

● 阳光工程丛书



农产品 加工技术

NONGCHANPIN JIAGONG JISHU

王 颀 刘亚琼 孙剑锋 牟建楼 王贞强 编著



河北科学技术出版社

阳光工程丛书编委会

主	任	傅文才					
主	编	田 芬					
副	主	编	王仲群	宋海柱	李俊英	范海昌	杨伯明
编	委		刘贵中	鲁新堂	张君惠	单占榜	安 蔚
			王建新	张 斌	杨宪理	刘凤川	孙福军
			孙 毅	赵振英	苑清民	宗 纲	吕小强
			都建卫				董瑞峰
							任永志
							杨秀萍

前 言

农产品加工是对农业生产的动植物产品及其物料进行加工的工程技术，是我国食品工业的重要组成部分。近年来，由于农业领域的科技进步，我国主要农产品产量不断增长，据统计，2008 年我国粮食产量为 52870.9 万吨，肉类产量 7278.7 万吨，奶类产量 3781.5 万吨，分别比 2000 年增长了 14%、21% 和 311%；2008 年我国水果（瓜果类）产量为 19220.2 万吨，较 2003 年增长了 32%，在农产品原料供应充足的情况下，农产品加工业的发展对提高农产品的附加值，促进农业产业结构调整、繁荣市场和提高人民生活水平具有重要的现实意义。目前，关于农产品加工方面的书籍很多，但大多是专门介绍某一类农产品的加工技术，如粮食加工、果蔬加工、畜产品加工等，完整系统地反映我国主要农产品加工技术的书籍很少。而且随着农产品加工业的迅速发展，涌现出大量的新理论和新技术。为了广大读者全面掌握农产品加工新技术，我们特组织有关专家、学者，编写了这本内容新颖、科学系统、适应面较广的《农产品加工技术》。

本书立足于我国农产品生产实际，介绍了我国主要农产品加工的原理和工艺，并对有关新理论、新技术、新标准做了补充，以适应农产品加工业的发展和新形势的需要。全书共分四章。第一章介绍农产品加工原料特性，分别对粮食加工原料、果蔬加工原料和畜产品加工原料的营养成分、加工特性进行论述；第二、三、四章分别介绍粮食加工原理和工艺、果蔬加工原理和工艺及畜产品加工原理和工艺，并注意吸收现代科学技术在农产品加工

方面应用的最新成果及有关食品安全方面的新政策和新标准，力求对我国农产品加工和利用的发展起到促进作用。

本书第一章由河北农业大学王贞强老师编写；第二章由河北农业大学孙剑锋老师编写，第三章由河北农业大学刘亚琼老师编写，第四章由河北农业大学牟建楼老师编写，全书由王颢教授和刘亚琼老师统稿。

在编写本书过程中，我们参考了相关教材和许多公开发表的文献资料，在此对资料原作者和提供过帮助的人们致以衷心的感谢！

由于我们水平有限，书中不足甚至错误在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

2010 年 6 月

目 录

第一章 农产品加工的原料要求	(1)
一、粮食加工原料	(1)
二、畜产品加工原料	(12)
三、果蔬加工原料	(18)
第二章 粮食加工	(33)
一、小麦加工	(33)
二、玉米加工	(64)
三、豆类加工	(73)
第三章 畜产品加工	(89)
一、畜禽的屠宰与分割肉加工	(89)
二、肉的贮藏与保鲜	(95)
三、中式肉制品加工	(107)
四、西式肉制品加工	(129)
五、消毒牛乳加工	(135)
六、发酵乳制品	(140)
第四章 果蔬加工	(149)
一、果蔬罐藏加工技术	(149)
二、果蔬汁加工技术	(157)
三、果品蔬菜干制	(166)
四、果品蔬菜糖制	(171)
五、果品蔬菜腌制	(180)

六、果品蔬菜速冻·····	(185)
七、果酒与果醋酿造·····	(188)
参考文献·····	(198)

第一章 农产品加工的原料要求

一、粮食加工原料

（一）小麦

1. 小麦分类 小麦在我国种植面积大，分布范围广。从长城以北到长江以南，东起黄海、渤海，西至六盘山、秦岭一带，都是小麦的主要播种区。由于不同区域有其不同的自然条件，这就决定了我国小麦有不同的类型。我国小麦分为三大自然麦区，即北方冬麦区（包括河南、山东、河北、陕西、山西等）、南方冬麦区（包括江苏、安徽、四川、湖北）和春麦区（包括黑龙江、新疆、甘肃等）。一般来说，不同的小麦其品质不尽相同，北方冬麦区小麦的蛋白质含量高，质量好；其次是春麦区。南方麦区小麦的蛋白质和面筋质含量较低。小麦有下列不同的分类方法：

（1）按播种季节划分。可分为春小麦和冬小麦。春小麦在春季播种，夏末收获。春小麦籽粒腹沟深，出粉率不高。冬小麦在秋季播种，翌年夏季收获。

（2）按籽粒皮色划分。可分为白皮小麦和红皮小麦。白皮小麦籽粒外皮呈黄白色和乳白色，皮薄，胚乳含量高，出粉率高，多生长在南方麦区。红皮小麦籽粒外皮呈深红色或红褐色，皮层较厚，胚乳所占比例较少，出粉率较低，但蛋白质含量较高。

(3) 按籽粒质地结构划分。可分为硬质小麦和软质小麦。硬质小麦胚乳质地紧密,籽粒横截面的一半以上呈半透明状,称为角质。硬质小麦含角质粒 50% 以上。软质小麦的胚乳质地疏松,籽粒横断面的一半以上呈不透明的粉质状。软质小麦含粉质粒 50% 以上。一般硬质小麦的面筋含量高,筋力强;软质小麦的面筋含量低,筋力弱。

2. 小麦的加工品质 小麦品质是由多种因素构成的综合概念。根据小麦面粉的用途不同,衡量其品质的标准也不一样。通常所说的小麦品质包括小麦籽粒品质(外观品质)、营养品质和加工品质。

(1) 小麦籽粒品质。主要包括:第一,千粒重。指每 1000 粒风干种子的绝对质量。千粒重反映籽粒的大小和饱满程度。千粒重适中的小麦籽粒大小均匀度好,出粉率较高;千粒重低的小麦籽粒较为秕瘦,出粉率低;千粒重过高的小麦籽粒,其整齐度下降,在加工中也有一定缺陷。第二,容重。指每升小麦的绝对质量。容重与籽粒的形状、大小、饱满度、整齐度、质地、腹沟深浅、水分及杂质含量等多种因素有关。容重大的小麦出粉率较高。第三,角质率。是角质胚乳在小麦籽粒中所占的比例,与质地有关。角质率高的籽粒硬度大,蛋白质含量和湿面筋含量高。第四,籽粒硬度。反映籽粒的软硬程度。角质率高的籽粒质地结构紧密,硬度较大。硬度可反映蛋白质与淀粉结合的紧密程度,硬度大的小麦在制粉时能耗也大。第五,籽粒形状。小麦籽粒形状有长圆形、卵圆形、椭圆形和短圆形。籽粒形状越接近圆形,磨粉越容易,出粉率越高。第六,腹沟深浅。腹沟深的小麦籽粒,皮层比例较大,易沾染杂质,加工中难于清理,会降低出粉率和面粉质量。第七,种皮颜色。白皮小麦一般皮层较薄,出粉率较高。我国居民对白皮小麦有习惯性偏好。

(2) 小麦营养品质。主要是指小麦籽粒中碳水化合物、蛋白

质、脂肪、矿物质和维生素，以及膳食纤维等营养物质的含量及化学组成的相对合理性。一般在籽粒的外果皮和内果皮中含有大量的粗纤维、五聚糖和纤维素；在麦胚的盾片和胚轴内含有丰富的脂肪；在糊粉层内含有较高的灰分；胚和糊粉层均为蛋白质的密集部位。小麦蛋白质中赖氨酸为第一限制性氨基酸，苏氨酸是第二限制性氨基酸。小麦籽粒中脂质含量很低，但脂肪酸组成好，亚油酸所占比例很高。小麦籽粒中的维生素主要是复合维生素 B、泛酸及维生素 E，维生素 A 含量很少，几乎不含维生素 C 和维生素 D。小麦籽粒中含有多种矿物质元素，多以无机盐形式存在。其中钙、铁、磷、钾、锌、锰、钼、镉等对人体有益。

(3) 小麦加工品质。指小麦对某种特定加工用途的满足程度。用途不同，品质的衡量标准也不同，如适用于生产糕点的小麦一般都不适合于生产面包。磨粉工业和食品加工业对小麦及其面粉提出的各种要求都属于加工品质。小麦加工成面粉的过程称为小麦的初次加工；由面粉制成各类面制食品的过程称为小麦的二次加工。小麦加工品质主要包括磨粉品质、面团品质和蒸煮品质。

①小麦磨粉品质。磨粉品质好的小麦应出粉率高、碾磨简便、筛理容易、能耗低、粉色洁白、灰分含量低。磨粉特性与小麦籽粒大小、形状、整齐度、腹沟深浅、粒色、皮层厚度、胚乳质地、容重等有关。

出粉率：籽粒出粉率是指单位重量籽粒所磨出的面粉与籽粒容重之比。在比较同类小麦出粉率时，应制成相似灰分含量的面粉来比较。籽粒圆大、皮白皮薄、吸水率较高、籽粒较硬都是出粉率高的有利条件。腹沟深的籽粒，种皮面积大，皮厚，出粉率下降。容重与出粉率关系密切，容重高，胚乳组织致密，籽粒饱满整齐。硬质小麦胚乳在磨粉时易与麸皮分离，出粉率高。小麦出粉率高低直接关系到制粉业的经济效益，最受商家重视。

面粉灰分：灰分是矿物质元素、氧化物等占面粉的百分含量，是面粉精度的重要指标。籽粒外层灰分多于内部，种皮（皮层和糊粉层）灰分含量居籽粒各部分之首。在磨粉时，要单纯取其糊粉层，又不让麸皮混入面粉中是比较困难的，糊粉层常伴随麸皮一起进入面粉中，在增加出粉率的同时，也增加了灰分含量。小麦清理不彻底，会有一些泥沙等杂质，也会提高灰分含量。栽培条件对灰分含量也有一定影响。

白度：指小麦面粉的洁白程度，是磨粉品质的重要指标。白度与小麦类型（红、白、软、硬）、面粉粗细度、含水量有关。软麦比硬麦粉色浅，面粉过粗、含水量过高会使白度下降。在制粉过程中，小麦心粉在制粉前路提出，色白，灰分少，质量高，后路出粉的粉色深，灰分多。由于粉色深浅反映了灰分的多少、出粉率的高低，国外常用白度值确定面粉等级。

能耗：从经济角度考虑，能耗低，其经济价值较高。小麦硬度与动力消耗有关，在粉路长的大车间，硬麦能耗低于软麦；对于中小型设备，两者差别不大；对于小型机组，则硬麦耗能大于软麦。

②小麦面团品质。小麦面团品质大多体现在小麦面团的流变学特性方面，小麦加工品质好坏可以通过测定面团的流变学特性得到鉴定。流变学特性是指在特殊的负载曲线中应力、应变和时间的关系。由于自身及外在多种因素的复合作用，使面团流变学行为的分析变得复杂，往往需要从多个方面用不同的仪器进行综合评价。

粉质曲线：主要指标有吸水率、面团形成时间、稳定时间、衰减度（弱化度）、评价值。除此以外还有公差指数、离线时间、断裂时间、带宽等指标。

拉伸曲线：主要指标有面团延伸性、抗拉伸阻力、拉伸比、能量。

示功图：主要指标有面团张力、面团延伸性、面团比功。

③烘焙与蒸煮品质。是衡量小麦加工品质的直接指标，结果客观、可靠。

烘焙品质：主要指标是面包体积、比容、纹理及质构、面包评分。

蒸煮品质：主要指馒头、面条加工对小麦面粉品质要求。

④其他品质指标。包括面筋含量、沉降值等。

（二）大豆

1. 大豆的结构与成分

（1）大豆籽粒的形态结构及组成。大豆为一年生草本植物，各地气候和栽培条件不同，品种也不同。大豆籽粒由种皮、子叶和胚三部分构成，各个组成部分由于细胞组织形态不同，其构成物质也有很大差异。

①种皮。位于种子的表面，对种子起保护作用。种皮从外向内由四层形状不同的细胞组织构成，最内层是糊粉层。大豆种皮除糊粉层含有一定量的蛋白质和脂肪外，其余部分几乎都是由纤维素、半纤维素、果胶质等构成。种皮约占整个大豆籽粒质量的8%。

②胚。由胚芽、胚轴、胚根三部分构成，约占整个大豆籽粒质量的2%。胚是具有活性的幼小植物体，当外界条件适宜时便萌发而开始新的生长。

③子叶。又称豆瓣，约占整个大豆籽粒质量的90%。

（2）大豆的主要化学成分。大豆籽粒的化学组成见表1-1。

表 1-1 大豆各部位的化学组成

成分	整粒	种皮	胚	子叶
水分 (%)	11.0	13.5	12.0	11.4
粗蛋白 (%)	30~45	8.84	40.76	42.81
粗脂肪 (%)	16~24	1.02	11.41	22.83
碳水化合物 (含粗纤维)(%)	20~39	85.88	43.41	29.37
灰分 (%)	4.5~5.0	4.26	4.42	4.99

①碳水化合物。大豆中碳水化合物的含量约占总质量的25%，其组成比较复杂，主要成分为蔗糖、棉籽糖、水苏糖、毛蕊花糖等低聚糖和阿拉伯半乳糖等多糖类。成熟的大豆中淀粉含量为0.4%~0.9%。另外，在成熟的大豆中不含葡萄糖等还原糖。大豆中各部分碳水化合物的组成见表1-2。

表 1-2 大豆各部分的碳水化合物组成(%, 以干基计)

部位	总量	多缩半乳糖	纤维素	蔗糖	棉籽糖	水苏糖
子叶	29.4			6.6	1.4	5.3
种皮	85.6			0.6	0.13	0.41
胚轴	43.4			7.0	1.9	7.7
全粒	25.7	1.6	3.3	5.2	1.0	3.8

②蛋白质。根据蛋白质溶解性的不同，大豆蛋白质可以分为清蛋白和球蛋白两类。一般清蛋白占蛋白质总量的5%左右，球蛋白占90%左右。

③脂肪。大豆中脂肪含量约为18%，大豆油在室温下呈黄

色液体，为半干性油，在人体内的消化吸收率达 97.5%，为优质食用植物油。其中不饱和脂肪酸含量达 60% 以上。大豆油中含有 1.1%~3.2% 磷脂，主要为卵磷脂和脑磷脂。卵磷脂具有很好的乳化性，脑磷脂具有加速血液凝固的作用。大豆油脂中的不皂化物主要是醇类、类胡萝卜素、植物色素及生育酚类物质，总含量为 0.5%~1.6%。

④大豆中的酶及抗营养因子。大豆中含有多种酶，引起食品加工领域关注的主要有脂肪氧化酶、脲酶、磷脂酶 D；抗营养因子有胰蛋白酶抑制素和血凝素。

（三）玉米

1. 玉米分类 可以按种皮颜色分类和按品质分类。

（1）按颜色分类。我国新修订的国家标准和美国标准都是依据种皮颜色将玉米分为黄玉米、白玉米和混合玉米。

黄玉米：种皮为黄色，并包括略带红色的黄玉米。美国标准中规定黄玉米中其他颜色玉米含量不超过 5.0%。

白玉米：种皮为白色，并包括略带淡黄色或粉红色的玉米。美国标准中将淡黄色表述为浅稻草色，并规定白玉米中其他颜色玉米含量不超过 2.0%。

混合玉米：我国国家标准中定义为混入本类以外玉米超过 5.0% 的玉米。美国标准中表述为颜色既不能满足黄玉米的颜色要求，也不符合白玉米的颜色要求，并含有白顶黄玉米。

（2）按品质分类。可分为常规玉米和特用玉米。特用玉米指除常规玉米以外的各种类型玉米，传统的特用玉米有甜玉米、糯玉米和爆裂玉米，新近发展起来的特用玉米有优质蛋白玉米（高赖氨酸玉米）、高油玉米和高直链淀粉玉米等。由于特用玉米比普通玉米具有更高的技术含量和更大的经济价值，国外把它们称之为“高值玉米”。

甜玉米：通常分为普通甜玉米、加强甜玉米和超甜玉米。甜玉米对生产技术和采收期的要求比较严格，且货架寿命短。

糯玉米：它的生产技术比甜玉米简单得多，与普通玉米相比几乎没有特殊要求，采收期比较灵活，货架寿命也比较长，不需要特殊的贮藏、加工条件。糯玉米除鲜食外，还是淀粉加工业的重要原料。

爆裂玉米：一种用于爆制玉米花的玉米类型。

高油玉米：含油量较高，特别是亚油酸和油酸等不饱和脂肪酸的含量达到 80%，具有降低血清中的胆固醇、软化血管的作用。此外，高油玉米比普通玉米蛋白质含量高 10%~12%，赖氨酸高 20%，维生素含量也较高，是粮、饲、油三兼顾的多功能玉米。

优质蛋白玉米（高赖氨酸玉米）：产量不低于普通玉米，而全籽粒赖氨酸含量比普通玉米高 80%~100%。

紫玉米：是一种非常珍稀的玉米品种，为我国特产，因颗粒形似珍珠，有“黑珍珠”之称。紫玉米的品质虽优良特异，但棒小，粒少，亩产只有 50 千克左右。

其他特用玉米和品种改良玉米包括高淀粉专用玉米、青贮玉米、食用玉米杂交品种等。

2. 玉米的营养价值 玉米所含的营养非常丰富，每 100 克玉米中含蛋白质 8.5 克、脂肪 4.3 克、碳水化合物 72.2 克、钙 22 毫克、磷 210 毫克、铁 1.6 毫克，还含有胡萝卜素、维生素 B₁、维生素 B₂、烟酸等。它所含的脂肪为精米、精面的 4~5 倍，而且为不饱和脂肪酸，其中 50% 为亚油酸，还含有胆固醇、卵磷脂。金色的玉米中还含有丰富的维生素 A、维生素 E 等，它们具有降低血清胆固醇，防治高血压、冠心病、心肌梗死的功能，并具有延缓细胞衰老和脑功能退化的作用。

医学家们的最新研究表明，玉米具有抗癌作用。玉米中有丰

富的谷胱甘肽，谷胱甘肽是一种抗癌因子，这种抗癌因子在体内能与多种外来的化学致癌物质结合，使其失去毒性，然后通过消化道排出体外。粗磨的玉米中还含有大量的赖氨酸，这种氨基酸不但能抑制抗癌药物对身体产生的毒副作用，还能控制肿瘤生长。玉米中还含有微量元素硒和镁。硒能加速体内过氧化物的分解，使恶性肿瘤得不到氧分子的供应，从而被抑制；镁也有抑制肿瘤生长的作用。此外，玉米中还含有较多的纤维素，它能促进胃肠蠕动，缩短食物残渣在肠道内的停留时间，并可把有害物质排出体外，从而对防治直肠癌有重要作用。

3. 玉米的国家级质量标准 我国玉米国家级质量标准有三个：最基础的玉米国标、饲料用玉米国标以及工业用玉米国标。这三个标准既相互联系又各有特点。玉米国标是大宗玉米的通用标准，广泛适用于商品玉米的收购、贮存、运输、加工以及销售。而饲料用玉米标准和工业用玉米标准针对性更强，在玉米国标的基础上，又有一些变化和调整。这三个标准的共同点是以水分、杂质、不完善粒、生霉粒等作为衡量玉米品质的主要指标；其不同点在于饲料用玉米除保留容重等主要指标外，还增加了粗蛋白质这一技术指标，而工业用玉米则舍弃了容重这一指标项，代之以淀粉指标来进行定等。总体看，容重、杂质、水分、不完善粒以及生霉粒指标是衡量玉米质量最基本也是最重要的指标，具有广泛的代表性和权威性。

我国不同产地的玉米在质量上存在以下差异：

(1) 容重。在正常年景，东北及内蒙古地区玉米的容重最高，通辽和赤峰玉米的质量基本在二等以上，一等占到 90%。玉米的容重受年景影响较大，在正常年景，华北地区的玉米基本都在二等以上，尤以河北邢台以北地区的玉米质量为好。

(2) 水分。在正常年景，东北地区玉米收获时水分在 28%~30%，特殊年份可高达 35%~40%。内蒙古玉米的水分稍低，

一般在 24% 左右, 有时 would 达到 27%~28%。东北地区由于冬季天气寒冷, 自然晾干玉米的比例较小, 除内蒙古通辽和辽宁西南地区以外, 大部分是烘干玉米。烘干主要采用两种方式, 一是直接烘干至水分 14.5% 左右, 在存放过程中, 水分逐渐散失至 14% 以下; 二是先晾干至水分 20% 左右, 然后再烘干。东北地区春节前上市的玉米主要采用第一种方式, 由于一次降水幅度过大, 容易造成玉米籽粒发瘪和容重偏低。而春节后上市的玉米主要采用第二种方式, 事先自然晾干时间较长, 因此籽粒饱满, 容重普遍较高。在一般情况下, 粮库将水分只降到 14.5%, 因此在 10~12 月 3 个月, 东北玉米的水分很难达到 14%, 到第二年 4~5 月经过几个月的自然失水后, 才能达到 14% 的标准。从产区到销区的运输过程中, 水分有时还可能进一步下降。但作为国储粮收购的玉米, 烘干后水分基本上在 14% 以下, 最高不超过 14.5%。也有的粮库根据买方的要求来确定烘干效果, 水分指标由购买者自定, 一般为 13%~15% 不等。

与东北玉米相比, 华北玉米收获时水分较低, 大多在 18%~20% 左右, 而且气温高于东北地区, 一般晾晒 5~6 天就可以达到 15% 以下, 因此几乎全部采用自然晾干方式进行降水。正常年景时, 河北玉米的水分为 16%~18%, 山东玉米的水分为 14%~16%。

(3) 杂质。东北玉米由于采用机器烘干, 杂质较少, 一般不超过 1%, 有的地区杂质甚至小于 0.5%。华北玉米采用自然晾干, 晾晒过程会掺入大量杂质, 因此华北地区的玉米杂质偏多, 有时超出 1%, 需要额外过筛整理。

(4) 不完善粒。东北玉米在烘干过程中, 降水过快极易造成破碎, 机械操作也造成破碎粒比例增加, 同时烘干造成了热损伤粒增多, 因此破碎粒普遍高于 5%。烘干玉米经过贮存、出库、再到转运、装卸、搬倒、再入库、再出库等一系列环节后, 破碎

粒还会有所增加，导致不完善粒普遍达到 8%。华北玉米采用自然晾晒，破碎粒较少，基本都控制在 5% 以内，质量稍好一些的只有 2%。在现货收购中，一般规定不完善粒总量不得超过 5%。

(5) 生霉粒。东北玉米收获时期水分很高，如果在收获期雨水多，收割后玉米保管储存不善，极容易出现玉米生霉现象。在年景不好时，玉米生霉粒都会超过 2%，有的甚至高达 5% 以上。农户受储存环境和储藏技术的限制，无法严格按照标准进行储存和通风，因此东北玉米在 4 月份以前生霉粒很少，4 月份以后生霉粒比例会大幅提高。内蒙古玉米的生霉粒比例较低几乎没有，最多不超过 2%。

4. 玉米利用概述 就玉米利用而言，大体经历了作为人类口粮、牲畜饲料和工业生产原料的三个阶段。

口粮消费占玉米总消费的比例在 5% 左右，但是随着时代的发展，这个比例有逐步降低的趋势。玉米是三大粮食品种之一，对解决人类温饱问题起到了很大作用。时至今日，玉米仍然是世界各国人民餐桌上不可或缺的食品。在发达国家和地区，玉米也被作为补充人体所必需的铁、镁等矿物质的来源为人们广泛食用；在某些贫困国家和地区，玉米依然是人们廉价的果腹之物。

饲料消费是玉米最重要的消费渠道，约占消费总量的 70%。该项消费可以看成是生活水平和人口数量随时间变化的一个函数：在人们生活水平提高初期，恩格尔系数较高，人们对肉、蛋、禽、奶的强劲需求拉动了畜牧业和饲料业的大发展，导致饲用玉米需求大幅度增加，成为玉米增产的主要动力；在生活达到一定水平后，恩格尔系数下降，对肉、蛋、禽、奶等的需求将保持平稳，此时饲用玉米消费将仅与人口数量成正比。

作为工业原料使用也是玉米消费的主要渠道。玉米不仅是“饲料之王”，而且还是粮食作物中用途最广、可开发产品最多、用量最大的工业原料。以玉米为原料生产淀粉，可得到化学成分