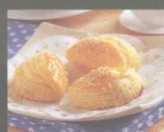
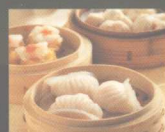


谷物制品营养强化 & 品质改良 新工艺技术

陆勤丰 编著

GUWU ZHIPIN YINGYANG QIANGHUA
JI PINZHI GAILIANG
XIN GONGYI JISHU

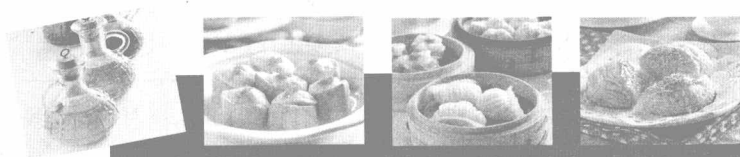


化学工业出版社

谷物制品营养强化 & 品质改良 新工艺技术

陆勤丰 编著

GUWU ZHIPIN YINGYANG QIANGHUA
JI PINZHI GAILIANG
XIN GONGYI JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分8章,在参考国内外学者已有研究成果的基础上,结合作者近年来的研究成果,比较全面地论述了谷物制品营养强化及品质改良的基础理论,并从工艺、设备、操作等多方面系统介绍了针对谷物制品的营养强化及品质改良的新工艺与新技术,从而为国内众多的面粉、大米及食品加工厂在开展主食营养强化工作时提供参考,期望能够对我国的公众营养改善项目和提高粮食加工厂的经济效益起到一定的促进作用。

本书可供从事面粉、大米及食品加工的技术人员,相关学科的科研工作者,大专院校师生、各类培训班学员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

谷物制品营养强化及品质改良新工艺技术/陆勤丰编
著. —北京:化学工业出版社, 2008. 6
ISBN 978-7-122-03365-9

I. 谷… II. 陆… III. ①谷类制品-食品营养②谷
类制品-食品加工 IV. R151.3 TS213

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第103605号

责任编辑:王听讲

文字编辑:廉静

责任校对:李林

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:北京市彩桥印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张10¼ 字数202千字 2008年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

2004 年 10 月公布的第四次“中国居民营养与健康现状”调查结果显示，全国城乡居民钙摄入量仅为 391mg，相当于推荐摄入量的 41%；铁、维生素 A 等微量营养素缺乏是我国城乡居民普遍存在的问题；与此同时，全国 2 亿人超重，1.64 亿人患高血压，1.6 亿人血脂异常，6000 多万人肥胖，4000 万人血糖异常。上述情况说明，中国居民营养状况并未随着我国经济的发展同步改善，而是呈现出营养不足与营养过剩并存的局面。

自然食物的营养素很难全面满足人体的营养需要，加之现代食品工业对食品的深度加工导致了营养素丢失。在食品加工中，对自然食品中营养成分进行增减组合，补充加工中丢失的营养素和原料中缺乏的营养素，促进营养平衡，将会提高食品的营养价值，使消费者获得营养比较齐全均衡的食品。目前我国经过加工的大米和小麦约占我国人口口粮总量的 20%，而经过营养强化的比例不到 1%。中国食物营养强化尚处于起步阶段，特别是主食营养强化远远落后于发达国家，甚至落后于泰国、马来西亚等发展中国家。近年来，在国家公众营养改善项目的推动下，面粉营养强化已经起步，国家粮食局和卫生部主持的营养强化面粉食用效果试点取得了可喜的初步成果，并已出台了营养强化小麦粉国家标准。大米营养强化也正在大米加工企业的大力配合下进行技术攻关。我国的食品工业“十一五”发展纲要中明确指出：粮食加工业的发展方向和目标是重点抓好稻谷、小麦、玉米、大豆和薯类的精深加工与综合利用，兼顾杂粮的开发。小麦、稻谷加工继续以生产高质量、方便化主食食品为主，重点发展专用面粉、营养强化面粉、专用米、营养强化米、方便米面制品、预配粉等，推进传统主食品生产工业化。

截至目前，国内尚未见到以谷物制品为研究对象系统介绍小麦粉、稻米的营养强化工艺及品质改良技术的书籍。近年来，笔者作为主要成员先后参与了浙江省教育厅和潮州市科技局关于主食营养强化的科研项目研究，在研究中积累了一些资料，也对主食营养强化有了自己的思考。本书在上述研究成果的基础上，参考了大量国内外学者和专家的相关成果后编写而成。

本书比较系统地论述了谷物制品营养强化和品质改良的基础理论，结合我国面粉和大米加工企业的技术和设备现状，针对性地介绍了谷物制品营养强化和品质改良的工艺和技术，以期对我国广大的面粉和大米加工企业调整产品结构和提升经济效益提供帮助。

本书在编写过程中，承蒙专家、学者提供的宝贵资料和建议，在此表达笔者真诚的谢意。

限于本人的知识、水平和经验，本书的缺点和不足在所难免，恳请各位专家和学者批评指正。

陆勤丰

2008年6月

目 录

第 1 章 谷物及其制品的物理化学特性

1.1 稻米的物理特性	1
1.1.1 稻米的气味、色泽和表面状态	1
1.1.2 稻米粒的形状与大小	1
1.1.3 稻米的千粒重、容重	1
1.1.4 谷壳率与出糙率	2
1.1.5 自动分级	2
1.1.6 米粒强度	2
1.2 稻米的化学特性	2
1.2.1 稻米籽粒各组成部分的化学成分	2
1.2.2 水分	3
1.2.3 蛋白质	3
1.2.4 脂类	4
1.2.5 碳水化合物	4
1.2.6 矿物质和维生素	5
1.3 小麦的物理特性	5
1.3.1 小麦的色泽、气味和表面状态	5
1.3.2 小麦的容重和千粒重	6
1.3.3 小麦籽粒的硬度	6
1.4 小麦的化学特性	7
1.4.1 小麦籽粒各部分的化学成分	7
1.4.2 小麦蛋白质	7
1.4.3 小麦淀粉	8
1.4.4 脂类	10
1.4.5 维生素	11
1.4.6 矿物质	11
1.5 小麦粉的物理化学特性	12
1.5.1 小麦粉的物理特性	12
1.5.2 小麦粉的化学特性	14

第 2 章 谷物制品营养强化理论

2.1 谷物制品营养强化的历史发展与现状	23
2.1.1 大米营养强化的历史发展与现状	23

2.1.2 小麦粉营养强化的历史发展与现状	24
2.2 谷物制品营养强化的作用与意义	25
2.2.1 大米营养强化的作用与意义	25
2.2.2 面粉营养强化的作用与意义	27
2.3 谷物制品营养强化的原则与方法	28
2.3.1 谷物制品营养强化的原则	28
2.3.2 谷物制品营养强化的主要方法	30
2.4 国家公众营养改善项目对谷物制品营养强化的要求	31
2.4.1 中国公众营养状况	31
2.4.2 国家公众营养改善行动	36
2.4.3 食物强化——改善公众营养不良的最佳途径	36

第3章 营养强化剂的选择与使用

3.1 常用谷物制品营养强化剂	39
3.1.1 氨基酸类强化剂	39
3.1.2 维生素类强化剂	40
3.1.3 矿物质与微量元素强化剂	42
3.2 营养强化剂使用要求	47
3.2.1 食品营养强化剂使用的基本原则	47
3.2.2 食品营养强化剂使用的法律规范	47
3.2.3 食品营养强化剂使用中需要注意的问题	48

第4章 大米营养强化工艺技术

4.1 概述	51
4.1.1 大米营养强化的原因	51
4.1.2 大米营养强化的历史和经验	51
4.1.3 大米营养强化的意义	52
4.2 大米营养强化的范围和标准	52
4.2.1 大米营养强化的范围和标准	52
4.2.2 大米营养强化遵循的原则	54
4.3 大米营养强化工艺技术	55
4.3.1 营养强化大米的生产工艺	55
4.3.2 锌强化大米加工工艺与技术	58
4.4 大米营养强化存在的问题	60
4.4.1 包装形式与营养素的损失	60
4.4.2 盲目强化	61
4.4.3 营养吸收率	61
4.4.4 强化对象过于宽泛	61

第5章 面粉营养强化工艺技术

5.1 概述	62
5.1.1 面粉营养强化工作试点开展情况	63
5.1.2 面粉营养强化试点工作的成效	63
5.1.3 营养强化面粉的市场前景	64
5.2 面粉营养强化的范围和标准	64
5.2.1 面粉营养强化的范围和标准	64
5.2.2 我国营养强化面粉配方制定的原则	65
5.2.3 有关强化食品的法律法规	66
5.3 面粉营养强化工艺技术	66
5.3.1 营养素的筛选和优化	67
5.3.2 营养素活性的保护与稳定技术	68
5.3.3 面粉营养强化关键技术	68
5.3.4 营养强化面粉的安全性保障措施	71

第6章 大米食用品质及改良

6.1 大米食用品质评价	74
6.1.1 大米食用品质概述	74
6.1.2 影响大米食用品质的因素	75
6.2 稻米陈化对大米食用品质的影响	79
6.2.1 稻米陈化过程中的生理变化	79
6.2.2 稻米陈化过程中质地结构的变化	80
6.2.3 稻米陈化过程中大米化学成分变化	81
6.3 大米食用品质改良技术	84
6.3.1 物理方法改良	84
6.3.2 改良剂改良	85

第7章 面粉品质及改良

7.1 概述	89
7.1.1 面粉分类及质量标准	89
7.1.2 影响面粉品质的主要因素及控制措施	91
7.1.3 面粉品质改良的意义	91
7.1.4 面粉品质改良剂作用机理与分类	92
7.1.5 面粉品质改良剂发展趋势	95
7.2 面粉品质改良技术	98
7.2.1 原料的掌握与搭配	98
7.2.2 小麦调质处理技术	101
7.2.3 配粉技术	103

第8章 谷物制品营养强化及品质改良工艺中的质量控制

8.1 HACCP 质量管理体系概述	108
8.1.1 HACCP 的产生与国外发展概况	108
8.1.2 我国 HACCP 应用发展情况	109
8.1.3 HACCP 体系与常规质量控制模式的区别	109
8.1.4 HACCP 与 GMP、SSOP、SRFFE、ISO 9000 的关系	110
8.1.5 实施 HACCP 的一般步骤	112
8.2 HACCP 体系在大米加工中的应用	114
8.2.1 HACCP 质量管理体系在大米生产企业的实施步骤	115
8.2.2 HACCP 体系的七项基本原则	115
8.2.3 HACCP 在大米生产中的应用	116
8.3 HACCP 质量管理体系在面粉生产中的应用	120
8.3.1 面粉厂的危害分析	121
8.3.2 确定面粉生产中的关键控制点	122
8.3.3 制订关键点的控制限	123
8.3.4 建立关键控制点的监测程序	124
8.3.5 建立纠偏措施	126
8.3.6 建立记录和文件保存制度	128
8.3.7 建立验证/审核程序	129

附录

附录 1 食品营养强化剂使用卫生标准 GB 14880—1994	130
附录 2 营养强化小麦粉 GB/T 21122—2007	136
附录 3 小麦 GB 1351—2008 (代替 GB 1351—1999)	141
附录 4 小麦、稻米加工的国家标准和行业标准	145
附录 5 食品及食品添加剂行业涉及的法律法规	147
附录 6 中华人民共和国食品卫生法	147

参考文献

第 1 章

谷物及其制品的物理化学特性

1.1 稻米的物理特性

稻米的物理特性是指稻谷在加工过程中反映出来的多种物理特性，如稻米的色泽、气味、粒形、粒度、均匀度、相对密度、千粒重、谷壳率、出糙率以及散落性、静止角和自动分级等，这些都与稻谷加工有着密切的关系。

1.1.1 稻米的气味、色泽和表面状态

正常的稻米色泽应为白色，且富有光泽，无不良气味，米粒饱满。如果气味不正常，则说明谷粒已变质或吸附了其他有异味的气体。陈稻谷的气味比新稻谷差，这是因为稻谷陈化的结果。稻谷颜色一般呈土黄色，糙米颜色多为蜡白色或灰白色，无论是稻谷还是糙米均富光泽。相对而言，陈稻谷的色泽较为暗淡。

1.1.2 稻米粒的形状与大小

稻谷粒形，因其类型、品种和生长条件的不同而有很大的差异。稻米的粒形一般用长度、宽度和厚度三个尺寸表示。稻米粒的大小是指稻米的长度、宽度和厚度的大小，一般称为粒度。可分为三类：长宽比大于 3 的为细长形，小于 3 大于 2 的为长粒形，小于 2 的为短粒形。一般灿米为前两者，而粳米大都属于后者。

1.1.3 稻米的千粒重、容重

千粒重是指一千粒稻谷的质量，以克（g）为单位。稻谷千粒重的大小，除受水分的影响以外，还取决于谷粒的大小、饱满程度及籽粒结构等。一般来说，籽粒饱满、结构紧密、粒大而整齐的稻谷，胚乳所占比例较大，稻壳、皮层及胚所占的比例较小，其千粒重也大。

稻谷千粒重的变化范围为 15~43g，平均为 25g。一般，粳稻的千粒重比籼稻稍大。

容重是指单位容积内稻米的重量，常以 kg/m³ 或 g/cm³ 计。凡是粒大、饱满、坚实的米粒，其容重就大。因此，容重是评定稻米工艺品质的一项重要指标。几种常见米类的容重如表 1-1。

表 1-1 几种常食用大米的容重

名 称	粳糙米	籼糙米	粳米	籼米	大碎米	小碎米(米粳)
容重/(kg/m ³)	770	748	800	780	675	365

1.1.4 谷壳率与出糙率

谷壳率是指稻壳占整个籽粒的质量百分率。其大小主要取决于稻谷的类型、品种、粒形、成熟程度和饱满程度等。一般梗稻谷的谷壳率小于籼稻谷，就同类型稻谷而言，早稻的谷壳率小于晚稻。

稻谷的出糙率简称出糙。净稻谷试样脱壳后，糙米的完善粒重量加上不完善粒重量的一半占试样重量的百分率，称为出糙率。出糙率是稻谷定等作价的基础项目。籽粒成熟、饱满、壳薄的稻谷出糙率高。籼稻谷和籼糯稻谷的出糙率一般在71%~79%之间，梗稻谷和梗糯稻谷的出糙率为73%~81%，晚梗稻谷出糙率为70%~82%。稻谷的出糙率与其出米率成正比，根据出糙率可计算稻谷加工出米率。

1.1.5 自动分级

自动分级不是单一谷粒所具有的特性，而是谷粒群体（粮堆）的性质。在移动或振动过程中，谷粒和杂质混合的散粒群体出现的分级现象称为自动分级。

物料自动分级对稻谷加工过程中的工艺效果有很大的影响，比如在并肩石分离、谷糙分离、稻壳整理等工序中，只有产生良好的自动分级，才会有良好的工艺效果。

1.1.6 米粒强度

米粒强度是指米粒承受压力和剪力折断力大小的能力。米粒的强度大，在加工时就不易压碎，产生的碎米就少。米粒强度因品种、米粒饱满程度、胚乳结构紧密程度、水分含量和温度因素的不同而异。通常蛋白质含量高，腹白小，胚乳结构紧密而坚硬，透明度大的米粒（称为强质粒或玻璃质粒），其强度要比蛋白质含量少，腹白大，胚乳组织松散，不透明的籽粒（称粉质粒）大。梗稻比籼稻大，水分低的比水分高的大，冬季稻比夏季稻大。

1.2 稻米的化学特性

稻米中的各种化学成分，不仅是稻米籽粒本身生命活动所必需的基本物质，而且也是人类生存的物质源泉。各种化学成分的性质及其在籽粒中的分布状况，直接影响了稻米的生理特性、耐储藏性和加工品质。了解稻米的化学成分及其分布，不仅可以指导我们正确合理地对其加工、储藏，而且对于合理设计营养强化工艺也有着积极的意义。

1.2.1 稻米籽粒各组成部分的化学成分

稻谷籽粒中各组成部分的化学成分各不相同，且各有特点。

稻壳作为保护组织，含有大量的粗纤维和矿物质，质地坚硬，粗纤维营养价值很差，不能被人体消化，加工时首先须除去。

果皮、种皮的化学成分中，纤维素含量较多，其次是脂肪、蛋白质和矿物质。

因人体不能消化纤维素，同时糙米的食用品质很差，故加工时大部分皮层也需被碾去。

糊粉层含有丰富的脂肪、蛋白质、维生素等，营养价值比果皮、种皮、珠心层高，但糊粉层的细胞壁较厚，不易消化。因其含有较多的脂肪和酶类，影响了大米的储藏性能，故加工时也应尽可能除去。

胚乳由含淀粉的细胞组织组成，细胞内充满了淀粉粒，还有蛋白质、脂肪、灰分和纤维素的含量较少，它是稻谷籽粒中最有价值的部分，加工时应尽量把胚乳全部保留下来。

胚中含有较多的脂肪、蛋白质、可溶性糖及维生素等，营养价值较高。但胚中含有大量易酸败的脂肪，使得大米不耐储藏。

稻米主要由水分、蛋白质、脂肪、淀粉、粗纤维、矿物质和维生素等成分组成。各成分的含量，因稻谷的品种及生长条件的不同而不同。

1.2.2 水分

水分是稻谷的一个重要化学成分，它不仅对稻谷的生理有很大影响，而且与稻谷加工、储藏的关系也很密切。水分在稻谷籽粒中有两种不同的存在状态，即游离水（自由水）和结合水（束缚水）。游离水是指存在于细胞间隙中的水分，一般化验水分的结果为游离水。结合水是指与细胞中的蛋白质、糖类等亲水物质相结合，形成比较牢固的胶体水分，其性质稳定，不易散失，不能用作溶剂，在 0°C 以下也不会结冰，采用一般的干燥方法不能将其驱除。结合水分又称为安全水分，一般情况下，稻谷的安全水分为13.5%。

稻米的水分含量一般在13%~14%，高水分的谷粒强度低，碾米时碎米较多，但水分过低会使籽粒发脆，也易产生碎米。

1.2.3 蛋白质

蛋白质是构成生命有机体的重要成分，是生命的基础，它在人体和生物的营养方面占有极其重要的地位。稻谷具有营养方面的一个重要方面，就是为人体提供维持健康不可缺少的蛋白质。稻米中的蛋白质依其溶解特性可分为清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白四种。

这几种蛋白质在糙米及其组分中分布是不均匀的。糙米比大米含有较多的清蛋白和球蛋白。清蛋白和球蛋白集中于糊粉层和胚中，所以这种蛋白质在大米中的分布以外层含量最高，愈向米粒中心愈低。谷蛋白是糙米或大米中的主要蛋白质，它的分布规律是米粒中心部分含量最高，愈向外层含量愈低。

蛋白质的氨基酸组成关系到蛋白质的营养价值。上述四种蛋白质氨基酸的测试结果表明；赖氨酸的含量，以清蛋白最高，其次为谷蛋白，再次为球蛋白和醇溶蛋白。米糠、胚和米粃等副产品比成品米含有较高的赖氨酸和较低的谷氨酸，这说明糙米的胚部和糊粉层比胚乳含有较高的赖氨酸和较低的谷氨酸。糙米和成品米的氨基酸值与蛋白质含量的高低有一定关系，也就是说，蛋白质含量愈大，氨基酸愈

多。所以大米中蛋白质含量愈高，它的营养价值愈大。

稻米中的蛋白质含量不高，糙米中含量在 8% 左右，白米中含量在 7% 左右，主要分布在胚及糊粉层中，胚乳中含量较少。

稻米的蛋白质含量越高，籽粒的强度就越大，耐压性越强，加工时产生的碎米就越少。

1.2.4 脂类

脂类包括脂肪和类脂，脂肪由甘油和脂肪酸组成，称为甘油酯。天然脂肪一般是甘油酯的混合物。脂肪在生理上的最主要功能是供给热能。而类脂一类物质对新陈代谢的调节起着重要作用。类脂中主要包括蜡、磷脂、固醇等物质。稻米脂类含量是影响米饭可口性的主要因素，而且油脂含量越高，米饭光泽越好。据国外文献报道：米饭香味与米粒所含不饱和脂肪酸有关。

稻米中的脂肪含量一般在 1%~2%，大部分集中在胚和皮层中，糙米碾白时，胚和皮层大部分被碾去，故白米中基本上不含脂肪。

米糠中含脂肪较多，含量随稻米品质而异，一般含油率在 18%~20%，它是一种营养价值较高的油料。

大米中的脂类较易变化，它与大米的加工、储藏关系也较密切。脂类物质变质可以使大米失去香味，产生异味，增加酸度。

1.2.5 碳水化合物

碳水化合物是粮食的主要成分，分析表明，糙米含有 84% 的淀粉、1.2% 多缩戊糖、0.7% 的可溶性糖和 0.9% 的粗纤维。由此可见，糙米中的碳水化合物主要是淀粉。

淀粉是稻米中重要的化学成分，而且是含量最高的碳水化合物之一，含量一般在 70% 左右，大部分在胚乳中，它是人体所需热量的主要来源。

淀粉根据其结构组成有直链淀粉和支链淀粉之分。淀粉微粒不溶于冷水，而直链淀粉易溶于热水，当它溶于热水后则形成黏度较低的溶液且不易凝固；而支链淀粉只能在加压与加热条件下，才能溶于水，并能形成比较黏滞的溶液或糊状。直链淀粉和支链淀粉的比例随稻米的品种而异，此比例是稻米的重要品种特性。例如：糯米的淀粉中不含直链淀粉，含有 100% 的支链淀粉。

我国 251 个稻谷品种淀粉含量测定结果表明：主要稻谷品种的淀粉含量范围，一般在 52.6%~69.0% 之间，平均值为 62.7%，标准偏差 ± 3.09 。可见稻谷品种不同对稻谷淀粉含量影响很大。

在所有的粮食作物中，大米淀粉颗粒的粒径是最小的，它的粒径范围在 2~9 μm ，平均粒径为 5 μm ，而小麦淀粉的平均粒径为 20 μm ，玉米淀粉的平均粒径为 15 μm ，甘薯淀粉的平均粒径为 17 μm ，而且大米淀粉的形状很特异，为六角多面体，玉米淀粉也只是五角多面体，其他如小麦、甘薯的淀粉形状为圆形、椭圆形。

大米胚和胚乳的主要糖类为蔗糖、葡萄糖和果糖以及少量棉籽糖。游离的可溶

性糖类集中在糊粉层中，而且糯性米中可溶性糖类含量（0.52%）高于非糯性米（0.25%），但麦芽糖一般测不出。

纤维素是一种结构性多糖，是构成细胞壁的主要成分。稻米中纤维素分布主要为：皮层中 62%、胚中 4%、米粳中 7%、胚乳中 27%。纤维素不溶于水但能吸水膨胀。因人体肠胃缺乏纤维素酶，不能消化纤维素，因此加工生产中应去除这一部分。

1.2.6 矿物质和维生素

矿物质是构成人体骨、齿、血和肌肉不可缺少的成分。稻谷中矿物质大多存在于稻壳（含 18% 左右）、皮层和胚（各含 9% 左右）中，胚乳中含量很少（约 5%），胚乳中主要的矿物质是磷，此外有微量的钙、铁和镁等。因此，从矿物质元素的角度评估，糙米的营养价值优于大米。

维生素是人体必需的物质，稻米所含维生素多属于水溶性的 B 族维生素，如硫胺素、核黄素、烟酸、吡多醇、泛酸、叶酸、肌醇、胆碱、生物素等，也含有少量的维生素 A。糙米中很少有或不含有维生素 C 和维生素 D。维生素主要分布于糊粉层和胚中，糙米所含的维生素比白米高。糙米、白米、米糠、米胚中维生素含量见表 1-2。

表 1-2 糙米、白米、米糠、米胚中维生素含量 单位：μg/g

维 生 素	糙 米	白 米	米 糠	米 胚
维生素 A	0.13	痕量	4.2	1.3
硫胺素	2.4~4.5	0.40~1.26	18~24	65
核黄素	0.75~0.86	0.11~0.37	2.0~3.4	5
烟酸	48~62	10~22	214~236	33
吡多醇	9.4~11.2	0.37~6.2	25	16
泛酸	14.6~18.6	6.3~7.7	27.7	3.0
生物素	0.11	0.034~0.06	0.60	0.58
维生素 B ₁	0.13	0.14	0.75	1
维生素 B ₁₂	0.30	0.0016	0.005	0.0105
维生素 E	0.0005	痕量	149.2	87.3

1.3 小麦的物理特性

1.3.1 小麦的色泽、气味和表面状态

正常的小麦籽粒随品种不同而具有特有的颜色与光泽。如硬麦的色泽有琥珀黄色、深琥珀色和浅琥珀色；软麦除了红、白两个基本色泽外，红软麦的色泽还有深红色、红色、浅红色、黄红色和黄色等。但在不良条件的影响下会失去光泽，甚至改变颜色。

引起麦粒色泽异常的原因主要有：小麦晚熟，使籽粒呈绿色；受小麦赤霉病菌的侵染，麦粒颜色变浅，有时略带青色，严重时胚部和麦皮上有粉红色斑点或黑色微粒，储藏时间过久，色泽变得陈旧；受潮会失去光泽、稍带白色；发生霉变，麦粒上出现白色、黄色、绿色和红色斑点，严重的则完全改变其固有颜色，成为黄绿、黑绿色等。

正常的麦粒具有小麦特有的香味，如果气味不正常，说明小麦变质或吸附了其他有异味的气体。引起小麦气味不正常的主要原因有：发热霉变，使小麦带有霉味；小麦发芽，带有类似黄瓜的气味；感染黑穗病，散发类似青鱼的气味；包装和运输工具不干净，使小麦污染后带有煤油、卫生球或煤焦油等气味。

正常小麦的表面光滑并富有光泽，储藏时间过长、发热霉变或受潮的小麦，表面会失去光泽而出现各种色泽的斑点，使表面的光滑度变差。籽粒的表面状态，对于小麦的容重具有决定作用。粗糙的、表面有皱纹的和褶皱的麦粒，容重就比表面光滑的麦粒小。

对于色泽、气味不正常的小麦，生产中要采取相应措施，在不影响加工面粉成品质量的前提下，可按一定比例搭配加工，否则就不能用于加工食用面粉。

1.3.2 小麦的容重和千粒重

容重是指单位体积中小麦的质量，常以 kg/m^3 或 g/cm^3 计。容重的大小取决于小麦的密度和粮堆的空隙度。小麦的容重一般在 $680\sim 820\text{kg}/\text{m}^3$ 之间。软麦的容重偏低。容重是评价小麦品质的主要指标。

千粒重是指 1000 粒小麦籽所具有的质量，以 g 为单位。我国小麦的千粒重一般在 $17\sim 47\text{g}$ 。因小麦品种和成熟条件的差异，千粒重的差别较大。在相同水分的条件下，千粒重越大，表明小麦籽粒粒度大、饱满、充实。

1.3.3 小麦籽粒的硬度

籽粒硬度是反映籽粒的软硬程度。籽粒硬度与胚乳质地关系密切，角质率高的质地结构紧密的籽粒通常硬度较大。硬度、角质率、胚乳质地关系较密切，但三者之间仍有区别。硬度反映的是籽粒蛋白质与淀粉结合的紧密程度，这种结合程度是遗传控制的。硬度大的小麦在麦粒破碎时，淀粉粒易于破裂，故破损淀粉粒较多。玻璃质或透明度则是籽粒在田间干燥过程中形成的，籽粒中有空气间隙时，由于衍射和漫射光线使籽粒呈不透明或粉质状，而当籽粒充填紧密时，没有空气间隙，光线在空气和麦粒界面衍射并穿过麦粒就形成半透明或玻璃质。小麦干燥失水时，玻璃质籽粒蛋白质皱缩后仍保持完整，而形成密度较大的籽粒，故较透明。一般高蛋白的小麦透明度较好。

籽粒硬度理论有两种主要观点，第一，淀粉粒—蛋白质基质的黏着作用，籽粒硬度与淀粉和蛋白质之间的黏着作用有关。这种作用在硬质小麦中比在软质小麦中强。第二，蛋白质基质的连续性，认为淀粉—蛋白质界面上有连续结构，这种连续结构遍布于整个基质内，不是一成不变的。在硬质小麦中，淀粉粒深陷其中的连续

的蛋白质基质，使淀粉粒与蛋白质难以分开；在软质小麦中，未被基质填满是有空隙不连续结构，强度较差，淀粉粒易于释出。

根据电子显微镜观察到的证据，显然可以认为基质连续性的变化对硬度的差异起主要作用。当无足够的物质以形成黏着的基质时，硬度必将随蛋白质含量降低而减小。

籽粒硬度与小麦品质关系密切。硬质小麦和软质小麦由于制粉过程淀粉破损率不同，导致小麦吸水率存在很大差异，破损淀粉粒能吸收两倍于自身质量的水分，比未破损的增加 3 倍。研究表明，硬质小麦的蛋白质含量、淀粉损耗和直链淀粉值均比较麦高。

1.4 小麦的化学特性

1.4.1 小麦籽粒各部分的化学成分

小麦籽粒中各种化学成分的分布是很不均衡的。淀粉主要集中在胚乳中，其他各部分含淀粉为零；蛋白质在糊粉层和胚中的浓度最大，但就全粒来看，胚乳所含的蛋白质最多，其次才是糊粉层和胚；糖分也大部分存在于胚乳中，其次是糊粉层和胚中；纤维有 3/4 存在于麸皮中，而且以果皮中为最多，胚乳中的含量则极少；灰分以糊粉层中的含量为最高，甚至比皮层还要高出一倍，胚乳中的含量则甚少。小麦籽粒中各部分的化学成分分布如表 1-3 所示。

表 1-3 小麦籽粒各部分的化学成分（以干基计） 单位：%

籽粒部分	质量比例	粗蛋白质	粗脂肪	淀粉	糖分	戊聚糖	纤维	灰分
全粒	100.00	16.07	2.24	63.07	4.32	8.10	2.76	2.18
胚乳	87.6	12.91	0.68	78.93	3.54	2.72	0.15	0.45
胚	3.24	37.63	15.04	0	25.12	9.74	2.46	6.32
糊粉层	6.54	53.16	8.16	0	6.82	15.64	6.41	13.93
果皮、种皮	8.93	10.56	7.46	0	2.59	51.43	23.73	4.78

1.4.2 小麦蛋白质

小麦中的蛋白质是人们日常食物蛋白质的主要来源之一。小麦籽粒的蛋白质含量可从低于 6%变化到高于 27%，大多数商品小麦的蛋白质含量为 8%~16%，平均 13%左右。由于品种和栽培条件的不同，小麦籽粒的蛋白质含量表现出很大的差异，据美国科学家对从世界各地搜集的 12613 份普通小麦样品的研究结果，小麦籽粒蛋白质含量的变幅为 6.91%~22.00%，平均为 12.97%；我国科学家对 572 份普通小麦样品进行测定研究，蛋白质含量变幅为 8.07%~20.42%，平均 12.76%。

1.4.2.1 小麦蛋白质的分类

小麦蛋白质可根据不同的标准进行分类，比如可以根据小麦籽粒的形态基础把

小麦蛋白质分为胚蛋白、糊粉层蛋白和胚乳蛋白；还可以根据其生物学功能进行分类，把小麦蛋白质分为原生质蛋白、酶蛋白、膜蛋白、核糖体蛋白、调控蛋白、储藏蛋白和其他蛋白质等；还可以根据其化学成分进行分类，把小麦蛋白质分为简单蛋白质和复杂蛋白质两大类。但是，人们更多采用的是由奥斯本于1907年提出的分类方法。这种分类方法根据小麦蛋白质的溶解性把小麦蛋白质分为四类。

(1) 清蛋白

清蛋白属简单蛋白质。相对分子质量较小，溶于水及中性盐溶液，其溶解度不受适当盐浓度的影响。清蛋白约占小麦籽粒蛋白质总量的10%~12%。这种蛋白质受热凝结，与焙烤品质有关，具有重要的生物学和工艺价值。

(2) 球蛋白

球蛋白属简单蛋白质。相对分子质量大于清蛋白，不溶于纯水而溶于中性稀盐溶液，不溶于高浓度的盐溶液，约占小麦籽粒蛋白质总量的8%~10%。

(3) 醇溶蛋白（麦胶蛋白）

醇溶蛋白属简单蛋白质。相对分子质量小，溶于70%乙醇溶液。醇溶蛋白富于黏性、延伸性和膨胀性。它是面筋的主要成分，约占小麦籽粒蛋白质总量的40%~50%。

(4) 谷蛋白（麦谷蛋白）

谷蛋白属简单蛋白质。相对分子质量大于醇溶蛋白，不溶于水，溶于稀酸或稀碱溶液，它决定面筋中的数量多少和质量的好坏，并与面包焙烤品质有关，占小麦籽粒蛋白质的35%~45%。

1.4.2.2 小麦籽粒中蛋白质的分布

小麦籽粒的各个部分都含有蛋白质，但分布很不均匀。主要存在于胚乳和糊粉层中，其中胚乳中的蛋白质占了72.0%，糊粉层中的蛋白质占了15.0%。

不同类型的蛋白质其分布也有一定特点。清蛋白和球蛋白都是可溶性蛋白，它们主要集中在糊粉层和胚芽中，大多数生理活性蛋白酶也主要存在于这两类蛋白中，其氨基酸组成比较平衡，特别是赖氨酸、色氨酸和蛋氨酸含量较高；醇溶蛋白和谷蛋白是小麦的储藏蛋白质，这些蛋白质基本局限于胚乳中，约占籽粒蛋白质总量的80%，它们的赖氨酸、色氨酸和蛋氨酸含量较低，所以在面粉的品质改良时需要添加营养强化剂。

1.4.3 小麦淀粉

碳水化合物是小麦中含量最高的化学成分，约占麦粒重的70%，它主要包括淀粉、纤维素以及各种游离糖和戊聚糖。

(1) 淀粉

淀粉是小麦面粉中含量最多、最重要的碳水化合物。它不仅是人们的主要热量来源，还是一种高质量的能源。淀粉的特性会直接影响到食品的物理特性，小麦淀粉还是一种重要的工业原料，在发酵、造纸工业中应用很多。