

★ 农产品加工技术

NONGCHANPIN JIAGONG JISHU

薯类加工



秦波涛
李和平
王晓曦 编著

QINBOTAO

LIHEPING

WANGXIAOXI

BIANZHU

中国轻工业出版社



农产品加工技术

薯类加工

秦波涛 李和平 王晓曦 编著



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农产品加工技术/秦波涛等编著. —北京:中国轻工业出版社, 2001. 1
ISBN 7-5019-2996-3

1. 农… I. 秦… II. 农产品 加工 N.S37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 56561 号

责任编辑: 白 洁 责任终审: 滕炎福 封面设计: 张 颖
版式设计: 智苏亚 责任校对: 燕 杰 责任监印: 胡 兵

*

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.chl.p.com.cn>

联系电话: 010—65241695

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 61 25

字 数: 1376 千字 印数: 1—4000

书 号: ISBN 7-5019 2996-3/TS·1815

定 价: 120.00 元 (共 10 册), 本册 12.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

内 容 提 要

本书主要介绍甘薯、马铃薯、木薯等的加工及深加工技术，如淀粉、变性淀粉、淀粉制品及近 30 种薯类食品——薯干、薯脯、薯酱、薯片、糕点及酒等的生产技术。

本书可供广大薯农、食品和淀粉加工厂技术人员、有关院校师生参考。

前 言

薯类（主要指马铃薯、甘薯、木薯），特别是甘薯、马铃薯，是高产、稳产作物，用途多、分布广（均是我国的主要粮食作物），同时又是畜禽的良好饲料，还是轻工业的重要原料，利用它们可以生产食品及其他高级轻工、化工、医药等种类繁多的产品，如：淀粉、糊精、酒精、葡萄糖、合成橡胶、纸、电影胶片、糖浆等，应用于国民经济的各个行业，十几个部门。随着其加工层次的延伸和工艺技术的革新，其经济价值可提高几倍甚至几十倍。马铃薯在我国还是一种出口物资。近年来，薯类的营养价值和药用价值逐渐被人们所重视，尤其是加工后的薯类食品更是受到许多消费者的青睐，其在食品工业中所占的比例也越来越大。因此，发展薯类的生产和加工，对于改进人民的食物构成，提高人民的生活水平，增强人民的体质，都具有重要意义。

本书就是为适应薯类食品发展，为提供薯类食品加工及其综合利用的途径而编写的，可供广大薯农、消费者、食品和淀粉加工厂、销售部门和有关院校师生参考，尤其适合乡镇企业参考。

本书各章的编写分工是：第一、二章由秦波涛编写，第三章由王晓曦编写，第四章由李和平编写。由于编者水平所限，在内容和编写方面难免存在缺点和错误，请读者批评指正。

编者

1995年6月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 马铃薯	(1)
一 马铃薯块茎结构及化学组成	(1)
二 马铃薯的营养价值	(4)
三 马铃薯的贮藏	(5)
第二节 甘薯	(8)
一 甘薯块根的形态结构及化学组成	(8)
二 甘薯的营养价值	(10)
三 甘薯的贮藏	(12)
第三节 木薯	(15)
一 木薯块根的结构及化学组成	(15)
二 木薯的营养价值	(16)
第四节 薯类资源的开发与利用	(16)
一 薯类食品的开发	(17)
二 重视薯类淀粉的生产及其深加工	(17)
三 薯类加工的经济效益	(18)
第二章 薯类食品加工技术	(20)
第一节 马铃薯食品的加工	(20)
一 马铃薯片	(20)
二 脱水马铃薯泥	(26)
三 油炸马铃薯片	(28)
四 马铃薯脆片	(34)
五 脱水马铃薯丁	(35)
六 膨化马铃薯	(39)

七 风味马铃薯膨化食品	(45)
八 其他马铃薯食品	(46)
第二节 甘薯食品的加工	(48)
一 甘薯果脯	(48)
二 糖水甘薯罐头	(49)
三 脱水甘薯	(52)
四 速煮甘薯	(53)
五 连城红心薯干	(54)
六 脱水甘薯片	(55)
七 冷冻甘薯片	(55)
八 香酥薯片	(56)
九 甘薯酱	(57)
十 混合型甘薯果酱	(58)
十一 甘薯粉	(60)
十二 几种新型甘薯制品	(61)
十三 几种甘薯糕点	(63)
十四 甘薯制黄酒	(64)
第三章 薯类淀粉的加工	(65)
第一节 薯类淀粉厂厂址的选择	(65)
第二节 薯类淀粉加工工艺与设备	(65)
一 原料的预处理	(66)
二 破碎和细胞液的分离	(70)
三 纤维素的分离	(76)
四 蛋白质的分离	(82)
五 淀粉乳精制	(86)
六 淀粉乳脱水干燥	(88)
第三节 现代化薯类淀粉加工工艺	(93)
第四节 薯类淀粉的加工	(97)
一 马铃薯淀粉	(97)

二 甘薯淀粉	(100)
三 木薯淀粉	(105)
第五节 淀粉制品的加工	(106)
一 粉丝 粉条	(106)
二 粉皮	(108)
三 凉粉	(109)
四 人造米	(110)
五 木薯婴幼儿食品	(111)
第四章 变性淀粉	(113)
第一节 概述	(113)
一 变性淀粉生产的发展历史	(113)
二 变性淀粉的定义及分类	(114)
第二节 预糊化淀粉	(117)
一 预糊化淀粉的加工	(117)
二 预糊化淀粉的应用	(119)
第三节 酸变性淀粉	(123)
一 酸变性淀粉的加工	(124)
二 酸变性淀粉的应用	(125)
第四节 酯化淀粉	(127)
一 淀粉磷酸酯	(127)
二 淀粉醋酸酯	(133)
第五节 醚化淀粉	(137)
一 羟烷基淀粉醚	(138)
二 阳离子淀粉	(144)
第六节 交联淀粉	(145)
一 交联淀粉的加工	(145)
二 交联淀粉的性质及用途	(147)
三 交联作用在其他变性中的应用	(148)
第七节 氧化淀粉	(148)

一 次氯酸钠氧化淀粉的加工	(148)
二 用途	(149)
第八节 淀粉的部分水解制品——糊精	(150)
一 糊精的制备	(150)
二 性质及用途	(151)
第九节 其他变性淀粉	(151)
附录 本书所用单位符号与单位的中文符号对照	(154)
参考文献	(155)

第一章

概 论

第一节 马 铃 薯

一 马铃薯块茎结构及化学组成

1. 马铃薯块茎的结构

马铃薯属块茎类作物。它的块茎是一短而肥大的变态茎，是其在生长过程中积累并贮备营养物质的仓库。

马铃薯的形状有球形、长筒形、椭圆形、卵形及其他不规则形状。它们都带有小的、中等的或较深的芽眼，在芽眼里贮存着休眠的幼芽。

块茎的皮色有白色、黄色、粉红色、红色及紫色。块茎如经日光照射时间过久，皮色则变绿。见光过久和已萌芽的块茎中含有较多的茄精（又称龙葵素），它对人体和家畜有毒性。因此在收获贮藏的过程中，要尽量减少其露光的机会，以免茄精含量增加。块茎的果肉一般是白色的，带有不同程度的浅黄色，个别品种块茎的果肉呈红色或蓝紫色。

马铃薯块茎的构造如图 1-1 所示。从结构上看，它是由表皮层、形成层环、外部果肉和内部果肉四部分组成的。马铃薯的最外面一层是周皮，周皮细胞被木栓质所充实，具有高度的不透水性和不透气性，所以周皮具有保护块茎、防止水分散失、减少养分消耗、避免病菌侵入的作用。周皮内是薯肉，薯肉由外向里包括皮层、维管束环和髓部。皮层和髓部由薄壁细胞组成，里面充满着淀粉粒。皮层和髓部之间的维管束环是块茎的输导系统，也

是含淀粉最多的地方。另外，髓部还含有较多的蛋白质和水分。

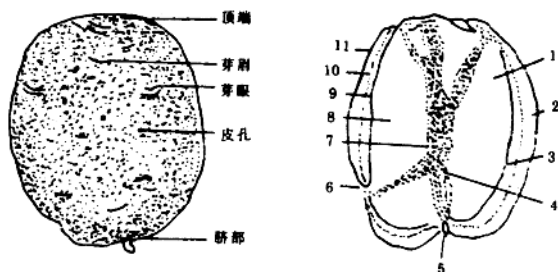


图 1-1 马铃薯块茎的结构

- 1—外部果肉 2—表皮层 3—形成层环 4—内部果肉 5—脐
6—芽眼 7—内髓 8—外髓 9—维管束环 10—皮层 11—周皮

2. 马铃薯块茎的化学组成

马铃薯块茎的化学组成一般为：水分含量 63.2%~86.9%，淀粉含量 8%~29%，蛋白质含量 0.7%~4.6%，另外，还含有丰富的铁、维生素等。它的主要化学组成及分布分述如下：

(1) 淀粉和糖分：在马铃薯块茎中，维管束环附近的淀粉含量最多，从维管束环向外向内淀粉含量逐渐减少，皮层比外髓部多，外髓部比内髓部多，块茎基部比顶部多，顶端的中心淀粉含量极少。这种分布很有规律，而且与块茎的大小有关。马铃薯淀粉由直链淀粉与支链淀粉组成。支链淀粉占淀粉总量的 80% 左右。马铃薯淀粉的灰分含量比禾谷类作物淀粉的灰分含量高 1~2 倍，且其灰分中平均有一半以上的磷。马铃薯干淀粉中 P_2O_5 的含量平均为 0.15%，比禾谷类作物淀粉中磷的含量高出几倍。磷含量与淀粉粘度有关，含磷愈多，粘度愈大。糖分占马铃薯块茎总质量的 1.5% 左右，主要为葡萄糖、果糖、蔗糖等。新收获的马铃薯块茎中含糖分少，经过一段时间的贮藏后糖分增多。尤其是在低温贮藏时对还原糖的积累特别有利。糖分多时可达鲜重的 7%，

这是由于在低温条件下，块茎内部进行呼吸作用所放出的 CO_2 大量溶解于细胞中，从而增加了细胞的酸度，促进了淀粉分解，使还原糖增加。还原糖含量高，会使一些马铃薯加工制品的颜色加深。如将马铃薯的贮藏温度升高到 $21\sim 24^\circ\text{C}$ ，经过一个星期的贮藏后，大约有 $4/5$ 的糖分可重新结合成淀粉，其余部分则被呼吸所消耗。

(2) 含氮物：马铃薯块茎中的含氮物包括蛋白质和非蛋白质两部分，而以蛋白质为主，占含氮物的 $40\%\sim 70\%$ 。马铃薯块茎中所含的蛋白质主要由盐溶性球蛋白和水溶性蛋白组成，其中球蛋白约占 $2/3$ ，这是全价蛋白质，几乎含有所有的必需氨基酸，其等电点 pH 为 4.4 ，变性温度为 60°C 。在马铃薯的含氮物中，有冬氨酸、组氨酸、精氨酸、赖氨酸、酪氨酸、谷胱甘肽、亮氨酸、乙酰胆碱等。淀粉含量低的块茎中含氮物多，不成熟的块茎中含氮物更多。马铃薯蛋白质在营养上具有重要的意义。

(3) 脂肪：在马铃薯块茎中，脂肪含量为 $0.04\%\sim 0.94\%$ ，平均为 0.2% ，马铃薯中的脂肪主要是由甘油三酸酯、棕榈酸、豆蔻酸及少量的亚油酸和亚麻酸组成的。

(4) 有机酸：马铃薯块茎中的有机酸含量为 $0.09\%\sim 0.3\%$ ，主要有柠檬酸、草酸、乳酸、苹果酸，其中主要是柠檬酸。

(5) 维生素：马铃薯中含有多种维生素，它们主要分布在块茎的外层和顶部，目前在马铃薯中已发现的维生素有维生素 A、维生素 B_1 、维生素 B_2 、维生素 B_3 、维生素 B_6 、维生素 PP 及维生素 C，其中以维生素 C 为最多。

(6) 酶类：马铃薯中含有淀粉酶、蛋白酶、氧化酶等。氧化酶有过氧化酶、细胞色素氧化酶、酪氨酸酶、葡萄糖氧化酶、抗坏血酸氧化酶等。这些酶主要分布在马铃薯能发芽的部位，并参与生化反应。马铃薯在空气中的褐变就是其氧化酶的作用。通常防止马铃薯变色的方法是破坏酶类或将其与氧隔绝。

(7) 茄素：这是一种含氮配糖体，有剧毒。它由茄碱和三糖

组成，纯品为白色发光的针形结晶体，微溶于冷热乙醇，很难溶于水、醚及苯，茄素晶体的熔点为 $280\sim 285^{\circ}\text{C}$ 。马铃薯的茄素含量以未成熟的块茎为多，占鲜重的 $0.56\%\sim 1.08\%$ 。其含量以外皮为最多，髓部最少。品种不同，其茄素含量也不同，高的每 100g 鲜薯可达 20mg，低的每 100g 鲜薯只有 $2\sim 10\text{mg}$ 。如果每 100g 鲜薯中的茄素含量达到了 20mg，食用后人体就会出现中毒症状。

(8) 灰分：马铃薯块茎中的灰分占干物质质量的 $2.12\%\sim 7.48\%$ ，平均为 4.38% 。其中以钾为最多，约占灰分总量的 $2/3$ ；磷次之，约占灰分总量的 $1/10$ 。马铃薯块茎中的其他无机元素有钙、镁、硫、氯、硅、钠及铁等。其中钙与镁的含量比较固定，且互为消长，钙多镁少，或者相反。磷与氯的含量也相似。马铃薯的灰分呈碱性，对平衡食物的酸碱度具有显著的作用。

二 马铃薯的营养价值

马铃薯是珍贵的食物，它既是菜又是粮。从其化学组成中(表 1-1) 可以看出，它的块茎中含有丰富的淀粉及对人体极为重要的营养物质，如蛋白质、糖类、矿物质、盐类和多种维生素等。马铃薯中除脂肪含量较少外，其他蛋白质、碳水化合物、铁和维生素的含量均显著高于小麦、水稻和玉米。每 100g 新鲜马铃薯块茎能产生 356J 的热量，如以 2.5kg 马铃薯块茎折合 500g 粮食计算，它的发热量高于所有的禾谷类作物。马铃薯蛋白质是完全蛋白质，含有人体必需的 8 种氨基酸，其中赖氨酸的含量较高，达 $93\text{mg}/100\text{g}$ ，色氨酸也达 $32\text{mg}/100\text{g}$ 。这两种氨基酸是其他粮食所缺乏的。马铃薯淀粉易为人体吸收，其维生素的含量与蔬菜相当，胡萝卜素和抗坏血酸的含量丰富，分别为 $40\text{mg}/100\text{g}$ 和 $25\text{mg}/100\text{g}$ 。马铃薯中还富含维生素 C ($35\text{mg}/100\text{g}$) 和维生素 A。美国农业部研究中心的 341 号研究报告指出：“作为食品，全脂牛奶和马铃薯两样便可提供人体所需的营养物质”，而德国专家指出，马铃薯为低热量、高蛋白、多种维生素和矿物质元素食品，每天食

进 150g 马铃薯,可吸入人体所需的 20% 的维生素 C、25% 的钾和 15% 的镁,而不必担心人的体重会增加。

表 1-1 马铃薯及其制品的营养成分 (每 100g 含量)

成分 名称	水分 /%	热量 /kcal	蛋白质 含量/g	脂肪 含量/g	碳水化合 物含量/g	粗纤维 含量/g	钙含量 /mg	磷含量 /mg
生马铃薯	79.8	76.0	2.1	0.1	17.1	0.5	7.0	53.0
烤马铃薯	75.1	93.0	2.6	0.1	21.1	0.6	9.0	65.0
煮马铃薯	79.1	76.0	2.1	0.1	17.1	0.5	7.0	53.0
牛奶马铃薯 泥	82.9	65.0	2.1	0.7	13.0	0.4	24.0	49.0
马铃薯片	1.8	568.0	5.3	39.8	50.0	1.6	40.0	139.0

成分 名称	镁含量 /mg	钾含量 /mg	铁含量 /mg	维生素 A 含量/IU	维生素 B ₁ 含量/mg	维生素 B ₂ 含量/mg	维生素 B ₆ 含量/mg	维生素 C 含量/mg
生马铃薯	14.0	407.0	0.60	40.0	0.100	0.04	0.25	20.00
烤马铃薯	28.8	503.0	0.70	—	0.100	0.04	—	20.00
煮马铃薯	—	407.0	0.60	—	0.100	0.04	—	20.00
牛奶马铃薯 泥	—	261.0	0.40	20.0	0.080	0.05	—	10.00
马铃薯片	48.0	1130.0	1.8	—	0.21	0.07	0.18	16.00

注: 1cal=4.184J

马铃薯不但营养价值高,而且还有较广泛的药用价值。我国传统医学认为,马铃薯有和胃、健脾、益气的功效,可以预防和治疗胃溃疡、十二指肠溃疡、慢性胃炎、习惯性便秘和皮肤湿疹等疾病,还有解毒、消炎之功效。

三 马铃薯的贮藏

马铃薯贮藏的好坏,对副食供应、其食用品质及其加工制品的优劣都有着很大影响。

1. 马铃薯的贮藏特性

马铃薯喜凉爽，不耐寒，不耐热，如果其贮藏不当，容易发生病害和腐烂。马铃薯的安全贮藏与环境温度、湿度、通风及光照等条件有密切关系。

(1) 温度对贮藏的影响：在贮藏初期，新收获的马铃薯尚处在后熟阶段，呼吸旺盛，会产生大量的二氧化碳气体，并释放出热量，还会水分散失，质量减轻。在此期间，薯块的机械损伤口会逐渐木栓化，块茎周皮细胞的木栓化层亦愈来愈厚，如果条件适宜，5~7天就可形成致密的木栓质保护层。此保护层能阻止氧气进入块茎内，也可以控制水分的散失及各种病原微生物的侵入。因此在贮藏初期10~15天的愈伤阶段，应保持15~20℃的较高温度，待形成木栓化保护层后，便可将温度控制在0~5℃进行贮藏。

在贮藏期间，马铃薯进入一个较长的休眠期。一般来说，充分成熟的块茎比未充分成熟的块茎休眠期短；春播的比秋播的休眠期短；生长后期如土壤干燥、气候干旱，可使块茎的休眠期缩短；干燥的贮藏环境可延长休眠期；高湿、高温能打破休眠期；较高的二氧化碳气体浓度可以延长休眠期。在上述诸因素中，温度是主要的。如在5℃条件下，块茎呼吸强度很弱，重量损失小，休眠期可达180天，渡过休眠期的块茎不发芽；在15℃条件下，休眠期仅为90天，块茎呼吸强烈，而且易造成其皱缩或湿腐病的蔓延。

马铃薯在贮藏期间会产生物质转化现象，尤其是在0~1℃的低温条件下，细胞中的淀粉极易转化为糖，其中以蔗糖为主，含量常在0.2%~7%之间，还有少量的葡萄糖和果糖。而块茎中的淀粉含量会随着贮藏期的延长而逐渐降低。据试验，贮存2~3个月的马铃薯的出粉率可达12%以上，而贮存12月以后，就降低到9%。如果块茎腐烂或发芽，马铃薯淀粉的损失率可达12.5%。当块茎发芽时，一部分含氮物质会转化为有毒的并带有苦味的茄精物质。块茎中的维生素C含量亦随贮藏期的延长而逐渐降低，马

铃薯在贮藏 180~210 天后，其中维生素 C 的含量可降低 60%~70%。

(2) 湿度对贮藏的影响：贮藏初期愈伤阶段的适宜相对湿度为 85%~95%，贮藏期的适宜相对湿度为 90%。湿度过低，水分散失严重，薯块重量损失大，且会产生萎缩现象；湿度过高，则会加快薯块的发芽速度，引起病害，造成腐烂。

(3) 通风条件对贮藏的影响：通风可以调节马铃薯贮藏环境中的温、湿度，有利于排除不良气体，维持薯块的正常呼吸，前期还能促进其木栓化。除此之外，通风还可以使贮藏环境以及薯堆内各部分的温度相对均匀，避免局部温、湿度过高或过低和结露现象的发生。通风要视外界气温而定，外界气温过低或过高时，都不宜通风，因为外界温度过低时通风会造成薯块结露；过高时通风会使窖内温度升高而不利于贮藏。一般以接近适宜贮藏温度时通风为好。

(4) 光照对贮藏的影响：马铃薯在贮藏期间应避免光照，因光照能促使马铃薯中叶绿素以及茄苷类物质的形成，降低马铃薯块茎的品质。

2. 预处理

为提高贮藏效果，必须对马铃薯采取一些预处理措施。

(1) 晾晒：薯块在收获后，可在田间就地稍加晾晒，散发部分水分，以便贮运。一般晾晒 4h，就能明显降低贮藏发病率。日晒时间过长，薯块将失水萎蔫，不利于贮藏。

(2) 预贮：夏秋季节收获的马铃薯都需先堆放在阴凉通风的室内、棚窖内或荫棚下预贮。为便于通风散热和翻倒检查，预贮堆不宜过大（高不超过 0.5m，宽不超过 2m），并在堆中设通风管。为避免阳光照射，可在薯堆上加覆盖物遮光。

(3) 挑选：马铃薯在预贮后要进行挑选，剔除病害、机械损伤、萎蔫、腐烂薯块。

(4) 药物处理：用化学药剂进行适当处理，可抑制薯块发芽，

同时还有一定的杀菌防腐作用。

在马铃薯收获前 2~4 周内，用 0.25% 的青鲜素水溶液进行叶面喷洒，可抑制薯块在贮藏期间的发芽。但须在薯块肥大期进行田间喷洒，喷洒过早或过晚，药效都不明显，尤其在雨季喷洒时，要注意药液在植株上的停留时间。试验证明，青鲜素在春作薯叶上需要 48h，在秋作薯叶上需要 72h，才能发挥抑芽作用。在此期间若遭雨淋，药效会明显下降，应当重喷。

用高浓度的萘乙酸甲酯（或乙酯）处理马铃薯块，亦可防止其发芽。处理方法是：将 98% 的纯萘乙酸甲酯 15g 溶解在 30g 丙酮或酒精中，再缓缓拌入预先准备好的 1~1.25kg 的细泥中，尽快充分拌匀后装入纱布或粗麻布袋中，然后均匀地撒在 500kg 薯块上。注意药物要现配现用，撒药越均匀越好。药物处理的时间，一般在收获后的 2 个月左右比较适宜，即在薯块的休眠中期处理，用药过晚则效果不佳。

(5) 辐射处理，用 Co-60 γ 射线 2.06~5.16C/kg 照射薯块，有明显的抑制发芽的效果。

3. 贮藏方法

各地冬贮马铃薯的形式多样，南方多室内堆藏，北方多埋藏、窖藏、通风库贮藏，若条件允许用冷库贮藏效果更好。

第二节 甘 薯

一 甘薯块根的形态结构及化学组成

甘薯的薯块不是茎，而是由芽苗或茎蔓上生出来的不定根积累养分膨大而成，所以称之为“块根”。

甘薯块根由皮层、内皮层、维管束环、原生木质部、后生木质部组成。由于甘薯品种、栽培条件和土壤情况等的不同，其块根形状有纺锤形等（图 1-2）。有的甘薯品种块根表面光滑平整，有