

现代食品深加工技术丛书

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

燕麦深加工技术

周素梅 主 编

刘丽娅 钟 葵 佟立涛 副主编



科学出版社

现代食品深加工技术丛书

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

燕麦深加工技术

周素梅 主 编

刘丽娅 钟 葵 佟立涛 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书分为7章,涉及内容包括燕麦基础知识,燕麦原料的品质特性,燕麦原料预处理与制粉技术,中国传统燕麦(莜麦)食品、燕麦类早餐食品、燕麦饮品及方便休闲食品的加工技术,燕麦功能组分分离提取技术等。本书还对近年来国内外在燕麦研究与加工领域的部分重要技术成果及专利进行了整理。

作为一本理论与实践结合的专业书籍,本书旨在为从事燕麦生产与研究的企业技术人员、高校和科研院所的科研人员提供借鉴。同时,关注食物营养健康的消费者也可通过本书获得一些必要的燕麦科学与消费信息。

图书在版编目(CIP)数据

燕麦深加工技术 / 周素梅主编. —北京: 科学出版社, 2019.6

(现代食品深加工技术丛书)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-03-061229-8

I. ①燕… II. ①周… III. ①燕麦-食品加工 IV. ①TS211

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第090550号

责任编辑: 贾超 侯亚薇 / 责任校对: 杜子昂

责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 东方人华

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年6月第一版 开本: B5(720×1000)

2019年6月第一次印刷 印张: 17 1/4

字数: 350 000

定价: 98.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

丛书编委会

总主编：孙宝国

副总主编：金征宇 罗云波 马美湖 王 强

编 委（以姓名汉语拼音为序）：

毕金峰	曹雁平	邓尚贵	高彦祥	郭明若
哈益明	何东平	江连洲	孔保华	励建荣
林 洪	林亲录	刘宝林	刘新旗	陆启玉
孟祥晨	木泰华	单 杨	申铉日	王 硕
王凤忠	王友升	谢明勇	徐 岩	杨贞耐
叶兴乾	张 敏	张 慜	张 偲	张春晖
张丽萍	张名位	赵谋明	周光宏	周素梅

秘 书：贾 超

联系方式

电话：010-64001695

邮箱：jiachao@mail.sciencep.com

丛 书 序

食品加工是指直接以农、林、牧、渔业产品为原料进行的谷物磨制、食用油提取、制糖、屠宰及肉类加工、水产品加工、蔬菜加工、水果加工、坚果加工等。食品深加工其实就是食品原料进一步加工，改变了食材的初始状态，例如，把肉做成罐头等。现在我国有机农业尚处于初级阶段，产品单调、初级产品多；而在发达国家，80%都是加工产品和精深加工产品。所以，这也是未来一个很好的发展方向。随着人民生活水平的提高、科学技术的不断进步，功能性的深加工食品将成为我国居民消费的热点，其需求量大、市场前景广阔。

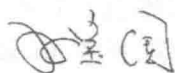
改革开放 30 多年来，我国食品产业总产值以年均 10% 以上的递增速度持续快速发展，已经成为国民经济中十分重要的独立产业体系，成为集农业、制造业、现代物流服务业于一体的增长最快、最具活力的国民经济支柱产业，成为我国国民经济发展极具潜力的、新的经济增长点。2012 年，我国规模以上食品工业企业 33 692 家，占同期全部工业企业的 10.1%，食品工业总产值达到 8.96 万亿元，同比增长 21.7%，占工业总产值的 9.8%。预计 2020 年食品工业总产值将突破 15 万亿元。随着社会经济的发展，食品产业在保持持续上扬势头的时候，仍将有很大的发展潜力。

民以食为天。食品产业是关系到国民营养与健康的民生产业。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高，人们对食品工业提出了更高的要求，食品加工的范围和深度不断扩展，所利用的科学技术也越来越先进。现代食品已朝着方便、营养、健康、美味、实惠的方向发展，传统食品现代化、普通食品功能化是食品工业发展的大趋势。新型食品产业又是高技术产业。近些年，具有高技术、高附加值特点的食品精深加工发展尤为迅猛。国内食品加工中小企业多、技术相对落后，导致产品在市场上的竞争力弱。有鉴于此，我们组织国内外食品加工领域的专家、教授，编著了“现代食品深加工技术丛书”。

本套丛书由多部专著组成。不仅包括传统的肉品深加工、稻谷深加工、水产品深加工、禽蛋深加工、乳品深加工、水果深加工、蔬菜深加工，还包含了新型食材及其副产品的深加工、功能性成分的分离提取，以及现代食品综合加工利用新技术等。

各部专著的作者由工作在食品加工、研究开发第一线的专家担任。所有作者都根据市场的需求，详细论述食品工程中最前沿的相关技术与理念。不求面面俱到，但求精深、透彻，将国际上前沿、先进的理论与技术实践呈现给读者，同时还附有便于读者进一步查阅信息的参考文献。每一部对于大学、科研机构的学生或研究者来说，都是重要的参考。希望能拓宽食品加工领域科研人员和企业技术人员的思路，推进食品技术创新和产品质量提升，提高我国食品的市场竞争力。

中国工程院院士



2014年3月

前 言

燕麦作为世界上最古老的作物之一，近年来因其在降血脂方面的特殊营养保健功能而备受推崇。1997年，美国食品药品监督管理局（FDA）发布第一个与食品有关的健康声称，即“燕麦及其中的可溶性膳食纤维（ β -葡聚糖）具有降低血清胆固醇和冠心病风险的作用”；美国 *Time* 杂志推选的十大健康食物中，燕麦也名列前茅。在我国有食用莜麦（裸燕麦）传统的西北地区，燕麦及其加工食品被誉为“塞外三宝”之一。


近四十年来，受饲用消费量大幅下降的影响，全球燕麦总产量下降近一半，但作为食用消费的燕麦总量却呈现出持续上升的趋势。作为一种营养丰富的谷物，除了淀粉、蛋白质、脂肪等常规营养成分外，燕麦原料中还富含可溶性膳食纤维（ β -葡聚糖）、生物碱等功能活性成分。燕麦作为“全谷物”“健康早餐”“第三主粮”等的概念正在被越来越多的消费者所接受和认可，这也使得其从传统的饲料、小杂粮角色向健康食品、功能食品配料等现代食品主流发展方向转变。正因如此，燕麦这一古老作物在当下又焕发出新的生机，燕麦的食品用途与深加工水平也在不断拓展、延伸。除了传统的制粉、制片等初加工外，以燕麦（或莜麦）粉为原料的中式传统面制品、燕麦膨化食品、燕麦焙烤食品等的加工，以燕麦片为原料的快熟、即食、风味谷物早餐食品和燕麦糖果、休闲食品等的加工，以及燕麦饮品加工不断创新与发展，产品规模不断扩大，以燕麦为原料提取燕麦淀粉、燕麦蛋白、燕麦油、 β -葡聚糖等组分的分离提取技术等也在不断研究。据不完全统计，目前全世界与燕麦有关的产品种类多达上百种，现代燕麦加工技术手段与装备也在持续更新、与时俱进。

但与我国乃至全球快速发展的燕麦事业不相适应的是，目前虽然有关燕麦的研究报道比较多，但是与燕麦制品及其加工技术有关的专著还较少。为了让更多从事燕麦研究与产业技术开发的工作人员更深入地了解国内外燕麦加工相关知识与技术，中国农业科学院农产品加工研究所粮油加工研究室谷物加工与品质调控科研团队基于多年燕麦科研工作的积累和实践经验，组织相关人员编写了这本集理论知识与实用技术为一体的关于燕麦加工技术的专业书籍，希望能够满足从事燕麦加工或对该产业感兴趣的读者的需求，同时为我国燕麦产业科技进步、促进燕麦加工业发展尽绵薄之力。

本书分为7章，主要内容包括燕麦基础知识，燕麦原料的品质特性，燕麦原料预处理与制粉技术，中国传统燕麦（莜麦）食品、燕麦类早餐食品、燕麦饮品及方便休闲食品的加工技术，燕麦功能组分的分离提取技术等。其中，第1章及全书统稿由本研究团队负责人周素梅研究员完成；第2章和第5章由钟葵博士组织编写；第3章和第4章由刘丽娅博士组织编写；第6章和第7章由佟立涛博士组织编写；附件材料由周闲容负责收集整理；中国农业科学院农产品加工研究所的硕士研究生赵福利、丁岚、赵波、庞淑婕、杨小雪、耿栋辉、孙小斌，天津科技大学的硕士研究生孟凡欢和江南大学任思等也参与了书稿的整理工作。本书的出版受到农业部公益性行业（农业）科研专项课题“活性稻米、杂粮等食品加工关键技术及装备研究与示范”（201403063）及中国农业科学院科技创新工程的资助。本书中的一部分内容包含了上述项目课题的研究成果。

本书编写过程中还参考和引用了国内外一些同行在燕麦科研与加工领域公开发表或公布的相关文献、专利及研究成果，在此一并致谢。

另受知识、经验所限，本书可能存在不足之处，望广大读者包涵、谅解，并恳请读者提出宝贵意见以促进我们工作的改进，作者将不胜感激。



2019年5月于北京

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 燕麦的植物学归属与分类	1
1.1.1 燕麦的植物学归属	1
1.1.2 燕麦的分类	2
1.2 燕麦的起源与分布	4
1.2.1 燕麦的起源与记载	4
1.2.2 燕麦的生产分布	4
1.3 燕麦的植物学特征与生长发育	6
1.3.1 燕麦的植物学特征	6
1.3.2 燕麦的生长发育过程	10
1.3.3 燕麦的生长环境与要求	10
1.4 燕麦在我国的种植	11
1.4.1 燕麦种植区域	11
1.4.2 燕麦的品种资源	13
1.5 燕麦的加工与利用	17
1.5.1 燕麦的食用消费与加工	17
1.5.2 燕麦的饲用消费	18
1.5.3 燕麦的其他工业利用	19
1.5.4 影响燕麦加工利用的主要因素	19
第 2 章 燕麦原料的品质特性	21
2.1 燕麦原料的品质特性分类	22
2.1.1 燕麦原料的物理特性	22
2.1.2 燕麦原料的营养特性	25
2.1.3 燕麦原料的加工特性	34
2.2 原料品质性状的测定方法	36
2.2.1 物理品质性状测定方法	36
2.2.2 营养品质性状测定方法	37
2.2.3 加工品质性状测定方法	43
2.3 我国裸燕麦原料品质特性的品种差异性分析	44

2.3.1	基本物理特性的品种差异性分析	45
2.3.2	营养特性的品种差异性分析	48
2.3.3	加工特性的品种差异性分析	61
2.4	燕麦原料的品质特性对燕麦制品的影响	67
2.4.1	燕麦原料的品质特性对燕麦片加工品质的影响	68
2.4.2	燕麦原料的品质特性对乳饮料加工品质的影响	74
第3章	燕麦原料预处理与制粉技术	81
3.1	燕麦粉的特性	81
3.1.1	燕麦粉的种类	81
3.1.2	燕麦粉的营养特性	82
3.1.3	燕麦粉的加工特性	83
3.1.4	燕麦粉的质量标准	84
3.2	燕麦原料预处理	84
3.2.1	清理	84
3.2.2	水分调节	95
3.2.3	灭酶处理	98
3.3	燕麦制粉基本工艺及原理	105
3.3.1	研磨	105
3.3.2	撞击	109
3.3.3	清粉	109
3.3.4	筛理	109
3.4	燕麦制粉技术	109
3.4.1	中国传统莜面加工技术	109
3.4.2	西方燕麦制粉技术	111
3.4.3	燕麦制粉技术举例	115
第4章	中国传统燕麦食品加工技术	119
4.1	传统莜面食品的特点	119
4.1.1	饮食文化悠久	119
4.1.2	制作工艺独特	120
4.1.3	食用方法灵活	122
4.2	传统莜面食品手工加工技术	122
4.2.1	蒸煮类	122
4.2.2	焖炒类	131
4.2.3	焙烤类	132
4.3	传统莜面食品现代加工技术	133

4.3.1	莜面窝窝机加工技术	133
4.3.2	莜面鱼鱼机加工技术	134
4.3.3	速冻莜面糕加工技术	135
4.4.4	冷冻莜面饅饅加工技术	135
第5章	燕麦类早餐食品加工技术	137
5.1	概述	137
5.1.1	谷物早餐食品	137
5.1.2	燕麦类早餐食品	140
5.2	燕麦类早餐食品的加工技术	143
5.2.1	传统燕麦片早餐食品加工技术	145
5.2.2	挤压类燕麦早餐食品加工技术	148
5.2.3	速溶复合营养燕麦片加工技术	162
5.2.4	燕麦发酵乳	164
5.3	加工方式对燕麦片风味的影响	166
5.3.1	实验方法	166
5.3.2	结果分析	167
5.3.3	主要结论	175
5.4	燕麦类早餐食品质量标准	175
5.4.1	膨化食品	175
5.4.2	复合麦片行业标准	179
第6章	燕麦饮品及方便休闲食品加工技术	182
6.1	燕麦饮品	182
6.1.1	燕麦乳	183
6.1.2	燕麦茶	185
6.1.3	燕麦叶茶	186
6.1.4	燕麦叶茶粉	187
6.1.5	燕麦白酒	187
6.1.6	燕麦啤酒	189
6.1.7	燕麦方便粥	191
6.2	燕麦焙烤食品	191
6.2.1	燕麦面包	192
6.2.2	燕麦饼干	194
6.2.3	燕麦西式糕点	195
6.2.4	燕麦酥饼	196
6.2.5	燕麦月饼	197

6.3	燕麦膨化食品	199
6.3.1	燕麦膨化粉	199
6.3.2	膨化休闲小食品	200
6.4	燕麦方便面	201
6.5	燕麦能量棒	203
6.6	燕麦膳食纤维产品	204
6.6.1	国外燕麦膳食纤维产品	204
6.6.2	国内燕麦膳食纤维产品	205
6.6.3	燕麦膳食纤维提取	205
第7章	燕麦功能组分分离提取技术	207
7.1	燕麦 β -葡聚糖的提取	207
7.1.1	燕麦 β -葡聚糖的提取技术	208
7.1.2	燕麦 β -葡聚糖提取的关键控制点	210
7.2	燕麦淀粉的制备	215
7.2.1	碱法	216
7.2.2	酶法	217
7.3	燕麦蛋白的制备	217
7.3.1	燕麦蛋白的提取	217
7.3.2	燕麦蛋白的改性	219
7.3.3	燕麦蛋白肽的制备	219
7.4	燕麦油的提取	222
7.4.1	燕麦油的提取方法	222
7.4.2	燕麦油中维生素E和植物甾醇的提取	224
7.5	燕麦酚类物质的提取	224
7.5.1	微波辅助提取法	225
7.5.2	微波辅助提取法与热水提取法差异分析	226
	参考文献	228
	附件1 国内外燕麦加工技术专利及成果	232
	附件2 代表性专利摘要	245
	附件3 有关莜麦的专利	257
	附件4 燕麦国外专利	260
	索引	262

第 1 章 绪 论

燕麦为一年生草本植物，是北欧、加拿大、俄罗斯以及我国西北高海拔、冷凉地区的传统种植作物，位列世界八大粮食作物之一。

作为世界较古老的作物，燕麦从最初的杂草、牧草、饲料、地方特色作物发展成为世界公认的健康谷物，在世人心目中的地位不断提升。国内市场上，以燕麦片为代表的早餐食品、燕麦米、燕麦饮料、燕麦膨化及休闲食品的市场消费量呈现逐年上升的趋势。但是，由于燕麦的种植区域在国内并不广泛，认识时间也并不长，我国多数人对于燕麦这一健康谷物仍缺乏必要的了解。因此，为了更加全面地认识这种作物以及未来更好地加以利用和消费，本章将从燕麦的植物学归属与分类、起源与分布、植物学特征与生长发育、我国的种植、加工及利用等方面进行概述。

1.1 燕麦的植物学归属与分类

1.1.1 燕麦的植物学归属

依照植物学特征，燕麦 (oats) 被归类于被子植物门 (Angiospermae)、单子叶植物纲 (Monocotyledoneae)、禾本目 (Graminales)、禾本科 (Gramineae)、燕麦属 (*Avena*) 植物 (图 1.1)。

被子植物门Angiospermae
单子叶植物纲Monocotyledoneae
禾本目Graminales
禾本科Gramineae
早熟禾本科Pooideae
燕麦族Aveneae
燕麦属Avena

图 1.1 燕麦在植物中的系统位置

资料来源：中国科学院中国植物志编辑委员会，1987

根据国内外专家对世界已发现燕麦资源的调查，燕麦属下的生物学物种有 25 个，主要分布在亚欧大陆的温寒带，其中在我国发现的有 7 个，另有 2 个变种，主要为栽培种。部分常见燕麦属物种如表 1.1 所示。

表 1.1 燕麦属代表物种及其植物学特征

中文名	拉丁名	植物学特征
异颖燕麦	<i>Avena eriantha</i> Dur.	两颖不等长, 第一颖长约 16 mm, 第二颖长约 20 mm; 外稃长约 20 mm (除芒); 背部光滑无毛, 仅中部以上粗糙
裂稃燕麦	<i>Avena barbata</i> Pott ex Link	两颖近等长, 长约 25 mm; 外稃长约 25 mm (除芒); 被有长硬毛
长颖燕麦	<i>Avena ludoviciana</i> Dur.	小穗轴无关节, 不易脱落, 芒较长, 芒柱长 15~20 mm, 芒针长 35~45 mm
南燕麦	<i>Avena meridionalis</i> (Malzev) Roshev.	小穗轴有关节, 成熟时易脱落, 芒较短, 芒柱长约 15 mm, 芒针长 20~27 mm
莠麦	<i>Avena chinensis</i> (Fisch. ex Roem. & Schult.) Metzg.	外稃草质, 小穗轴无毛, 弯曲, 第一节间长约 10 mm
野燕麦 (原变种)	<i>Avena fatua</i> L. var. <i>fatua</i>	外稃被疏密不等的硬毛
光轴野燕麦 (变种)	<i>Avena fatua</i> L. var. <i>glabrata</i> Peterm.	小穗轴节间密被浅棕色或白色硬毛
光轴野燕麦 (变种)	<i>Avena fatua</i> L. var. <i>mollis</i> Keng	小穗轴节间光滑无毛或微被贴生柔毛
燕麦	<i>Avena sativa</i> L.	小穗含 1~2 朵小花, 小穗轴不易脱节, 外稃无毛, 第二外稃无芒

资料来源: 中国植物物种信息数据库 (<http://db.kib.ac.cn/>)。

1.1.2 燕麦的分类

对于已发掘的燕麦生物种, 从专业和生产的角度分类方法多样, 国际上通常按照燕麦所携带染色体的倍数、籽粒外形、栽培情况、生长季节以及用途等进行不同的分类。例如, 按照燕麦所携带的染色体倍数可分为 3 大类: ①二倍体种 ($2n=2x=14$), 包括长毛燕麦、长颖燕麦、裸粒短燕麦等; ②四倍体种 ($2n=4x=28$), 包括细燕麦、摩洛哥燕麦、瓦维洛夫燕麦等; ③六倍体种 ($2n=6x=42$), 包括普通燕麦 (*A. sativa* L.)、裸燕麦、地中海燕麦 (*A. byzantina*)、东方燕麦 (*A. orientalis* Schreb.)、野燕麦、野红燕麦等。

根据自然界中燕麦的生长特性可将其分为野生种和栽培种。一般野生种燕麦的籽粒多发育不完全, 缺乏食用或饲用价值, 在农业生产中通常被视为危害正常作物生长的杂草。栽培种燕麦则一般从野生种中演变而来, 并经过长期定向选育, 从产量、抗性以及用途上能够满足人类食用或饲用的需求, 因而得以保留并推广种植。图 1.2 为燕麦田 (a) 及燕麦植株 (b) 图。一般野生燕麦多为二倍体种或

四倍体种，生产上的栽培品种则主要是六倍体种。目前在全世界范围内人为种植最为广泛的栽培种燕麦为六倍体的普通燕麦，其次是东方燕麦和地中海燕麦。

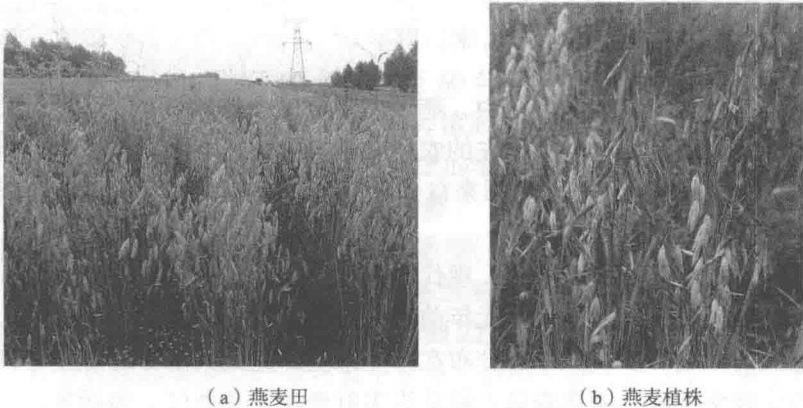


图 1.2 燕麦（李子越拍摄于河北省张家口市沽源县）

根据燕麦籽粒的外形结构特点、籽粒与外稃结合的紧密程度，人们又将燕麦分为带稃型普通燕麦（俗称皮燕麦）、无稃型裸燕麦（俗称莠麦）。皮燕麦按照小穗形态分为野生种和栽培种，裸燕麦按籽粒大小分为小粒裸燕麦（*A. nudibrevis* L.）和大粒裸燕麦（*A. nuda* L.）。在我国有悠久栽培历史的主要是大粒裸燕麦，其种植面积占到我国燕麦总种植面积的 90% 以上。

另外，在实际生产中，根据播种、生长季节，燕麦还有春燕麦和冬燕麦之分。全球种植最为广泛的是春燕麦。春燕麦一般春季播种、夏季收获，因其生长期通常仅为 70~90 d，多属早熟品种。冬燕麦则多在 10 月中下旬播种，至来年 6 月中下旬收获，有的品种生长期甚至高达 200 d 以上，因此归于晚熟品种，主要分布于南半球。此外，还有介于这两类之间、夏播秋收的秋燕麦品种，生长期一般在 95~110 d，属于中、晚熟品种。我国华北、西北裸燕麦（莠麦）主产区，燕麦的播种期通常在 5~6 月，收获期则在当年的 9~10 月，因此多属春燕麦的中、晚熟品种。

通常，人们对燕麦的品种分类也会从实际用途上加以考虑。作为传统的饲草作物，世界范围内占总产量 80% 以上的燕麦被用作饲料，包括青饲、青贮或干草等形式；同时，燕麦也是主产国的传统粮食作物，在我国传统莠麦主产区，90% 以上的莠麦是用于主粮消费的。因此，燕麦又被分为饲用和食用两大类型。自 20 世纪 90 年代以来，随着人们对燕麦营养与功能认识的深入，以及其他饲用粮替代品的增加，全球范围内燕麦生产总量虽有下降，但食用消费燕麦的比例呈逐年上升的趋势。

1.2 燕麦的起源与分布

1.2.1 燕麦的起源与记载

在有文字记载的世界农业史中,燕麦出现要比小麦和大麦晚一些,公元前历史记载中较少见到其身影。在早先的农业栽培史中,燕麦主要被视为影响谷物生产的杂草。最古老的燕麦籽粒图形来自公元前 2000 年的古埃及王朝,当时燕麦有可能是被当作杂草而记载下来的。

目前业内比较公认的看法是,现代栽培的燕麦是由野红燕麦变异而来的,这一变异种的出现可能发生在公元元年前后的小亚细亚或欧洲东南部地区。目前世界现存最大的燕麦种质资源中心分布在小亚细亚,此处大部分的燕麦亚种都能找到对应的生物学关联。而燕麦自古就是许多欧洲国家和地区,包括英国、德国、斯堪的那维亚半岛等地人们的日常主食和重要粮食作物。且一般认为,直至 17 世纪早期,随着美洲新大陆的开发,苏格兰人将燕麦带入北美洲,最终成为美国、加拿大等国家常见的粮食作物以及早餐食品。

中国则是世界公认的大粒裸燕麦的发源地。根据我国古文献《尔雅》《史记》等的记载,中华燕麦栽培应始于战国时期,距今可能已超过 2500 年。燕麦在各地有很多俗称或别名,如莜麦、油麦、玉麦、雀麦、野麦、铃铛麦、乌麦等。燕麦在《尔雅·释草》中被记为“藨”字;《史记·司马相如传》中称其为“籊”;《新修本草》中称之“雀麦”;《本草纲目》、《救荒本草》及《农政全书》等古书籍中也均有燕麦的记述。此外,在我国古代医书(《新修本草》《本草纲目》等)中还有关于燕麦功效的记载。可见,早在 2000 多年前我国古人就已获知燕麦食疗保健的相关知识,且与现代营养医学上有关燕麦“保护肠道健康、润肠通便”的功效论断不谋而合。

1.2.2 燕麦的生产分布

相比小麦、黑麦、大麦等常见作物,燕麦喜冷凉、湿润气候,对温度要求较低,能够承受较多的雨水,因此适宜在湿润、高纬度、光照充足的地区生长。燕麦的适宜种植地区主要集中在北纬 35°~60°的温带地区,这一区域又称为北半球燕麦带。此区域横跨北欧、俄罗斯、加拿大、美国北部以及我国西部、北部长城沿线等地,其中北纬 41°~43°是世界公认的燕麦黄金生长纬度带。此区域的典型地理特征为,海拔 1000 m 以上的高原地区,年平均气温在 2.5℃左右,日照平均时长 16 h。而在南半球的南纬 20°~40°这一纬度带上,澳大利亚、新西兰、阿根廷等国家的一部分国土也是燕麦的适宜生长区。另因燕麦较其他作物耐寒和生长能

力更强,在生长季节得以延长的情况下,冰岛、西伯利亚、喜马拉雅山谷等高寒地区也能够实现燕麦的种植。

在世界八大重要禾谷类作物中,燕麦总产量位于小麦、水稻、玉米、大麦和高粱之后,居第六位。自20世纪60年代以来,燕麦种植面积整体上呈现持续下降的趋势,尤其是从20世纪60年代初至60年代末下降比例超过了50%;直至21世纪初期下降态势回稳,2006年燕麦种植面积占世界总耕种面积的1.6%。而近年来,随着人们对燕麦营养健康认识程度的增加,燕麦的食用消费量稳步上升,其在全球范围内的种植面积呈相对上升趋势。

而据美国农业部(USDA)的最新统计数据(表1.2),2010~2019年(2014/2015年度和2015/2016年度数据未见报道),全球燕麦产量基本呈现先增加后下降趋势,由1964.5万t上升至2417万t,接着下降到2222万t。目前燕麦最大的生产地仍在欧洲,欧盟各国的燕麦总产量占到全球总产量的三分之一以上;俄罗斯则是最大的燕麦单产国,产量占到世界总产量的20%左右;其他主要生产国依次为加拿大、澳大利亚、美国、巴西、阿根廷等;我国由全球产量排名2010/2011年度的第8降低至2018/2019年度的第11。

表 1.2 燕麦主产国家或地区产量统计 (单位:万 t)

国家或地区	2010/2011 年度	2011/2012 年度	2012/2013 年度	2013/2014 年度	2016/2017 年度	2017/2018 年度	2018/2019 年度
欧盟	750.0	792.7	790.9	838.8	804	807	805
俄罗斯	321.8	533.2	402.7	493.2	475	544	470
加拿大	245.1	315.8	281.2	390.6	323	373	345
澳大利亚	112.8	126.2	112.1	127.6	227	112	90
美国	118.8	72.8	89.2	93.8	94	72	82
阿根廷	66.0	34.5	49.6	44.5	79	49	52
智利	56.4	45.1	68.0	61.0	71	57	43
中国	52.5	60.0	60.0	58.0	29	30	31
乌克兰	45.8	50.6	63.0	46.7	51	48	42
白俄罗斯	44.2	44.8	42.2	35.2	39	50	46
巴西	37.9	35.4	36.1	38.0	83	63	77
挪威	29.9	23.1	23.6	23.6	33	30	30
土耳其	20.4	21.8	21.0	21.0	23	25	23
哈萨克斯坦	13.4	25.8	20.0	30.5	34	29	34
墨西哥	11.1	5.1	8.4	9.0	7	7	9