

国际农业工程学会 (CIGR) 农业工程手册

农产品加工工程

国际农业工程学会 (CIGR) 编

陈 志 李树君 编译
方宪法 陈 坤



中国科学技术出版社

ISBN 7-5046-3916-8



9 787504 639165 >

ISBN 7-5046-3916-8

S·481 定价: 170.00 元

国际农业工程学会 (CIGR) 农业工程手册

农产品加工工程

国际农业工程学会 (CIGR) 编

陈 志 李树君

编译

方宪法 陈 坤

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

农产品加工工程 / 国际农业工程学会 (CIGR) 编; 陈志等编译.
—北京: 中国科学技术出版社, 2004. 9
ISBN 7-5046-3916-8

I. 农... II. ①国... ②陈... III. 农产品-食品加工. IV. TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 100237 号

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

科学普及出版社发行部发行

北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 25.5 字数: 500 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1-1 000 册 定价: 170.00 元

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

序

(中文版)

近年来,农产品加工工程备受关注。一方面消费者对食品质量的要求日益严格,另一方面经济上迫切需要减少收获后损失。食品源头的可追溯性,既是消费者提出的要求,也是政府强力推行的措施,特别是发达国家,它们许多经历过形式不同的食品丑闻。发展中国家面对的主要任务则是增加可向消费者提供的食物量,因此必须改变落后的收获后加工技术,减少由此造成的损失。

即将在北京召开的 2004 国际农业工程大会就将重点强调这一主题的重要意义,并将作为一项重要的议题在分会上展开讨论。中方主办者称此次盛会为“农业工程的奥林匹克”,值此大会召开之际,《CIGR 农业工程手册》的第一卷中文版本与读者见面了。

在此,我由衷地感谢大力支持编辑准备工作的中国同行们:

陈 志教授,中国农业机械化科学研究院院长;

李树君教授,中国农业机械化科学研究院副院长;

方宪法教授,中国农业机械化科学研究院科技产业发展部部长;

陈坤副教授,中国农业机械化科学研究院。

此外,还要特别感谢《CIGR 农业工程手册》前五卷的主编 Osamu Kitani 教授。Osamu Kitani 教授长期以来一直积极致力于此项工作,正是他及分卷主编 Fred Bakker-Arkema、副主编和 20 位作者们的辛勤工作,成就了这套《CIGR 农业工程手册》。

长达五卷的《CIGR 农业工程手册》是 ASAE 历来最成功的图书出版物之一,目前已发行约 3000 套和 200 多份收录了五卷内容的光盘。我由衷地希望中文版也会延续这样的成功。期待这本手册能够被众多的学生及农业工程师所用,对他们的学习和工作有所帮助,进而提高农产品的质量和数量,同时为推动农业生产的经济和生态可行性作出巨大贡献!

主编 Axel Munack

Preface

(Chinese Edition)

Agro-Process Engineering has gained more and more attention during recent years. Consumer demands concerning food quality have increased and economic concerns have forced a reduction in losses after harvesting. Traceability is one of the demands made both by consumers and imposed by governments, in particular in the developed countries, many of which have experienced various food scandals. In the developing countries, losses due to bad post-harvest operations have to be reduced in order to increase the amount of food available to consumers.

The importance of the topic is underscored by the fact that it is one of the major subjects of the 2004 CIGR International Conference in Beijing and will be treated in a special sub-conference. It is on the occasion of this big CIGR Conference – named by the Chinese organizers “The Olympics of Agricultural Engineering” – that this first volume of the CIGR Handbook of Agricultural Engineering is available in the Chinese language.

I wish to express my sincere thanks to the Chinese colleagues who strongly supported the preparation of this edition:

Prof. Chen Zhi, President of the Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences (CAAMS),

Prof. Li Shujun, Vice President of CAAMS,

Prof. Fang Xianfa, Director of Dept. of Science and Technology Industry Development of CAAMS,

Assoc. Prof. Chen Kun, CAAMS.

However, my thanks and my recognition are also directed to the editor-in-chief of the first five volumes of the CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Prof. Osamu Kitani. His tremendous readiness for action and his continuous work, combined with the contributions of the Volume editor Prof. Fred Bakker-Arkema, his co-editors, and the twenty authors, made it possible for the work to finally converge into a real textbook.

The five volumes of the CIGR Handbook of Agricultural Engineering are among the most successful books that ASAE ever published – almost 3000 books and more than 200 five-volume copies on CD-ROM have been sold until today. I hope that this success story will extend to the Chinese edition as well. May the Handbook be used by many students and agricultural engineers, be beneficial for their activities, and thus increase the quality and quantity of many agricultural products, as well as contribute to agricultural production processes feasible both under economical and ecological aspects!

Axel Munack, Editor-in-chief

委员会

主 编 陈 志 李树君

副主编 方宪法 陈 坤

委 员	楚玉峰	段京云	何 铮	景金荣	李凤成
	李 慧	李 清	李子明	刘 威	刘文秀
	刘延彬	刘永杰	刘 珍	马季威	毛晓辉
	孙东升	唐金秋	王俊友	吴 刚	相 海
	许考群	许仲详	薛庆林	杨 安	杨炳南
	杨延长	叶金鹏	张清泉	张云川	张兰芳
	张振新	赵风敏	赵有斌	周海军	

责任编辑 麻树梅 杜筱进
封面设计 东远先行彩色图文中心
责任校对 林 华
责任印制 安利平

编者和作者

Volume Editor

F. W. Bakker-Arkema

Department of Agricultural Engineering, Michigan State University, East Lansing,
MI, USA 48824

Co-Editors

- Amirante

Istituto di Meccanica Agraria, Università di Bari, 70126 Bari, Italy

J. De Baerdemaeker

Department of Agro-Engineering and -Economics, Katholieke Universiteit Leuven, B-3001
Heverlee, Belgium

M. Ruiz-Altisent

Laboratorio Propiedades Físicas, Departamento de Ingeniería Rural, E.T.S.I. Agrónomos,
Universidad Politécnica de Madrid, Avenida Complutense s/n, 28040 Madrid, Spain

C. J. Studman

Centre for Postharvest and Refrigeration Research, Institute of Technology and
Engineering, Massey University, Palmerston North, New Zealand

Authors

- Aguado

Escuela de Ingenieros Agrónomos, Universidad de León, León, Spain

F. Ayuga

Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria d/n, 28040 Madrid, Spain

- A. Berbert

Department of Agricultural Engineering, University of Vicosa, Vicosa, MG, Brazil

C. W. Cao

Beijing Agricultural Engineering University, P.O. Box 50, Beijing, 100083, P. R. China

- Catalano

Dipartimento SAVA, Università del Molise, 86100 Campobasso, Italy

J. de Sousa e Silva

Department of Agricultural Engineering, University of Vicosa, Vicosa, MG, Brazil

G. C. Di Renzo

Departamento Tecnico-Economico, Universit`a della Basilicata, 85100 Potenza, Italy

E. Garcia-Vaquero

Universidad Polit`ecnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, Spain

E. W. Hewett

Institute of Natural Resources, Massey University, Palmerston North, New Zealand

D. J. Hilton

Aptek Consultants, 9, Rowbotham Street, Toowoomba, Queensland 4350, Australia

R. E. Hines

MFS/YORK/Stormor, PSJ Penthouse, Unit 5B, 3/21 Sukhumvit Road, Soi 6, Bangkok 10110, Thailand

P. Jancsok

Department of Agro-Engineering and -Economics, Katholieke Universiteit Leuven, B-3001 Heverlee, Belgium

A. A. Jongebreur

IMAG-DLO, Mansholtlaan 12, 6700 AA Wageningen, the Netherlands

J. S. Labiak

Department of Mechanical Engineering, Michigan State University, East Lansing, MI, USA

Qiang Liu

Department of Agricultural Engineering, Michigan State University, East Lansing, MI, USA

J. E. Montross

Department of Agricultural Engineering, Michigan State University, East Lansing, MI, USA

L. U. Opara

Centre for Postharvest and Refrigeration Research, Massey University, Palmerston North, New Zealand

N. Scheerlinck

Department of Agro-Engineering and -Economics, Katholieke Universiteit Leuven, B-3001 Heverlee, Belgium

J. F. Thompson

Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California, Davis, CA, USA 95616

P. Verboven

Department of Agro-Engineering and -Economics, Katholieke Universiteit Leuven, B-3001 Heverlee, Belgium

编委会

Fred W. Bakker-Arkema, Editor of Vol. IV Department of Agricultural
Engineering Michigan State University Michigan, USA

El Houssine Bartali, Editor of Vol. II (Part 1) Department of Agricultural
Engineering Institute of Agronomy
Hassan II, Rabat, Morocco

Egil Berge
Department of Agricultural Engineering University of Norway, Norway

Jan Daelemans
National Institute of Agricultural Engineering Merelbeke, Belgium

Tetuo Hara
Department Engenharia Agricola Universidade Federal de Vicosa
36570-000 Vicosa, MG, Brazil

Donna M. Hull
American Society of Agricultural Engineers Michigan 49085-9659, USA

A. A. Jongebreur IMAG-DLO
Wageningen, The Netherlands

Osamu Kitani, Editor-in-Chief and Editor of Vol. V Department of Bioenvironmental and
Agricultural Engineering Nihon University
Kameino 1866
Fujisawa, 252-8510 Japan

Hubert N. van Lier, Editor of Vol. I Chairgroup Land Use Planning
Laboratory for Special Analysis, Planning and Design Department of Environmental
Sciences Agricultural University
Wageningen, The Netherlands

A. G. Rijk

Asian Development Bank P.O. Box 789 0980 Manila, Philippines

Giuseppe Pellizzi

Institute of Agricultural Engineering

University of Milan

Milan, Italy

W. Schmid

O.R.L. Institute, E.T.H.Z. Hongerberg

Zurich, Switzerland

The late Richard A. Spray

Agricultural and Biological Engineering Department Clemson University

Clemson, South Carolina 29634-0357, USA

Bill A. Stout, Editor of Vol. III Department of Agricultural Engineering Texas A & M University
Texas, USA

Fred W. Wheaton, Editor of Vol. II (Part 2) Agricultural Engineering Department
University of Maryland
Maryland, USA

序

本手册谨献给世界21世纪之农业。世界人口大半从农，来满足世界总食品需求。虽然在发达国家，农业在国民经济中的比重不断下降，但纵观全球，农业仍然是世界上最大的产业，即使到了21世纪，这种趋势也不会改变。

农业是少数几个持续不断地利用自然创建资源的产业之一，它利用太阳能和其他物质循环创造有机质及派生产品。可持续性保障全球世代繁荣和稳定的根本基础，也是人类共同追求的目标。

农业工程是利用科学原理，通过最佳方式，将自然资源转化为农用地、机器、建筑、工艺和系统，为人类造福。比如机器，一台70kW拖拉机生产的粮食相当于一位农业工人的几百倍（一位农业工人的劳动能力约0.07kW）。加工技术能减少食品损失，增加农产品的营养价值。

世纪之交，更加凸显农业工程的重要地位。农业不但要为人类提供食品，而且还为其他产业提供原料。如生物燃料，二级产业所需的有机原料，乃至医药成分。此外，新的农业技术还有助于减轻环境压力。

本手册旨在涵盖农业工程的主要领域，如土壤和水、机器及管理、农业建筑和农产品加工技术及其他新兴领域；还将介绍乡村规划和耕作制度、水产养殖、植物环境技术和畜牧生产、能源与生物工程等方面的技术。这些新技术将在未来发挥越来越重要的作用。要想满足世界人口不断增长给食品生产带来的巨大压力，充分利用日益减少的矿物资源，必须兼顾传统技术和新技术。在发展中国家和地区，随着人口的增长和生活标准的提高，对食品和原料的需求迅速增加，农业技术显得更加重要。

用有限的篇幅介绍农业工程领域的所有重要议题，的确是一项挑战。我们不得不在策划和编辑过程中遗憾地舍弃一些题目。而且，随着时间的推移，

读者还会提出其他方面的要求。对此，我们愿继续努力，不断丰富和改进手册内容，期望在不久的将来能发行下一版本。

本手册适用于农业工程师、学生及相关领域的读者阅读。期望能在全世界得到广泛应用，促进农业和相关产业的发展。

主编 Osamu Kitani

前 言

十几年来，农产品加工工程的重要地位日益凸显。虽然粮食产量不断提高，但产后加工技术却没有得到应有的改进。复种和高产杂交良种的开发，显著增加了农业产量，但因缺乏收获后存储和加工设施，产后损失越来越大。国际农业工程学会农业工程手册第IV卷，将通过农产品收获后加工技术方面的专题，重点解决这些问题。本卷内容丰富，从谷物干燥，一直到橄榄的增值加工。将深入浅出地介绍最基本的农产品加工技术，目的是填补现有农业工程文献的空白。

本手册既适合寻求关键性技术解决方案的工程师，也适合希望掌握收获后技术原理的年轻学生，还适合制造商、技术人员和农场主阅读。

第四卷分五章。第一章介绍谷物干燥和储藏；第二章介绍块根作物的储藏；第三章介绍果蔬储藏和加工；第四章介绍葡萄、橄榄和咖啡加工；第五章概括全卷，介绍几种农产品加工业中的废水处理方法。每节附有单独的参考文献列表。与索引配合使用，能方便检索特定的农产品加工信息。

本卷作者来自许多国家的学术机构、政府部门和行业专家，他们在各自的专业领域拥有长期和广泛的经验。受篇幅限制，要求每位作者只能有选择地介绍他们的专题和深度；重点介绍他们在农产品加工领域取得的实践经验。由于作者背景不同，而且不同农产品加工领域之间的技术发展也不均衡，因此章节之间深浅不一，在所难免。未纳入本卷的一些农产品加工议题，如玉米的湿法粉碎和干法粉碎，并非不重要，完全因为手册篇幅限制，您可以参考其他相关文献。

感谢本卷主审A. A. Jongebreur博士（荷兰Wageningen, IMAG）。还要感谢Donna Hull女士及其同事（美国农业工程师学会）为终稿编辑提供的有力支持。

第四卷主编和副主编

目 录

1 谷物和谷物质量.....	1
1.1 谷物质量.....	1
1.1.1 质量因素.....	1
1.1.2 等级标准.....	5
1.2 谷物输送.....	8
1.2.1 带式输送机.....	10
1.2.2 螺旋输送机.....	11
1.2.3 斗式升运机.....	13
1.2.4 气力输送机.....	14
1.3 谷物干燥.....	16
1.3.1 基本原理.....	16
1.3.2 日光干燥.....	25
1.3.3 仓内干燥.....	26
1.3.4 大批量干燥.....	28
1.3.5 符号表.....	34
1.4 谷物储藏.....	35
1.4.1 垛藏.....	35
1.4.2 装袋储藏.....	36
1.4.3 散装储藏.....	36
1.4.4 谷物害虫.....	42
1.5 热带地区的谷物干燥和储藏.....	46
1.5.1 储藏期变质.....	46
1.5.2 干燥系统.....	46
1.5.3 可可豆干燥.....	50
1.5.4 可可豆的物理性质.....	51
2 块根作物.....	53
2.1 块根作物的质量和损失.....	53
2.1.1 块根、块茎和球茎形态学.....	53

2.1.2	呼吸	55
2.1.3	农产品储藏期间的水分流失	59
2.1.4	根茎作物的传热	62
2.1.5	强制对流散装储藏中的热和水分移动模型	65
2.1.6	库内自然对流	67
2.1.7	块根作物质量标准	68
2.2	马铃薯的储藏	71
2.2.1	马铃薯	71
2.2.2	马铃薯的历史	71
2.2.3	马铃薯生产	71
2.2.4	马铃薯储藏的重要意义	73
2.2.5	马铃薯储藏系统	74
2.2.6	储藏期包括的几个阶段	78
2.2.7	马铃薯堆中的物理—迁移现象	80
2.2.8	过程控制	84
2.2.9	储藏设备	85
2.2.10	储藏期间的装卸	94
2.2.11	产品质量—检查体系	94
2.3	洋葱储藏	97
2.3.1	洋葱的重要地位	97
2.3.2	生理机能和质量	98
2.3.3	洋葱的质量标准	98
2.3.4	收获和收获后输送	100
2.3.5	包装	104
2.3.6	洋葱储藏要求	105
2.3.7	储藏变质和病害的控制	109
2.3.8	仓储结构的类型	109
2.3.9	洋葱库的设计和管理	114
2.4	木薯的储藏	119
2.4.1	常用术语	119
2.4.2	成熟度、收获和单产量	121
2.4.3	输送、熟化和包装	122
2.4.4	储藏环境要求	122
2.4.5	收获后处理	123