

薯中奇葩

高路 著

紫甘薯



白山出版社

薯中奇葩——紫甘薯

高 路 著

图书在版编目 (CIP) 数据

薯中奇葩——紫甘薯 / 高路编. —沈阳: 白山出版社, 2009.1

ISBN 978-7-80687-747-0

I. 薯… II. 高… III. 甘薯—研究 IV. S531

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 186438 号

出版发行: 白山出版社

地 址: 沈阳市沈河区二纬路 23 号

邮 编: 110013

电 话: 024-28888689

电子信箱: baishan867@163.com

责任编辑: 李一平

装帧设计: 王 婷

责任校对: 刘 凡

印 刷: 辽宁票据印务有限公司

成品尺寸: 185*260

印 张: 12

字 数: 361 千字

版 次: 2009 年 1 月第一版

印 次: 2009 年 1 月第一次印刷

印 数: 1~1000 册

书 号: ISBN 978-7-80687-747-0

定 价: 48.00 元

前言

甘薯作为一种药食兼用的健康食品，含有膳食纤维、胡萝卜素、维生素 A、B、C、E 以及钾、铁、铜、硒、钙等十余种微量元素。就总体营养而言，甘薯可谓是粮食和蔬菜中的佼佼者，被营养学家们称为营养最均衡的保健食品，被世界卫生组织列为十三种最佳蔬菜中的冠军。

紫甘薯又称黑薯，薯肉呈紫至深紫色，是我国近年引进的甘薯新品种，除具有普通甘薯的营养成分外，还富含花青素、硒元素和绿原酸，具有抗氧化，改善肝功能，改善视力等保健作用；能增强人体免疫力，可抑制癌变基因，预防高血压、高血脂、糖尿病、心血管病及肠胃疾病，具药用保健功能；也是开发保健食品、提取植物色素的新原料。紫甘薯全身都是宝，兼具有粮食作物和经济作物的特点，综合利用效益高，通过精深加工可多次增值，是甘薯家族的一朵奇葩。

本书以紫甘薯酶系中对紫甘薯产品的品质和效益影响较大的多酚氧化酶和 β -淀粉酶为主进行紫甘薯中酶系的基础研究；为筛选经济有效的褐变抑制剂提供理论基础和实践依据。同时研究紫甘薯中 β -淀粉酶的最佳提取条件、紫甘薯色素的粗提和纯化，为紫甘薯的综合利用及工业化生产提供理论依据。书中还提供了大量甘薯深加工的工艺实例，对于甘薯深加工及综合利用等方面的推广、改进都具有重要的参考价值。

著者

目 录

第1章 概述	1
§ 1.1 甘薯的起源和传播	1
§ 1.2 甘薯生产与消费概况	1
§ 1.3 我国甘薯的生产现状及发展历史	2
§ 1.4 甘薯形态特征及特点	3
§ 1.4.1 甘薯的形态特征	3
§ 1.4.2 甘薯的生产特点	3
§ 1.4.3 特种甘薯的特点及其类型	4
§ 1.5 甘薯的营养价值及其食用	5
§ 1.5.1 甘薯的基本营养成分分析	5
§ 1.5.2 甘薯的食用	8
§ 1.6 甘薯的保健功能和防治疾病功能	9
§ 1.6.1 甘薯的保健功能	9
§ 1.6.2 防癌抗癌功能	9
§ 1.6.3 抗衰老、防止动脉硬化功能	10
§ 1.6.4 增强免疫功能	10
§ 1.6.5 有机酚酸提取物抗氧化和抑制黑色素功能	11
§ 1.6.6 色素类提取物的功能	12
§ 1.6.7 其他功能	12
§ 1.7 甘薯茎叶的功能性成分	13
§ 1.7.1 甘薯叶维生素和矿物质	13
§ 1.7.2 甘薯叶蛋白及多酚类物质	14
§ 1.7.3 甘薯叶黄酮类提取物	14
§ 1.7.4 甘薯叶糖酯类提取物	14
§ 1.7.5 甘薯叶脂肪醛族类提取物	14
参考文献	15
第2章 紫甘薯多酚氧化酶	19
§ 2.1 多酚氧化酶的研究进展	19
§ 2.1.1 多酚氧化酶在植物中的细胞定位和组织定位及存在形式	20
§ 2.1.2 多酚氧化酶的分离纯化及性质研究方法	20
§ 2.1.3 多酚氧化酶的生理功能	21
§ 2.1.4 多酚氧化酶的催化机理	22
§ 2.1.5 植物中多酚氧化酶的活性控制	23
§ 2.1.6 多酚氧化酶的应用及其经济价值	23
§ 2.2 紫甘薯多酚氧化酶酶学性质	24
§ 2.2.1 紫甘薯 PPO 催化产物吸收光谱分析	24
§ 2.2.2 紫甘薯中 PPO 的酶促反应进程及最佳反应时间	25
§ 2.2.3 紫甘薯不同部位的 PPO 活性及褐变强度	25
§ 2.2.4 紫甘薯 PPO 最适 pH 值	27
§ 2.2.5 紫甘薯 PPO 最适温度	27
§ 2.2.6 紫甘薯 PPO 热稳定性	28
§ 2.2.7 底物浓度与紫甘薯 PPO 活性的关系	30

§ 2.2.8 酶浓度与紫甘薯 PPO 活性的关系	31
§ 2.2.9 鲜切紫甘薯贮藏期间 PPO 酶活性和褐变度的变化	32
§ 2.3 化学抑制剂对紫甘薯多酚氧化酶酶活力影响	33
§ 2.3.1 L-半胱氨酸对紫甘薯 PPO 活性的抑制	33
§ 2.3.2 柠檬酸对紫甘薯 PPO 活性的抑制	34
§ 2.3.3 乙二胺四乙酸钠对紫甘薯 PPO 活性的抑制	35
§ 2.3.4 植酸对紫甘薯 PPO 活性的抑制	36
§ 2.3.5 L-抗坏血酸对紫甘薯 PPO 活性的抑制	37
§ 2.3.6 鲜切紫甘薯 PPO 活性复合酶抑制剂的筛选	38
§ 2.3.7 复合抑制剂对紫甘薯中 PPO 的作用效果	39
§ 2.3.8 复合抑制剂对鲜切紫甘薯褐变度的影响	40
§ 2.4 紫甘薯多酚氧化酶酶促反应动力学及抑制机理的研究	41
§ 2.4.1 紫甘薯 PPO 底物特异性	41
§ 2.4.2 底物浓度对紫甘薯 PPO 酶促反应反应速度的影响	45
§ 2.4.3 酶催化反应动力学参数的确定	46
§ 2.4.4 PPO 几种酚类底物 K_m 值的确定	47
§ 2.4.5 抑制反应动力学	48
参考文献	53
第 3 章 紫甘薯 B-淀粉酶	59
§ 3.1 B-淀粉酶的研究进展	59
§ 3.1.1 β -淀粉酶的分布定位及存在形式	59
§ 3.1.2 β -淀粉酶的结构	60
§ 3.1.3 β -淀粉酶的作用方式及特点	60
§ 3.1.4 β -淀粉酶的酶学性质	60
§ 3.1.5 β -淀粉酶的提取和纯化	61
§ 3.1.6 β -淀粉酶的应用	62
§ 3.2 紫甘薯 B-淀粉酶缓冲溶液法提取条件的研究	63
§ 3.2.1 麦芽糖标准曲线的制作	63
§ 3.2.2 不同液料比对 β -淀粉酶提取效果的影响	64
§ 3.2.3 提取液 pH 值对 β -淀粉酶的提取效果的影响	65
§ 3.2.4 浸提温度对 β -淀粉酶提取效果的影响	66
§ 3.2.5 提取时间对 β -淀粉酶提取效果的影响	66
§ 3.2.6 优化紫甘薯 β -淀粉酶提取条件的正交试验	67
§ 3.2.7 还原剂种类和用量对 β -淀粉酶的提取效果的影响	68
§ 3.2.8 食盐浓度对 β -淀粉酶提取效果的影响	69
§ 3.2.9 紫甘薯皮层和心层 β -淀粉酶含量比较	69
§ 3.2.10 紫甘薯 β -淀粉酶粗酶液保存稳定性	70
§ 3.3 紫甘薯 B-淀粉酶的纯化及其性质的研究	71
§ 3.3.1 总蛋白含量的测定	71
§ 3.3.2 紫甘薯 β -淀粉酶 DEAE-纤维素柱层析	72
§ 3.3.3 紫甘薯 β -淀粉酶 Sephadex G-200 柱层析	73
§ 3.3.4 紫甘薯 β -淀粉酶纯化效果	74
§ 3.3.5 β -淀粉酶纯度的电泳检测及其分子量测定	74
§ 3.3.6 紫甘薯 β -淀粉酶酶液稀释倍数对其酶活力的影响	76

§ 3.3.7 紫甘薯 β -淀粉酶酶学性质的研究	76
§ 3.3.8 紫甘薯 β -淀粉酶米氏常数的确定	79
§ 3.3.9 紫甘薯 β -淀粉酶淀粉水解率的测定	80
§ 3.3.10 几种金属离子对紫甘薯 β -淀粉酶活力的影响	80
§ 3.3.11 淀粉及还原糖的测定	81
§ 3.3.12 不同加工处理中 β -淀粉酶对紫甘薯淀粉和还原糖含量的影响	81
参考文献	84
第 4 章 紫甘薯色素	87
§ 4.1 概述	87
§ 4.1.1 色素的发展历史	87
§ 4.1.2 紫薯色素植物来源及分布	88
§ 4.1.3 高花青素甘薯的育种	89
§ 4.1.4 紫薯色素的应用	89
§ 4.2 花色苷物质分离鉴定方法	90
§ 4.2.1 层析法(色谱法)	90
§ 4.2.2 光谱分析法	91
§ 4.2.3 花色苷的水解分析法	93
§ 4.2.4 花色苷分子量的测定	93
§ 4.3 紫甘薯色素组分分析及存在形式	94
§ 4.3.1 花色苷的基本结构	94
§ 4.3.2 紫甘薯中色素鉴定的历程	94
§ 4.4 紫甘薯花色苷的生理功能	95
§ 4.4.1 抗基因突变、抗癌功能	96
§ 4.4.2 抗氧化作用及清除自由基功能	96
§ 4.4.3 对肝功能障碍的缓解作用	97
§ 4.4.4 抗肿瘤功能	97
§ 4.4.5 抗高血压及对心血管病作用	97
§ 4.4.6 其它作用	98
§ 4.5 色素的粗提与纯化	98
§ 4.5.1 天然色素的粗提和纯化	98
§ 4.5.2 紫甘薯色素的粗提和纯化	103
§ 4.6 花色苷含量的测定	105
§ 4.7 天然色素的安全性评价及其稳定化	107
§ 4.7.1 天然色素的安全性评价	107
§ 4.7.2 影响天然色素的稳定性因素	108
§ 4.7.3 天然色素的稳定化	109
§ 4.8 花色苷的性质	111
§ 4.8.1 天然花色苷的性质	111
§ 4.8.2 紫甘薯色素的理化性质	112
§ 4.9 紫甘薯色素的研究及应用前景展望	114
参考文献	116
第 5 章 甘薯的深加工	121
§ 5.1 甘薯加工业的发展特点与走向	121
§ 5.2 甘薯在淀粉工业中的应用	123

§ 5.2.1 甘薯淀粉的特性与利用	124
§ 5.2.2 实例简介	125
§ 5.2.3 甘薯淀粉废液中蛋白质的提取	130
§ 5.2.4 我国甘薯淀粉加工现状及存在的问题	131
§ 5.2.5 甘薯淀粉加工新技术	131
§ 5.3 甘薯在制粉工业中的应用	132
§ 5.3.1 甘薯膨化粉（熟粉）	132
§ 5.3.2 紫甘薯 FD 粉	134
§ 5.4 甘薯在食品中的应用	136
§ 5.4.1 甘薯面包、挂面	137
§ 5.4.2 甘薯片系列产品	138
§ 5.4.3 甘薯与果蔬混合的复合食品	140
§ 5.4.4 甘薯罐头	143
§ 5.4.5 甘薯膨化食品（甘薯休闲食品）	145
§ 5.4.6 其他甘薯食品	148
§ 5.5 甘薯饮品	149
§ 5.5.1 不经发酵的饮料	149
§ 5.5.2 经发酵的饮料	153
§ 5.5.3 复合保健饮料	156
§ 5.5.4 甘薯饮料稳定性的提高	157
§ 5.6 甘薯茎尖蔬菜	159
§ 5.6.1 概述	159
§ 5.6.2 甘薯茎尖系列食品	160
§ 5.6.3 甘薯叶系列产品	163
§ 5.7 甘薯在发酵、制糖、饲料等加工中的应用	169
§ 5.7.1 甘薯在发酵工业中的应用	169
§ 5.7.2 甘薯在制糖工业中的应用	172
§ 5.7.3 膳食纤维素（薯渣纤维）	173
§ 5.7.4 甘薯饲料	174
§ 5.7.5 其他	175
§ 5.8 甘薯开发前景展望	175
§ 5.8.1 甘薯种植业在解决粮食、能源和环境保护等全球性问题方面的重要作用	175
§ 5.8.2 甘薯加工中存在的问题	177
参考文献	179
附录	183
主要化学试剂及其配制	183
主要仪器设备	184

第 1 章 概述

§ 1.1 甘薯的起源和传播

甘薯(*Ipomoea batatas* Lan)是旋花科(Convolvulaceae)甘薯属的一个重要栽培品种,为一年生或多年生蔓生草本植物,又名红薯、地瓜、白薯、红芋、甜薯、山芋或红苕等。又因它从国外引入,人们也叫它番薯。

据考证,甘薯是人类最早栽培作物之一,在世界上已有八千年的种植历史。

甘薯起源于墨西哥及从哥伦比亚、厄瓜多尔到秘鲁一带的热带美洲。据哥马拉记载:1492 年哥伦布拜见西班牙女王时,曾将从新大陆带回的甘薯献给女王。16 世纪初,西班牙已普遍开始种植甘薯。西班牙水手把甘薯携带至菲律宾的马尼拉和摩鹿加岛,再传至亚洲各地。

甘薯通过多条渠道传入中国,大约在 16 世纪末叶,明代的《闽书》、《农政全书》、清代的《闽政全书》、《福州府志》等均有相关记载。清陈世元《金薯传习录》中援引《采录闽侯合志》:“按番薯种出海外吕宋。明万历年间闽人陈振龙贸易其地,得藤苗及栽种之法入中国。值闽中旱饥。振龙子经纶白于巡抚金学曾令试为种时,大有收获,可充谷食之半。自是饶确之地遍行栽播。”又据:陈振龙 6 世孙陈世元及其子陈云,先后以甘薯传种于鄞州(浙江宁波)、胶州、青州(山东省青岛、益都一带)、豫州(河南朱仙镇一带)各地,渐次在浙江各地传播,时为清乾隆二十年前后。以上史实证明甘薯是在 16 世纪末叶从南洋引入中国福建、广东,而后向长江、黄河流域及台湾省等地传播。

目前,甘薯在我国的种植面积保持在 620 万公顷(hm^2)左右,约占全世界种植面积的 70%。据联合国粮农组织(FAO)统计,2000 年中国的甘薯产量为 118,187,338t,占世界甘薯生产量(1.33 亿吨)的 88%。我国是世界上最大的甘薯生产国,产量与栽培面积均居世界首位。

§ 1.2 甘薯生产与消费概况

甘薯因其产量高、抗干旱、耐瘠薄、适应性广及营养丰富已成为全球性种植的主要块根作物之一,广泛种植于世界上 100 多个国家,主要产区在北纬 40° 以南,主要分布在亚洲、非洲的发展中国家,其次为拉丁美洲,欧洲面积极少。目前甘薯大约有 50 个属 1000 多个品种,为高产稳产作物。

自 20 世纪 80 年代以来,FAO 转向重视甘薯生产,认为甘薯种植投入少、产出多,单位面积生产可食用的干物质居各种作物之首,而且抗灾力强。甘薯在世界几种主要粮食作物产量中排第 7 位。预计 21 世纪将逐步上升为世界第五大食物能源供应作物。《日本农业经济新闻》等对甘薯予以很高的评价,称之为“光辉的生命体”,认为甘薯可能是摆脱将来粮食和能源危机的“最后一张王牌”。日本《朝日新闻》对甘薯进行了整版报道,称甘薯是“准完全食品”,具有特殊的保健作用;“食甘薯”是保证健康的最重要要素之一。

据 FAO 统计,2002 年世界甘薯总种植面积为 976.5 万 hm^2 ,总产量为 1.36 亿吨,平均鲜薯单产 13.9t/ hm^2 。

据预测,由于巨大的粮食压力,甘薯总产量仍将呈稳中有升的趋势。

表 1-1 世界甘薯生产预测

Tab. 1-1 Prediction of sweet potato yield all over the world

年份	总产 (kt)	面积 (kha ²)	单产 (t/ha ²)	总产 (kt)	递增率 面积 (kha ²)	单产 (t/ha ²)
1997	135 756	9 046	15			
2005	151 200	8 400	18	1.36	-0.92	2.3
2015	129 800	5 800	22	-1.52	-3.64	2.03
2030	130 000	5 000	26	0.01	-0.98	1.12
2050	101 500	3 500	29	-1.23	-1.73	0.55

世界各国甘薯的消费随着社会经济的发展,一般经历食用为主;饲用、食用、加工并重;加工为主、食饲兼用等几个阶段。

发达国家与发展中国家甘薯的消费形式差别较大。日本、美国、韩国等发达国家的甘薯主要用来加工方便食品和鲜食用,比较强调甘薯的保健作用。据资料介绍,美国每人每年消费甘薯制品 35kg,日本为 15kg,韩国为 12kg,而我国仅为 0.8kg。但由于甘薯生产机械化程度低,劳动力密集,发达国家的生产受到了一定的限制。目前日本、美国和韩国等发达国家和地区甘薯栽培面积一直呈下降趋势,只有 20 世纪 60 年代的 5%,而甘薯的市场需求一直在增加,甘薯及其制品主要依靠进口,价格高于国内数倍。这些是我国农产品参与国际竞争的优势。中国入世也为我国甘薯生产发展带来新的机遇。

印度、越南等经济相对落后国家的甘薯为直接食用或用作饲料,仅有少部分作为方便食品;非洲一些国家几乎将甘薯全部作为食物,甚至作为主要食物之一。

§ 1.3 我国甘薯的生产现状及发展历史

在我国,甘薯种植区域除高寒地区外,几乎遍布全国,主要有北方春薯区、黄淮流域春夏薯区、长江流域夏薯区、南方夏秋薯区和南方秋冬薯区五个薯区,以黄淮平原、四川、长江中下游和东南沿海为主要甘薯产区。就全国来说,春薯的种植面积占 40%左右,夏薯占 50%,秋薯占 10%左右。

我国的甘薯种植总面积和总产量分别占世界的 70%和 88%,平均鲜薯单产 19.1t/ha²,相当于世界平均水平的 137%。甘薯产量在我国仅次于水稻、小麦和玉米,居第 4 位,所以不难想象甘薯功能性成分的研究开发及利用将为我国这样的甘薯第一大国带来巨大的社会和经济效益。

我国甘薯发展大致可划分为以下三个时期:

第一个时期是新中国成立前至新中国成立初期。这个时期主要是种植甘薯地方品种,产量较低;种植面积 1946 年为 334 万 ha²,1950 年为 581 万 ha²。20 世纪 40 年代从日本引种的“胜利百号”(“冲绳 100 号”)和从美国引种的“南瑞苔”都曾在我国甘薯生产上发挥过显著作用。

第二个时期是从 20 世纪 50 年代初至 70 年代末。这个时期是我国甘薯生产蓬勃兴起和迅速发展的时期。由于这个时期我国粮食短缺,同时随着“胜利百号”和“南瑞苔”的大面积种植,以及“华北 117”、“北京 553”、“徐薯 18”、“青农 2 号”、“丰收白”、“川薯 27”、“农大红”等一批优良品种的育成和推广,我国甘薯种植面积迅速增加,1963 年达到历史上最高水平的 964 万 ha²。由江苏徐州甘薯研究中心育成的“徐薯 18”,高产、高抗根腐病,控制了当时根腐病的蔓延,推广面积迅速扩大,该项目获得国家发明一等奖。

第三个时期是从 20 世纪 80 年代初至今。这个时期为甘薯的平稳发展时期，甘薯的主要用途由原来的单一的粮食转变为粮食、饲料和工业用原料，甘薯的主要育种目标由原来的高产转变为产量与品质并重，注重专用型、多用途新品种的选育。这一时期，我国育成工业原料用、食用、饲料用等各种专用型、兼用型甘薯品种 50 余个，从而改变了我国过去甘薯品种类型单一的局面。四川南充市农业科学研究所育成食用品种“南薯 88”，获得国家科技进步一等奖。进入 21 世纪，甘薯生产进一步向用途多样化和专用型发展，成为重要的粮食、饲料、工业原料及新型能源用作物，在国家粮食安全和能源安全中起着非常重要的作用。

§ 1.4 甘薯形态特征及特点

§ 1.4.1 甘薯的形态特征

甘薯的薯块是由芽苗或茎蔓上生出来的不定根积累养分膨大而成，称之为“块根”。块根是贮藏养分的器官，也是供食用的部分，主要营养成分为淀粉。块根分布在 5~25cm 深的土层中，先伸长后长粗，其形状、大小、皮肉颜色等因品种、土壤和栽培条件不同而有差异，分为纺锤形、圆筒形、球形和块形等，皮色有白、黄、红、淡红、紫红等色，肉色可分为白、黄、淡黄、橘红或带有紫晕等。块根的外层是含有花青素的表皮，通称为薯皮。表皮以下的几层细胞为皮层，其内侧是可以食用的中心柱部分。

甘薯茎匍匐蔓生或半直立，长 1~7m，呈绿、绿紫或紫、褐等色。茎节能生芽，长出分枝和发根。叶片有心脏形、肾形、三角形和掌状形，同一植株上的叶片形状也常不相同；颜色呈绿色至紫绿色，叶脉绿色或带紫色，顶叶有绿、褐、紫等色。

§ 1.4.2 甘薯的生产特点

(1) 高产、稳产、适应性广

甘薯栽培技术要求相对较低，单产潜力高，即使在山丘和干旱贫瘠的土地上，仍显示出其高产性能。优良品种的产量一般在 $30000 \sim 37500 \text{ kg/hm}^2$ ，运用高产栽培技术可达 75000 kg/hm^2 。甘薯具有耐旱、耐瘠、抗逆性强、适应性广、抗十字花科害虫和无性繁殖系数高等生物特性，适宜在我国绝大部分地区的山区丘陵和地势较高的田块种植。目前甘薯仍然是我国广大农村重要的传统作物。

(2) 生产成本低、经济效益高

甘薯是一种经济效益较高的作物。甘薯种植资金投入少，园艺管理简单。甘薯生产省工、省肥、不需使用农药。对于生产的土地条件、气候条件以及生产、储藏、运输技术等要求都不高，在较干旱、较瘠薄的土地上种植，也会有相对较高的产量。目前，鲜薯的市场平均价格一般与小麦、水稻、玉米的价格差不多；一般种植小麦、玉米纯收入不足 7500 元/hm^2 ，种植甘薯可达 $9000 \sim 12000 \text{ 元/hm}^2$ ，城镇郊区种植鲜食用甘薯收益可达 30333 元/hm^2 。薯干用途广泛，在市场上供不应求。若种植甘薯专用品种，经过深加工后销售，经济效益更加可观；如果种植甘薯稀有品种，经济效益会更好，如紫甘薯是集营养、保健和色素于一体的食品，市场价格是普通甘薯的 3~5 倍（鲜紫甘薯小包装试售价可达 $4 \sim 5 \text{ 元/kg}$ ），在有些地区甚至高达 18 元/kg ，其前景看好。据了解，从甘薯中提炼出色价为 100 的花青素浓缩液每吨售价近 20 万元。

(3) 无污染、无公害

甘薯中含有害虫拒食的胰蛋白酶抑制剂，自身具有很强的天然抗病虫能力，茎叶很少受病虫害危害，田间一般无需喷施任何农药，化肥用量小，受大气等环境污染极少，是理想

的无公害绿色蔬菜。择其作为无公害食品、绿色食品或纯天然有机食品原料生产利用，开发潜力巨大。

§ 1.4.3 特种甘薯的特点及其类型

特种甘薯是指甘薯品种资源中具有独特性状和经济利用价值的特色品种类型。随着社会、经济发展和人民生活水平的提高，特种甘薯所具有的独特经济利用价值得到了人们的重视，将成为研究开发的重点。

与普通甘薯相比，特种甘薯还具有其他特点：

(1)在生理生化上，有的品种或品系含有一些特殊成份，如薯肉深桔红色、富含胡萝卜素，紫心甘薯花青素含量高；有的表现高糖或高蛋白质或高淀粉；有的少含或不含多酚氧化酶而不易褐变。特色品种——美国特短蔓黑薯：该薯呈纺锤型，薯皮紫红近黑色，肉紫黑鲜艳，比“川山紫”颜色更深，熟后成黑色，香甜面沙，食味极佳，营养成分比其它甘薯高一倍，含硒量高，属抗癌食品，亩产 6000 斤（45000 kg/km²）左右；高淀粉甘薯比玉米更能发挥土地的生产潜力，更能有效的利用土地资源。

(2)在植物学上，有的品种或品系茎叶长势特强；有的茎叶着色奇异，有的茎蔓攀绕或直立，可兼作观赏作物等。

表 1-2 特种甘薯类型
Tab. 1-2 Types of special sweet potato

序号 Serial number	类型 Type	特点 Characteristic
1	高胡萝卜素型	薯肉呈深桔红色
2	高花青素型	薯肉呈深紫色
3	高淀粉型	干率和淀粉率特高
4	高糖型	可溶性糖含量高、甜度大
5	高蛋白型	蛋白质含量高
6	菜用型	茎尖叶片无苦涩味
7	药用型	具有医疗保健作用
8	观赏型	茎叶红色、紫红色、茎蔓攀绕或直立株型
9	特早熟型	熟性早，可早上市
10	特耐旱型	耐旱瘠、抗逆性强
11	水果型	口感脆嫩、甜润、无纤维感

(3)在生物学上，有的品种或品系熟期特早，可提早上市；有的特耐旱，可作为抗旱栽培等。

(4)从人们食用适口性上，有的鲜薯或薯干质地特优，食味特好；有的茎叶无苦涩味，菜用色、味俱佳等。水果型甘薯也开始流行，这种甘薯的外观好，汁液中无易氧化变色的多酚物质，生食口感脆嫩、甜润、无纤维感。其在杭州的市场价为 5 元/kg，在深圳高达 40 元/kg。

特种甘薯的类型与其特点有关，目前国内外尚无统一的分类标准。依据有关文献可将特种甘薯简单分为以下几类(见表 1-2)。

由于国内外对特种甘薯的研究利用才兴起不久，其产品开发多处在初级阶段，但发展势头迅猛。特种甘薯开发将向多品种、多系列、多层次、高深度及综合化、产业化方向发展，其前景极为广阔。甘薯作为粮食作物其相当部分将逐步过渡为具有高附加值的经济作物。

§ 1.5 甘薯的营养价值及其食用

甘薯不仅以高产作物著称，而且营养价值也较高，是一种粮菜兼用、老少咸宜的食物。据《本草纲目》记载，古人称：“红薯蒸、切、晒、收，充作粮食，称作薯粮，使人长寿少病”。现代医学也认为甘薯是一种很好的健身食物。

§ 1.5.1 甘薯的基本营养成分分析

甘薯的营养及保健价值是引起人们对其重新关注的一个重要因素。世界卫生组织(WHO)经过3年的研究和评选，评出了六大最健康食品和十大垃圾食品。评选出的最健康食品包括最佳蔬菜、最佳水果、最佳肉食、最佳食油、最佳汤食、最佳护脑食品六类。而人们熟悉的甘薯，被列为13种最佳蔬菜的冠军。

甘薯是富含淀粉的块根作物，国内外对甘薯块根的营养成分进行了大量的研究，甘薯品种间各成分差异很大。

一般淀粉占鲜薯重的15%~26%，高的可达30%，可溶性糖占3%左右；碳水化合物占甘薯块根干重的84.6%~94.8%，其中87.5%是淀粉，12.5%为糖分。甘薯对禽类的能量代谢价平均为14.54MJ/kg，消化率大于90%，是很好的能量来源。此外，甘薯还含有蛋白质、脂肪酸、多种维生素、氨基酸及钙、磷、铁、硒等多种营养成分。

据测定，每100g鲜薯中含蛋白质2.3g，脂肪0.2g，粗纤维0.5g，矿质元素0.9g（其中钙18mg，磷20mg，铁0.4mg），胡萝卜素1.31mg，维生素C30mg，维生素B₁0.12mg，维生素B₂0.04mg，尼克酸0.5mg，此外甘薯还含有色氨酸、丙氨酸等18种氨基酸，所含蛋白质虽然不及米和小麦面粉多，但是其生物价比米和小麦面粉高，且蛋白质的氨基酸组成更全面。

鲜甘薯蛋白质含量高于芋头、鲜玉米、马铃薯；其胡萝卜素、VB₁、VB₂、VPP和VC的含量均高于鲜玉米、芋头、马铃薯，更是相当于苹果、梨、桃、葡萄的10~30倍，其中维生素B₁、维生素B₂的含量分别比大米高6倍和3倍。粗纤维含量也分别比大米、玉米、面粉、马铃薯和芋头高得多，赖氨酸含量比米面高1.5倍以上。

表 1-3 甘薯和其他几种主要食物每 100g 重的成分含量
Tab. 1-3 Content of components in sweet potato and other main foods

食物种类 (100g)	热量 (KJ)	蛋白质 (g)	脂类 (g)	糖类 (g)	纤维 (g)	矿物质			维生素			
						钙 (mg)	磷 (mg)	铁 (mg)	A (IU)	B ₁ (mg)	B ₂ (mg)	C (mg)
甘薯	529.6	2.3	0.3	25.8	1.2	46	51	1.0	7100	0.08	0.05	20.0
米饭	661.4	2.8	0.4	34.5	0.1	4	51	0.9	0	0.01	0.05	0
熟面	548.4	1.8	1.0	29.4	0.1	19	42	1.2	0	0.01	—	0.4
马铃薯	314.0	2.3	0.1	16.9	0.4	7	58	0.7	0	0.07	0.04	7.0
芋头	468.8	3.1	0.2	25.2	1.1	41	100	1.2	0	0.28	0.07	16.0

以2.5kg鲜薯折合0.5kg粮食计算，其营养成分除脂肪外，其它比大米和白面都高，发热量也超过许多粮食作物，每500g甘薯约可产热2648KJ（635kcal）。

通过与米饭、熟面、马铃薯和芋头等食物的营养成分比较可以看出，每百克甘薯的能

量、蛋白质含量、脂肪含量、含糖量、磷铁含量与上述主要食物没有明显的差异，而食用纤维含量、含钙量、特别是维生素 A 的含量远远大于上述主要食物，说明甘薯营养平衡、完全，营养价值不亚于米、面（见表 1-3）。

1. 蛋白质

甘薯块根含蛋白质虽不多，但必需氨基酸的组成较为理想。甘薯中蛋白质氨基酸的组成与大米相似，其中必须氨基酸的含量高，特别是大米、面粉中较稀缺的赖氨酸的含量丰富，大米、面粉和甘薯的赖氨酸含量分别为 3.2%、1.9%和 6.17%（见表 1-4）。赖氨酸能促进人体新陈代谢与生长发育，因此把大米或面粉与甘薯混食，可起到互补作用。

此外，赖氨酸和抗癌药物的协同效应，可减少胃肠道不适反应，避免白细胞、红细胞明显下降；赖氨酸可阻碍癌细胞摄取营养，从而抑制肿瘤的生长。

表 1-4 甘薯、大米、面粉的必需氨基酸含量

Tab.1-4 Content of essential amino acids in sweet potato, rice and flour

氨基酸 含量(%) Content of AA	色氨酸 Tryptophan	苯丙氨酸 Phenylalanine	赖氨酸 Lysine	苏氨酸 Threonine	蛋氨酸 Methionine	亮氨酸 Leucine	异亮氨酸 Isolucine	缬氨酸 Valine
甘薯	1.41	5.20	6.17	5.65	1.41	7.90	3.58	1.12
面粉	0.8	5.5	1.9	2.7	3.0	12.0	3.7	3.4
大米	1.3	6.3	3.2	3.9	3.4	7.7	5.1	6.4

甘薯中的蛋白质含量不高，但其生物学价却较高。Walter 通过对两个甘薯品种（Jewel 和 Centenial）的蛋白质氨基酸进行分析，8 种必需氨基酸基本符合 FAO/WHO 的推荐模式。虽然赖氨酸、含硫氨基酸和异亮氨酸为某些品种的限制性氨基酸，但其蛋白质效率（PER）却达 2.2，与牛奶中的酪蛋白相似（2.5）。甘薯中蛋白质的体外消化率达 75.8%，Woolfe 还分析了甘薯块根和叶中对不同人群的氨基酸得分，结果如表 1-5 所示，表明甘薯蛋白质至少在成人体内能被很好地利用。

表 1-5 甘薯块根和茎叶中对不同人群的氨基酸得分

Tab.1-5 Scores of amino acids in roots and leaves of sweet potato

甘薯部位	婴儿		学龄前儿		学龄儿童		成人	
	Score	LAA	Score	LAA	Score	LAA	Score	LAA
块根	60	Saa/Lys	70	Lys	92	Lys	> 100	—
茎叶	52	Trp	66	Lys	86	Lys	> 100	—

注：Score, 氨基酸得分=甘薯蛋白质中氨基酸毫克数×100/FAO 推荐模式氨基酸毫克数；LAA, 限制性氨基酸；Saa, 含硫氨基酸；Lys, 赖氨酸；Trp, 色氨酸；—, 表示不确定。

2. 胡萝卜素

甘薯富含胡萝卜素，尤其是黄色及橙色薯肉品种，其含量可高达 40mg/100g 鲜薯。胡萝卜素被人体吸收后，可以转化为维生素 A（又称抗干眼病维生素），它的主要功能是维持机体上皮组织的完整和健康以及维持正常视觉。缺乏维生素 A 时则出现上皮干燥、增生及角质化现象，其中以眼、呼吸道、消化道、尿道及生殖器官受影响最为显著；严重缺乏时，明显的特征是眼睛泪腺上皮组织正常机能停止，泪管被堵塞，分泌停止，因而出现干眼病和夜盲症。此外，由于上皮组织的不健全，身体抵抗细菌侵蚀能力降低，因此容易感染疫

病；机体内维生素 A 供给不足能使幼年人发育不良，使成年人不能生育。

缺乏维生素 A 是一个普遍、严重的健康问题，是引起贫困地区儿童失明的主要原因，食用甘薯则可避免维生素 A 缺乏症。

此外，维生素 A 能阻止和抑制癌细胞增殖，使正常组织恢复功能，维生素 A、维生素 C、维生素 E 协同作用，可使体内致癌的化学氧化剂失效，从而起到防癌作用。

3. B族维生素

B 族维生素包括维生素 B₁、维生素 B₂ 等，是氨基酸代谢及糖代谢中多种酶的辅助因子。甘薯中维生素 B₁、B₂ 的含量是大米的 6 倍，面粉的 2 倍。

(1) 维生素 B₁

维生素 B₁ 的化学名称为硫胺素。维生素 B₁ 的最重要功能是预防治疗多发性神经炎（俗称脚气病），其次还有促进儿童发育和增进食欲的功能。缺乏维生素 B₁，则糖代谢不完全，神经肌肉系统易出现兴奋、疲劳、肌肉萎缩、麻痹及心衰等。维生素 B₁ 对维持正常糖的代谢起着十分重要的作用，人体每天需要量与人体每天所消耗的碳水化合物的量成正比，如消耗 1g 碳水化合物即需要 1 μg 维生素 B₁。

(2) 维生素 B₂

维生素 B₂ 又叫核黄素，是一种促进生长的维生素。当维生素 B₂ 缺乏时，可引起组织呼吸能力减弱以及整个代谢发生故障。缺乏维生素 B₂ 时其表现病症为口角炎、舌炎、角膜炎、视力下降、白内障、阴囊炎、皮脂溢出性皮炎等疾病。人体需要维生素 B₂ 的量与能量的消耗有关，消耗能量越多需要维生素 B₂ 的量亦越大。

4. 维生素 E

甘薯中维生素 E 为小麦的 9.5 倍。维生素 E 又称抗不育维生素或叫生育酚，是强抗氧化剂。具有抗衰老和维持人类生殖机能的作用，还具有维持骨骼肌、平滑肌和心肌结构的功能。对促进毛细血管增生，改善微循环，降低过氧化脂质，抑制血栓形成，防治动脉硬化和心脏血管疾病有一定作用。

5. 维生素 C

维生素 C 又称抗坏血酸。甘薯的维生素 C 含量很高，是苹果、葡萄、梨的 10~30 倍，比桔子还高。

维生素 C 在人体代谢中具有多种功能，既可以氧化型又可以还原型存在于体内，是生命活动极重要的物质。

(1) 维生素 C 能使高铁血红蛋白还原为血红蛋白；又能促进肠道内难以吸收的三价铁 Fe³⁺ 还原成易于吸收的二价铁 Fe²⁺，能治疗贫血及出血性疾病；防治感冒；提高人体对疾病的抵抗力；并有报道称它能阻碍亚硝酸铵的形成，有一定的抗癌作用。

(2) 维生素 C 可促进支持组织及细胞间粘合物——胶原蛋白和粘多糖的合成。故能促使伤口愈合，骨质钙化，增加微血管致密性，减低微血管通透性及脆性；加强血胆固醇的分解与排泄而降低胆固醇。当维生素 C 缺乏时即出现创伤，溃疡不易愈合，骨骼、牙齿等易于脆断，毛细血管透性增大，引起皮下、粘膜、肌肉出血等坏血病症。

(3) 维生素 C 在体内能与毒物结合转化为无毒物排出而起解毒作用。

(4) 维生素 C 能促进纤维组织生长，在肿瘤周围形成“天罗地网”，防止肿瘤扩散；维生素 C 的抗病毒作用，对某些起源于病毒的肿瘤有预防作用。

6. 食用纤维

纤维被称为第七营养素。甘薯中几乎不含有脂肪，所含纤维多达 7.8%，相当米面的 10 倍，常食可以预防便秘和肠道疾病。它进入人体后可刺激肠壁，其质地细腻，不伤肠胃，能加快消化道蠕动并吸收水分，增大粪便体积，有助排便，清理消化道，缩短食物中有毒物质在肠道内的滞留时间，减少因便秘而引起的人体自身中毒的机会，延缓衰老，降低肠道致癌物质浓度，有助于预防痔疮和大肠癌的发生。在追求健美和长寿的热潮中，甘薯被

视为理想的减肥益寿保健食品，现已风靡全球。

纤维素还容易与不饱和脂肪酸结合，可防止血液中胆固醇的形成；同时纤维素能吸收一部分葡萄糖，使血液中含糖量减少，有助于预防糖尿病。

7. 钾

甘薯含钾量很多，它可以减轻因过分摄取盐分而带来的弊端，钾还是保护心脏的重要元素。

人们吃的米、面、鱼、肉、蛋白含磷、氯、硫等酸性元素较多，在体内氧化成带阴离子的酸根，留在体内使体液呈酸性，这类食品称酸性食品。甘薯、蔬菜、水果、豆类、牛奶、茶叶等含钾、钠钙等碱性元素较多，在体内生成带阳离子的碱性氧化物，使体液呈碱性，这类食品称碱性食品。

人体是一个酸碱平衡的机体，正常人的体液呈弱碱性，pH 值 7.35~7.45，血液酸化时，人体四肢发凉，易感冒，伤口不易愈合，严重时可直接影响脑与神经的功能，如记忆力、思维能力减弱或精神疾病，且是许多慢性病（如心血管病等）发生的温床。由于钾是碱性元素，甘薯 pH 值为 10.31，是生理碱性食品，有中和体液的作用。因此在食物丰富的今天，适当食用甘薯这一类生理碱性食品，对平衡食物酸碱度有显著作用，有利于保持血液的酸碱平衡，减轻人体代谢负担，而且能够提高人体对蛋白质的吸收和利用率。特别是对那些患有高血压、肥胖病、胆固醇较高的人有一定疗效；对人们的健康、发育和智力开发都有益处。

8. 钙、铁、磷、硒等矿物质

甘薯中所含有矿物质对于维持和调节人体功能，起着十分重要的作用。所含的钙和镁可以预防骨质疏松症；钙、磷是骨骼和牙齿的重要成分，磷又是蛋白质的组成成分。铁是血红蛋白的特有成分，还是构成各种细胞色素、过氧化氢酶及过氧化物酶、肌红蛋白物质的组分。硒是对免疫有重要影响的元素，有刺激免疫球蛋白及抗体产生的作用，有防癌、防止动脉硬化及抗衰老的作用。硒是一个极强的抗氧化剂，能加速体内过氧化物的分解，使恶性肿瘤得不到分子氧的供应，从而起到抑制肿瘤的作用。

由于甘薯的营养优势，美国航空航天局已把甘薯列为高级生命支持系统计划中的航天食品。

随着生活水平的提高，作为一种调节口味的保健食品，甘薯今后必将在人们的膳食结构中发挥着越来越大的作用。

§ 1.5.2 甘薯的食用

食用甘薯的方法是多种多样的，薯块烧、蒸、煮食别具风味，生吃滋润解渴，也可制作成干点吃，甘薯粉则可溶解于牛奶或豆奶中饮服。

甘薯淀粉较难消化，属高胀气淀粉，但可通过蒸煮而改善。一般人群均可食用，但一次不宜食用过多。因为甘薯含一种氧化酶（气化酶），这种酶容易在人的胃肠道里产生大量二氧化碳气体，如甘薯吃得过多，会使人腹胀、打嗝。甘薯含糖量高，吃多了可产生大量胃酸，使人感到“烧心”；胃由于受到酸液的刺激而加强收缩，此时胃与食管连接处的贲门肌肉放松，胃里的酸液即倒流进食管，人就吐酸水了。甘薯和米面搭配着吃，并配以咸菜或喝点菜汤即可避免。另外，甘薯里含糖量高，身体一时吸收不完，剩余的在肠道里发酵，也会使肚子不舒服。因此，胃溃疡、胃酸过多、糖尿病人不宜食用。

食用甘薯时忌与柿子、西红柿、白酒、螃蟹、香蕉同食。因为甘薯中的糖分在胃内发酵，会使胃酸分泌增多，和柿子中的鞣质、果胶反应发生沉淀凝聚，产生硬块，量多严重时可使肠胃出血或造成胃溃疡。因此，甘薯与柿子、西红柿等食用时最好相隔五小时以上。

胰蛋白酶抑制剂、胀气因子和草酸等被认为是甘薯中的抗营养因子。很多研究认为，这些成分在其它大部分果蔬中也存在，且品种间差异很大，正确的加工方法可以在食用前

基本上去掉这些成分，所以不会对甘薯的营养造成很大影响。

§ 1.6 甘薯的保健功能和防治疾病功能

§ 1.6.1 甘薯的保健功能

甘薯不但营养价值高，还具有很高的药用价值和保健功能，俗称“土人参”。

甘薯在我国种植已有 400 多年的历史，古人很早认识到甘薯的保健功能。祖国医学认为甘薯性味甘平、无毒、补脾胃、养心神、益气力、通乳汁、去宿淤脏毒。据《本草纲目》记载，甘薯有“补虚乏、益气力、健脾胃、强肾阴”的功效。“甘薯蒸、切、晒、收，充作粮食，使人长寿。”《陆川本草》说，甘薯能生津止渴，治热病口渴。《本草纲目拾遗》说，甘薯能补中、和血、暖胃、肥五脏。据福建珍藏的古籍《金薯传习录》记载，甘薯有 6 种药用价值：治痢疾和泻泄；治酒积和热泻；治湿热和黄疸；治遗精和白浊；治血虚和月经失调；治小儿疮积。在实际应用中，民间单验方常用于治疗湿疹、夜盲症、便秘、浮肿、外伤等症。现代医学表明甘薯具有降糖、止血、消炎、防癌、通便等功效。

甘薯含有大量的糖、蛋白质、脂肪和各种维生素及矿物质，营养十分丰富，各种成分能有效地被人体所吸收，防治营养不良症，且能补中益气，对中焦脾胃亏虚、小儿疳积等病症有益。甘薯经过蒸煮后，部分淀粉发生变化，与生食相比可增加 40% 左右的食物纤维，能有效刺激肠道的蠕动，促进排便。切甘薯时皮下渗出的白色液体中含有紫茉莉甙，可用于治疗习惯性便秘。

§ 1.6.2 防癌抗癌功能

现代科学对甘薯的营养评价是甘薯中含有多种抗癌物质，还具有消除活性氧的作用，而活性氧是诱发癌症的原因之一，故甘薯抑制癌细胞增殖的作用十分明显。

美国费城大学生物学家于 1995 年发现甘薯含有脱氢表雄酮(dehydroepiandrosterone, 缩写 DHA 或 DHEA)，亦称脱氢异雄酮，分子式 $C_{19}H_{28}O_2$ ， 3β -羟基-5-雄烯-17-酮。是睾酮生物合成中的一个中间产物。将其注入用于培养癌细胞而饲养的白鼠体内，发现可防止乳腺癌和结肠癌，并使白鼠寿命延长了 1/3。研究发现，它在人体血液中增加 $100\mu\text{g/kg}$ ，死亡率下降 36%；DHEA 随着人的年龄增加而减少，凡含量高的人，寿命就长，证明了它具有防癌和延长寿命的作用。

甘薯含有特殊的激素类物质——类固醇，有防止和缓解血癌、乳腺癌的作用。

鹿儿岛大学的藤井信教授发现甘薯红皮里的花色苷能抑制癌症。以老鼠为对象进行的动物实验表明，这种物质有抑制皮肤癌细胞增殖的作用。

另据《日本农业新闻》报道，日本食物营养学专家道冈攻在对甘薯残渣进行废物利用的研究过程中发现，把从甘薯汁里提取的神经节苷脂添加到子宫颈的癌化细胞里进行培养，1 周后发现癌化细胞的数量几乎没有任何增加，不仅如此，这种物质还能把细胞分裂的时间延长 10 多倍，并在这个过程中作用于基因，把癌化的细胞转化为正常细胞。

日本一家食品加工企业已经制造出含有浓缩神经节苷脂的清涼饮料，产品上市后颇受消费者好评。

日本国立癌症预防研究所对 26 万人饮食生活与癌症关系的统计调查，也证明了甘薯的防癌作用。在具有显著防癌保健作用的 12 种蔬菜中，熟甘薯名列首位，被誉为“抗癌之王”，生甘薯居第二。其中排在前 10 名的依次是：熟甘薯(98.7%)、生甘薯(94.4%)、芦笋(93.7%)、花椰菜(92.8%)、卷心菜(91.4%)、菜花(90.8%)、欧芹(83.7%)、茄子皮(74%)、甜椒(55.5%)和胡萝卜(46.5%)。