



内蒙古自治区优质校建设成果精品教材

马 铃 薯 生 产 加 工 丛 书

丛书主编 ◎ 张祚恬

丛书主审 ◎ 陈建保 郝伯为

MALINGSHU SHENGCHAN JIAGONG CONGSHU

# 马铃薯食品加工技术

MALINGSHU SHIPIN JIAGONG JISHU

● 主 编 赵玉娟 郝伯为



武汉理工大学出版社  
WUTP Wuhan University of Technology Press

· 武 汉 ·

内蒙古自治区优质校建设成果精品教材  
马铃薯生产加工丛书

# 马铃薯食品加工技术

主 编 赵玉娟 郝伯为  
副主编 李晓波 孟祥平 刘海英  
编 者 许慧娇 张一帆 陈建保 张祚恬  
段伟伟 高文霞 康 俊 彭向永  
丛书主编 张祚恬  
丛书主审 陈建保 郝伯为

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

## 内 容 提 要

本书是“马铃薯生产加工丛书”之一,全书共分四个部分:第一部分讲述马铃薯的加工特性与贮藏特点,第二部分讲述九大类上百种以马铃薯为原料的食品加工技术,第三部分讲述马铃薯制糖技术,第四部分讲述马铃薯食品的质量控制。

本书可作为马铃薯食品加工专业的教学用书,也可作为相关从业人员的专业培训教材及参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

马铃薯食品加工技术/赵玉娟,郝伯为主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2019.8  
ISBN 978-7-5629-6058-4

I. ①马… II. ①赵… ②郝… III. ①马铃薯-食品-加工 IV. ①TS235.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 161177 号

项目负责人:崔庆喜(027-87523138)

责任校对:向玉露

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.wutp.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉市金港彩印有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:10.5

字 数:262 千字

版 次:2019 年 8 月第 1 版

印 次:2019 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1000 册

定 价:32.00 元

责任编辑:雷 蕾

封面设计:芳华时代

凡使用本教材的教师,可通过 E-mail 索取教学参考资料。

E-mail: [wutpcqx@163.com](mailto:wutpcqx@163.com) 1239864338@qq.com

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87384729 87664138 87165708(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

# 总 序

马铃薯是粮、菜、饲、加工兼用型作物,因其适应性广、丰产性好、营养丰富、经济效益高、产业链长,已成为世界和我国粮食生产的主要品种和粮食安全的重要保障。马铃薯在我国各个生态区都有广泛种植,我国政府对马铃薯产业的发展高度重视。目前,我国每年种植马铃薯达 550 多万公顷,总产量达 9000 多万吨,我国马铃薯的种植面积和产量均占世界马铃薯种植面积和产量的 1/4。中国已成为名副其实的马铃薯生产和消费大国,马铃薯行业未来的发展,世界看好中国。

马铃薯是乌兰察布市的主要农作物之一,种植历史悠久,其生长发育规律与当地的自然气候特点相吻合,具有明显的资源优势。马铃薯产业是当地的传统优势产业,蕴藏着巨大的发展潜力。从 20 世纪 60 年代开始,乌兰察布市在国内率先开展了马铃薯茎尖脱毒等技术研究,推动了全国马铃薯生产的研究和发展,引起世界同行的关注。全国第一个脱毒种薯组培室就建在乌兰察布农科所。1976 年,国家科学技术委员会、科学院、农业部等部门的数十名专家在全国考察,确定乌兰察布市为全国最优的马铃薯种薯生产区域,并在察哈尔右翼后旗建立起我国第一个无病毒原种场。近年来,乌兰察布市市委、市政府顺应自然和经济规律,高屋建瓴,认真贯彻关于西部地区“要把小土豆办成大产业”的指示精神,发挥地区比较优势,积极调整产业结构,把马铃薯产业作为全市农业发展的主导产业来培育。通过扩规模、强基地、提质量、创品牌,乌兰察布市成为全国重点马铃薯种薯、商品薯和加工专用薯基地,马铃薯产业进入新的快速发展阶段。与此同时,马铃薯产业科技优势突出,一批科研成果居国内先进水平,设施种植、膜下滴灌、旱地覆膜等技术得到大面积推广使用。乌兰察布市的马铃薯种植面积稳定在 26 万公顷,占自治区马铃薯种植面积的 1/2,在全国地级市中排名第一。马铃薯产业成为彰显地区特点、促进农民增收致富的支柱产业和品牌产业。2009 年 3 月,中国食品工业协会正式命名乌兰察布市为“中国马铃薯之都”。2011 年 12 月,乌兰察布市在国家工商总局注册了“乌兰察布马铃薯”地理标志证明商标,“中国薯都”地位得到进一步巩固。

强大的产业优势呼唤着高水平、高质量的技术人才和产业工人,而人才支撑是做大做强优势产业的有力保障。乌兰察布职业学院敏锐地意识到这是适应地方经济、服务特色产业的又一个契机。学院根据我国经济发展及产业结构调整带来的人才需求,经过认真、全面、仔细的市场调研和项目咨询,紧贴市场价值取向,凭借既有的专业优势,审时度势,务实求真;学院本着“有利于超前服务社会,有利于学生择业竞争,有利于学院可持续发展”的原则,站在现代职业教育的前沿,立足乌兰察布市,辐射周边,面向市场;学院敢为人先,申请开设了“马铃薯生产加工”专业,并于 2007 年 10 月获得国家教育部批准备案,2008 年秋季开始正式招生,在我国高等院校首开先河,保证专业建设与地方经济有效而及时地对接。

该专业是国内高等院校首创,没有固定的模式可循,没有现成的经验可学,没有成型的教材可用。为了充分体现以综合素质为基础、以职业能力为本位的教学指导思想,学院专门建立了以马铃薯业内专家为主体的专业建设指导委员会,多次举行研讨会,集思广益,互相

磋商,按照课程设置模块化、教学内容职业化、教学组织灵活化、教学过程开放化、教学方式即时化、教学手段现代化、教学评价社会化的原则,参照职业资格标准和岗位技能要求,制订“马铃薯生产加工”专业的人才培养方案,积极开发相关课程,改革课程体系,实现整体优化。

由马铃薯行业相关专家、技术骨干、专业课教师开发编撰的“马铃薯生产加工丛书”,是在开展“马铃薯生产加工”专业建设和教学过程中结出的丰硕成果。丛书重点阐述了马铃薯从种植到加工、从产品到产业的基本原理和技术,系统介绍了马铃薯的起源、栽培、遗传育种、种薯繁育、组织培养、质量检测、贮藏保鲜、生产机械、病虫害防治、产品加工等内容,力求充实马铃薯生产加工的新知识、新技术、新工艺、新方法,以适应经济和社会发展的新需要。丛书的特色体现在:

一、丛书以马铃薯生产加工技术所覆盖的岗位群所必需的专业知识、职业能力为主线,知识点与技能点相辅相成、密切呼应形成一体,努力体现当前马铃薯生产加工领域的新理论、新技术、新管理模式,并与相应的工作岗位的国家职业资格标准和马铃薯生产加工技术规程接轨。

二、丛书编写格式适合教学实际,内容详简结合,图文并茂,具有较强的针对性,强调学生的创新精神、创新能力和解决实际问题能力的培养,较好地体现了高等职业教育的特点与要求。

三、丛书创造性地实行理论实训一体化,在理论够用的基础上,突出实用性,依托技能训练项目多、操作性强等特点,尽量选择源于生产一线的成功经验和鲜活案例,通过选择技能点传递信息,使学生在学习过程中受到启发。每个章节(项目)附有不同类型的思考与练习,便于学生巩固所学的知识,举一反三,活学活用。

该丛书的出版得到了马铃薯界有关专家、技术人员的指导和支持;编写过程中参考借鉴了国内外许多专家和学者编著的教材、著作以及相关的研究资料,在此一并表示衷心的感谢;同时向参加丛书编写而付出辛勤劳动的各位专家与教师致以诚挚的谢意!

张 策

2019年5月16日

# 前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的文件精神,结合马铃薯生产加工专业人才培养目标与规格,按照我国马铃薯生产加工行业职业岗位的任职要求而编写的。在选材和编写中力求以培养实际应用能力为主旨,以强化技术能力为主线,以高职教学目标为基点,以理论知识必需、够用、管用、实用为纲领,做到基本概念解释清楚,基本理论简明扼要,贴近一线生产实践,注重培养学生的应用能力和创新精神。

本书的编写体现了知识实用性、内容新颖性、体系创新性。全书共分四个部分:第一部分讲述马铃薯的加工特性与贮藏特点,第二部分讲述九大类上百种以马铃薯为原料的食品加工技术,第三部分讲述马铃薯制糖技术,第四部分讲述马铃薯食品的质量控制。

本书的具体编写分工如下:乌兰察布职业学院赵玉娟编写概述、项目一的任务九、项目三的任务一、附录;乌兰察布职业学院郝伯为编写项目一的任务二、任务三;乌兰察布职业学院孟祥平编写项目一的任务八、项目二的任务三;乌兰察布职业学院李晓波编写项目一的任务一、任务六;乌兰察布市察右前旗黄旗海镇张一帆编写项目二的任务一;乌兰察布职业学院康俊编写项目二的任务二;乌兰察布职业学院刘海英编写项目一的任务十;乌兰察布职业学院许慧娇编写项目一的任务七;乌兰察布职业学院段伟伟编写项目一的任务五;乌兰察布职业学院陈建保编写项目一的任务四;乌兰察布职业学院张祚恬编写项目三的任务二;曲阜师范大学彭向永编写项目三的任务三;乌兰察布职业学院高文霞编写项目三的任务四。

本书不仅可作为高职高专马铃薯生产加工专业的教学用书,也可作为马铃薯行业培训及从业人员的参考用书。

由于编者水平有限,加之时间仓促,收集和组织的材料有限,书中难免存在不足之处,敬请同行专家和广大读者批评指正。

编 者  
2019年5月

# 目 录

|                    |      |
|--------------------|------|
| 概述                 | (1)  |
| 一、我国马铃薯的产地分布       | (1)  |
| 二、马铃薯块茎的形态和结构      | (2)  |
| 三、马铃薯块茎的化学组成和商品质量  | (2)  |
| 四、马铃薯的营养与经济价值      | (4)  |
| 五、马铃薯的贮藏           | (5)  |
| 项目一 常用马铃薯食品加工技术    | (12) |
| ■ 知识目标             | (12) |
| ■ 技能目标             | (12) |
| 任务一 马铃薯食品加工常规工艺及设备 | (12) |
| 一、原料的选择及设备         | (12) |
| 二、清洗及清洗设备          | (14) |
| 三、去皮工艺及设备          | (16) |
| 四、薯肉护色方法           | (17) |
| 五、干燥工艺及设备          | (18) |
| 六、膨化工艺及设备          | (20) |
| 任务二 马铃薯片(条)加工技术    | (26) |
| 一、脱水马铃薯片           | (26) |
| 二、速冻马铃薯条           | (26) |
| 三、油炸马铃薯片           | (28) |
| 四、马铃薯脆片            | (31) |
| 五、微波膨化营养马铃薯片       | (31) |
| 六、马铃薯泥片            | (32) |
| 七、马铃薯五香片           | (33) |
| 八、烤马铃薯片            | (34) |
| 九、蒜味马铃薯片           | (35) |
| 十、马铃薯酥糖片           | (35) |
| 十一、马铃薯仿虾片          | (36) |
| 十二、薯香酥片            | (37) |
| 十三、琥珀马铃薯片          | (37) |
| 十四、中空马铃薯片          | (38) |
| 十五、烘烤成型马铃薯片        | (39) |



|                          |      |
|--------------------------|------|
| 十六、油炸成型马铃薯片·····         | (39) |
| 十七、休闲马铃薯片·····           | (40) |
| 十八、酥香马铃薯片·····           | (41) |
| 任务三 马铃薯粉制品加工技术·····      | (42) |
| 一、马铃薯全粉·····             | (42) |
| 二、马铃薯全粉系列产品·····         | (43) |
| 三、马铃薯颗粒粉·····            | (44) |
| 四、马铃薯老年营养粉·····          | (45) |
| 五、片状脱水马铃薯粉·····          | (45) |
| 任务四 马铃薯粉丝、粉条和粉皮加工技术····· | (47) |
| 一、马铃薯粉条·····             | (47) |
| 二、无冷冻马铃薯粉丝·····          | (48) |
| 三、精白粉丝、粉条·····           | (49) |
| 四、马铃薯粉丝新制法·····          | (50) |
| 五、马铃薯西红柿粉条·····          | (51) |
| 六、鱼粉丝·····               | (52) |
| 七、包装粉丝·····              | (53) |
| 八、蘑菇-马铃薯粉丝·····          | (53) |
| 九、马铃薯无矾粉丝·····           | (54) |
| 十、马铃薯方便粉丝·····           | (56) |
| 十一、耐蒸煮鸡肉风味方便粉丝·····      | (57) |
| 十二、马铃薯粉皮·····            | (58) |
| 任务五 马铃薯膨化食品加工技术·····     | (60) |
| 一、膨化马铃薯酥·····            | (60) |
| 二、膨化马铃薯·····             | (61) |
| 三、风味马铃薯膨化食品·····         | (61) |
| 四、银耳酥·····               | (62) |
| 五、蛋白质强化马铃薯条·····         | (63) |
| 六、复合马铃薯膨化条·····          | (64) |
| 七、马铃薯三维立体膨化食品·····       | (65) |
| 八、油炸膨化马铃薯丸·····          | (66) |
| 任务六 马铃薯发酵食品加工技术·····     | (67) |
| 一、马铃薯酸奶·····             | (67) |
| 二、马铃薯加工食醋·····           | (68) |
| 三、马铃薯加工黄酒·····           | (69) |
| 四、桑叶马铃薯发酵饮料·····         | (70) |
| 五、发酵型土豆汁饮料·····          | (71) |
| 六、马铃薯柿叶低酒精度饮料·····       | (72) |
| 七、马铃薯加工味精·····           | (73) |





|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 八、马铃薯山药酸奶·····           | (74)  |
| 九、马铃薯白酒·····             | (75)  |
| 十、马铃薯生产柠檬酸和柠檬酸钙·····     | (75)  |
| 任务七 马铃薯脯、罐头和果酱加工技术·····  | (80)  |
| 一、马铃薯脯·····              | (80)  |
| 二、马铃薯菠萝复合低糖果脯·····       | (82)  |
| 三、马铃薯软罐头·····            | (83)  |
| 四、盐水马铃薯罐头·····           | (84)  |
| 五、马铃薯果酱·····             | (85)  |
| 六、低糖奶式马铃薯果酱·····         | (85)  |
| 七、马铃薯、胡萝卜果丹皮·····        | (86)  |
| 任务八 马铃薯面包、饼干和糕点加工技术····· | (87)  |
| 一、马铃薯饼干·····             | (87)  |
| 二、马铃薯桃酥·····             | (88)  |
| 三、马铃薯保健面包·····           | (88)  |
| 四、马铃薯米醋强化面包·····         | (90)  |
| 五、马铃薯乐口酥·····            | (91)  |
| 六、马铃薯油炸糕·····            | (92)  |
| 七、马铃薯菠萝豆·····            | (92)  |
| 八、营养泡司·····              | (93)  |
| 九、橘香马铃薯条·····            | (94)  |
| 十、马铃薯三明治·····            | (95)  |
| 十一、马铃薯萨其马·····           | (95)  |
| 十二、马铃薯栲栳·····            | (96)  |
| 十三、马铃薯发糕·····            | (96)  |
| 任务九 其他马铃薯食品加工技术·····     | (97)  |
| 一、脱皮马铃薯·····             | (97)  |
| 二、脱水马铃薯丁·····            | (97)  |
| 三、马铃薯饮料·····             | (99)  |
| 四、马铃薯淀粉糯米纸·····          | (100) |
| 五、功能性马铃薯儿童食品·····        | (101) |
| 六、马铃薯保健羊肉丸·····          | (102) |
| 七、马铃薯羊羹·····             | (103) |
| 八、多味香酥薯饼·····            | (104) |
| 九、马铃薯冰淇淋·····            | (104) |
| 十、马铃薯纤维·····             | (106) |
| 十一、几种风味马铃薯饼·····         | (106) |
| 十二、速冻马铃薯饼·····           | (107) |
| 十三、马铃薯人造米·····           | (109) |



|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 十四、营养性食品添加剂 .....       | (110) |
| 十五、马铃薯馅 .....           | (110) |
| 十六、马铃薯多味丸子 .....        | (111) |
| 十七、猪肉马铃薯泥 .....         | (112) |
| 十八、其他马铃薯小食品 .....       | (113) |
| 任务十 马铃薯菜肴 .....         | (114) |
| 一、登云土豆丝 .....           | (114) |
| 二、番茄汁拌土豆丝 .....         | (114) |
| 三、炸土豆卷 .....            | (114) |
| 四、珍珠薯茸卷 .....           | (115) |
| 五、虾仁土豆丸子 .....          | (115) |
| 六、糖醋素鱼 .....            | (116) |
| 七、海米土豆泥 .....           | (116) |
| 八、彩花土豆泥 .....           | (117) |
| 九、土豆脆饼 .....            | (117) |
| 十、创新土豆糝 .....           | (117) |
| 十一、豆豉鲮鱼土豆松 .....        | (118) |
| 十二、嫩牛肉土豆松 .....         | (119) |
| 十三、鲜鱿鱼土豆松 .....         | (119) |
| 十四、啤酒土豆鸭 .....          | (119) |
| 十五、松花土豆卷 .....          | (120) |
| 十六、蛋黄土豆 .....           | (120) |
| ■ 思考与练习 .....           | (120) |
| 项目二 马铃薯制糖技术 .....       | (122) |
| ■ 知识目标 .....            | (122) |
| ■ 技能目标 .....            | (122) |
| 任务一 淀粉糖的种类及特性 .....     | (122) |
| 一、淀粉糖的种类 .....          | (122) |
| 二、淀粉糖的特性 .....          | (123) |
| 任务二 马铃薯淀粉糖的常规生产技术 ..... | (125) |
| 一、糖化 .....              | (125) |
| 二、糖化液精制 .....           | (128) |
| 任务三 马铃薯淀粉糖的生产工艺 .....   | (130) |
| 一、麦芽糊精 .....            | (130) |
| 二、低聚糖 .....             | (131) |
| 三、葡萄糖浆 .....            | (132) |
| 四、中转糖浆 .....            | (134) |
| 五、结晶葡萄糖和全糖 .....        | (134) |



|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 六、马铃薯渣生产饴糖 .....         | (135) |
| 七、高麦芽糖浆 .....            | (136) |
| 八、焦糖色素 .....             | (137) |
| ■ 思考与练习 .....            | (138) |
| <br>                     |       |
| 项目三 马铃薯食品的质量控制 .....     | (139) |
| ■ 知识目标 .....             | (139) |
| ■ 技能目标 .....             | (139) |
| 任务一 马铃薯食品的技术和质量保证 .....  | (139) |
| 一、概述 .....               | (139) |
| 二、技术和质量保证的基本要求 .....     | (140) |
| 三、生产过程中原料及产品的质量控制 .....  | (141) |
| 任务二 马铃薯的品质 .....         | (142) |
| 一、我国马铃薯的品质现状及存在的问题 ..... | (142) |
| 二、我国马铃薯品质的改良策略 .....     | (143) |
| 三、影响马铃薯加工品质的因素 .....     | (143) |
| 四、原料薯的品质要求 .....         | (144) |
| 任务三 马铃薯制品的颜色和缺陷 .....    | (147) |
| 一、马铃薯制品的颜色 .....         | (147) |
| 二、马铃薯制品的缺陷 .....         | (147) |
| 任务四 马铃薯加工产品的风味 .....     | (148) |
| 一、油 .....                | (149) |
| 二、盐和调味料 .....            | (149) |
| 三、风味的评价 .....            | (150) |
| ■ 思考与练习 .....            | (151) |
| <br>                     |       |
| 附录 中华人民共和国专业标准 .....     | (152) |
| <br>                     |       |
| 参考文献 .....               | (153) |

# 概 述

## 一、我国马铃薯的产地分布

马铃薯又名土豆、洋芋、山药蛋、地蛋、荷兰薯、爪哇薯等,是茄科茄属的一年生植物。马铃薯是一种营养丰富、粮菜兼具的大宗农产品。由于马铃薯耐土地瘠薄、生长周期短、生产投入少,且具有其他几种大宗农产品不具备的品质优势,因此当今世界有 80% 左右的国家种植马铃薯。有关统计资料显示,2016 年世界马铃薯的种植总面积达 0.2 亿公顷,总产量达 3 亿多吨,排在玉米、小麦、水稻之后,居第四位。我国马铃薯的种植面积约 550 多万公顷,年产量 9000 多万吨,居世界第一位。

马铃薯在我国的分布极广,根据自然条件、耕作制度、栽培特点和品种类型的不同,可分为四个区域。

### 1. 北方一作区

北方一作区包括黑龙江省、吉林省和辽宁省的中北部,河北省、山西省北部,内蒙古自治区全区,陕西省北部,宁夏回族自治区全区,甘肃省、青海省东部以及新疆维吾尔自治区等。本区是我国马铃薯主要产区,约占全国马铃薯种植面积的 50%,其中黑龙江、甘肃、内蒙古、青海等省、自治区是我国重要的马铃薯基地。本区栽培的马铃薯基本上是一年一熟,为春播秋收的夏作类型,一般为 4 月初至 5 月初播种,9 月上旬至 10 月上旬收获;多为垄作栽培方式,但在干旱地区也有平播的;适宜的品种以中熟和晚熟品种为主,并要求休眠期长,耐贮藏,抗逆丰产。

### 2. 中原二作区

中原二作区包括辽宁、河北、山西、陕西四省的南部,湖南、湖北两省的东部和河南、山东、江苏、浙江、安徽、江西等省的部分地区,马铃薯在此区的种植分布比较分散。本区因夏季长、温度高,不利于马铃薯生长,为了躲过炎热的高温夏季,故进行春、秋二季栽培,一年栽培两季,春季以商品薯生产为主,秋季以种薯生产为主。近年来,秋季也有部分商品薯生产。此区的适宜品种以早熟和中熟品种为主。

### 3. 南方二作区

南方二作区包括广西、广东、福建、台湾等省、自治区。本区属海洋性气候,夏长冬暖,四季不分明。主要在稻作后,利用冬闲地栽培马铃薯。因其栽培季节多在冬、春二季,与中原春、秋二季不同,所以称为南方二作区。本区虽非马铃薯的重点产区,但因马铃薯生育期短,便于与许多作物间套复种,可利用冬闲地,抗灾性强,产量高、品质好,在供应市场蔬菜及外贸出口等方面均有重要意义;同时,收获后的菜叶可作为一季绿肥,对后作水稻有显著的增产作用,所以马铃薯在本地区也是颇受欢迎的作物。其主要品种类型为早熟或中熟品种,并要求具有抗晚疫病和青枯病的特性。

### 4. 西南一二季垂直分布区

西南一二季垂直分布区包括云南、贵州、四川、西藏、新疆天山以南地区及湖南、湖北两



省的西部山区。本区多为山地和高原,区域广阔,地势复杂,海拔高度变化很大,形成了气候的垂直分布,使得农业生产也有相应变化,有“立体农业”之称,所以马铃薯在本区有一季作和二季作两种不同的栽作类型。在高寒山区,气温低,无霜期短,四季分明,夏季凉爽,云雾较多,雨量充沛,多为春种秋收,属一年一作,与北方一作区相同。在低山河谷或盆地,气温高,无霜期长,春早、夏长、冬暖,雨量多、湿度大,适于二季栽培,与中原或南方二作区相同。本区地域辽阔,马铃薯栽培面积占全国马铃薯总栽培面积的40%以上,是我国的主要产区之一。由于海拔高度、地形地貌、气候土壤等各种条件的复杂多变,因而栽培制度和品种类型也多种多样。

## 二、马铃薯块茎的形态和结构

### 1. 块茎的形态

马铃薯的商品部分是它的块茎。块茎形态随其品种的不同而异,主要有卵形、圆形、长筒形、椭圆形及其他不规则形状。一般每个马铃薯重50~200g,大的可达250g以上。块茎表面有芽眼和皮孔,越接近尖端,芽眼越密,在芽眼里贮存着休眠的幼芽。块茎的形状以及芽眼的深浅与多少是品种的重要标志。

### 2. 块茎的色泽

(1)皮色 块茎的皮色有白色、黄色、粉红色、红色以及紫色。块茎经日光照射时间过久时,皮色变绿,绿色的和生芽的块茎中含有较多的龙葵素(又称茄碱苷)。龙葵素是一种麻痹动物运动、呼吸系统,中枢神经的有毒物质,含量超过20mg/100g,食用后就会引起人、畜中毒,严重时会造成死亡。因此在收获贮存过程中,要尽量减少露光的机会,以免龙葵素含量增加。

(2)肉色 薯肉颜色一般为白色和黄色,有的有红色或紫色晕斑。黄色薯肉内含有较多的胡萝卜素。

块茎的皮色和肉色都是鉴别品种性状的重要依据。

### 3. 块茎的结构

从结构上看(图0-1),马铃薯块茎是由表皮层、形成层环、外部果肉和内部果肉四部分组成。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。

## 三、马铃薯块茎的化学组成和商品质量

### 1. 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。

(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,从维管束环由外向内淀粉含量逐渐减少,皮层比外髓部多,块茎脐部比顶端多,顶端中心的淀粉含量极少。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和支链淀粉组成。支链

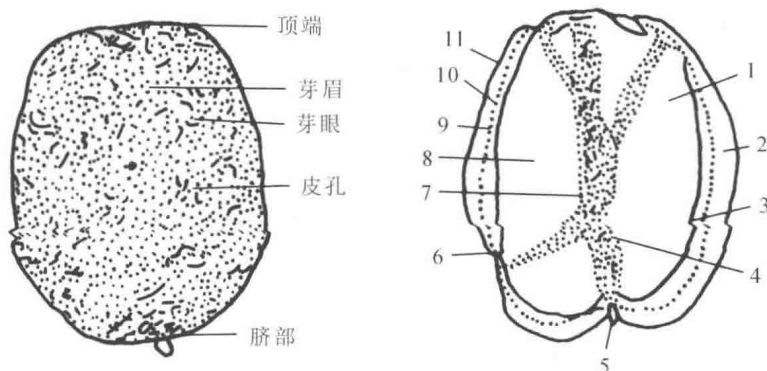


图 0-1 马铃薯块茎的结构

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

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,马铃薯干淀粉中五氧化二磷的含量平均为 0.15%,比禾谷类作物淀粉中磷的含量高出几倍。磷含量与淀粉黏度有关,含磷越多,黏度越大。糖分占马铃薯块茎总重量的 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。糖分多时可达鲜薯重的 7%,这是由于在低温条件下,块茎内部呼吸作用放出的二氧化碳大量溶解于细胞中,从而增加了细胞的酸度,促进了淀粉的分解,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。如马铃薯的贮存温度升高到 21~24℃,经过一周时间的贮藏后,大约有 80% 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%~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,包括天门冬氨酸、组氨酸、精氨酸、赖氨酸、酪氨酸、谷胱氨酸、亮氨酸、乙酰胆碱等氨基酸,其等电点的 pH 值为 4.4,变性温度为 60℃。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。马铃薯蛋白质的质量优于小麦蛋白质的质量,与动物蛋白质相近,易于消化,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%~0.94%,平均为 0.2%。马铃薯中的脂肪酸主要由甘油三酸酯、棕榈酸、豆蔻酸及少量的亚油酸和亚麻酸组成。

(4)有机酸 马铃薯块茎中有机酸的含量为 0.09%~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。目前在马铃薯中发现的维生素有维生素 A、维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 B<sub>5</sub>、维生素 B<sub>6</sub>、维生素 PP 及维生素 C,其中以维生素 C 的含量为最多。

(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)龙葵素(茄碱苷) 这是一种含氮糖苷,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、苯。龙葵素晶体的熔点为  $280\sim 285^{\circ}\text{C}$ 。马铃薯的龙葵素含量在未成熟的块茎中较多,占鲜重的  $0.56\%\sim 1.08\%$ 。其含量以外皮最多,髓部最少。品种不同,其龙葵素含量也不同,每  $100\text{g}$  鲜薯中龙葵素的含量,高的可达  $20\text{mg}$ ,低的只有  $2\sim 10\text{mg}$ 。如果每  $100\text{g}$  鲜薯中的龙葵素含量达到了  $20\text{mg}$ ,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重量的  $2.12\%\sim 7.48\%$ ,平均为  $4.38\%$ 。其中钾最多,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。其中钙和镁的含量比较固定,且互为消长,钙多则镁少,或者相反。磷和氯的含量相似。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。

## 2. 马铃薯块茎的商品质量

(1)化学成分 马铃薯根据其淀粉、蛋白质的含量和经济价值可分两种:

食用型马铃薯:蛋白质含量较高,适用于加工食品。

工业型马铃薯:富含淀粉,适用于加工淀粉。

淀粉含量是区分食用型与工业型的主要依据。工业型的淀粉含量,国外品种一般为  $22\%\sim 24\%$ ,新品种甚至高达  $28\%$ ,国内品种一般为  $12\%\sim 20\%$ 。

马铃薯中含有酪氨酸酶,酪氨酸酶接触空气中的氧,就能使酪氨酸和其他物质发生作用,生成有色物质,使薯汁呈红色。若有铁离子存在,酪氨酸则被氧化成黑色颗粒状物质,影响淀粉的色泽。如果在制作淀粉时使用二氧化硫水清洗,可以防止这种作用发生。

(2)质量要求 一般来说,生产淀粉要用淀粉含量较高的马铃薯作原料,生产马铃薯食品要用蛋白质含量较高的马铃薯作原料。

从块茎形状来说,中等大小的块茎( $50\sim 100\text{g}$ )淀粉含量较多,大块茎( $>100\text{g}$ )和小块茎( $<50\text{g}$ )一般淀粉含量较少。

品质好的块茎,应具备皮薄、光滑、色泽鲜艳、芽眼浅而少、无破损、无冻害、无病虫害等特征。制作淀粉时,其薯肉最好呈白色或淡黄色,干物质含量以不少于  $21\%$  为佳;表皮过厚和芽眼深的块茎会给清洗、去皮等操作带来困难。受到病虫害或冻害都会引起肉质部分变质和腐烂,用于加工淀粉和食品时不仅损耗量大,而且会影响到产品的质量。

## 四、马铃薯的营养与经济价值

马铃薯是珍贵的食物,既是菜又是粮,营养丰富,素有“能源植物”“地下苹果”“第二面包”等多种美誉。从其化学组成(表 0-1 和表 0-2)中可以看出,它的块茎中含有丰富的淀粉和对人体极为重要的营养物质,如蛋白质、糖类、矿物质、盐和多种维生素等。马铃薯中除脂肪含量较少外,其他物质(如蛋白质、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  $100\text{g}$  新鲜马铃薯块茎能产生  $356\text{J}$  的热量,如以  $2.5\text{kg}$  马铃薯块茎折合  $500\text{g}$  粮食计算,它的发热量高于所有的禾谷类作物的发热量。马铃薯的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,每  $100\text{g}$  马铃薯中赖氨酸的含量达  $93\text{mg}$ ,色氨酸的含量也达  $32\text{mg}$ ,这两种氨基酸是其他粮食作物所缺乏的。马铃薯淀粉易为人体所吸收,其维生素的含量与蔬菜中维生素的含量相当,胡萝卜素和抗坏血酸的含量丰富,在



每 100g 马铃薯中胡萝卜素和抗坏血酸的含量分别为 40mg 和 20mg。美国农业部研究中心的 341 号研究报告指出：“作为食品，全脂奶粉和马铃薯两样便可以提供人体所需的一切营养素。”其被营养学家认为是“21 世纪的健康食品”。而德国专家指出，马铃薯为低热量、高蛋白，含多种维生素和矿物质元素的食物，每天进食 150g 马铃薯，可摄入人体所需的 20% 的维生素 C、25% 的钾、15% 的镁，而不必担心人的体重会增加。

表 0-1 马铃薯及其制品的常规营养成分(每 100g 含量)

| 名 称    | 水分<br>(g) | 热量<br>(kJ) | 蛋白质<br>(g) | 脂肪<br>(g) | 碳水化合物<br>(g) | 粗纤维<br>(%) |
|--------|-----------|------------|------------|-----------|--------------|------------|
| 生马铃薯   | 79.8      | 318.20     | 2.1        | 0.1       | 17.1         | 0.5        |
| 烤马铃薯   | 75.1      | 389.37     | 2.6        | 0.1       | 21.1         | 0.6        |
| 煮马铃薯   | 79.1      | 318.20     | 2.1        | 0.1       | 17.1         | 0.5        |
| 牛奶马铃薯泥 | 82.9      | 272.14     | 2.1        | 0.7       | 13.0         | 0.4        |
| 马铃薯片   | 1.8       | 2 378.10   | 5.3        | 39.8      | 50.0         | 1.6        |

表 0-2 马铃薯及其制品的常规营养元素及维生素(每 100g 含量)

| 名 称    | 钙<br>(mg) | 磷<br>(mg) | 镁<br>(mg) | 钾<br>(mg) | 铁<br>(mg) | 维生素 A<br>(国际单位) | 维生素 B <sub>1</sub><br>(mg) | 维生素 B <sub>2</sub><br>(mg) | 维生素 B <sub>6</sub><br>(mg) | 维生素 C<br>(mg) |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|
| 生马铃薯   | 7.0       | 53.0      | 14.0      | 407.0     | 0.60      | 40.0            | 0.100                      | 0.04                       | 0.25                       | 20.00         |
| 烤马铃薯   | 9.0       | 65.0      | 28.8      | 503.0     | 0.70      | —               | 0.100                      | 0.04                       | —                          | 20.00         |
| 煮马铃薯   | 7.0       | 53.0      | —         | 407.0     | 0.60      | —               | 0.100                      | 0.04                       | —                          | 20.00         |
| 牛奶马铃薯泥 | 24.0      | 49.0      | —         | 261.0     | 0.40      | 20.0            | 0.080                      | 0.05                       | —                          | 10.00         |
| 马铃薯片   | 40.0      | 139.0     | 48.0      | 1 130.0   | 1.8       | —               | 0.21                       | 0.07                       | 0.18                       | 16.00         |

马铃薯不但营养价值高，而且有较为广泛的药用价值。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。

马铃薯在工业生产中具有广泛的用途，可以制作各类食品和淀粉糖，是食品和制糖业的重要原料，也是生产酒精、食醋、淀粉衍生物、葡萄糖酸内酯等产品的原料。另外，它还是纺织、印染、电工、饲料、铸造、油田勘探、造纸、医药、化工等十几个部门的重要原料，具有很高的加工应用价值与经济价值，是有广阔而深远开发前景的资源。

五、马铃薯的贮藏

(一)马铃薯贮藏期间营养成分的变化

1. 糖

各种马铃薯块茎的还原糖含量在收获后第一次测定时一般为最低，其后发生变化。经过一段时间的室温下回暖，大部分品种表现为块茎还原糖含量较刚从贮藏窖中取出的块茎还原糖含量低。在低温条件下形成的糖的量取决于栽培品种、成熟度、预处理和贮藏温度。马铃薯贮藏在 1.1~2.2℃ 时，还原糖量会大量增加。在低温贮藏下，二氧化碳的增加能减





少糖的积累;在 0℃ 条件下,马铃薯在氮气中贮藏能完全抑制糖的积累;辐射会增加糖的积累。用于生产油炸薯片的马铃薯,在低温贮藏后,需要在 15~26℃、相对湿度 75%~90% 的条件下进行升温贮藏,以降低淀粉磷酸化酶的活性,增加淀粉合成酶的活性,使糖转化为淀粉,提高块茎的淀粉含量,降低还原糖含量。

## 2. 淀粉

马铃薯块茎的淀粉含量在收获时最高,随着贮藏时间的延长,不同品种马铃薯块茎的淀粉含量均呈下降趋势。随着贮藏温度的降低,淀粉的含量也随之减少。在高温(大约 10℃)条件下,由于糖转化为淀粉,淀粉的含量提高。马铃薯在 1.1~13.3℃ 下贮藏 2~3 个月,淀粉损失量高达 30%。马铃薯淀粉降解为糖是由于磷酸化酶催化的水解反应,在高温下的相反过程是由于淀粉合成酶催化的合成反应。

## 3. 蛋白质

马铃薯中的蛋白质含量较低,占鲜薯重的 1.5%~2.5%。贮藏条件尤其是温度条件会影响蛋白质的含量。在室温下贮藏的马铃薯,与在 0℃、4.4℃、10℃ 下贮藏相比较,含有较高的氨基酸。有报道指出:贮藏马铃薯总氮的变化非常小,但是单氮的构成发生了变化。国外的学者研究发现,马铃薯在 2℃ 和 10℃ 的条件下贮藏,随着贮藏时间的延长,总氮含量变化很小,但蛋白氮量减少;在贮藏末期,游离氨基酸含量较高。而当马铃薯经冷藏后重新回到高温下贮藏,所有的游离氨基酸量都增加,这是在高温处理的后期,马铃薯由于发芽而使蛋白质发生代谢降解的结果。

## 4. 维生素

在贮藏期间维生素 C 发生损失。随着贮藏时间的延长,马铃薯各品种维生素 C 的含量均逐渐降低,降低幅度为 41.7%~65.6%。维生素 C 的含量与贮藏期呈极显著负相关,贮藏 6 个月后,维生素 C 的损失率平均达 54.7%。维生素 C 的损失大部分发生在贮藏前期。传统贮藏方式比低温贮藏方式维生素 C 的损失少。国外研究发现,在辐射期间和辐射后,维生素 C 的含量是稳定的。在贮藏期间,B 族维生素(如叶酸)也有损失;然而也有报道指出,在贮藏期间维生素 B<sub>2</sub> 增加。

## 5. 脂类

在马铃薯块茎中,脂肪集中分布在块茎的周皮中,在维管束环处很少,而在髓的薄壁组织中更少。研究表明,马铃薯的脂肪含有 10 种脂肪酸,其中的油酸、亚油酸和亚麻油酸等不饱和脂肪酸约占其全部脂肪酸的一半以上;饱和脂肪酸主要是棕榈酸和硬脂酸。

在贮藏期间,马铃薯块茎继续进行脂肪的生物合成。有人对 6 个马铃薯品种做过测定,从当年的 11 月份到下一年的 3 月份,在 5 个月的贮藏过程中,薯块中脂类的总含量增加了 25%~30%。所增加的脂肪酸主要有不饱和的亚麻酸,而棕榈酸和硬脂酸等饱和脂肪酸的含量则有所减少。

在马铃薯块茎的脂类中,菇烯类化合物具有很重要的生理作用。这类化合物是由几个甲基丁二烯分子组成的,根据其分子中碳原子的数目可分为单菇烯(C<sub>10</sub>)、倍半菇烯(C<sub>15</sub>)、双菇烯(C<sub>20</sub>)、三菇烯(C<sub>30</sub>)、四菇烯(C<sub>40</sub>)、多菇烯(C<sub>40</sub> 以上)。

马铃薯的倍半菇烯的主要代表是脱落酸,它是生理活性很强的内生性生长抑制剂,块茎在贮藏期间能处于休眠状态,在很大程度上与块茎含有脱落酸有关。脱落酸还是马铃薯的植物杀菌素,它使薯块对病原性微生物有一定的抵抗力。赤霉素属于双菇烯类,赤霉素和脱