

农产品深加工系列

马铃薯深加工技术

马 莺 编著
顾瑞霞



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

马铃薯深加工技术/马莺, 顾瑞霞编著. —北京:
中国轻工业出版社, 2003. 6
(农产品深加工系列)
ISBN 7-5019-3957-8

I. 马… II. ①马…②顾… III. 马铃薯-加工
IV. S532. 09

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 030486 号

责任编辑: 白 洁

策划编辑: 李克力 责任终审: 滕炎福 封面设计: 王 欣
版式设计: 丁 夕 责任校对: 李 靖 责任监印: 吴京一

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

发行电话: 010-65121390

印 刷: 北京工大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 8.875

字 数: 230 千字 印数: 1—2000

书 号: ISBN 7-5019-3957-8/TS·2359

定 价: 20.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

30175K1X101ZBW

中国轻工业出版社读者服务部电话: 010-65241695 传真: 010-85111730

前 言

马铃薯是世界上仅次于小麦、水稻和玉米的第四种主要作物。马铃薯各种营养成分含量是一般粮食和蔬菜不能比拟的，是一种营养成分较全面的食物。以马铃薯为原料可以开发出一系列的加工产品。近年来，一些营养丰富、方便、美味的马铃薯食品受到广大消费者的喜爱，随着麦当劳、肯德基等洋快餐在我国落户，又掀起了一股方便马铃薯食品和休闲马铃薯食品的热潮。国外对马铃薯食品加工技术的研究和应用历史较长，对马铃薯从原料生产、贮藏、产品加工、生产过程的质量控制以及产品的市场营销等方面都进行了全面、系统的研究。近几年，我国在这些方面的研究也相当活跃，也取得了一些成果。本书参阅了大量外文资料，结合我国实际情况系统论述了马铃薯采后处理，尤其是加工型马铃薯的采后处理最新技术，详细地介绍了马铃薯食品加工方法、质量控制系统和方法，以及马铃薯副产物综合加工利用和废水处理方法，并对马铃薯加工过程中涉及到的理论问题做了深入的论述。

本书大部分内容由马莺博士和顾瑞霞博士编写，程建军编写第二章，刘毅副教授、迟明梅、付红岩、李海梅、郭丽参编了部分内容。全书由马莺统筹完成。

由于编著水平、资料收集等诸多局限，在内容和编写方面难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 马铃薯结构和化学组成	1
第一节 马铃薯的形态结构	1
一、根系	1
二、茎	2
三、叶	2
四、花	3
五、块茎	3
第二节 马铃薯的营养成分	5
一、成分	5
二、碳水化合物和能量	5
三、含氮化合物	10
四、脂类	12
五、维生素	12
六、有机酸	14
七、矿物质	14
第三节 马铃薯中的抗营养因子和毒素	15
一、糖苷生物碱	15
二、蛋白酶抑制剂	19
三、植物凝血素	21
四、酚类化合物	21
第二章 马铃薯的采后处理	27
第一节 马铃薯分类	27
一、概述	27
二、分类	28

第二节 贮藏期间营养成分的变化	28
一、糖	28
二、淀粉	30
三、蛋白质	30
四、维生素	31
五、其它	32
第三节 贮藏损失	32
一、损失程度	32
二、损伤的原因	33
第四节 控制马铃薯在整理和贮藏期间的损失	51
一、收获、整理和成熟	51
二、愈伤	52
三、室内堆藏	53
四、窖藏	53
五、通风库贮藏	54
六、低温贮藏	54
七、气调 (CA) 贮藏	54
八、化学药剂控制损失	55
九、辐射	56
第五节 贮藏对马铃薯加工质量的影响	59
第六节 马铃薯贮藏体系	62
第三章 马铃薯食品的加工工艺	66
第一节 脱皮马铃薯	67
第二节 马铃薯泥	70
一、干制马铃薯泥	70
二、颗粒状马铃薯泥	75
第三节 马铃薯片	78
一、油炸马铃薯片 (方法 1)	79
二、油炸马铃薯片 (方法 2)	84

三、油炸马铃薯片的机械化加工 (方法 3)	88
四、油炸马铃薯片的土法加工 (方法 4)	91
五、油炸马铃薯脆片	92
第四节 马铃薯条	94
第五节 脱水制品	96
一、马铃薯颗粒	96
二、马铃薯片	97
三、马铃薯丁	103
四、马铃薯全粉	106
第六节 冷冻食品	108
一、冻结方式对马铃薯食品品质的影响	109
二、冷冻马铃薯条	112
三、马铃薯速冻油炸薯条	114
四、其它冷冻马铃薯产品	114
第七节 罐装产品	115
第八节 马铃薯膨化食品	116
一、生产方法	117
二、风味马铃薯膨化食品	118
第九节 其它马铃薯食品	119
一、马铃薯鲜醋	119
二、马铃薯酱	119
三、马铃薯饴糖	120
第四章 马铃薯淀粉、淀粉制品及其衍生物	121
第一节 马铃薯淀粉的生产	122
一、大型精制马铃薯淀粉的生产	122
二、精制马铃薯淀粉的生产	129
三、普通马铃薯淀粉的工业生产	131
四、马铃薯淀粉的传统加工	134
五、颗粒马铃薯淀粉	136

第二节 马铃薯粉丝、粉条	138
一、精白粉丝、粉条	138
二、马铃薯粉条	140
三、粉丝新制作法	142
四、西红柿粉条	142
五、鱼粉丝	144
六、包装粉丝	145
七、蘑菇马铃薯粉丝	146
八、无冷冻粉丝	147
第三节 马铃薯粉皮	148
第四节 变性淀粉	149
一、酸变性淀粉	149
二、预糊化淀粉	151
三、食品中常用的其它变性淀粉	154
四、变性淀粉在具体食品中的应用	159
第五章 马铃薯加工副产物的综合利用	164
第一节 马铃薯蛋白质的生产	164
第二节 单细胞蛋白的生产	169
一、单细胞蛋白的特点	169
二、单细胞蛋白的缺陷	170
三、单细胞蛋白的生产菌种	171
四、单细胞蛋白生产的原料	174
五、单细胞蛋白的可接受性和安全性	179
六、用马铃薯加工副产物生产单细胞蛋白	179
第三节 动物饲料的生产	182
第四节 酒精的生产	185
一、背景	185
二、酒精的生产工艺	186
三、研究进展	193

第五节 草酸的生产	194
一、草酸生产	194
二、影响草酸收率的因素	195
第六节 柠檬酸和柠檬酸钙的生产	197
一、原理	197
二、生产工艺	198
第七节 营养性食品添加剂的生产	206
第八节 废水处理	207
一、废水的初级处理	209
二、废水的后处理	210
三、厌氧-好氧生物处理	217
四、其它处理方法	219
第六章 马铃薯食品的质量控制	222
第一节 技术和质量保证	222
一、概述	222
二、技术和质量保证	223
第二节 影响马铃薯加工品质的化学因素	229
第三节 马铃薯的质量和品质测定	230
一、块茎大小及测定	231
二、形状	232
三、芽眼深度和表皮质量	233
四、去皮	233
五、薯肉温度	234
六、薯肉和表皮颜色	234
七、油炸试验	234
八、薯片原料选择的基本方法	236
第四节 马铃薯制品颜色和颜色的测定	238
一、SFA 标准色卡 (Snack food association potato chip color chart)	239

二、色差仪	239
第五节 质地和水分含量	241
一、质地和影响因素	241
二、水分含量及测定方法	243
第六节 马铃薯产品的缺陷	244
一、马铃薯原料损伤的检测	246
二、去皮和缺陷的损失测定	246
三、薯片缺陷的检验	247
第七节 马铃薯加工产品的风味	249
一、油	249
二、盐和调料	258
三、风味的评价	259
参考文献	261

第一章 马铃薯结构和化学组成

第一节 马铃薯的形态结构

马铃薯属于茄科，与番茄、胡椒、茄子、矮牵牛、龙葵颠茄等同属一科。在上百种茄科植物中，只有马铃薯和少数几个植物结块茎。马铃薯的许多经济性状与其植物学形态结构密切相关。如早熟品种的茎秆比较矮小，晚熟品种的茎秆高大粗壮，分枝多的品种薯块结得多而小，块茎皮孔大而周围组织疏松的品种常易感染病害等。充分了解各个品种的形态结构，对指导马铃薯农业生产和产品加工具有实际意义。马铃薯植株按形态结构可以分为根、茎、叶、花、果实和种子。

一、根 系

马铃薯具有一个纤维的根系统。用块茎繁殖所生成的根系均为不定根，没有主、侧之分，统称为须根系。根据根系发生的时期、部位、分布状况及功能的不同，又可把根分为两类：一类是在出生芽的基部靠种薯处紧缩在一起的第3~4节上的中柱鞘所发生的不定根，称为芽眼根或节根，这是马铃薯在发芽的早期发生的根系，分支能力强、入土深而广，是马铃薯的主体根系。马铃薯的芽眼根发生在幼芽基部，根系一般为白色的，只有少数品种是有色的。主要根系分布在土壤表层30cm左右，然后向下垂直生长，根系的数量、分支的多少、入土深度和分布的幅度因品种而异，并受栽培条件影响。根的横切面为圆形的，除保护组织外，明显地区分为皮层和中柱两部分。马铃薯由种子萌发产生的

实生苗根系具有主、侧根之分，称为直根系，其横切面为圆形的，与块茎繁殖的根系的横切面相似，也明显地区分为皮层和中柱部分，不过幼根的中柱较块茎繁殖的幼根中柱部分的比率大。

二、茎

马铃薯茎包括地上茎、匍匐茎和块茎，它们虽起源于同一器官，但其形态和功能是各不相同的。

马铃薯地上茎是由块茎芽眼萌发的幼芽发育成的地上枝条。栽培种大多数直立，有些品种在生育后期略带蔓性或倾斜生长，最终达到0.6~1.5m甚至更高。茎的横切面在节处为圆形，节间部分有三棱、四棱和多棱之分。茎的棱上，由于组织的增生而形成突起的翼，翼与棱等长，并有宽翼和窄翼之别，茎翼的形态常常是识别品种的重要特性之一。茎的皮层细胞内有叶绿体，因此茎秆呈绿色。一些品种茎上的绿色常被花青素所掩盖，因而茎常呈现紫色或其它颜色。地下茎就是主茎地下结薯部位，其表皮为外壁已木栓化的周皮所代替，皮孔大而稀，无色素层。在生育初期，地下茎各节上均生鳞片状小叶，每个叶腋间通常有一个匍匐茎。匍匐茎是形成块茎的器官，一般为白色的，因品种不同，也有呈现紫色的。匍匐茎数目的多少因品种而异，匍匐茎愈多，形成的块茎愈多，但不是所有的匍匐茎都能形成块茎。用块茎繁殖的植株其匍匐茎一般在出苗后开始形成，但因品种、播种期和播种方式不同而有很大差异。

三、叶

马铃薯无论用种子或块茎繁殖，最先长出的初生叶均为单叶，全缘。

马铃薯叶的叶面大而薄，叶肉细胞有间隙，叶子内可以合成有机物质。用块茎繁殖的马铃薯的初生叶为单叶或不完全叶，叶片肥厚、颜色浓绿，叶背上往往有紫色，叶面密生茸毛。第1片

叶为单叶，全缘；第2片至第5片也皆为不完全复叶，以后陆续长出2对、3对直到7对小叶和一个顶生小叶的复叶。复叶的小叶对数因品种而异，一般从第5片或第6片叶开始即为该品种固有的奇数羽状复叶，多数品种有7~9片（最多可达15片）小叶组成的奇数羽状复叶。除复叶顶端小叶只有1片称为顶小叶外，其余的小叶都是成对着生的，一般的品种有3~4对，称侧小叶。多数品种复叶叶柄很发达，其横断面为半圆形，上方凹陷而下方突出，靠近基部延展成扁平状，包围茎部。

马铃薯的复叶互生，在茎上呈螺旋状排列，叶面光滑或有皱褶，叶面上有茸毛或有光泽，叶片有厚、薄和深绿、浅绿之分，叶背面有突出的叶脉网，叶片在空间的位置接近于水平排列，有些品种的叶片略竖起或稍向下垂。

四、花

花是由花萼、花冠、雌蕊和雄蕊四部分组成，花萼基部联合为筒状，顶端五裂、绿色，其顶端的形状因品种而异。花冠基部联合呈漏斗状，顶端五裂，由花冠基部起向外伸出与花萼其它部分不一致的色轮，其色泽因品种而异。某些品种在花冠内部或外部形成附加的花瓣，分别称为“内重瓣”和“外重瓣”花冠。花冠的颜色有白色、浅红色、紫红色及蓝色等。雄蕊5枚，与合生的花瓣互生，短柄基部着生于冠筒上。5枚花药抱合中央的雌蕊。由于雄、雌蕊发育状况和遗传特性，形成不同形状的雄、雌蕊。花冠及雄蕊的颜色，雌蕊花柱的长短及姿态（直立或弯曲），柱头的形状等，皆为品种的特征。

五、块 茎

马铃薯的块茎是缩短而肥大的变态茎，当匍匐茎顶端停止了极性生长时，由于皮层、髓部及韧皮部的薄壁组织分生扩大并有大量淀粉积累，从而使匍匐茎顶端膨大形成块茎。块茎具有地上

茎的各种特征。在块茎生长初期，其表面每节上都有鳞片状退化小叶，无叶绿体，呈黄色或白色。待块茎稍大后，鳞片状退化小叶凋萎脱落，残留的叶痕呈新月状，称为芽眉。芽眉里侧表面向内凹陷成为芽眼。芽眼分为有色和无色的，有深、浅、凸之分。芽眼的深浅因品种和栽培条件而异。芽眼在块茎上呈螺旋状排列，块茎顶部的较密，最顶端的较大，内含芽较多，称为顶芽。薯块含丰富的水分、转化淀粉和蛋白质，薯肉的皮层与髓之间的维管束环是块茎的输导组织。

块茎的大小差异很大，主要决定于其品种和生长条件。块茎的形状因品种而异，不同栽培环境和气候条件能使块茎形状产生很大差异。其形状主要归结为三类：圆形、长筒形和椭圆形。块茎的种皮颜色因种类不同亦也很多，有黄色、白色、紫色、淡红、深红、玫瑰红等。种皮的颜色随着马铃薯皮层的木栓化物质的数量和皮层细胞液中所含的色素的种类而变化。色素的分布有均匀和不均匀之别。不均匀分布的颜色常集中在芽眼周围或芽眼和芽眼之间。马铃薯块茎的肉色有白、黄、紫、红及杂色等，食用品种以黄色肉和白色肉者为多。在块茎表面可以明显地看见有许多小斑点，即皮孔。皮孔的大小与多少因品种和栽培条件而异。在土壤粘、含水量高而通透性差的条件下，块茎为了与外界交换气体，皮孔周围的细胞大量增生而裸露，使皮孔张开，于是，在块茎表面形成许多小疙瘩，细菌容易侵入，耐贮性极差，易腐烂。块茎的横切面分上皮层、维管束环和髓部。周皮的厚度因品种和环境条件而异，一般由6~10层细胞组成，主要功能是保护块茎，调节气体交换速率，避免水分散失和不良环境的影响，防止各种微生物的侵入。块茎表皮与维管束环之间是皮层，皮层由大的薄壁细胞和筛管组成，某些品种皮层中有石细胞。皮层薄壁组织中充满淀粉粒，故称淀粉薄壁组织。薄壁组织细胞的大小随块茎的成熟度而改变。块茎表皮有颜色，就是因为皮层上层的细胞或一部分周皮细胞中都含有色素的缘故。马铃薯块茎各

部分组织中,除表皮、种皮和形成层中没有淀粉外,其它所有组织中都含有淀粉粒。淀粉粒大小、数量、增长速度因品种和外界环境条件而异,一般幼龄块茎淀粉粒小,而成熟的块茎和大的块茎的淀粉粒较大。

第二节 马铃薯的营养成分

一、成 分

马铃薯除碳水化合物含量高外,还含有大量的其它营养成分,如蛋白质、矿物质和维生素等,除此之外,还含有酶、膳食纤维素、酚醛物质和核酸。100g 马铃薯能为人提供 4%~4.5%的每日能量和蛋白质的摄入量,还有高于每日需求量 25%的维生素 C。

马铃薯块茎的营养成分因品种、贮存、生长季节、土壤类型及分析方法而异。

二、碳水化合物和能量

马铃薯中碳水化合物占干重的 80% (范围 63%~86%,表 1-1)。马铃薯主要由淀粉构成。虽然马铃薯是能量的重要来源,但它主要的弊端是:若满足日常膳食需求,需消耗相当大量的马铃薯 (约 3.5kg)。一个中型的马铃薯能提供约 419kJ 的能量。马铃薯对能量摄入的贡献不同,主要依据它的加工方式,即是在水中还是在脂肪 (油) 中加工而不同。水煮的马铃薯能提供约 335.2kJ/100g 的能量,油炸马铃薯提供约 670.4kJ/100g 的能量。

表 1-1 新鲜马铃薯块茎的成分含量 单位:%

成 分	平 均 值	范 围
水	80	63~86
干 物 质	20	13~36

续表

成 分	平 均 值	范 围
碳水化合物	16.9	13~30
蛋 白 质	2.0	0.7~4.6
脂 类	0.2	0.02~0.96
灰 分	1.0	0.44~1.9

1. 淀粉

像其它块茎植物一样,淀粉是马铃薯块茎的主要成分(表1-2)。马铃薯块茎的淀粉含量与其品种特性、使用的肥料有关,还与贮存温度、马铃薯的疾病和化学药剂的使用有关。例如,早熟品种块茎的淀粉含量低于中晚熟品种的。淀粉含量高的品种适于工业加工。淀粉有同化淀粉和贮藏淀粉之分,块茎中的淀粉是由葡萄糖合成的贮藏淀粉,淀粉粒呈圈层状结构,直径在 $1\sim 110\mu\text{m}$ 之间,块茎中淀粉的直径大部分在 $10\sim 60\mu\text{m}$ 之间。像其它作物的淀粉一样,马铃薯淀粉也分直链淀粉和支链淀粉。直链淀粉含量与成熟度呈正比,与含有大淀粉微粒的块茎相比,含有小淀粉颗粒的块茎中直链淀粉较多。直链淀粉占块茎总淀粉含量的20%~25%,支链淀粉占75%~80%。直链淀粉的相对分子

表 1-2 马铃薯块茎(干物质)的化学成分含量 单位: %

化 学 成 分	文 献 范 围	平 均 范 围
淀 粉	60~80	70
还 原 糖	0.25~3.0	0.5~2.0
全 氮	1.0~2.0	1.0~2.0
蛋 白 氮	0.1~1.0	0.5~1.0
脂 肪	0.1~1.0	0.3~0.5
膳食纤维	3~8	6~8
矿 物 质	4~6	4~6

质量为18万，支链淀粉的相对分子质量为100万~600万。每100g淀粉含有50~100mg的磷，磷与支链淀粉相结合。马铃薯淀粉的糊化温度是55~65℃。

淀粉在马铃薯块茎中的分布不均匀，顶部芽眼多，淀粉含量比基部少15%~20%。块茎的形成层和髓外部（占块茎重的70%）含淀粉量最多，表皮和髓内部（占块茎重的25%~30%）含淀粉量少，同一植株的各块茎之间淀粉含量可相差百分之几。块茎中的淀粉粒大多数都是中等大小的。

2. 糖

马铃薯中糖的含量为干重的0~10%，块茎中不仅有游离糖，同时还有糖的磷酸酯。根据不同的文献报道，块茎中糖及其衍生物的含量如表1-3所示。糖在块茎中的分布不均匀，一般是块茎顶部的含糖量比基部少15%~20%。

表 1-3 马铃薯块茎（干重）中的糖及衍生物的含量

成 分	含 量
葡萄糖	0.5%~1.5%
果 糖	0.4%~2.9%
甘露糖	痕量
蔗 糖	0.7%~6.7%
麦芽糖	0~1%
棉子糖	痕量
1-磷酸葡萄糖	0~0.2%
6-磷酸葡萄糖	0.7%~4.5%
6-磷酸果糖	0.2%~2.5%
丙糖磷酸酯类	0.2%~1%
肌 醇	0.1%~0.4%