



现代

粮食加工技术

XIAN DAI LIANG SHI
JIA GONG JI SHU


顾尧臣 著



中国轻工业出版社

现代粮食加工技术

顾尧臣 著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代粮食加工技术/顾尧臣著. —北京: 中国轻工业出版社, 2004.6

ISBN 7-5019-4300-1

I. 现… II. 顾… III. 粮食加工 IV. TS21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 018349 号

责任编辑: 白 洁 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 刘 鹏
版式设计: 郭文慧 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)

印 刷: 河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

开 本: 850 × 1168 1/32 印张: 21

字 数: 540 千字

书 号: ISBN 7-5019-4300-1/TS·2549 定价: 45.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-88390721 88390722

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

30633K1X101ZBW


序

进入新世纪以后，我国粮食业为了适应世界新技术革命和全球经济一体化的需要，正按照“十六大”报告的精神，深化改革，整合、提升，“坚持信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化路子。”

顾尧臣教授根据国外现代粮食加工新理论、新技术，结合国内近期科学研究和技术创新的新成果，经过理论与实践的研究分析、总结提高，编著了《现代粮食加工技术》一书，对适应粮食加工技术改造和产品提升具有重要的实用价值和较好的可读性，是粮食加工科研、教学、生产、管理人员丰富专业知识、提高技术水平的参考读物。

顾尧臣教授是国家粮食局科学研究院的一位资深的碾米与制粉专家，从事粮食加工科研设计工作至今近60年，专业基础理论扎实，实践经验较为丰富，对我国碾米、制粉工业的技术进步和行业的发展做出了可贵的贡献。他现年过八旬，仍勤奋笔耕，完成了这本专著的出版，是值得称道的，特此为序。

中国粮油学会理事长



2003年11月5日

致 谢

阐述了我国粮食工业发展和补缺内容的《现代粮食加工技术》一书能顺利出版是得到了下列单位和同志们大力支持的结果，谨表示由衷的、诚挚的感谢。

中国粮油学会：白美清，刘兴信。

无锡锡粮机械制造有限公司：唐道五，蒋仁根，程顺昌。

核工业理化工程研究院制粉设备工程公司：陈恭璋，曲德亮。

国家粮食局科研院东方孚德技术发展中心：赵小津，郝伟。

西桥集团泰兴市轧辊厂：陈斌。

山东省滕州市粮油机械厂：吕高磊，隋春暖。

浙江诸暨粮食机械厂：韩祖耀，孙作盐。

湖北大冶粮机厂：胡安炎。

陕西袞雪制粉机器制造股份有限公司（原汉中粮油机械厂）：
姚伟。

前 言

粮食加工技术在 20 世纪有下列较重要的演变概况。

粮食加工工艺过程不断完善，流程长度从短变得过长，20 世纪 60 年代开始缩短到合理长度，在现代已形成典型工艺。

粮食加工设备不断改进，结构灵巧，品种增多，制造精良，单机效能高，但结合加工工艺要求的理论研究很少，到现代才有所进展。我国的科技人员从 1980 年以来已有很多结合粮食加工工艺要求的理论研究成果。

粮食加工生产线的操作调控要求产品质量好，出品率高和成本低。这取决于原料的采购、配混合处理；生产过程中准确进行各种流量的调控和设备的操作；以及加工企业科学的经营管理。长期以来，前两者都由碾米者和制粉者凭经验和感觉完成，说不清调控和操作的科学关系，极少用系统数据指导工作，成为由少数人掌握并因人而异的“艺术”；到了现代，通过研究实验取得系统数据才逐渐向能被普遍掌握的“技术”过渡。发达国家在 1980 年前后通过经济学分析已普遍采用集团化的经营管理；我国有极少数企业刚开始能局部做到。

日本佐竹公司提出碾米工业应发展成为一种大米食品制造系统，包括蒸谷米，即食大米、速煮米、精制米、米粉、米糠油和稻壳燃烧器等，我国在计划经济时代对这些都分别研究生产过，但结果大部分是分散的并半途而废。

制粉技术的演变在 1922~1998 年英美的 8 本经典著作中展现出来，其中 1978 年英国的《实用制粉学》和 1998 年美国的《小麦制粉》都展现了现代加工技术，后者特别重视原料的制粉性能、流程的调控和主机的操作并进行了实验室试验，取得可靠数据以指导生产。

我国 1953~1960 年在全国开展小麦碾皮（剥皮）制粉技术革新运动，在国际上属首创；由于碾麦机（剥皮机）单位产量动耗大，缺乏有效的湿麸皮处理方法，虽然标准粉出品率可提高 1%，但未能推广而停止。1980 年继续研究实验，设计了新的碾麦机，单位产量动耗和湿麸皮水分均比以前降低；在小型制粉厂的短粉路上放粗了面粉粒度，改善了粉色，提高了出品率和降低了吨粉电耗，得到了大量推广；但粉路较长和较完善的大、中型厂没有采用。加拿大的 Tkac-Timm 公司在 1964 年推出了碾皮制粉法，碾去全部麦皮，麸皮分三类分别利用以增值；1988~1990 年在英国建了 100t/日和 200t/日的制粉厂，出粉率比当地提高 2%~3%。1994 年，日本佐竹公司研制了研削和擦离相结合的碾麦机，在北京市建了 2×60t/日的等级粉厂，缩短制粉流程，减少厂房面积，碾皮麦基本保留种皮，制粉效果和常规等级粉厂相同。

我国的小型粮食加工厂数量很多，长期对其工艺、设备的布置、建筑结构的设计进行研究，使小麦碾皮制粉技术成果得到了普遍推广，在国际上是领先的。法国和德国的小型加工厂也相当多，即使制粉工业已高度集团化的美国还有少量的小型加工厂。各种结构型式都有独到之处：从经济方面充分考虑小型加工厂结构紧凑，操作方便，占用面积和空间小，运输方便，整个机组在制造厂进行预安装和生产试验，运到建厂地点后一星期左右就可以正常生产。

1980 年以来，美国的《世界谷物》杂志，国际著名的跨国公司瑞士布勒和日本佐竹公司的内部刊物和学术交流资料都展现了现代加工技术。

我国生产小宗粮食的地区较多，有内蒙古阴山南北，河北的坝上、燕山地区，山西的太行、吕梁山区，云、贵、川三省的大凉山、小凉山等高山地带的燕麦；华北、西北、东北、西南一带干寒、高寒地区，少数民族聚居地区的荞麦；和青海、西藏、四川、陕西、甘肃、山西、河北、东北的大麦。我国小宗粮食加工在教学、研究、设计方面是空白。欧洲已有成熟的小宗粮食加工工艺和设备。

我国大米和面粉食品（主食品）的生产和研究比国际上落后很多，特别是大米食品，很多还是空白。美国 1980 年出版的《大米：生产和利用》一书，篇幅巨大，内容丰富，其中大米食品的制作令人思路大开。我国面粉用于制作馒头和面条的数量最多，但由于我国小麦质量和国际相比属中等偏下，所以面食品强度差，其质量等级评分绝大多数为二等。虽已开始培育优质小麦，但要达到普遍供应是需要很长时间的；通过吸收欧洲的先进加工技术，利用现有国产小麦通过加工提高面食品强度，以提高质量评分等级是有可能的。

《现代粮食加工技术》一书的结构和内容不是教科书，是根据前述演变概况，对 1980 年以来各方面有关的著作、刊物和研究资料进行分析、归纳的结果，是发展和补缺，虽不够全面，但在国内是首次集中刊印，可供粮食工业科技、管理人员和操作调控人员在向现代化前进过程中参考使用。

作者

2004.3 于北京

目 录

1 小麦试验、处理和面粉用途	1
1.1 小麦品质分等	1
1.2 试验室制粉和实验制粉	5
1.3 新收获小麦在储藏时期的制粉特性变化	27
1.4 小麦粒度、硬度、水分调节和制粉性能	33
1.5 小麦水分调节的发展和振动着水机	48
1.6 面粉灰分的争议和一些可选择方法的进展	58
1.7 小麦等级粉、特制粉和配制粉	75
1.8 面包专用粉标准和面筋质量的快速检验	96
1.9 成品粮消费, 面粉品种分配	109
2 制粉厂设计、操作、经营管理和碾米工业发展	116
2.1 基本制粉技术	116
2.2 等级粉厂设计和生产工艺指标	131
2.3 小麦制粉特性和制粉效果的评定	138
2.4 衡量粮食加工水平和效益的指标	151
2.5 粮食加工最佳效益的思考	155
2.6 正确调控制粉作业, 保证优良制粉效果	162
2.7 皮磨剥刮率、制粉效果和八辊磨调节	174
2.8 制粉技术和光辊的发展历史及效果	182
2.9 软麦粉加工	188
2.10 粗粒粉和麦心粉加工	194
2.11 革新经营管理, 提高竞争能力	209
2.12 碾米工业发展	226
3 小宗粮食加工	235
3.1 燕麦加工	236

3.2	荞麦加工	265
3.3	大麦加工	286
3.4	大麦制备麦芽	299
4	小麦碾皮制粉	358
4.1	我国早期的小麦碾皮制粉	358
4.2	我国小麦碾皮制粉的试验研究	363
4.3	小麦碾皮制粉国际研讨会	375
4.4	小麦碾皮制粉工艺和设备的研究	393
4.5	小麦碾皮制粉的新进展	400
5	小型粮食加工厂	418
5.1	小型粮食加工厂发展的要求	418
5.2	小型粮食加工厂规模和型式	419
5.3	平台式小型加工厂	420
5.4	积木式小型加工厂	444
5.5	组装设备小型制粉厂	454
5.6	集装箱化小型加工厂	457
5.7	结论评述	461
6	主要加工设备机理和效能的研究	465
6.1	碾米机型式分析	465
6.2	差速对辊设备参数的发展和应用	470
6.3	磨粉机功率、研磨力和辊间压力的研究	477
6.4	光辊表面粗糙度的作用、磨耗和加工	486
6.5	粮食机械与粮食加工工艺的关系	495
6.6	国产和引进成套制粉设备的效能与差距	513
6.7	高速磨粉机和变频胶辊磨谷机	527
6.8	磨粉机喂料结构和参数的探讨	537
7	大米食品制作和面主食品加工技术的发展	545
7.1	烘焙用米粉	545
7.2	罐装和冻结大米食品的制作方法	553
7.3	早餐大米谷物食品和婴儿食品	573

7.4	大米小吃食品	590
7.5	速煮米	601
7.6	糙米面包	614
7.7	用维生素和氨基酸强化大米的营养	621
7.8	主食面制品加工技术的探讨和建议	628
	参考文献	654

1 小麦试验、处理和面粉用途

1.1 小麦品质分等

1.1.1 小麦品质分等和用途

小麦品种、质量和加工特性决定面粉食品的品种和质量，决定小麦质量的指标很多，从制粉效果和经济性看主要有两个方面：

(1) 蛋白质含量和质量，质量是指面筋含量和强度，统称“筋力”。小麦的面筋含量和蛋白质含量有明显相关性。

(2) 面粉出率，以优质粉 [灰分在 0.55% (干基) 以下] 衡量，这基本显示小麦的胚乳含量。

1.1.1.1 欧美发达国家概况

现在国际小麦贸易基本上把蛋白质含量作为分等定价的重要依据。制粉者购买小麦以筋力高、中、低分类。小麦的筋力和蛋白质含量正相关，蛋白质含量高的小麦，面筋的筋力也高，价格贵；筋力和价格随着蛋白质含量降低而降低。

表 1-1 发达国家小麦以蛋白质含量定等及其用途

硬度		硬	中硬	中软	软
蛋白质含量/%	11%水基	13.5 以上	11.5~13.5	11.0~12.0	9.0~11.0
	干基	15.2 以上	12.9~15.2	12.4~13.5	10.1~12.4
典型小麦		加拿大西红春麦, 美国北春麦, 澳大利亚上等硬麦 (Prime hard)	阿根廷中间麦 (Plate wheat), 美国硬冬麦, 澳大利亚硬麦	澳大利亚标准白麦, 英国小麦, 欧共体小麦	澳大利亚软麦, 美国西部白软麦, 加拿大冬白麦, 英国小麦, 欧共体小麦
主要用途 (各类食品用面粉配麦)		优质面包 (体积大, 挺立)	一般面包和烘焙产品	发酵饼干, 糕点	硬面团饼干, 其他饼干, 糕点, 家庭用粉

表 1-1 中主要用途仅是总体情况，面粉食品质量随不同地区、不同传统爱好而变化，所以制粉时必须进行配麦。软麦用途中，家庭用粉（包括自发粉）正常蛋白质含量为 12.2%（干基）；硬面团饼干粉（国内称酥性饼干粉）蛋白质含量为 10.5%（干基）；有些蛋糕粉蛋白质含量低于 10.5%（干基），甚至为 4.7%（干基），就需对面粉进行再加工，如空气分级和高流量细筛面再筛。

1.1.1.2 日、韩等国情况

(1) 日本自产少量较软的小麦，都用来生产面条粉；日本制粉厂和烘焙厂不利用活性小麦面筋质去弥补本国小麦的质量问题。

面条粉用进口的澳大利亚标准白麦（中软）和美国西部白麦（软麦）制作，中国式面条用美国硬红冬麦（中硬）制作。

(2) 韩国除优质面粉外，普通面粉使用的进口小麦（1999 年）中，美国硬红冬麦（中硬）占 17.6%，澳大利亚标准白麦（中软）占 29.2%，美国西部白麦（软麦）占 24.3%，三类共计 71.1%。

韩国的蛋糕、甜点和快餐食品 100% 使用软麦粉。

(3) 泰国普通粉蛋白质含量为 13.6%（干基），相当于中硬麦产品。

(4) 印尼面粉蛋白质含量分三个等级：用于面包和方便面的粉最低为 14.5%（干基），相当于中硬麦产品；用于快餐食品的面粉为 11.6%~12.8%（干基），相当于中软麦产品；用于蛋糕和曲奇饼的粉为 9.3%~10.5%（干基），相当于软麦产品。

1.1.1.3 我国小麦和面粉品质

(1) 1982~1984 年商品小麦品质 原商业部谷物油脂化学研究所和北京市粮食科学研究所曾于 1985 年 10 月发表《我国商品小麦三年品质测定报告》。测定的小麦样品由全国 11 个产麦省（区）基层粮库（站）于 1982~1984 年三年送检，共计 2523 份，每年平均 839 份，每份送检样品代表 10000t 商品小麦。

每份样品用实验室制粉装置研磨成面粉，测定小麦理化特性和出粉率，面粉面团特性、黏度和熟食品质（馒头和面条），内容全面和系统。提出以蛋白质含量对全部小麦样品分等。现分析归纳本

文需要的数据(见表 1-2),表中供作比较的“相当国际小麦”一项引自表 1-1。

表 1-2 1982~1984 年各省(区)商品小麦蛋白质等级百分比分布和相应收购总量(三年平均值)

蛋白质等级 /%(干基)	相当国际 小麦	硬 15.2 以上	中硬 12.9~15.2	中软 12.4~13.5	软 10.1~12.4	累计		
	我国小麦	15 以上	14.0~14.9	13.0~13.9	12.0~12.9		12 以下	
冬 麦	河北	a/%	61.5	37.7	0.8	0	100.0	
		b/10 ⁴ t	70.11	42.98	0.92	0	114.01	
	山东	a/%	26.5	57.5	14.1	1.6	0	99.7
		b/10 ⁴ t	79.8	173.13	42.45	4.82	0	300.2
	陕西	a/%	14.3	36.1	27.4	19.0	3.1	99.0
		b/10 ⁴ t	15.71	39.67	30.11	20.88	3.41	109.78
	河南	a/%	5.1	10.9	35.1	35.6	12.9	99.6
		b/10 ⁴ t	12.39	26.49	85.29	86.51	31.35	242.03
	江苏	a/%	2.8	22.8	58.7	15.7	0.3	100.3
		b/10 ⁴ t	5.62	45.74	117.75	31.49	0.6	201.2
	安徽	a/%	1.2	15.8	39.5	38.6	4.9	100.0
		b/10 ⁴ t	1.42	18.64	46.61	45.55	5.78	118.0
	湖北	a/%	0.7	5.5	22.0	47.0	24.6	99.8
		b/10 ⁴ t	0.49	3.84	15.37	32.83	17.19	69.72
四川	a/%	0	0	8.5	40.6	50.9	100.0	
	b/10 ⁴ t	0	0	14.11	67.4	84.49	166.0	
春 麦	黑龙江	a/%	4.8	13.9	58.7	20.3	1.9	99.6
		b/10 ⁴ t	13.2	38.21	161.36	55.8	5.22	273.79
	新疆	a/%	0	7.4	36.7	19.0	37.0	100.1
		b/10 ⁴ t	0	4.3	21.31	11.03	21.48	58.12
	宁夏	a/%	1.1	2.2	22.2	49.1	25.5	100.1
		b/10 ⁴ t	0.24	0.48	4.89	10.81	5.62	22.04
不同蛋白质等级 年收购量/10 ⁴ t		1198.98	393.48	540.17	367.12	175.14	1674.89	
占年收购总量/%		11.88	23.49	32.25	21.92	10.46	100	

注: a—蛋白质等级分布, b—相应收购总量。

三年平均收购的商品小麦总量为每年 $1674.89 \times 10^4 \text{t}$ ，其中硬麦约占 11.88%，中硬麦约占 39.62%，中软麦约占 27.08%，软麦约占 21.42%。

(2) 小麦和面粉湿面筋含量 小麦湿面筋含量见表 1-3。与国际小麦相比，我国小麦蛋白质含量不低，但面筋的筋力较弱，筋力以面粉粉质仪测试的面团形成时间和稳定时间表示，与美国堪萨斯小麦对比试验结果见表 1-4。

表 1-3 不同蛋白质含量小麦相应湿面筋含量 单位：%

蛋白质含量(干基)	15.0 以上	14.0~14.9	13.0~13.9	12.0~12.9	12.0 以下
湿面筋含量	27.6~29.9	25.2~28.8	22.6~25.2	21.3~24.7	20.5~21.0

注：检测中个别情况，蛋白质含量最高为 17.7%，最低为 9.7%，相应湿面筋含量为 34.5% 和 13.3%。

表 1-4 美国堪萨斯州小麦与中国小麦品质比较

国名	产地	体积质量 /(g/L)	千粒重 /g	蛋白质 /(%干基)	灰分 /(%干基)	面团形成 时间/min	面团稳定 时间/min	评价值 /分
美国	堪萨斯	765	25.4	14.9	1.6	5.3	12.5	65
中国	江苏扬州	748	35.9	13.5	1.8	1.7	3.9	44
	江苏北部	757	34.7	13.5	1.8	2.7	4.3	42
	河南 1 号			12.3	1.5	1.2	5.7	46
	河南 2 号			14.6	1.6	2.7	3.7	42

注：本实验小麦出粉率均为 70% 左右。

通用粉和专用粉的湿面筋含量，摘自 GB 1355—86 小麦粉和 SB/T 10136~10144—93 专用粉的数据（见表 1-5）。

表 1-5 通用粉和专用粉湿面筋含量 单位：%

通用粉				专用粉									
特 一 粉	特 二 粉	标 准 粉	面包		馒头	面条		饺子	自发粉	发酵 饼干	酥性饼 干*	蛋糕和 糕点**	
			a	b		a	b					a	b
			>26	>25		>24	>33					>30	25~30

注：a—精制；b—普通；*—国际上称硬面团饼干；**—酥性糕点。

国际上面粉以蛋白质含量定等级。虽然我国制粉工业各单位普遍不具备测定蛋白质含量的仪器，但具备不同方式测定湿面筋含量的方法和仪器；湿面筋含量和蛋白质含量呈正相关，所以标准中规定湿面筋含量。

(3) 小麦品质对面粉品质的适应性 从表 1-2、表 1-3 和表 1-5 分析我国小麦对各种面粉适应性情况如下：

(a) 尚没有可供研制面包专用粉的小麦。

(b) 蛋白质含量 15%（干基）以上和少部分 14%~14.9%（干基）两类小麦可供搭配研制饺子专用粉，占总收购量的 19.63%。饺子属大众化食品，建议标准中湿面筋含量降为 26%~28%。

(c) 蛋白质含量 15%（干基）以上，14%~14.9%（干基）和 13%~13.9%（干基）三类小麦可供搭配研制馒头、面条、自发粉、发酵饼干专用粉和特一粉、特二粉，占总收购量的 67.54%。

(d) 蛋白质含量 12%~12.9%（干基）和 12%（干基）以下的两类小麦是软麦，可供搭配研制酥性饼干、蛋糕和糕点的专用粉，占总收购量的 32.38%。

总之，我国自产小麦数量和品质能满足除欧美式主食面包外的面制食品品种、质量要求和消费量。

1.2 试验室制粉和实验制粉

1.2.1 试验室的作用

制粉厂一般都建立试验室，其规模视所担负的试验任务的范围和数量而不同。历史上对试验室的认识随市场经济和科学技术的发展而发展。

1.2.1.1 1960 年英国制粉书的阐述

认为试验室的作用：

(1) 控制小麦的购买和配混及其制粉前的准备。制粉者必须从

试验得知如体积质量、杂质含量和水分含量等因素。

(2) 使生产的面粉能最好地适合其特定市场的需求。制粉者必须通过试验室测试而确知吸水能力、产气能力、强度(面筋的数量和质量)和其他控制面粉质量的性能,如色泽等级、粒度、灰分、烘焙试验和出粉率80%以上面粉的纤维含量等。

(3) 要求了解小麦的体积质量、水分含量、形状(影响体积质量)、麸皮厚度、杂质含量等和出粉率的关系。

(4) 为了确保制粉效率和最终产品的均匀一致性,对制粉过程中的几百种中间货料,应在某些阶段校验其物理、化学性能。

1.2.1.2 1978年英国制粉书的阐述

认为试验室的职能是质量控制,而且质量控制是有关面粉生产的各部门,即小麦采购、筒库、清理车间、制粉车间、仓储、运输和管理等的责任。产品质量由销售部门反馈。

质量控制覆盖产品的生命周期,随着产品通过各种渠道到达消费者。

质量控制必须知道哪些特定性能对产品的质量和功能是关键性的,与此同时考虑经济性。

试验室的测试项目:

(1) 日常生产样品的测试项目:水分、蛋白质含量、色泽等级、吸水率、降落数、粗细度和抽验添加剂等。

(2) 每周测试的项目:麦芽糖试验测淀粉破损,拉伸仪测试烘焙用面粉的面团特性,饼干粉的拉伸特性,氯化蛋糕粉的pH试验和粒度测试,自发粉的二氧化碳,黏度仪测汤料面粉很低的淀粉酶活性。

1.2.2 小麦制粉试验

1.2.2.1 1960年英国制粉书的阐述

各种小麦样品在试验室磨制成面粉,测试其质量,再和标准的商业面粉比较。有几种实现的方法: