

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

食品物性学

Physical Properties of Foods

李里特 著

中国农业出版社

TS201.7
380

研究生教学用书 教育部研究生工作办公室推荐

ISBN 7-109-07022-0



9 787109 070226 >

ISBN 7-109-07022-0/TS·90

定价：32.00 元

TS201.7

380

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

食品物性学

Physical Properties of Foods

李里特 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品物性学/李里特著. -北京: 中国农业出版社,
2001.6
研究生教学用书
ISBN 7-109-07022-0

I. 食... II. 李... III. 食品-物性学-研究生教
育-教学参考资料 IV. TS201.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 035266 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑: 彭明喜 段丽君

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2001 年 6 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 2 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 22

字数: 388 千字

定价: 32.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

作者简介

李里特，男，1948年出生，食品工程学博士、教授、博士生导师。1982—1988年先后在日本北海道大学研究生院食品工程专业学习并取得博士学位，在日本食品综合研究所、山崎面包公司中央研究所研修食品加工科学。1989年至今在中国农业大学（原北京农业工程大学）食品工程系工艺教研室任教。担任食品工艺学、食品物性学、食品工程动态讲座等课程教学。1993年10月至1994年10月作为联合国大学研究员在日本食品综合研究所食品制造工学研究室进行了一年博士后研究。主要从事食品流变品质鉴定和食品电磁场处理加工等研究。历任本校食品工艺教研室主任、食品工程系副主任、系主任。现任中国农业大学副校长。

联系电话：010-62336442（办）

通讯地址：100083 北京海淀区清华东路

中国农业大学东校区 113 信箱

序

随着我国农业和农村经济的发展,以食品加工为中心,农产品加工利用技术日显重要。为此,我国农业教育部门和研究机关近年纷纷设立了食品科学与工程专业或与食品加工有关的研究部门。从这些专业的发展来看,这些年虽然取得很大进步,但尚处在不断完善的过程之中。迄今为止,食品加工领域的专业书籍主要分为两部分内容,一是以食品化学、食品生化为中心的食品科学类知识;二是以食品机械为中心的食品工程类知识。也就是说对于食品的研究,一方面注重它的化学成分和性质,一方面着重设备与机械的开发。而中间缺少了一个连接这二者的重要部分,即食品物理性质的研究。设计食品加工设备和机械必然要涉及食品的物理性质,而食品的物理性质又与食品的化学成分密不可分。因此,在国外食品化学、食品物性学和营养生理学被称为是食品加工利用研究领域非常重要的三大基础学问。我国食品加工技术与发达国家相比还有相当大差距,而食品物性学研究方面的滞后不能不说是造成这一差距的主要原因之一。改革开放以来,我国食品工业迅速发展,从国外引进了许多食品加工生产线和品质检测仪器,但由于对食品工程理论,尤其是食品物性学方面的知识欠缺,大大影响了技术、科研人员对这些新技术的消化吸收,甚至给国家造成重大经济损失。国际贸易、农林作物育种和国内食品工业都亟待解决粮食、果蔬等农产品的品质鉴定标准化、国际化问题,食品物性学研究自然是解决这个问题的关键之一。

当前世界各国食品工业的发展都很快,无论是从加工技术的角度,还是从人们的消费倾向来看,对食品品位的要求越来越高。决定品位的高低不再仅仅是营养成分和卫生的标准,竞争的焦点往往是对其物理性质的要求。比如,对许多食品,它的“软硬”、“弹性”、“酥脆”、“色泽”成了满足人们嗜好的最重要因素。因此,从20世纪70年代开始,关于食品物性的研究在国外迅速展开,80年代初逐步形成学科领域,出现了较多的研究论文和一些著作、教材。而我国在这方面还几乎是空白。李里特教授所著《食品物性学》的出版为填补我国在此领域论著的不足,促进食品物性学研究在我国的发展,实在是一件可喜可贺的好事。

李里特教授是中国农业大学食品学院的博士导师,同时还兼任中国农学会副会长、农业部科技委委员,我本人这些年也参与了这些学术工作和从事国家食

物与营养发展战略的研究。因此,了解一些他的研究和本书的内容。我认为这部《食品物性学》是一本既有高的理论价值,又有广的实用价值的好书。这部书的特点可以概括为三个字:“新”、“广”、“实”。

“新”指该书的内容比较新。书中的许多内容是第一次与国内读者见面。在关于食品力学性质的论述中不仅介绍了流变学,而且涉及胶体化学、界面化学等对食品流变性质的影响,这在国内同类书中尚不多见。过去的著作涉及食品流变学内容主要是从力学角度进行论述,而此书结合食品是复杂分散系统这一特点,不仅从普通力学角度对食品流变学进行了归纳,而且以胶体化学、界面化学、高分子化学知识为基础,论述了以亲水胶体为基本材料的食品流变学特征。这些都说明了此书具有较高的理论水平和严谨的知识体系。

值得一提的是,李里特博士在国外留学期间和在国内教学研究中长期从事食品流变品质鉴定和食品电磁场处理加工等研究,在这些方面他发表了不少具有最新水平的论文,书中一些内容正是基于这些研究论文。例如,食品电物性与加工应用等章节的一些内容。这些内容在国外的同类论著中也很少提及,它的入书可以说是食品物性学知识体系形成的重要贡献。

另外,书中关于食品质地学、质地的感官评价、食品色彩学及食品热学性质的许多内容也都是第一次被介绍给国内读者,相信这些将为丰富我国读者食品物性学方面的知识提供可贵的信息。

“广”指该书所论及的内容丰富,知识系统。这部著作不仅以食品的力学性质、光学性质、热学性质、电磁学性质为基本体系,全面论述了食品物性学的知识系统,而且,对每种性质的分析都包含了广泛的相关学科内容。对食品力学性质扩充了食品质地学的内容,使读者能认识到食品质地学不仅与力学性质有关,还与心理学、生理学等知识密不可分。著者在书中注意到这方面知识的完整性、系统性,编写了感官评价的原理及其与仪器测定的关系,为读者理解食品力学性质研究的特殊性作了很好的说明。

在对液态食品的论述中除了从乳胶体的稳定性、泡沫形成理论进行了分析外,还写进了关于水构造、水分子团及感官黏性的最新研究成果;在对固态、半固态食品物性论述中按凝胶状食品、组织状食品、多孔状食品、粉体状食品作了系统介绍。这方面的丰富内容一定会使读者对食品物性学知识的掌握更加全面、更加系统。


过去同类书中对食品光学性质的论述大多只有物理光学的内容,然而这部书依据食品品质要求的特点,详细介绍了食品色彩感官评价与颜色光学的基础知识。在食品光学测定一节增加了近红外线测定食品成分的原理和研究现状。这些可以说是对过去同类著作的补充和完善。

在食品的热物性、电物性方面本书也写进了丰富的基础理论和最新研究成果。例如,对于食品差示扫描热量测定分析、食品电物性的测定、食品的电磁加工原理等等内容的论述,在国内尚属首次。

“实”指该书所介绍的知识具有很强的实用价值。食品物性学既是食品加工技术的基础理论,同时它又是实用性很强的科学。本书的可贵之处就是充分注意到这一点,在每一章基本理论描述之后,还着重介绍了它们在食品加工或食品品质分析中的应用原理和方法。例如,在食品质地一章中详细介绍了感官评定和仪器测定的理论与操作;在颜色光学部分介绍了目前有关食品色泽测定的基本原理和常用测试手段。作者还特别注意到电磁场处理在食品加工技术上应用的诱人前景,在食品电物性部分增加了关于电物性在食品加工中应用的原理和方法一节。这部分所介绍的静电场处理、电渗透脱水、通电加热、微波处理及远红外加热等多是目前食品加工领域的热门新技术。尤其是本书还通过大量实例,介绍了食品物性学的典型研究和试验方法,如肉嫩度的测定,面包、面团、面条、米饭黏弹性和感官评价,水果蔬菜色彩的测定评价,等等。这些内容即使对从事食品技术开发一线的技术人员也有很好的参考价值。

总之,该书无论从知识的系统性、理论的深度来看,还是从信息的新颖性和实用性来看,都可以说是一部难得的好著作。它的出版不仅填补了我国在此专业图书方面的空白,而且相信它会对食品物性学研究在我国的全面展开起到大的推动作用。

中国工程院 院士 副院长
中国农学会 名誉会长
国家食物与营养咨询委员会主任



1997年2月12日

前 言

“食物物性学”是关于研究食物物理性质的一门科学。在国外，食物物性学和食物化学、营养生理学这几门学问被称为是食物科学与食物工程研究领域极为重要的基础学科。随着农业生产和食物工业的发展，无论是从加工、流通领域，还是从人们的消费倾向来看，对食物及其原料品质的评价，不再仅仅是营养成分和卫生的要求，而且对其物理性质的研究和控制日显重要。比如，对许多食物，它的“酥”、“脆”、“柔嫩”、“形美”、“色艳”成了满足人们嗜好的最重要因素。食物机械的开发也越来越离不开对加工对象物性的把握。因此，从20世纪70年代，关于食物物性的研究在国外兴起。80年代初步形成体系，并有一些为数不多的论著、教材问世，而我国在这方面还几乎是空白。

改革开放以来，我国食物工业迅速发展，从国外引进了许多食物加工生产线和品质检测仪器，但由于对食物工程理论，尤其是食物物性学方面的知识欠缺，大大影响了技术人员对这些新技术的消化吸收，甚至给国家造成重大经济损失。食物国际贸易、作物育种和国内食物工业都亟待解决包括农产品在内的食物品质鉴定标准化、国际化问题。因此，普及食物物性学知识、开展这方面研究成为当务之急。

作者曾在日本学习食物工程专业，从事多年食物物性学研究，归国后在大学执教8年来，给研究生开了食物物性学课程，深受学生们欢迎。为了填补我国在此领域论著的不足，促进食物物性学的研究发展和为广大食物科研、技术人员提供较为系统的食物物性学知识，作者根据自己多年的研究成果，并汇集国内外有关研究之大成，编写了此书。

本书共分八章，不仅有食物流变学等基本内容，而且还有许多国内外最新研究成果，如泡沫食物、粉体食物、多孔状食物、纤维状食物的物性，食物色彩学，食物质地学，食物电物性及电磁加工等。书中既有食物物性学学科全面系统的理论分析，又有其在食物加工和品质测试中的应用实例。本书不仅系统地论述了食物的物理性质，而且也对其涉及的物理化学、胶体化学、高分子科学、电磁学、色彩学的相关内容进行了介绍。为了论述食物感官评价和仪器测定的知识，本书也写入了心理物理学内容。本书的出版填补了我国空白，对促

进我国食品科学与工程研究的进步有积极意义。

本书内容涉猎面较广，作者水平有限，加以脱稿仓促，错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评和指正。

作 者

1996年12月于中国农业大学

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 食品物性学的定义和内容	1
一、食品的力学性质	1
二、食品的热学性质	2
三、食品的电学性质	2
四、食品的光学性质	3
第二节 食品物性学研究的目的和方法	3
一、食品物性学研究的目的	3
二、食品物性学研究方法	5
第三节 食品物性学研究的现状和发展	5
第二章 食品的力学基础	8
第一节 食品物质的胶黏性	8
一、食品物性构成体系与力学性质的复杂性	8
二、胶体的概念	9
三、分散系统的胶体	9
四、食品的胶黏性与食品加工	13
第二节 食品流变学	14
一、食品流变学概论	14
二、黏性	15
三、黏弹性	27
第三章 食品质地学基础	74
第一节 食品质地的概念	74
一、食品质地的定义	74
二、食品的美味与质地	74
第二节 食品质地的感官评价	75

一、感觉的种类	75
二、感觉的敏感度	76
三、感官试验的种类	78
四、食品质地的感官表现	79
五、感官鉴定评审组的确定	85
六、感官鉴定的方法	86
七、感官鉴定的应用和分析	92
第三节 食品质地的仪器测定	95
一、压缩破坏型测试仪器	96
二、剪断型测试仪	100
三、切断型测试仪	101
四、插入型测试仪	103
五、搅拌型测试仪	106
六、食品流变仪	108
七、剪压测试仪	109
第四节 质地测试仪器的选择	110
一、仪器测定和感官评价的特点	110
二、仪器的选择与结果分析	110
第四章 液态食品的物性	114
第一节 液体的稳定性	114
一、水的构造和分子团结构	114
二、溶液中粒子的稳定性	118
三、乳胶体的形成和稳定	123
第二节 液态食品流变性质及测定	129
一、液态食品的一般流变特性	129
二、液体食品流变性的测量	134
第三节 泡沫和气泡的形成与性质	143
一、泡沫形成原理	144
二、泡沫的稳定性	150
三、气泡的性质	155
四、消泡原理	159
第四节 液态食品的物理黏度与感官黏性	159
一、牛顿流体、非牛顿流体的黏度与黏性感觉	160
二、液态食品的黏性识别阈	161
第五章 固态与半固态食品的物性	162
第一节 凝胶状食品的物性	162

一、凝胶的分类	163
二、溶胶与凝胶的转化	163
三、凝胶状食品的物性	171
第二节 组织状食品的物性	174
一、细胞状食品的物性	175
二、纤维状食品的物性	179
第三节 多孔状食品的物性	182
一、多孔状食品的概念	182
二、多孔状食品物性的测定	182
三、几种多孔状食品质地的评价	185
四、多孔状食品制造	189
第四节 粉体食品的物性	194
一、粉体粒子的状态	195
二、粉体的堆积状态	203
三、粉体的力学性质	206
第六章 食品色彩与光学性质	214
第一节 食品与色泽	214
一、食品的色泽与感官评价	214
二、食品色泽的偏见与误区	216
三、食品的光学性质与品质测定	216
第二节 颜色光学基础	218
一、视觉生理与光度	218
二、色度学基础	222
三、颜色的感觉和心理	230
四、颜色的分类与色彩图	235
五、CIELAB 表色系统	239
六、食品颜色的测定方法和仪器	241
第三节 食品的光物性与品质	248
一、光物性基本概念	248
二、食品的光学测定原理	250
三、食品光物性的测定与应用	252
四、食品近红外线测定的原理和应用	259
第七章 食品的热物性	266
第一节 食品热物性基础	266
一、食品的传热特性	266

二、差示扫描热量测定与定量差示热分析	269
第二节 食品的传热物性	273
一、可加性物性和非可加性物性	273
二、食品的有效导热系数	274
第三节 能弹性与熵弹性	278
一、等温可逆的弹性变形	278
二、能弹性与熵弹性分析及应用	280
第四节 传热特性与黏度测定	281
第八章 食品的电物性及其应用	283
第一节 概述	283
一、研究食品电物性的意义	283
二、电物性与食品加工	283
三、电物理加工的课题	285
第二节 食品基本电物性及其测定	285
一、食品的电物性基础	285
二、食品电物性的测定	292
三、电场中食品的电物性	294
第三节 食品加工中电物性的应用原理和方法	299
一、静电场处理	299
二、电渗透脱水	304
三、通电加热	308
四、微波加热	311
五、远红外线加热	316
附录	321
附表 1 2 点识别试验及 1:2 点识别试验法检验表	321
附表 2 2 点嗜好试验法检验表	322
附表 3 3 点识别试验法检验表	323
附表 4 3 点嗜好试验法检验表	324
附表 5 Kramer 顺序检验数 (信度 5%)	325
附表 6 Kramer 顺序检验数 (信度 1%)	330
参考文献	334

第一章 绪 论

第一节 食物性学的定义和内容

食物性学是以食品（包括食品原料）为研究对象，研究其物理性质的一门科学。由于食品本身的复杂性及物理性质在人们对食品感官评价中的特殊位置，食物性学包含了比物理学本身更广泛的学科领域。例如，在研究食品的力学性质时，不仅要对一般的力学测定进行研究，而且往往需要将食品的仪器力学测定同感官测定同时进行分析研究；另外，还要研究食品的化学性质、生理变化等对力学性质的影响。换句话说，食物性学不仅包括对食品本身理化性质的分析研究，而且包括食物性对人的感官产生的所谓感觉性质的研究。这两者构成了食物性学不同于其它学问的两大组成部分。

食物性学所研究的对象——食品是一个非常广泛的概念和复杂的物质系统。从食品加工的角度来看，食品包括初级产品，如收获后的粮食谷物、水果、蔬菜、肉、蛋、乳、水产品等；也有经过一次加工的食品材料，如各种食用油、糖类、奶粉、蛋粉、面粉等；还有半成品以及成品食品，如面团、面包、馒头、糕点、豆腐、果汁、果酱、粥饭、面条等。从组成来看，食品的大部分都属于复杂的混合物，不仅有无机物、有机物，甚至还包括有细胞结构的生物体。

食品的形态也复杂多样。为了便于研究，有人把它分为液状食品、凝胶状食品、凝脂状食品、细胞状食品、纤维状食品和多孔状食品；也有人把它分为液态食品（包括可流动的溶液、胶体、泡沫和气泡）和固态、半固态食品（组织细胞、固体泡、半固体、粉体等）。

总之，食物性学涉及的领域虽然相当广泛，但主要以食品的物理学性质为基本内容。这些物理学性质指：食品的力学性质、光学性质、热学性质和电学性质等。

一、食品的力学性质

力学性质是物理性质中十分重要的内容。它包括食品在力的作用下产生变形、振动、流动、破断等的规律，以及其与感官评价的关系等。它与食品工程的关系十分密切，主要表现在以下三个方面：①食品的力学性质是食品感官评

价的重要内容。对有些食品，它甚至成为决定品质好坏的主要指标。②食品的力学性质与食品的生化变化、变质情况有着密切的联系，通过力学性质的测定可以把握食品的以上品质变化。③食品的力学性质与食品加工的关系也十分密切。在食品加工中有许多操作都直接与力学性质有关，如混合、搅拌、筛分、压榨、过滤、分离、粉碎、整形、搬运、输送、膨化、成型、喷雾等，都是给食品材料施加某种力，而使其达到所需的形态。因此，研究和掌握加工对象的力学性质，就成了这方面工程设计和单元操作的基础。

二、食品的热学性质

自人类从“茹毛饮血”进化为以熟食为主以来，加热成了食品加工的重要手段。尤其是现代化食品工业，为了提高食品的商品化和保藏流通功能，加热、冷却、冷冻成了最基本的加工方法。因此，食品的热物理性质也成为食品生产管理、品质控制、加工和流通等工程的重要基础。

常见的热学性质指标和研究内容主要有：比热容、潜热、相变规律、传热规律及与温度有关的热膨胀规律等。除了在一些单元操作方面（如杀菌、干燥、蒸馏、熟化、冷冻、凝固、融化、烘烤、蒸煮等）热物性有着十分重要的作用以外，对食品进行冷热处理，改善其某种品质，目前也成为令人瞩目的研究领域。

三、食品的电学性质

对食品电学性质的研究，虽然起步较晚，但随着食品工业的发展，近年越来越受到重视。食品的电学性质主要是指：食品及其原料的导电特性、介电特性，以及其它电磁和物理特性。电学性质的研究领域主要可以分为以下两个方面：

1. 食品品质状态的监控 食品的状态、成分变化往往反映在其电学性质的变化上。用电测传感器的方法把握食品的特性，目前成了一些食品工厂迈向自动化、效率化、规模化生产的重要手段。所谓“机电一体化”技术，其中许多测控部分都是利用了食品的电学性质。尤其是在食品的非破坏检测方面，电学性质尤为重要。

2. 电磁物理加工 近年，食品的电磁物理加工发展较快。这方面的技术主要有：静电场处理技术、电磁波加工（远红外、微波、重叠波等）技术、通电加热技术、电渗透脱水技术、电磁场水处理技术等。

对食品电学性质的研究虽说是一个新兴领域，这方面的知识还不太系统，但却是今后大有作为的研究领域。

四、食品的光学性质

食品的光学性质是指食品物质对光的吸收、反射及其对感官反应的性质。食品光学性质研究和应用的领域主要有以下两个方面：

1. 通过光学性质实现对食品的成分测定 食品的成分虽说可以通过化学分析的方法测定，但因为其成分的变化可以引起对光的吸收、反射、折射、衍射、辐射等性质的变化，而光的测定又具有快速、准确、简单和无破坏等特点。所以，无论在仪器分析还是在生产线检测上，光学性质的研究都发挥着重要作用。

2. 食品色泽的研究 食品的颜色、色泽也是反映食品品质的重要物理性质。尤其是对于生鲜食品，色泽往往成为判断其新鲜程度、成熟与否和品质的最重要指标。然而食品的色泽往往不能由一般的物理量来表达，它是人的视觉反映。所以，在这一研究领域除了一般的光学性质外，还涉及到色光理论、色光感觉及色光生理方面的内容。由于一些发达国家已对食品的色泽品质规定了客观测定的标准，以往用语言表达食品色泽的方法，将被食品测定的指标所代替。所以，这方面的知识和研究，成为食物物性学中不可缺少的新内容。

以上所列的食物物性学主要研究内容，虽然包括了非常广泛的领域，但作为学科系统，目前比较成熟的还只是力学性质研究领域。尤其是对各种食品及其材料的所谓“质地”（texture）的研究已经积累了相当丰富的知识。其它几个领域的研究尚处在不系统的初始阶段，但这方面的研究意义和前景却格外引人注目。总之，食物物性学是一个新兴的、涉及多学科的知识领域。学习这方面的内容，对开发食品加工的新工艺、新技术，以及提高食品品质，都很必要。从这个意义上讲，食物物性学应是食品科技工作者和研究人员不可缺少的基础知识之一。

第二节 食物物性学研究的目的是方法

一、食物物性学研究的目的是

食物物性学是食品工程设计和食品开发的基础学科之一。它不仅与食品加工有着密切的关系，而且与食品品质的控制也有着紧密联系。具体来说，它主要可以解决以下几方面的问题：

1. 了解食品与加工、烹饪有关的物理特性 食品加工中，有许多操作都需要了解作用的对象，即食品或食品材料的物理性质。设计加工设备或决定加工工艺，也都需要对食品的物性有所了解。例如，食品厂输送管路设计时，就