

# 怀山药干燥技术

任广跃 著



科学出版社

# 怀山药干燥技术

任广跃 著

科学出版社

北京



## 内 容 简 介

本书系统介绍了多项怀山药干燥技术,如热风干燥技术、微波干燥技术、喷雾干燥技术、微波辅助冻干技术、常压冷冻干燥及组合干燥等节能保质干燥技术。利用上述技术可开发出优质的怀山药干制品,因此本书也为果蔬干制品产业提供了理论依据及实践案例。全书分为7章,第一章详细介绍了山药在我国的分布及种类、道地怀山药的功能因子、药用价值及经济价值。第二章确定了怀山药的最佳无硫复合护色条件。第三章系统研究了热风、微波、真空、喷雾等常规干燥技术在怀山药中的应用,并基于变异系数权重法对怀山药全粉制备品质进行了评价。第四章建立了鲜切怀山药片微波真空干燥数学模型,并对鲜切怀山药片微波真空干燥工艺进行了优化。第五章进行了基于涡流管制冷的怀山药常压冷冻干燥试验研究。第六章研究了常压冷冻干燥过程中干燥仓内影响气流场形成的因素,并对气流场分布进行了CFD模拟。第七章对微波辅助真空冷冻干燥怀山药进行了试验研究,并对比分析了不同干燥方式对怀山药干燥特性及品质的影响。

本书可作为食品、中药材及农产品干燥领域的研究人员和工程技术人员的参考用书,也可供高等院校食品科学与工程及相关专业学生参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

怀山药干燥技术/任广跃著.—北京:科学出版社,2017.6

ISBN 978-7-03-053102-5

I. ①怀… II. ①任… III. ①山药-干燥 IV. ①S632.109

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第126334号

责任编辑:王海光 王 好/责任校对:彭珍珍

责任印制:张 伟/封面设计:刘新新

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017年6月第一版 开本:720×1000 1/16

2017年6月第一次印刷 印张:14 1/4

字数:285 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

怀山药是我国传统药材，富含营养功能因子，素有“怀参”之称。怀山药可刺激或调节机体的免疫功能，具有降血糖、降血脂、抗氧化、延缓衰老、抗肿瘤、抗突变、补中益气、调节胃肠功能等作用。同时，怀山药也是消费者公认的无公害蔬菜，具有药食兼用的特殊价值。

近年来，随着生活水平的提高，消费者对怀山药的需求量越来越大，怀山药以其营养价值高、适应性强、用途广而深受广大消费者喜爱。怀山药除供鲜食外，还可加工成干制食品出口外销。在医药方面，除传统的加工配方之外，还可开发提取多种有效药用成分。然而，我国怀山药干燥领域目前还存在诸多问题，如干燥时间长、能耗高、硫超标、褐变、产品组织塌陷、有效成分衰退等，不能满足市场的需求。

为了解决怀山药干燥问题，作者进行了大量的研究工作，针对目前怀山药干燥技术存在的问题，如传热传质干燥行为、干燥过程中物料的物理及化学变化、干燥工艺等，进行了详细试验及系统论述。

本书得到了国家自然科学基金项目“基于涡流管制冷效应的怀山药常压冷冻干燥机理及干燥行为控制机制”（31271972）及河南科技大学学术著作出版基金的资助，本书在撰写过程中，也广泛地咨询和请教了干燥领域、食品及中药材加工领域的知名专家，在此一并感谢。

本书可作为食品、中药材干燥技术研究者和工程技术人员的参考用书，也可供高等院校食品科学与工程及相关专业学生学习参考。

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请同行专家及读者提出宝贵意见。

任广跃

2017年1月于洛阳



# 目 录

前言	
第 1 章 怀山药概述	1
1.1 山药在我国的分布及种类	1
1.2 怀山药道地所在	2
1.3 怀山药的功能因子、药用价值及经济价值	4
1.3.1 怀山药的功能因子	4
1.3.2 怀山药的药用价值	7
1.3.3 怀山药的经济价值	9
第 2 章 怀山药无硫护色	10
2.1 材料与方法	11
2.1.1 材料与试剂	11
2.1.2 试验仪器及设备	11
2.1.3 试验方法	11
2.2 结果与分析	13
2.2.1 pH 对 PPO 活力的影响	13
2.2.2 温度对 PPO 活力的影响	13
2.2.3 怀山药中 PPO 活力的热稳定性	14
2.2.4 底物浓度对 PPO 活力的影响	15
2.2.5 酶液浓度对 PPO 活力的影响	15
2.3 最佳无硫复合护色条件的确定	15
2.3.1 NaCl 对 PPO 活力的抑制作用	17
2.3.2 柠檬酸对 PPO 活力的抑制作用	17
2.3.3 维生素 C 对 PPO 活力的抑制作用	17
2.3.4 L-半胱氨酸对 PPO 活力的抑制作用	18
2.3.5 正交试验	18

2.4	小结	19
<b>第3章</b>	<b>怀山药常规干燥技术</b>	<b>20</b>
3.1	怀山药干燥技术简介	20
3.1.1	热风干燥	20
3.1.2	热泵干燥	21
3.1.3	微波干燥	22
3.1.4	真空干燥	22
3.1.5	真空冷冻干燥	23
3.1.6	红外辐射干燥	23
3.1.7	太阳能干燥	24
3.2	怀山药热风干燥、微波干燥、真空干燥技术	24
3.2.1	引言	24
3.2.2	试验材料与方法	25
3.2.3	结果与分析	28
3.2.4	小结	33
3.3	怀山药热风干燥、微波干燥和真空干燥模型的建立与评价	34
3.3.1	引言	34
3.3.2	试验材料与方法	34
3.3.3	结果与分析	35
3.3.4	小结	38
3.4	怀山药喷雾干燥技术	38
3.4.1	引言	38
3.4.2	怀山药全粉的制备	41
3.4.3	试验材料	41
3.4.4	试验方法	42
3.4.5	结果与分析	47
3.4.6	小结	58
3.5	怀山药全粉溶液的流变特性和抗氧化特性的研究	59
3.5.1	引言	59
3.5.2	试验材料与方法	59
3.5.3	结果与分析	65
3.5.4	小结	71
3.6	基于变异系数权重法对怀山药全粉制备品质的评价	71



3.6.1	引言	71
3.6.2	试验材料与方法	72
3.6.3	结果与分析	75
3.6.4	小结	83
第 4 章	怀山药微波真空联合干燥技术	84
4.1	微波真空干燥技术概述	84
4.1.1	微波真空干燥技术的原理及特点	84
4.1.2	微波真空干燥过程中的传热与传质	86
4.1.3	微波真空干燥动力学模型	87
4.1.4	微波真空干燥技术的应用研究	89
4.1.5	影响微波真空干燥效果的重要因素	90
4.2	干燥方法对鲜切怀山药片干燥特性及品质的影响	91
4.2.1	引言	91
4.2.2	试验材料与方法	91
4.2.3	结果与分析	94
4.2.4	小结	99
4.3	鲜切怀山药片微波真空干燥试验研究	100
4.3.1	引言	100
4.3.2	试验材料与方法	100
4.3.3	结果与分析	102
4.3.4	小结	108
4.4	鲜切怀山药片微波真空干燥数学模型的建立	109
4.4.1	引言	109
4.4.2	试验材料与方法	109
4.4.3	结果与分析	110
4.4.4	小结	115
4.5	鲜切怀山药片微波真空干燥工艺的优化	116
4.5.1	引言	116
4.5.2	试验材料与方法	116
4.5.3	结果与分析	118
4.5.4	小结	124
第 5 章	怀山药常压冷冻干燥技术	125
5.1	常压冷冻干燥技术概述	125

5.1.1	常压冷冻干燥技术的原理	125
5.1.2	常压冷冻干燥技术的特点	126
5.1.3	常压冷冻干燥技术的研究现状	127
5.1.4	基于涡流管制冷常压冷冻干燥技术	128
5.2	常压冷冻干燥装置试验台搭建	128
5.2.1	常压冷冻干燥装置的设计方案及内容	128
5.2.2	空气压缩机	129
5.2.3	干燥过滤器	129
5.2.4	恒温水槽装置	130
5.2.5	涡流管制冷系统	130
5.2.6	干燥箱及在线控制系统	130
5.3	涡流管制冷常压冷冻干燥试验研究	135
5.3.1	引言	135
5.3.2	试验装置和方法	136
5.3.3	结果与分析	140
5.3.4	小结	144
5.4	怀山药常压冷冻干燥质量衰退控制	145
5.4.1	引言	145
5.4.2	试验材料与方法	145
5.4.3	结果与分析	148
5.4.4	小结	155
<b>第6章</b>	<b>常压冷冻干燥处理过程中气流场分布及模型的构建</b>	<b>156</b>
6.1	概述	156
6.1.1	常压冷冻干燥建模与仿真	156
6.1.2	计算流体动力学及其在食品中的应用	157
6.2	常压冷冻干燥仓内气流场的数值模拟理论与方法	161
6.2.1	模型及控制方程	161
6.2.2	边界条件的设定	165
6.2.3	求解方法的选择	171
6.2.4	小结	172
6.3	干燥仓内影响气流场形成因素的试验研究	172
6.3.1	引言	172
6.3.2	常压冷冻干燥装置中涡流管制冷性能试验	173



6.3.3	结果与分析	175
6.3.4	小结	183
6.4	常压冷冻干燥过程中气流场分布的 CFD 模拟	183
6.4.1	常压冷冻干燥试验台	184
6.4.2	干燥室的几何建模与网格划分	184
6.4.3	模型的边界条件及模拟参数的确定	186
6.4.4	CFD 模拟结果与分析	187
6.4.5	小结	191
第 7 章	怀山药高品质干燥技术分析	192
7.1	微波辅助真空冷冻干燥试验研究	192
7.1.1	引言	192
7.1.2	试验材料与方法	192
7.1.3	结果与分析	195
7.1.4	小结	200
7.2	不同干燥方式对怀山药干燥特性及品质的影响	200
7.2.1	引言	200
7.2.2	试验材料与方法	200
7.2.3	结果与分析	204
7.2.4	小结	208
参考文献		210

# 第1章 怀山药概述

山药,学名薯蓣(*Dioscorea opposita*)为薯蓣科(Dioscoreaceae)薯蓣属(*Dioscorea*)植物,多年生缠绕草质藤本,药用其块茎,始载于《神农本草经》,是我国传统药材。山药原产于中国北方,主产区为河南,目前在河南、河北、山东、山西、广西、福建、广东、台湾广泛种植;日本和韩国也有种植。山药作为中药最重要的补益材料之一,无任何副作用。因此历来被医家评价为“温补”、“性平”,是“药食同源”的典范,可当成正常食物充饥食用,且用者没有禁忌。

怀山药,素有“怀参”之称,特指古怀庆府(今河南省焦作市境内,含孟州市、博爱县、沁阳市、武陟县、温县等)所产的山药。国家质量监督检验检疫总局与国家标准化管理委员会于2006年5月25日正式颁布国家标准《地理标志产品怀山药》(GB/T 20351—2006),规定北纬 $34^{\circ}48'$ ~ $35^{\circ}30'$ 、东经 $112^{\circ}02'$ ~ $113^{\circ}38'$ ,即河南省焦作市的行政辖区之内所产的山药,可以使用“怀山药”的国家地理标志保护产品名称。从此,怀山药正式成为受国家标准保护的原产地产品。

## 1.1 山药在我国的分布及种类

山药种类多,分布广,是我国最早使用的中草药之一。人们对其进行广泛考察和研究的历史由来已久。从古至今,历代本草及地方志中多有记载。山药始载于《神农本草经》,其中所载的“野山药”被列为上品。自宋代后期本草中出现“山药”其名,明代以后广泛作为正名。根据气候条件和其生产的特点,山药在我国可分为五大栽培区:①江苏北部、安徽北部、山东、山西、河南、陕西的部分地区;②淮河流域、长江流域和四川盆地等广大地区;③广西、云南、贵州、台湾、广东、江西、福建等地区;④内蒙古东部、辽宁、吉林、河北北部等地区;⑤新疆、甘肃和内蒙古包头等地区。以河南、山西交界处为中心,特别是古怀庆府一带,明清以来都认为该地区所产的“怀山药”质地较佳。怀山药形貌特征见图1-1。



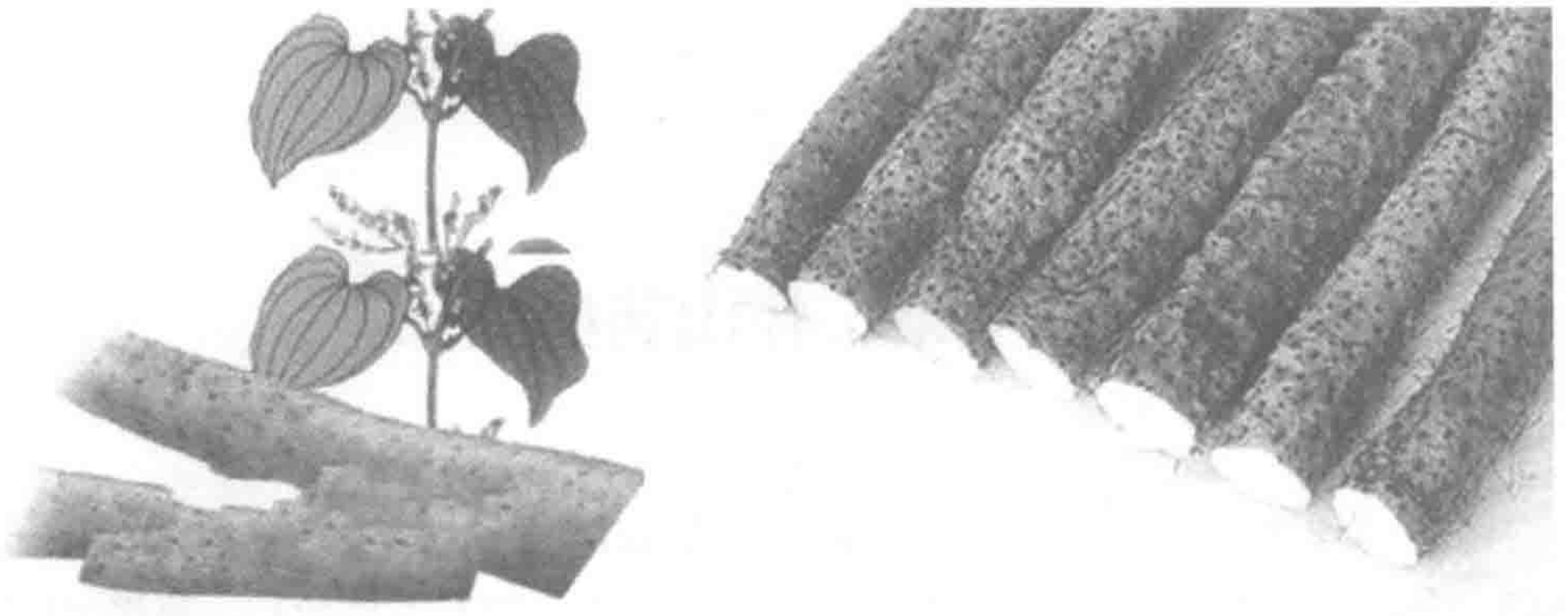


图 1-1 怀山药

山药可分为 2 个种，5 个变种及 10 个品种群。其中 2 个种为普通山药和田薯。普通山药可分为长山药和棒山药 2 个变种。长山药变种又分为浅裂三角形叶、深裂三角形叶及长心形叶 3 个品种群；棒山药变种只有 1 个品种群。田薯分为 3 个变种，为长柱形变种、筒形变种和扁块形变种。长柱形变种则分为白肉品种群和淡黄肉品种群；筒形变种和扁块形变种均可分为白肉品种群和紫红肉品种群。怀山药属于普通山药长山药变种的浅裂三角形叶品种群。目前我国山药品种主要有‘怀山药’、‘沛县水山药’、‘太谷山药’、‘梧桐山药’、‘群峰山药’、‘细毛长山药’及‘济宁米山药’等。近几年，一些地区引进了‘水山药’和‘日本白山药’对其进行试种。有些省区把同属的其他种当作本地标准山药来用，如广西把褐苞薯蓣作为山药，广为种植；福建把褐苞薯蓣和参薯作为山药，并将其称为“福建山药”。

### 1.2 怀山药道地所在

焦作市，夏时称“覃怀”，后称“怀州”，元称“怀孟路”，明清为“怀庆府”。这里的气候环境被专家总结为“春不过旱、夏不过热、秋不过涝、冬不过冷”，特别适合山药的生长。由于此地北依太行山、南邻黄河，被山河怀抱，得名为“怀”，又称“三百里怀川”。此处土壤的形成以黄河冲积为主，并吸纳了太行山岩溶地貌经雨水冲刷渗透而来的成分，形成了疏松肥沃、与众不同的黄土地，特别适合山药、地黄、牛膝等根茎类中药材的生长。独一无二的天时、地利，是怀山药能够冠绝天下的基本条件。

所谓“橘生淮南则为橘，生于淮北则为枳”，古代名医孙思邈、张仲景、李时珍等用药都必以产地来区分药性。就如阿胶以山东东阿、人参以东北长白山为



正宗一样，山药公认以河南省古怀庆府所产的才可入药。《神农本草经》、《图经本草》和《本草纲目》均特别标明所讲的山药，产地为“怀”。《本草蒙筌》提到山药时说：“南北州郡俱产，惟怀庆者良。”《神农本草经》另有明文，“山药各地均产，以河南怀庆各地产者良”。中医学中，流传最广、影响最大的药方是六味地黄丸，号称“中药第一方”（成方不晚于汉代）。中医业内，正宗六味地黄丸最重要的成分，即山药和地黄，均产于古怀庆府。文学巨著《红楼梦》以包罗万象、细节惊人著称，该书第十回中写道，张太医为秦可卿诊治之后，开出“益气养荣补脾和肝汤”的药方，其中写明“怀山药二钱炒”；而该书在其他地方提到食品，如山药糕时，则只写“山药”，并无“怀”字。

抗日战争期间，日本曾派专家将我国今焦作市武陟县辖区内的土壤运回日本，分析研究并尝试调配土壤进行山药等中药材的种植试验，结果其药力大幅下降。20世纪20年代，今焦作市温县的几位药农从山西太谷县引进部分高产的山药品种，结果引种几年后，引进的产品味道与药力都逐渐趋同于本地品种。20世纪70年代，政府为缓解怀山药供应紧张，曾组织18省区到焦作市武陟县引种，结果该品种在其他地区种植后，很快就出现品种退化、药力大减的现象。上述事实充分证明了怀山药之所以药力显著，当地的天时和土壤条件是决定性的因素。

1999~2003年，国家设立了“四大怀药规范化种植研究与示范”重大科技攻关项目，怀山药位居中国著名“四大怀药”（怀山药、怀地黄、怀牛膝、怀菊花）之首。该项目由河南省中药研究所与焦作市科学技术局共同承担，科研组对焦作所产的怀山药和其他地区的山药取样分析后发现，单位数量的怀山药所含的各种氨基酸都远高于等量的外地山药，其中还有其他品种基本没有而怀山药独有的氨基酸（如 $\gamma$ -氨基丁酸）。经现代科研手段检测，怀山药中山药多糖、尿囊素、蛋白质、皂苷和铁、钙、锌的含量都远高于普通山药。

据史料记载，古怀庆府是人类历史上种植山药最为悠久的地区。公元前734年，诸侯卫桓公就以此地出产的山药向周王室进贡。焦作市目前所辖的武陟县、温县、沁阳市、博爱县等都有种植怀山药的传统，但最集中的区域公认在武陟县和温县交界的大封乡、小董乡、武德镇一带，目前其仍是怀山药种植最集中、加工产业化程度最高的区域。目前山药保存加工最常用的硫磺熏制法就是在20世纪初由这一带的药农发明并传播到全国各地的。

地道的怀山药有非常重要的一个特性：不能“重茬”，即不可连续种植。由于怀山药的根茎对土壤内的相关养分（所谓“地力”）吸收能力强，同一块土地5年之内只能种一次怀山药。收获之后的5年内只能种植其他普通农作物，如再种植怀山药，产量及质量都极其低下。怀庆府另一种同样以肥大根茎入药的特产——怀地黄，这一特性更甚，8年内不能重茬，8年后“地力”才能恢复。按照国际通用的有机食品标准，在同一块土地上连续耕作3年以上所稳定产出的



农产品才符合“有机食品”的资质，因此除非现行标准有特别变更，否则地道的怀山药将没有机会申请有机食品认证。

据政府统计数据，2008年焦作市全市怀山药种植面积为6.1万亩<sup>①</sup>，可产鲜山药约10万t。武陟县的大封乡、温县的武德镇，号称家家户户种怀山药。全市大大小小的怀山药加工企业有上百家。由于怀山药名声在外，产量又有限，近些年出现了一些不良现象。部分当地企业在河北、山东等地采购山药，运到本地加工处理，冒充怀山药，给相关产业造成了非常大的负面影响。

### 1.3 怀山药的功能因子、药用价值及经济价值

#### 1.3.1 怀山药的功能因子

怀山药的营养成分很多，主要有蛋白质、糖类、维生素、氨基酸、脂肪酸、薯蓣皂苷元及多糖和蛋白质的复合体——黏液质等，多糖是怀山药的主要活性成分，由半乳糖、甘露糖、葡萄糖、阿拉伯糖、木糖及少量岩藻糖组成。怀山药还含有磷、钙、铁、碘等人体不可缺少的微量元素。怀山药中含有丰富的营养物质（图1-2）及金属元素（图1-3），其中钙的含量最高，可达9.79 mg/100 g FW，淀粉酶、蛋白质等营养物质含量也较高。

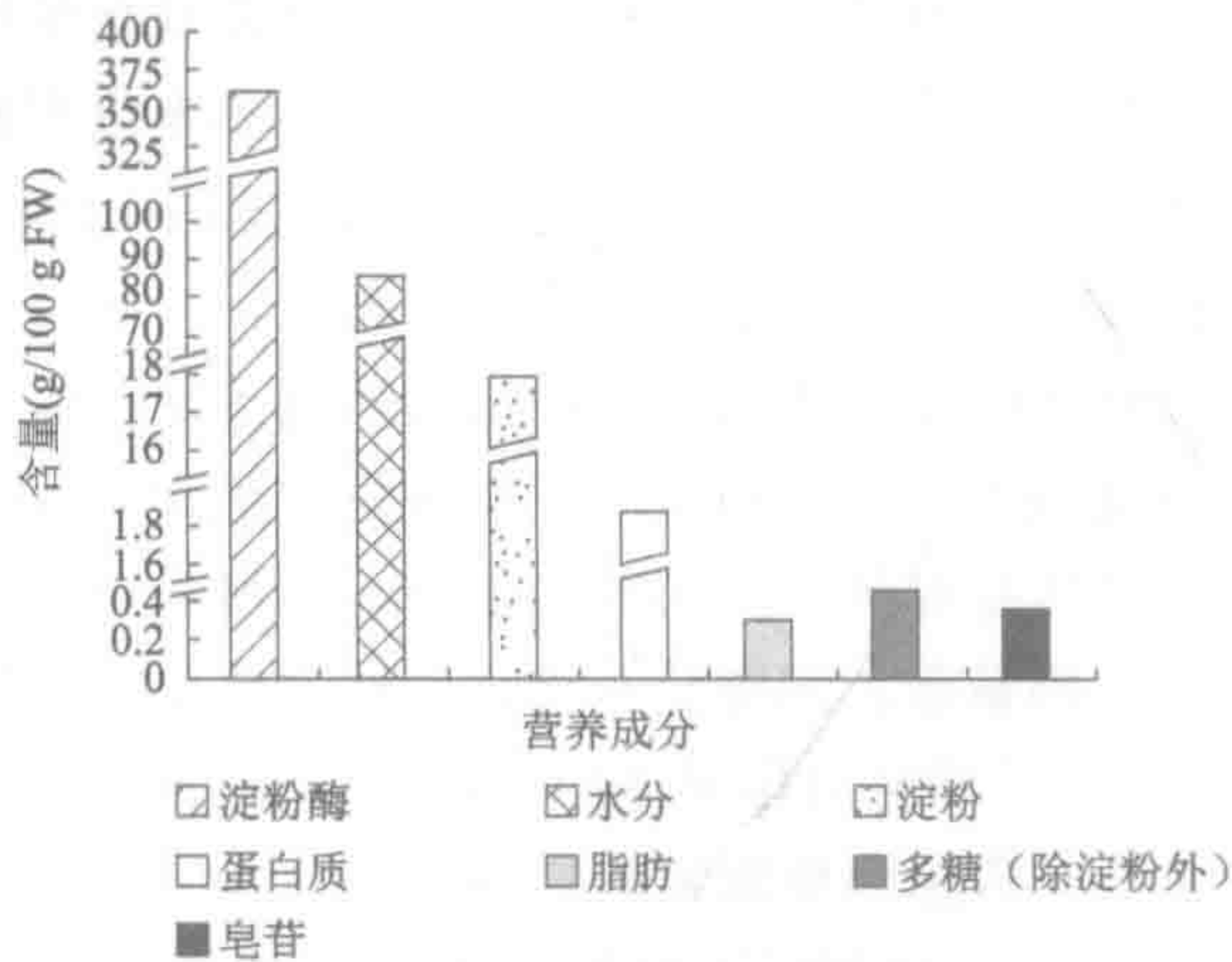


图 1-2 怀山药中营养成分

其中淀粉酶以 U/(100g DW) 表示；图出自：廖朝辉，《山药主要生化成分含量的测定》

<sup>①</sup> 1 亩 ≈ 666.7m<sup>2</sup>。

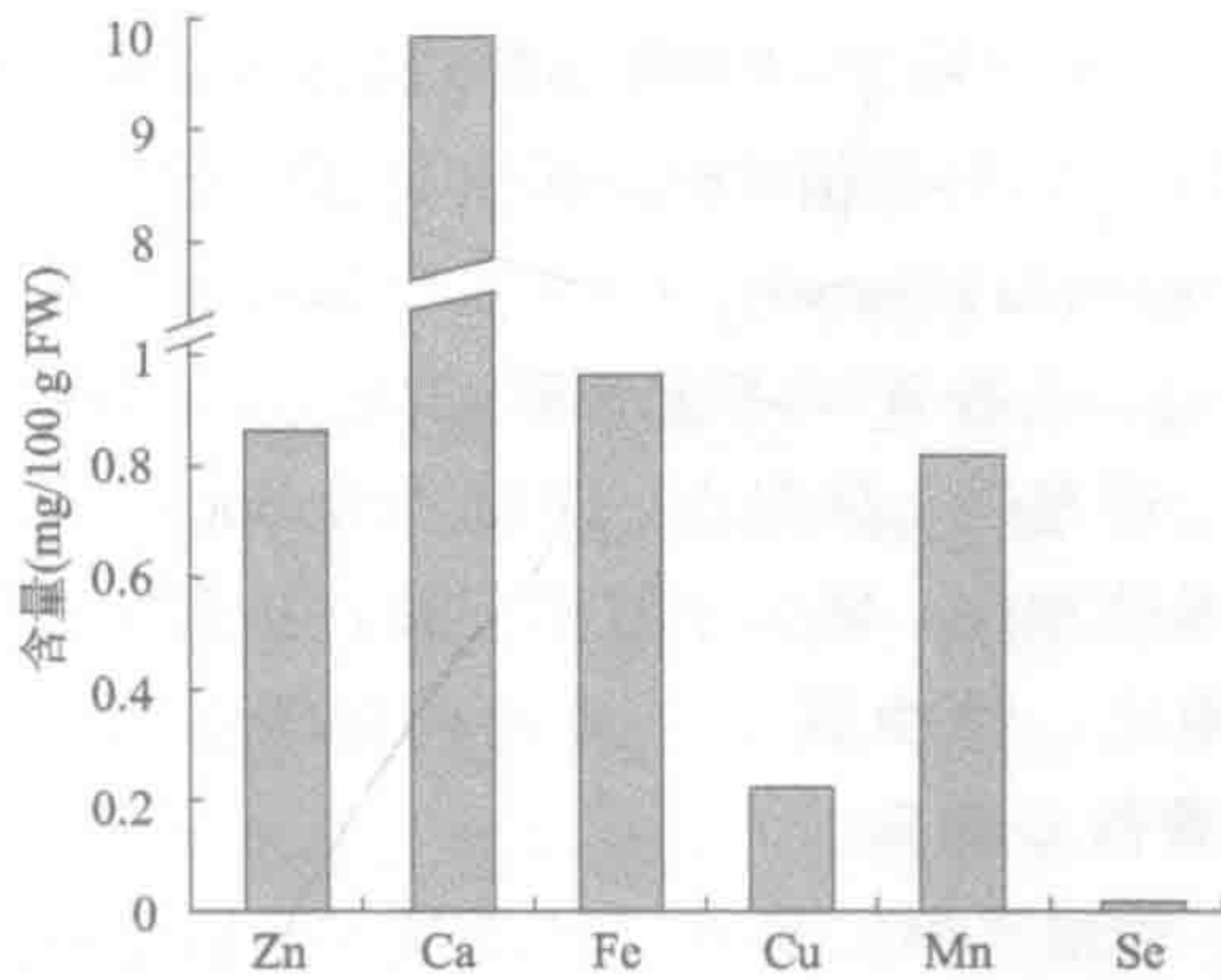


图 1-3 怀山药中金属元素和非金属元素 (Se) 的含量

怀山药块茎含薯蓣皂苷元 (diosgenin)、多巴胺 (dopamine)、盐酸山药碱 (batatasine hydrochloride)、多酚氧化酶 (polyphenoloxidase)、尿囊素 (allantoin) 和止杈素 (abscisin) II。又含糖蛋白 (glucoprotein), 水解可得赖氨酸 (lysine)、组氨酸 (histidine)、精氨酸 (arginine)、天冬氨酸 (aspartic acid)、苏氨酸 (threonine)、丝氨酸 (serine)、谷氨酸 (glutamic acid)、脯氨酸 (proline)、甘氨酸 (glycine)、丙氨酸 (alanine)、缬氨酸 (valine)、亮氨酸 (leucine)、异亮氨酸 (isoleucine)、酪氨酸 (tyrosine)、苯丙氨酸 (phenylalanine) 和蛋氨酸 (methionine)。还含包括上述氨基酸和胱氨酸 (cystine)、 $\gamma$ -氨基丁酸 ( $\gamma$ -aminobutyric acid) 在内的自由氨基酸, 另含具有降血糖作用的多糖, 并含由甘露糖 (mannose)、葡萄糖 (glucose) 和半乳糖 (galactose) 按物质的量比 6.45:1:1.26 构成的山药多糖, 又含钡、铍、铈、钴、铬、铜、镓、镧、锂、锰、铌、镍、磷、锶、钽、钛、钒、钇、镱、锌、锆及氧化钠、氧化钾、氧化铝、氧化铁、氧化钙、氧化镁等。根茎含多巴胺、儿茶酚胺 (catecholamine), 以及胆甾醇 (cholesterol)、麦角甾醇 (ergosterol)、菜油甾醇 (campesterol)、豆甾醇 (stigmasterol)、 $\beta$ -谷甾醇 ( $\beta$ -sitosterol)。

黏液质中含植酸 (phytic acid)、甘露聚糖 (mannan) Ia、甘露聚糖 Ib 和甘露聚糖 Ic; 黏液质中含多糖 40%、蛋白质 2%、磷 3% 和灰分 24%, 多糖部分由 80% 的甘露糖和少量的半乳糖、木糖 (xylose)、果糖 (fructose) 及葡萄糖所组成。珠芽 (零余子) 含 5 种分配性植物生长调节剂, 命名为山药素 (batatasin) I、山药素 II、山药素 III、山药素 IV、山药素 V。珠芽中还含止杈素、多巴胺和多种甾醇: 胆甾醇 (cholestanol)、(24R)- $\alpha$ -甲基胆甾醇 [(24R)- $\alpha$ -methyl cholestanol]、(24S)- $\beta$ -甲基胆甾醇 [(24S)- $\beta$ -methyl cholestanol]、(24R)- $\alpha$ -乙基胆甾醇 [(24R)- $\alpha$ -ethyl cholestanol]、胆甾醇、菜油甾醇、(24S)- $\beta$ -甲基胆甾醇 [(24S)- $\beta$ -methyl cholestanol]、24-亚甲基胆甾醇 (24-methylenecholesterol)、 $\beta$ -谷甾醇、豆甾醇、异岩藻甾醇 (isfucosterol)、



甾桐甾醇(clesterol)、24-亚甲基-25-甲基胆甾醇(24-methylene-25-methyl cholesterol)、7-胆甾烯醇(lathosterol)、8(14)-胆甾烯醇[cholest-8(14)-enol]、(24*R*)- $\alpha$ -甲基-8(14)-胆甾烯醇[(24*R*)- $\alpha$ -methyl cholest-8(14)-enol]、(24*S*)- $\beta$ -甲基-8(14)-胆甾烯醇[(24*S*)- $\beta$ -methyl cholest-8(14)-enol]、(24*R*)- $\alpha$ -乙基-8(14)-胆甾烯醇[(24*R*)- $\alpha$ -ethyl cholest-8(14)-enol]。同属植物日本薯蓣块茎含三萜皂苷、尿囊素、胆碱(choline)、17种氨基酸(与怀山药块茎所含的自由氨基酸相比,缺少 $\gamma$ -氨基丁酸)及无机化合物(与怀山药块茎所含的无机化合物相比,缺少镧),又含具有降血糖活性的日本薯蓣多糖(dioscoran) A~日本薯蓣多糖 F。

牛建平等(2007)利用气相色谱-质谱联用技术分析鉴定了怀山药中含有的有机成分。共提取分离出74种化合物,鉴定出41种有机成分,占挥发性物质含量的95.03%,主要成分为维生素E、脂肪酸类、甾醇类、酯类等,其中甾醇类化合物含量为45%。王飞等(2005)认为,新鲜怀山药含2.71%的总氨基酸和3.59%的粗蛋白,必需氨基酸含量为1.05%。陈艳和姚成(2004b)用氨基酸分析仪测定了怀山药中各种氨基酸的组成,结果表明,怀山药中含有苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸和赖氨酸等17种氨基酸,其中人体必需氨基酸的含量占总氨基酸的25.32%。

山药多糖是怀山药中的主要功能性成分。徐琴(2006)的测定结果表明,苏北产铁棍山药和怀山药山药多糖含量分别为1.20%和1.37%。怀山药富含Zn、Fe、Mn、Cu、Se和Ca,这些矿质元素是机体的重要组成部分,维持着机体细胞渗透压与酸碱平衡。陈艳和姚成(2004a)测定了怀山药中18种元素的含量,其中K的含量最高,其次为P、Na、Mg、Ca等。

还有研究发现,怀山药含有淀粉19.52%~27.98%,并含有较丰富的胡萝卜素、维生素B<sub>1</sub>、维生素B<sub>2</sub>和维生素C等。

怀山药中含有较多对人体有益的不饱和脂肪酸和奇数碳脂肪酸。王勇等(2008)在河南产怀山药中检出27种脂肪酸。其中饱和脂肪酸有18种,占脂肪酸总含量的51%,主要为十六烷酸;奇数碳脂肪酸8种;不饱和脂肪酸9种,占脂肪酸总含量的49%,主要为亚麻酸、亚油酸和油酸。

怀山药中的淀粉酶能帮助消化和排泄,皂苷和胆碱都是制药的原料。廖朝晖等(2003)测定结果显示,怀山药中的淀粉酶达到358.97 U/100 g DW。安顺怀山药和安顺参薯中皂苷含量分别为0.01%和0.63%,胆碱含量分别为8.00 mg/100 g和26.83 mg/100 g。

尿囊素是怀山药的活性成分之一,具有消炎抑菌、抗刺激物、麻醉镇痛等作用。丁志遵和秦慧贞(1995)的研究表明,河南怀山药、广西怀山药和广东怀山药的尿囊素含量分别为0.393%、0.381%和0.392%。



### 1.3.2 怀山药的药用价值

作为中药最重要的补益材料之一，怀山药与其他常用的补药，如人参、党参、黄芪等相比，最大的区别，也是它最大的优点，是无任何副作用。它适宜任何人群、任何体质，包括老人、儿童、孕妇和其他特殊人群。这也是为何怀山药在中药药方中出现频率很高的根本原因。《本草纲目》指出：“山药治诸虚百损、疗五劳七伤、去头面游风、止腰痛、除烦热、补心气不足、开达心孔、多记事、益肾气、健脾胃、止泻痢、润毛皮，生捣贴肿、硬毒能治。”《医学衷中参西录》中的“玉液汤”和“滋培汤”，以山药配黄芪，可治消渴、虚劳喘逆，经常结合枸杞子、桑椹子等这些药食同源的中药材做茶泡饮，可补肾强身、增强抵抗力，可以起到较好的保健养生功效。但是现在中药材市场伪劣产品泛滥，存在染色、硫熏、假冒产地等问题。

现代医学研究认为，怀山药有如下作用。

#### 1) 调节或增强免疫功能

怀山药富含多糖，可刺激或调节机体的免疫功能。苗明三（1997）研究表明，怀山药多糖可提高小鼠外周血T淋巴细胞数量，促进小鼠溶血素和溶血空斑的形成，并促进小鼠腹腔巨噬细胞吞噬功能和淋巴细胞转化。怀山药的磷脂成分主要为磷脂酰胆碱和溶血磷脂胆碱，磷脂类具有提高免疫功能的作用。赵国华等（2002）发现，山药多糖 RDPS-I 可提高小鼠血清的 IgG 含量、NK 细胞和血清溶血素活性及 T 淋巴细胞增殖能力，能增强巨噬细胞的吞噬能力，提高小鼠的体液免疫功能、非特异性免疫功能和特异性细胞免疫功能。

#### 2) 调节胃肠功能

怀山药具有补中益气、调节胃肠功能等作用。李树英（1990）研究表明，怀山药能抑制大鼠胃排空运动和肠推进作用，对抗苦寒泻下药引起的大鼠胃肠运动亢进。胃肌电显示怀山药能对抗大黄所引起的慢波波幅升高，同时降低大鼠胃电慢波幅。怀山药也能拮抗氯化钡及氯乙酰胆碱引起的大鼠离体回肠强直性收缩，但不能对抗盐酸肾上腺素引起的离体回肠强直性收缩。彭成等（1990）研究了怀山药粥对脾虚大鼠的作用，并建立了大鼠脾虚模型，结果表明，怀山药粥对大鼠脾虚的形成有预防作用。陈金秀等（1998）采用利血平作为致虚因素建立了近似脾气虚模型，研究了怀山药水煎剂对小鼠脑内单胺递质水平的影响及怀山药健脾益气作用的机制，认为怀山药健脾益气作用的可能原因是怀山药提高了利血平脾虚小鼠脑内的单胺递质水平。

#### 3) 降血糖、降血脂功能

舒思洁等（1998）采用四氧嘧啶制作糖尿病小鼠模型，研究了怀山药对糖尿



病小鼠心肌糖原、肝糖原、血脂和血糖含量的影响,结果表明,怀山药能提高心肌糖原和肝糖原含量,降低血脂和血糖含量,说明怀山药具有降血糖作用。进一步研究还表明,怀山药能降低糖尿病小鼠组织中丙二醛(MDA)的含量。胡国强等(2004)以山药多糖对四氧嘧啶模型糖尿病大鼠连续灌胃给药,发现山药多糖对糖尿病大鼠的血糖含量有降低作用,同时能升高C肽含量。郜红利等(2006)的研究结果也表明,山药多糖具有降低四氧嘧啶糖尿病小鼠中血糖含量的作用,并能促进糖尿病小鼠体重的恢复。Iwu等(1990)报道,薯蓣属植物粗提物对禁食兔和大鼠有降血糖作用,能抑制四氧嘧啶引起的高血糖,其乙醇提取物与降血糖活性有关。Hikino等(1986)研究认为,日本薯蓣块茎中含有降血糖多糖酶,动物实验显示其能降低小鼠的血糖浓度。Maurice(1990)研究发现,薯蓣属植物乙醇提取物与其降血糖活性有关,其氯仿提取物能使饥饿的Wistar大鼠血糖升高,而山药块茎多糖甲醇-水(1:1)提取物能降低小鼠的血糖浓度。

Prema等(1978)以山药淀粉喂食动脉粥样硬化的小鼠,发现其能降低小鼠体内血清类脂质浓度及其主动脉和心脏的糖浓度,以游离胆固醇和含有胆固醇的食物来饲喂小鼠,发现山药淀粉能降低其血液胆固醇浓度。杭悦宇(1996)研究发现,日本薯蓣10 g/kg剂量能显著降低小鼠的血糖水平和血清中总胆固醇(TC)、三酰甘油(TG)水平。

#### 4) 抗氧化、延缓衰老功能

早在《神农本草经》中就记载了怀山药可“轻身不饥延年”。近代研究也表明,怀山药具有抗衰老作用,能抑制促机体衰老酶的活性。詹彤等(1999)研究表明,腹腔注射山药多糖可以增加因D-半乳糖所致代谢衰老模型小鼠体内超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和谷胱甘肽过氧化物酶,以及脑Na/K-ATP酶的活性,并降低过氧化脂质、脑单胺氧化酶B的活性及脂褐质含量,表现出明显的抗衰老作用。

#### 5) 抗肿瘤、抗突变功能

赵国华等(2003)利用小鼠移植性实体瘤研究了RDPS-I的体内抗肿瘤作用,结果表明,50 mg/kg含量的RDPS-I对Lewis肺癌有显著的抑制作用,而对B16黑色素瘤没有明显作用,大于等于150 mg/kg含量的RDPS-I对二者都有显著的抑制效果。利用多糖化学改性方法和动物移植性实体瘤实验发现,低度甲基化、中度乙酰化和低度羧甲基化均能显著提高多糖的抗肿瘤活性,而部分降解和硫酸酯化会使多糖的抗肿瘤活性显著降低。杭悦宇等(1992)认为,腹腔注射山药多糖能增加受环磷酰胺抑制的小鼠末梢血白细胞总数,说明怀山药可作为抗肿瘤药及化疗的辅助保健食品。

Miyazawa等(1996)从日本薯蓣(*Dioscorea japonica*)的甲醇提取物中分离出两种物质(+)- $\beta$ -eudesmol和paeonol,实验证实这两种物质具有抗突变活性。阚