代谢组学的研究对象主要包括动物或人的血浆和尿液; 代谢组学研究运用的主要技术手段有核磁共振(NMR)、质谱(MS)、色谱(GC)及色谱质谱联用。

1. 动物

许国旺教授课题组^[13]采用 UFLC/MS-IT-TOF 代谢组学技术分析发现, 过劳大鼠血浆中的苯丙氨酸、精胺和甲基马尿酸等是导致过度疲劳的生物标记物; 戴伟东等^[14]采用同样的代谢组学方法评价了中药通心络和人参对过度疲劳大鼠的干预作用, 结果显示引起大鼠过度疲劳的代谢通路主要包括色氨酸、胆汁酸和溶血磷脂酰胆碱, 经药物干预后显示上述代谢通路基



本趋向正常方向发展。吴健全、郭长江^[15]采用代谢组学的方法研究疲劳过程中机体代谢表型的变化,指出在脂肪代谢中胆碱类物质水平下降可能是导致疲劳的机制之一;之后吴健全等^[16-17]运用 NMR 技术对耐力疲劳小鼠在槲皮素的干预作用下产生的差异代谢化合物进行了标记,发现经过槲皮素的干预后小鼠血清中的乳酸、丙氨酸、胆碱等差异标记物的含量均呈下调趋势,提示槲皮素对疲劳状态下能量代谢和氧化应激功能异常的干预作用可能是其发挥抗疲劳作用的重要机制。MaC 等^[18]利用 UPLC-Q-TOF 代谢组学分析技术探讨了红景天苷发挥其抗疲劳作用的潜在生物分子标记物,结果发现了 11 种抗疲劳的标志性代谢产物,表明红景天发挥其抗疲劳作用的机制与能量代谢、生物合成途径、神经内分泌系统的代谢通路相关。张凤霞等^[19]采用 UFLC/MS-IT-TOF 代谢组学方法来探讨过劳模型大鼠体内代谢的变化,发现过劳大鼠体内能量代谢、胆固醇代谢、烟酸和烟酰胺代谢、卵磷脂代谢发生变化,让我们清晰地了解到过度疲劳所引起的机体生理变化。罗和古等^[20]利用 ¹H-NMR 探讨逍遥散调节慢性应激大鼠引起的内源性代谢产物的变化,结果发现慢性应激大鼠的代谢标记物可能是乳酸、胆碱、不饱和脂肪酸、血糖、NAC、HDL、3.44PPm(未知)等化合物,其中以脂类物质居多,而且发现逍遥散对这些代谢物都有明显的调节作用。

2. 临床样本

马海峰、吴瑛指出运动员在大负荷训练 30min 后运动成绩虽有所提高但出现了一些较为严重的疲劳症状,代谢组学研究结果显示大负荷运动导致氧化三甲胺浓度升高,肌酐浓度下降,推测 TMAO 是导致运动性疲劳的差异标记物。金光华、吴晓牧^[21]利用毛细管电泳-飞行时间-质谱(CE-TOF-MS)比较 CFS 患者组和健康组的血液代谢物组分来探索病态性疲劳的病因及生物标志物,研究结果发现 CFS 患者血液中柠檬酸、乌头酸、异柠檬酸等三羧酸循环的代谢产物浓度明显下降,此外糖代谢产物的浓度也呈下降趋势,但是在其他代谢通路上与健康组对比并没有发现差异性。推测三羧酸循环所导致的能量代谢障碍以及细胞的某些特定生物酶活性与 CFS 的病理机制有着密切的联系。研究人员^[22-24]采用 ¹H-MNR 代谢组学对疲劳型亚健康人群的尿液样本进行了分析,结果显示尿液中的丙氨酸、组胺、鸟苷和 α -酮戊二酸等可作为诊断疲劳型亚健康人群的差异化合物指标。Armstrong C W 等^[25]发现谷氨酰胺和鸟氨酸在慢性疲劳患者体内的含量比健康人明显降低,而这两种代谢差异物所对应的代谢途径为三羧酸循环和



尿素循环,提示慢性疲劳的发生机制与这两条代谢途径有关。

1.3 富硒茶研究现状及发展趋势

1.3.1 富硒茶中的硒元素

硒作为具有多种功能性营养价值和保健功能的微量元素,与人体健康密切相关,能够有效地清除自由基,保护组织细胞免受脂质过氧化反应的破坏,促进体内过氧化物分解、保护细胞膜血红蛋白,同时还能与汞、镉、甲基汞等重金属中毒发生拮抗作用,结合形成无活性,难以溶解的硒化物或镉化物,起到解毒的作用。此外其还具有促进生长发育^[26]、增强机体免疫力^[27,28]、提高雄性动物繁殖能力^[29]的作用。

我国土壤的高硒地区主要有陕西紫阳、湖北恩施及四川万源等部分茶区。其中湖北西南部的恩施土家族苗族自治州是中国第一大富硒区,被誉为“中国硒都”^[30]。紫阳县位于陕西省南部,也是我国的富硒地区之一^[31],该地区茶叶的含硒量比国内南方其他茶区的高 4.5 ~ 19 倍,为天然硒的丰富来源地。

1.3.2 富硒茶提取物的研究进展

1. 富硒茶提取液的研究进展

相关研究者在研究富硒绿茶提醇物的体外抗氧化活性中发现,富硒绿茶醇提物与单纯的水提物相比,其抗氧化能力更加显著;抗肿瘤活性实验过程中发现,富硒绿茶醇提物能够显著抑制肝癌、肺癌细胞的体外增殖速率^[32,33]。富硒绿茶醇提物表现出的体外抗氧化和抗肿瘤活性可能是富硒绿茶中茶多酚和硒化合物间协同效应的结果。徐娟^[34]研究发现经过喷施亚硒酸盐的富硒茶其抗氧化能力要显著高于喷施其他肥料的富硒茶,实验结果显示补充硒元素可以使茶叶的抗氧化活性得到充分的挥发,更深层次地引发了对硒元素在抗氧化机制方面的思考。

2. 富硒茶蛋白的研究进展

近年来,有机硒蛋白作为营养和功能性成分逐渐成为研究的热点。有



研究显示茶叶中至少包含 16 ~ 18 种氨基酸,茶叶中蛋白质含量占的比重较大,可以达到 20% ~ 30%^[35]。余芳等^[36]发现富硒茶蛋白中至少含 17 类氨基酸,与普通绿茶中氨基酸含量相比,除蛋氨酸含量降低以外,其他都较丰富。焦自明^[37]通过阴离子交换层析和凝胶过滤层析对富硒茶提取物进一步纯化后发现富硒茶含有丰富蛋白和有机硒,富硒茶多糖(STP)具有清除羟自由基的能力,说明其具有较强的抗氧化活性。

3. 富硒茶多糖的研究进展

研究证实硒多糖具有抗氧化、拮抗重金属中毒、诱导肿瘤细胞凋亡、抑制癌细胞生长等生物活性。高二东^[38]对紫阳富硒茶中分布于多糖中的硒含量进行了测定,多糖硒占总硒的 18.06%,证实了茶叶中多糖与硒的结合。温磊^[39]利用食用菌发酵法成功将有机硒植于灵芝多糖中,通过比较富硒的灵芝多糖和不富硒的灵芝发现灵芝硒多糖对 K562 癌细胞的扩散具有显著的抑制效果,推测可能与灵芝硒多糖分子量大小有关。崔侨^[40]研究发现灵芝硒多糖可以诱导 K562 肿瘤细胞发生凋亡,增强小鼠血液和肝组织内谷胱甘酐过氧化物酶(GSH - Px)和超氧化物歧化酶(SOD)的活性,减少 MDA 的含量,具有明显的抗氧化功能,提示灵芝硒多糖对肿瘤细胞生长的抑制作用可能是通过增强机体的抗氧化能力途径实现的。赵利霞^[41]研究发现碎米荠硒多糖对羟自由基和超氧阴离子具有明显的抑制作用,还发现硒与多糖的结合能够显著提高机体免疫细胞的活性。

1.3.3 富硒茶的药效学研究

1. 抗氧化作用

研究发现,人类在 50 岁以后因受紫外线、氧化性污染物及电子辐射等影响,会诱发正常代谢以外的异常自由基产生,并且年龄越大产生的异常自由基越多,异常自由基的积累则会导致细胞的衰老与凋亡^[42]。SOD 是一类特异性的清除超氧阴离子自由基的金属酶,其在防治与超氧自由基有关疾病方面的效果显著^[43];GSH - Px 不仅是一种过氧化物分解酶,同时还是一种含硒蛋白酶,能够有效地清除多余的自由基,抑制机体脂质过氧化反应^[44—46]。Molan A L 等^[47]研究发现与普通绿茶相比,富硒绿茶能够显著提高大鼠肝脏 GSH - Px 和 SOD 的活性,降低机体内 MDA 的含量,提高大鼠



免疫力。池爱平^[48]等研究发现补充 STP 组小鼠肝组织中的 GSH - Px 无论是在力竭即刻还是恢复 24h 后其活性均显著升高,这主要与 STP 能够为 GSH - Px 提供必需的 Se 元素,从而提高 GSH - Px 的活性有关。

2. 抗肿瘤活性

张建军等^[39]研究发现紫阳富硒绿茶能够减少甲胎球蛋白的产生,抑制 γ - 谷氨酰转肽酶的活性,促进白蛋白的合成与分泌,具有预防原发性肝癌的功能。Li F 等^[50]研究发现富硒绿茶对宫颈腺癌、肺癌和肝癌均具有抑制作用,对人工诱精母细胞染色体异常具有保护作用。徐娟等人的富硒茶叶抗肝癌作用动物实验结果表明,荷瘤小鼠血液和肝脏的含硒量以及 GSH - Px 的活性显著提高。

3. 抗重金属活性

硒能够与体内带正电荷的金属离子结合形成无活性的硒蛋白复合物,将有害的金属离子排出体外从而起到排毒解毒的双重功效^[51,52]。硒多糖与重金属的拮抗作用与体内硒含量有关。富硒茶多糖作为一种有机硒,在体内可以长时间停留,所以富硒茶多糖可以作为拮抗重金属的储备资源而加以利用。

4. 其他活性

有研究表明,适量补硒能够降低高脂血症的发病率,通过调节血脂、提高脂蛋白的代谢^[53],富硒茶还能够预防高血压、冠心病和心脑血管病等疾病的发生。张跃林等^[54]研究发现糖尿病大鼠在经过富硒茶水溶液灌胃后其血糖水平显著降低。

1.4 研究意义

许多研究表明植物多糖对运动性疲劳的改善作用十分显著,所以近年来多糖抗疲劳成为重点研究领域和研究热点^[55-57]。运动性疲劳的预防和消除手段多种多样,其中补充营养性补剂是常用的方法之一。硒是人体易缺乏的微量元素之一,是组成谷胱甘肽过氧化物酶的活性中心,具有多种生理功能^[58]。研究证明硒多糖具有调节糖脂代谢,提高机体免疫力,防止机体脂质过氧化的功效,对人体具有特殊的保护作用^[59]。也有研究证明硒多糖