



普通高等教育“十三五”精品课程建设教材

Physical Properties

of Food

食品物性学

宋洪波 杨晓清 栾广忠 © 主编



中国农业大学出版社
China Agricultural University Press



普通高等教育“十三五”精品课程建设教材

食品物性学

宋洪波 杨晓清 栾广忠 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以食物性为主线,系统阐述食物的力学、热学、电学、光学等性质;从食物的物质构成、形态、加工和环境因素,全面论述食物性的内涵及表达,展现食物性的本质及表现行为;充分体现近年来食物性研究的新方法、手段和典型应用。理论与实际的紧密结合是本书的特色。

图书在版编目(CIP)数据

食物性学/宋洪波,杨晓清,栾广忠主编.—北京:中国农业大学出版社,2016.7
ISBN 978-7-5655-1596-5

I. ①食… II. ①宋… ②杨… ③栾… III. ①食物-物性学 IV. ①TS201.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 113991 号

书 名 食物性学
作 者 宋洪波 杨晓清 栾广忠 主编

策划编辑 宋俊果 刘 军

责任编辑 洪重光

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出版部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 12.75 印张 320 千字

定 价 26.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

全国高等学校食品类专业系列教材 编审指导委员会委员

(按姓氏拼音排序)

- | | | | |
|-----|--------|-----|--------------|
| 毕 阳 | 甘肃农业大学 | 孟素荷 | 中国食品科学技术学会 |
| 陈 卫 | 江南大学 | 南庆贤 | 中国农业大学 |
| 陈复生 | 河南农业大学 | 蒲 彪 | 四川农业大学 |
| 陈绍军 | 福建农林大学 | 钱建亚 | 扬州大学 |
| 陈宗道 | 西南大学 | 石阶平 | 国家食品药品监督管理总局 |
| 董海洲 | 山东农业大学 | 史贤明 | 上海交通大学 |
| 郝利平 | 山西农业大学 | 孙宝国 | 北京工商大学 |
| 何国庆 | 浙江大学 | 孙远明 | 华南农业大学 |
| 贾英民 | 河北科技大学 | 田洪涛 | 河北农业大学 |
| 江连洲 | 东北农业大学 | 王 硕 | 天津科技大学 |
| 李洪军 | 西南大学 | 夏延斌 | 湖南农业大学 |
| 李新华 | 沈阳农业大学 | 谢笔钧 | 华中农业大学 |
| 李云飞 | 上海交通大学 | 谢明勇 | 南昌大学 |
| 林家栋 | 中国农业大学 | 薛长湖 | 中国海洋大学 |
| 刘金福 | 天津农学院 | 严卫星 | 国家食品安全风险评估中心 |
| 刘景圣 | 吉林农业大学 | 岳田利 | 西北农林科技大学 |
| 刘静波 | 吉林大学 | 赵丽芹 | 内蒙古农业大学 |
| 罗云波 | 中国农业大学 | 赵谋明 | 华南理工大学 |
| 马 涛 | 渤海大学 | 周光宏 | 南京农业大学 |

编写人员

主 编 宋洪波(福建农林大学)
杨晓清(内蒙古农业大学)
栾广忠(西北农林科技大学)

副 主 编 高爱武(内蒙古农业大学)
陈海华(青岛农业大学)
马国刚(运城学院)

编 者(按姓氏笔画排序)

马国刚 王丽丽 刘 贺 李 真 李文浩
李泽珍 李美良 杨晓清 宋洪波 陈海华
栾广忠 高爱武 黄 群

出版说明

(代总序)

时光荏苒,食品科学与工程系列教材第1版发行距今,已有14年。总计120余万册的发行量,已经表明了这套教材受欢迎的程度,应该说它是全国食品类专业教育使用最多的系列教材。

这套教材已成为经典,作为总策划的我,在再再版的今天,重新翻阅这套教材的每一科目、每一章节,在感慨流年如水的同时,更有许多思考和感激。这里,借写出版说明(代总序)的机会,再一次总结本套教材的编撰理念和特点特色,也和我挚爱的同行们分享我的感悟和喜乐。

第一,优秀的教材一定是心血凝成的精品,杜绝任何形式的粗制滥造。

14年前,全国40余所大专院校、科研院所,300多位一线专家教授,涵盖生物、工程、医学、农学等领域,齐心协力组建出一支代表国内食品科学最高水平的教材撰写队伍。著作者们呕心沥血,在教材中倾注平生所学,那字里行间,既有学术思想的精粹凝结,也不乏治学精神的光华闪现,诚所谓学问人生,经年积成,食品世界,大家风范。这精心的创作,和彼敷衍的粘贴,其间距离,岂止云泥!

第二,优秀的教材必以学生为本,不是居高临下的自说自话。

注重以学生为本,就是彻底摒弃传统填鸭式的教学方法。著作者们谨记“授人以鱼不如授人以渔”,在传授食品科学知识的同时,更启发食品科学人才获取知识和创造知识的思维与灵感。润物细无声中,尽显自由思想,彰耀独立精神。在写作风格上,也注重学生的参与性与互动性,接地气,说实话,深入浅出,有料有趣。

第三,优秀教材与时俱进、推陈出新,绝不墨守成规、原地不动。

首版再版再再版,均是在充分收集和尊重一线任课教师和学生意见的基础上,对新增教材进行科学论证和整体策划。每一次工作量都不小,几乎覆盖食品学科专业的所有骨干课程和主要选修课程,但每一次都不敢有丝毫懈怠,内容的新颖性,教学的有效性,齐头并进,一样都不能少。具体而言,此次再再版,不仅增添了食品科学与工程最新理论发展,又以相当篇幅强调了食品工艺的具体实践。

每本教材,既相对独立又相互衔接互为补充,构建起系统、完整、实用的课程体系。

第四,优秀教材离不开出版社编辑人员的心血倾注。

同为他人作嫁衣裳,教材的作者和编辑,都一样的忙忙碌碌,飞针走线。这套系列教材的编辑们站在出版前沿,以其炉火纯青的专业技能,辅以最新最好的出版传播方式,保证了这套教材的出版质量和形式上的生动活泼。编辑们的高超水准和辛勤努力,赋予了此套教材蓬勃旺盛的生命力。

这里,我也想和同行们分享以下数字,以表达我发自内心的喜悦:

第1版食品科学与工程系列教材出版于2002年,涵盖食品学科15个科目,全部入选“面向21世纪课程教材”。

第2版(再版)食品科学与工程系列教材出版于2009年,涵盖食品学科29个科目。

第3版(再再版)食品科学与工程系列教材将于2016年暑期出版(其中《食品工程原理》为第4版),涵盖食品学科36个科目,增加了《食品工厂设计》《食品分析》《食品感官评价》《葡萄酒工艺学》《生物技术安全与检测》等9个科目,调整或更名了部分科目。

需要特别指出的是,这其中,《食品生物技术导论》《食品安全导论》《食品营养学》《食品工程原理》4个科目为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材;《食品化学》《食品化学综合实验》《食品工艺学导论》《粮油加工学》《粮油加工学实验技术》《食品酶学与工程》6个科目为普通高等教育农业部“十二五”规划教材;《食品生物技术导论》《食品营养学》《食品工程原理》《粮油加工学》《食品试验设计与统计分析》为“十五”或“十一五”国家级规划教材。

本套食品科学与工程系列教材出版至今已累计发行超过126万册,使用教材的院校140余所。

第3版有500余人次参与编写,参与编写的院所近80家。

本次出版在纸质基础上引入了数字化元素,增加了二维码,内容涉及推荐阅读文字,直观的图片展示,以及生动形象的短小视频等,使教材的内容更加丰富、信息量更大,形式更加活泼,使用更加便捷,与学生的阅读和学习习惯更加贴近。

虽然我的确有敝帚自珍的天性,但我也深深地知道,世上的事没有百分之百的完美。我还要真心地感谢在此套教材中肯定存在的那些不完美,因为正是她们给了我们继续向前的动力。这里,我真诚地期待大家提出宝贵意见,让我们与这套教材一起共同成长,更加进步。

罗云波

2016年5月5日 于马连洼

前 言

食品物性学是食品科学与工程专业一门重要的专业基础课程,也是食品工程的支撑性课程,与食品科学有着紧密联系,也成为食品分析和质量评价的重要组成部分。食品物性学对食品生产、流通和消费过程中的原料、贮藏与运输、加工、质量控制等各环节均很重要,因此近年来在全球范围受到极大重视,在知识体系、认知程度和应用方面都取得了长足发展,特别是借助现代仪器检测和分析手段,在食品开发、生产、流通与消费等方面发挥着越来越大的作用。

食品物性是食品本身所具有的物理性质,食品物性学是一门以实验为基础的科学。食品因成分、结构以及外部环境的不同,所表现出的物性亦有所不同。认知食品物性的变化规律和运用科学的方法或手段评价食品物性同等重要。

本书以食品物性为主线,系统阐述食品的力学、热学、电学、光学等性质;从食品的物质构成、形态、加工和环境因素,全面论述食品物性的内涵及表达,展现食品物性的本质及表现为;充分体现近年来食品物性研究的新方法、手段和典型应用。理论与实际的紧密结合是本书的特色。

全书共分8章,第1章由宋洪波编写,第2章由黄群、李美良编写,第3章由陈海华、刘贺编写,第4章由杨晓清、李文浩、王丽丽编写,第5章由栾广忠、李泽珍编写,第6章由杨晓清、马国刚、王丽丽编写,第7章由宋洪波编写,第8章由高爱武、李真编写,全书由宋洪波统稿。

本书在编写过程中,参阅了国内外专家、学者的著作、论文与资料,参考了有关教材的编写内容,吸收了部分高校、科研单位和企业的研究成果,在此一并致谢。

本书适宜作为高等院校食品专业本科教材,亦可供科研工作者及相关专业的教师、学生参考。

食品物性学是食品工程学中发展最快的领域之一,所涉及学科较多,加之编者学识水平有限,书中疏漏与不妥之处在所难免,敬请广大读者、专家和学者不吝指正。

宋洪波

2015年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 食品物性学的内涵	2
1.2 食品物性学的发展	2
1.3 食品的主要物理特性	3
1.4 学习食品物性学的目的和方法	3
思考题	4
第 2 章 食品的形态与物质基础	5
2.1 主要形态及其转变	6
2.2 食品分散系统	13
2.3 动植物组织	17
思考题	21
第 3 章 液态食品的力学性质	22
3.1 流变学基础	23
3.2 液态食品流变学性质及测定	30
3.3 泡沫和气泡的形成与性质	37
思考题	44
第 4 章 固态及半固态食品的力学性质	46
4.1 常见力学参数介绍	47
4.2 流变特性及模型表现	52
4.3 固态及半固态食品的流变性质及测定	62
思考题	80
第 5 章 颗粒食品的特性	82
5.1 概述	83
5.2 颗粒食品的状态	83
5.3 颗粒食品的堆积状态	92
5.4 摩擦特性	97
5.5 流动特性	104
思考题	108
第 6 章 食品的热物性	110
6.1 概述	111
6.2 食品的比热容	111
6.3 食品的热导率	114
6.4 食品的热扩散系数	117

6.5 食品的焓值	119
6.6 量热仪测定原理与方法	121
思考题	130
第7章 食品的电特性	132
7.1 概述	133
7.2 基本概念	133
7.3 食品电特性的测定	146
7.4 食品电特性的应用	148
思考题	161
第8章 食品的光特性	163
8.1 光在食品中的传播及其相互作用	164
8.2 食品的光物性	165
8.3 食品光特性的测定	169
8.4 食品的颜色特性	179
思考题	188
参考文献	190



第 1 章

绪 论



本章学习目的与要求

掌握食物性学的内涵,熟悉食物性学的发展及趋势,了解食物的主要物理性质及其应用领域。

1.1 食品物性学的内涵

食品物性学(physical properties of foods)是一门以实验为基础研究食品物理性质的科学,研究内容主要包括食品的力学、热学、光学、电学(电磁)等特性,此外,还涉及表面、水分活度与吸湿、界面、相的转变、声学等特性。这些特性与食品的原料、贮藏、加工、流通等关系密切,对食品物理品质定量评价与控制、加工过程中食品物性变化的研究,对以单位操作为核心的加工工程技术研究与过程控制极为重要。因此,食品物性学是食品工程学的基础,也是食品分析和质量评价的重要理论基础。

食品物性的本质在于具有特定物质构成一定形态食品所表现出的特定物理性质。在贮藏、加工、流通环节中,食品中的成分将发生不同程度变化,相应地,食品物性亦随之发生改变;另一方面,食品形态千差万别,即使是构成食品的成分相同,但形态的不同决定了其物性的不同;再者,同一个食品在不同环境条件下其物性通常亦会发生变化。由此可见,食品的物性是由物质构成、形态、环境条件等要素共同决定的。

食品物性学也是一门多学科交叉的科学,主要涉及化学(分子、原子乃至离子层面上物质的组成、结构及性质)、物理化学(相变、分子、分子簇和晶体等)以及食品工程学(各种加工单元操作)等学科,因此具有复杂性。随着科学技术的快速发展,多学科交叉将更加广泛和深入。

1.2 食品物性学的发展

18世纪60年代至19世纪上半期的第一次工业革命,开创了以机器代替手工工具的时代。食品加工规模因18世纪工业革命而迅速扩大,但是食品加工仍然依靠技艺和经验在家族内部世代相传,缺少科学的支撑。随着工业革命的深入和工业技术的发展,19世纪新的食品加工技术不断出现,真空包装、杀菌的罐头、工业化制冷技术等开始出现并得到应用。至20世纪初第二次技术革命结束时,食品工业得以形成。20世纪是食品工程技术发展最快的一个世纪,建立了较为完备的食品加工体系。21世纪以来,全球科学技术进入了快速发展期,新理论、新技术、新装备不断涌现,食品工程理论和技术创新研究不断深化。

科学知识发展的一般规律是呈指数增长。食品工业始于第一次工业革命,然而食品物性学中发展最早的液体力学和黏弹性理论出现于20世纪初以后;至20世纪70年代,在食品的力学特性和热特性方面才建立了比较完善的体系,光、电学特性的研究和应用则更晚。在这个时期,食品物性学落后于食品加工技术和装备的发展。20世纪80年代以来,全球食品制造业进入了高速发展时期,特别是信息科学与技术的空前发展以及多学科交叉与融合,极大地推动了食品物性学的研究和发展,在食品的电磁特性、光特性、声特性等诸多新领域的研究取得丰硕成果,建立了较为完整的食品物性学理论体系,并逐渐发展成为与食品化学、食品微生物学具有同等重要地位的第三大学科骨干课程,成为食品工程学的重要支撑。食品物性学理论体系的建立和持续深入的研究,不仅极大地提升了食品加工过程控制水平,促进了食品加工装备的开发,引领了超高压、静电场、高压电场、脉冲强光、纳米加工等高新技术的开发和运用,食品物性学也成为食品品质检测和定量评价重要组成部分,依据食品不同物性开发的新型检测仪器层出不穷。

由于食品物性学体系的建立时间较晚,相对于食品化学、食品微生物学等传统骨干课程而言还不够完善,在实验方法、食品物性与物质构成的深层次关系方面体现得还不够全面、深入,界面特性、相的转变以及声学特性等仍属新兴领域。但是,“食”不仅是人类赖以生存的基础,更是维系人类健康长寿的重要保障,这就决定了食品物性学必将不断发展、完善,成为食品科学与工程学科和食品加工产业发展的永恒动力之一。

1.3 食品的主要物理特性

尽管食品物性学所涉及的物理性质很多,但是目前最常涉及的包括食品的力学、热学、电学和光学特性。

1. 食品的力学特性 食品的力学特性主要涉及固体力学、弹性力学、流变学等领域,体现食品在力的作用下产生变形、振动、流动、破断等的规律,典型的力学物性参数有密度、孔隙率、硬度、弹性模量、黏度等。食品的力学特性是食品感官评价的重要内容,也与食品成分的变化有着密切的联系,对混合、搅拌、筛分、压榨、过滤、分离、粉碎、输送、膨化、灌装、喷雾等单元操作至关重要。

2. 食品的热特性 “冷”和“热”在自然界中无处不在,是决定食品品质是否发生变化的关键要素。在“冷”或“热”环境中食品所表现出的特性统称为食品的热特性。主要的热物性参数包括比热(或比热容)、潜热、热导率、热扩散系数、焓等。在食品的冷却、冷冻、凝固、加热、融化、熟化、浓缩、杀菌、干燥、烘烤、蒸煮等单元操作中有着广泛的应用,在食品品质检测、分析领域的研究和应用亦不断深化。

3. 食品的电特性 食品的电特性主要涉及静电特性、导电特性和介电特性领域,典型的物性参数包括电阻率(或电导率)、介电常数等。在无损快速检测食品含水率、在线检测液体食品浓度等测定方面已获得应用,在食品的分选、脱水、干燥、杀菌、熟化、辅助提取等单元操作领域的研究和应用前景广阔。

4. 食品的光特性 食品的光特性是食品受到光照时所表现出的不同光学性质,主要与食品对光的吸收、反射、折射、衍射、辐射等有关。食品的光特性在食品成分、色泽测定方面有着广泛的应用,近年来在食品的色选分级、杀菌等的研究和应用方面获得快速发展,在食品品质的无损快速检测领域亦取得了长足发展。

1.4 学习食品物性学的目的和方法

在贮藏、加工、流通过程中食品物性的变化在所难免,某些情况下物性的变化是有益的,而在某些情况下物性的变化是不利的。生鲜食品或加工的食品在贮藏和流通过程中,应尽可能保持物性稳定从而保证食品的物理品质。在食品加工过程中,通常需要根据特定的食品物性合理运用加工工艺和技术方法,例如液体的输送与灌装应根据黏度(流变性)的不同选择适宜的方法,食品的分选或分级可以根据密度、色泽、介电特性等的不同采用适宜的分选方法,食品的杀菌可以根据食品的热特性、电特性或光学特性的不同选用蒸汽杀菌、电场杀菌或强光杀菌等方法;许多食品加工则需要通过物性的改变赋予特定的食品质感,例如通过焙烤使饼干具有一定的硬度和脆性,混浊型饮料加工过程中通过添加增稠剂改变流变性以提高产品黏稠感。

通过本课程的学习,掌握力学、热学、电学及光学等常见的食品物理性质及其变化规律,为进一步深入学习和理解食品保藏、加工、流通过程中工程技术和方法的运用以及过程控制、品质评价奠定基础。

由于食物的物性不是一成不变的,在不同环境中物性参数及所表现出的物理行为亦不同。因此,在学习过程中应注重把握每类食物物性的特征性物理参数,了解决定这些特征性物理参数的内因(如食物的组分、组分的基本物性以及食物形态、结构等),以及外部环境条件对这些特征性物理参数的影响及机制;在此基础上,掌握食物物性的变化规律,特别是如何运用数学方法准确描述这些规律的变化;继而,熟悉和把握如何运用食物物性学知识开展定量检测以及在食品加工中的应用。通过培养食物物性定量分析、评价和控制的能力,全面提升学习和运用食品工程知识的能力。

❓ 思考题

1. 什么是食物物性学?
2. 简要说明食物物性学发展的特征及其在食品科学与工程专业中的地位。
3. 食物的主要物理特性有哪些?其主要应用领域有哪些?
4. 如何学好和用好食物物性学?



第 2 章

食品的形态与物质基础



本章学习目的与要求

理解食品形态、食品分散体系等相关概念；熟识食品及原料主要形态种类、常见食品分散系统特点；掌握食品的宏观和微观结构及其转变；了解动植物组织与结构特性。

2.1 主要形态及其转变

食品包括来自自然界的资源及后期由这些资源加工而来的产品,作为人类必需的一大类物质,其形态各异。从组成来看,食品的大部分属于复杂的混合物,不仅有无机物、有机物,还包括有细胞结构的生物体。

从食品原料来源来看,有植物性食品原料,如各种豆类、果蔬原料、谷物及部分油料;动物性食品原料,如家畜、家禽、鱼贝类、蛋类和奶类。从种类上看,有肉制品(如畜禽类制品、鱼虾贝类等)、饮料类(如纯净水、植物蛋白饮料、功能性饮料等)、焙烤食品(如面包、蛋糕等)、方便食品(如方便面、方便米饭、速冻食品等)、乳制品(如牛奶、羊奶、酸奶、奶粉等)、调味品(如食用香料、酱料等)等。

2.1.1 主要形态

食品的形态复杂多样,从外观形态来讲可以分为宏观方面和微观方面。宏观方面即我们肉眼所见的各种食品形态,可分为液态、固态和半固态食品等,虽然没有气态食品,但是含有大量气体的食品却很多,如冰激凌、新鲜苹果及膨化食品等。液态和固态是食品的主要形态,是食品物性学课程的主要研究内容。然而,在后续的课程中我们将体会到,大量的食品形态很难划分其是固态还是液态,某些液态食品在一定条件下显现出固态特性,而某些固态食品在一定条件下却显现液态特性。微观方面是从分子层面去界定其形态和结构,不能通过人的感官直接去识别,而必须通过特定的手段才可以去辨别,按照分子的聚集排列方式可分为晶态、液态、气态,同时还有两种过渡态,即玻璃态和橡胶态,它们是热力学不稳定态。

2.1.1.1 宏观方面

食品种类繁多,颜色各异,其形状和滋味能刺激人们的感官,勾起消费者食欲,通过人体的眼、耳、鼻、嘴、手等感受到的食物形态可以分为如下三类:液态食品、固态食品及半固态食品。需要指出的是,虽然没有气态食品,但是含有大量气体的食品却很多。未经加工的食品或食品原料,如新鲜苹果含36%的气体;加工食品中,如冰激凌含有50%的气体,爆米花和膨化食品中气体含量可达90%以上。

1. 液态食品 液态食品是指以水为分散介质,具有一定的稳定性、流变性,易形成气泡,并可能产生泡沫的一类食品。之所以具备这些物性,主要是由于:

①液态食品最主要的组成部分是水,水分子属于偶极子,具有偶极子结构的水分子之间,氢原子与氧原子可通过氢键的形式结合,进而在一定程度上保持了水的稳定性。

②液态食品大多属于胶体溶液或乳胶体液,具有胶体或乳胶体液的性质,因此具有一定的稳定性、流动性和黏稠性。这类产品有很多,包括牛奶等各种液态奶、果汁等饮料、大豆油等食用植物油、各种液体调味品等。该类食品的特点是水占的比例高,具有较低的黏度,流动性较好。温度过低时一般会凝固成固态的冰,温度过高时其水分会逐渐蒸发,稠度逐渐增大。

2. 固态食品与半固态食品 固态食品主要指食品中具有固体性质的食品原料或加工后的食品。半固态食品主要指能同时表现出固体性质和流体性质的食品物质,这类食品与液态食品相比,水所占的比例相对较低一些,黏度较高或流动性比较差,温度对其形态和质地的影

响不如液态食品显著。

按其状态,固态食品通常可分为凝胶状食品、组织状食品、多孔状食品、粉体食品等多种类型。各种类型食品的物性随状态不同而异,下面分别从几个方面加以阐述。

(1) 凝胶状食品

①从力学性质的角度来看,有些凝胶具有一定的柔韧性,如面团、糯米团;有些凝胶具有一定的脆性,即使受较小的力也可能被破坏。

②从透光性质的角度来看,可将其分为透明凝胶(果冻)和不透明凝胶(鸡蛋羹)。

③从保水性的角度来看,有些保水性差,放置时水分会游离出来,称为易离水凝胶;相反为难离水凝胶。豆腐放置时水就会不断流出,而琼胶、明胶、果冻就几乎不发生离水现象。

④从热学性质的角度来看,可把凝胶分为热可逆性凝胶和热不可逆性凝胶。在常温下为半固体或固体状态,加热时变成液态的凝胶称为热可逆凝胶,如凉粉、肉冻、放凉了的粥属于此类凝胶。而像蛋清这样的胶体,加热时会变性,称为热不可逆性凝胶。

凝胶态是食品的最常见形态之一,形成凝胶的多糖、蛋白质等对改善食品的风味质地发挥着重要作用。凝胶食品的黏弹性、质地不仅是食品流变学研究的核心内容,也是食品科学技术十分重要的领域。常见的凝胶状食品如表 2-1 所示。

表 2-1 常见的凝胶状食品

食品类别	原料名称	食品举例
高分子碳水化合物	琼脂	羊羹
	淀粉	凉粉、粉皮、年糕、粉条
	鹿角菜胶	果冻类
	魔芋粉、甘露聚糖	魔芋凉粉
	果胶	果胶果冻
蛋白质	明胶	肉冻
	卵	布丁、鸡蛋羹、蛋糕
	牛奶	奶酪、干酪
	鱼肉	鱼糕、鱼丸
	大豆	豆腐、含大豆蛋白香肠、肉糜制品

(2) 组织状食品

①细胞状食品:是指蔬菜、水果、大米等食品,其细胞组织的性状(伸长率、凝聚性、剪断强度、松弛时间)与食品品质密切相关。如水果特有的脆嫩口感与果胶的存在关系很大;年幼植物组织的果胶质以不溶性的原果胶存在;随着成熟度的提高,原果胶水解成与纤维素分离的水溶性果胶,溶入细胞液内,使果实组织变软而有弹性;最终果胶发生去甲酯化生成果胶酸,不形成凝胶,果实变软。

②纤维状食品:是指由纤维状组织成分构成的食品,其纤维状物质是按一定方向排列的,所以其物理性质也存在方向性,沿与纤维垂直方向的咬断口感是最重要的力学性质之一。主要有畜肉、鱼肉、纤维细胞比较发达的蔬菜(如芹菜、芦笋等),以及经特殊加工后组织为纤维状的加工食品(如组织化大豆蛋白、纤维状干酪等)。