




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 食品物性学

李里特 编著

 中国农业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 食 品 物 性 学

李里特 编著

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

食物物性学/李里特编著. —北京: 中国农业出版社, 2010. 6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-109-14564-1

I. ①食… II. ①李… III. ①食品—物性学—高等学校—教材 IV. ①TS201.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 081456 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 100125)

策划编辑 王芳芳

文字编辑 李兴旺

---

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月北京第 1 次印刷

---

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 20

字数: 348 千字

定价: 28.50 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年生，食品科学博士、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留学和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，并取得硕士、博士学位。1988年至今在中国农业大学（原北京农业工程大学）食品科学与营养工程学院任教，担任食品工艺学、乳品加工工艺学、焙烤食品加工学、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程研究室进行了1年博士后研究。主要从事食品加工工艺、品质鉴定和新食品开发等研究。历任中国农业大学食品工艺教研室主任、食品工程系副主任、食品工程系主任、原北京农业工程大学副校长、学术委员会主任、中国农业大学副校长。学术兼职主要有：国务院学位委员会食品科学与工程学科评议组召集人、国家食物与营养咨询委员会副主任、教育部食品科学与营养教学指导委员会主任、全国食品安全标准化技术委员会主任、中国农业工程学会农产品加工与贮藏专业委员会理事长等。1993年获北京市普通高等学校优秀教学成果一等奖，同年享受政府特殊津贴，1995年获农业部中青年有突出贡献专家称号，同年10月获联合国大学 UNUWA 大奖，2006年获国家技术发明二等奖，其他成果还有：获得省部级自然科学和科技进步奖3项，获授权发明专利10项。主编专业著作、教材有《食品物性学》、《食品原料学》、《粮油贮藏加工工艺学》、《焙烤食品工艺学》等12部，发表论文400余篇，其中SCI、EI索引论文60余篇，2005年获教育部百篇优秀博士论文指导教师奖励。

# 前 言

食品物性学是研究食品物理性质的一门科学。在国外，食品物性学和食品化学、营养生理学这三门学科被认为是食品科学与食品工程研究领域极为重要的基础学科。因为食品物性是食品及其原料品质评价和控制的主要内容之一，作为商品的食品，其品质要求不再仅仅是营养成分和卫生的要求，而对其物理性质的研究和控制也日显重要。事实上，对大部分食品，它的酥脆感、黏弹性、外观色泽等物理性质，成为消费者判断、挑选、购买食品最重要的影响因素。随着食品工业化制造的进步，自动化机械设备的运转也越来越离不开对加工对象物性的把握。因此，食品物性成为食品工程技术的重要研究内容，食品物性学逐渐被越来越多的大学规定为食品专业学科的必修课。

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。食品国际贸易、作物育种和国内食品工业都亟待解决包括农产品在内的食品品质鉴定标准化、国际化问题。因此，培养具有食品物性学知识的人才、开展这方面研究成为当务之急。

笔者曾在日本留学食品工程专业，从事多年食品物性学研究，1988年归国后给研究生开了食品物性学课程，深受学生们欢迎。1998年由中国农业出版社出版了我国第一部《食品物性学》教材，主要面向研究生教学。这本教材数次再版，2001年获教育部自然科学二等奖，2002年被教育部审定为研究生教学用书。由于开此

课程的高等院校越来越多，为了满足食品专业本科生教学的需要，本教材在原有研究生教材的基础上，按照本科生教学的特点和需要进行了必要的改编、删节和添加。

本教材共8章，不仅有食品流变学等基本内容，而且还有泡沫食品、粉体食品、多孔状食品、纤维食品的物性，食品色彩学，食品质地学，食品电物性及电磁加工等，这些内容将第一次与国内读者见面。书中既有食物物性学学科全面系统的理论分析，又有它在食品加工和品质测定中应用的实例。它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、色彩学等相关内容进行了介绍。为了论述食品感官评价和仪器测定的知识，写入了心理物理学内容。本教材的出版不仅填补了我国空白，而且对介绍国外最新研究成果，促进我国食品科学与工程研究的进步有积极意义。

本教材内容涉猎面较广，作者水平有限，错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2010年1月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 食物物性学的定义和内容</b> .....	1
一、食物的力学性质.....	1
二、食物的热学性质.....	2
三、食物的电学性质.....	2
四、食物的光学性质.....	3
<b>第二节 食物物性学研究的目的和学习方法</b> .....	4
一、食物物性学研究的目的.....	4
二、食物物性学的学习方法.....	5
<b>第二章 食物的力学性质及流变学基础</b> .....	6
<b>第一节 食物物质的胶黏性</b> .....	6
一、食物物性构成体系与力学性质的复杂性.....	6
二、胶体的概念.....	7
三、分散系统的胶体.....	7
四、食物的胶黏性与食品加工.....	12
<b>第二节 食物流变学</b> .....	13
一、食物流变学概述.....	13
二、食物的黏性.....	14
三、食物的黏弹性.....	26
<b>第三章 食物质地学基础</b> .....	58
<b>第一节 食物质地的概念</b> .....	58
一、食物质地的定义.....	58
二、食物的好吃与质地.....	58
<b>第二节 食物质地的感官评价</b> .....	59

一、感觉的种类 .....	59
二、感觉的敏感度 .....	60
三、感官试验的种类 .....	63
四、食品质地的感官表现 .....	65
五、感官鉴定评审组的确定 .....	72
六、感官鉴定的方法 .....	73
<b>第三节 食品质地的仪器测定</b> .....	80
一、压缩拉伸型测试仪器 .....	81
二、搅拌型测定仪 .....	84
<b>第四节 质地评价仪器的选择</b> .....	87
一、仪器测定和感官评价的特点 .....	87
二、仪器的选择与结果分析 .....	88
<b>第四章 液态食品的物性</b> .....	91
<b>第一节 液体的稳定性</b> .....	91
一、水的构造和分子团结构 .....	91
二、溶液中粒子的稳定性 .....	95
三、乳胶体的形成和稳定 .....	100
<b>第二节 液态食品流变性质及测定</b> .....	106
一、液态食品的流变特性和黏度 .....	106
二、液态食品流变性的测量 .....	107
<b>第三节 泡沫和气泡的形成与性质</b> .....	116
一、泡沫形成原理 .....	117
二、泡沫的稳定性 .....	122
三、气泡的性质 .....	125
四、消泡原理 .....	127
<b>第五章 固态与半固态食品的物性</b> .....	129
<b>第一节 凝胶状食品的物性</b> .....	129
一、凝胶的分类 .....	130
二、溶胶与凝胶的转化 .....	130
三、凝胶状食品的物性 .....	137
<b>第二节 组织状食品的物性</b> .....	141
一、细胞状食品的物性 .....	142



二、纤维状食品的物性 .....	146
<b>第三节 多孔状食品的物性</b> .....	148
一、多孔状食品的概念 .....	148
二、多孔状食品物性的测定 .....	149
三、几种多孔质食品质地的评价 .....	152
<b>第四节 粉体食品的物性</b> .....	156
一、粉体粒子的状态 .....	156
二、粉体的堆积状态 .....	165
三、粉体的力学性质 .....	168
<b>第六章 食品色彩科学与光学性质</b> .....	177
<b>第一节 食品与色彩</b> .....	177
一、食品的色彩与感官评价 .....	177
二、食品色彩的偏见与误区 .....	179
三、食品の色光性质与品质测定 .....	180
<b>第二节 颜色光学基础</b> .....	181
一、视觉生理与光度 .....	181
二、色度学基础 .....	183
三、颜色的感觉和心理 .....	191
四、颜色的分类与色彩图 .....	197
五、CIELAB表色系统 .....	202
六、食品颜色的测定方法和仪器 .....	203
<b>第三节 食品的光物性与品质</b> .....	211
一、光物性基本概念 .....	211
二、食品的光学测定原理 .....	212
三、食品光物性的测定与应用 .....	214
四、食品近红外线测定的原理和应用 .....	219
<b>第七章 食品的热物性</b> .....	227
<b>第一节 食品热物性基础</b> .....	227
一、食品的传热特性 .....	227
二、差示扫描热量测定与定量差示热分析 .....	231
<b>第二节 食品的传热物性</b> .....	234
一、可加性物性和非可加性物性 .....	234

二、食品的有效导热系数 .....	235
<b>第三节 能弹性与熵弹性</b> .....	240
一、等温可逆的弹性变形 .....	240
二、能弹性与熵弹性分析的应用 .....	242
<b>第八章 食品的电物性及其应用</b> .....	244
<b>第一节 概述</b> .....	244
一、研究食品电物性的意义 .....	244
二、电物性与食品加工 .....	244
三、电物理加工的课题 .....	246
<b>第二节 食品基本电物性及其测定</b> .....	246
一、食品的电物性基础 .....	246
二、食品电物性的测定 .....	252
三、电场中食品的电物性 .....	254
<b>第三节 食品加工中电物性的利用原理和方法</b> .....	258
一、静电场处理 .....	258
二、电渗透脱水 .....	261
三、通电加热 .....	264
四、微波加热 .....	268
五、远红外线加热 .....	273
六、电脉冲杀菌 .....	278
七、高压电场干燥 .....	282
八、交流高场强杀菌 .....	283
九、食品电阻抗测定 .....	285
<b>附录</b> .....	289
附表 1 2 点识别试验及 1:2 点识别试验法检验表 .....	289
附表 2 2 点嗜好试验法检验表 .....	290
附表 3 3 点识别试验法检验表 .....	291
附表 4 3 点嗜好试验法检验表 .....	292
附表 5 Kramer 顺序检验数 (信度 5%) .....	293
附表 6 Kramer 顺序检验数 (信度 1%) .....	299
<b>主要参考文献</b> .....	305

# 第一章 绪 论

## 第一节 食物性学的定义和内容

食物性学是研究食品（包括食品原料）物理性质的一门科学。由于食品本身的复杂性及物性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，食品的力学性质，不光是像其他材料的力学测定或力学性质评价，还包括人的感官对其接触时的感觉，这里还涉及食品的化学成分、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物理性质的分析研究，也包括人的感官对食品物理性质的所谓感觉性质的研究，许多内容和心理学、生理学密切相关。这两者构成了食物性学不同于其他材料物理性质的两大组成部分。

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，如水果、蔬菜、肉、蛋、乳、水产品收获后的粮食等；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，而且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、纤维状食品和多孔质食品；也有人把它分为液状食品（包括可流动的溶液、胶体、泡沫和气泡）、固体和半固体状食品（组织细胞、固体泡、半固体、粉体等）。因此，食品可以说是非常复杂的物质体系。

总之，食物性学涉及的领域虽然广泛，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变

形、振动、流动、破断等各种规律等。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。食品的力学性质除了用仪器评价外，还包括感官的评价，例如，对米饭、面条、饼干、肉类、蔬菜的“软硬”、“筋道”、“酥脆”等口感的评价。这部分也被归为食品质地 (food texture) 研究。

(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的变化。

(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。例如，食品加工中的混合、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，而使它变为所需的形态。因此，研究和掌握加工对象的力学状态和性质，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

冷热处理是食品加工的重要手段。尤其是现代化食品工业，为了提高食品的品质和保藏、流通功能，加热、冷却、冷冻成了最常用的加工方法。因此，食品的热物理性质对食品的生产管理、品质控制、加工和流通等十分重要。

常见的热物性指标和研究内容主要有比热容、潜热、相变规律、传热规律以及与温度有关的热膨胀规律等。除了对一些食品工程单元操作，如杀菌、干燥、蒸馏、熟化、冷冻、凝固、结晶、融化、烘烤、蒸煮等，原料的热物性有着十分重要影响，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，近年来越来越受到重视。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，以及电磁物理特性。电学性质的研究领域主要可以分为以下两个方面。

(1) 食品品质的检测：食品的状态、成分等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，成了食品生产设备实现自

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：近年来，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（远红外、微波、电脉冲等）加工处理技术、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，但近年来颇受关注，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品质、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、成熟与否和品质好坏的最重要指标。然而食品的色泽往往不能由一般的物理量来表达，它是人的视觉对食品光学性质的感觉。所以，这一研究领域除了一般的光学性质外，还涉及色光理论、色光感觉以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，将要被仪器食品测定的指标所代替。所以，这方面的知识和研究成为食品物性学中不可缺少的新内容。

以上所列的食品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方面的研究领域。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。其他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，食品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有必要。从这个意义上讲，食品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 目的和学习方法

### 一、食物物性学研究的目

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，就必须了解食品物料的流动性质；面包、面条加工时，也需要对面团的流变性加以控制；规格化、标准化加工的食品，其色泽品质控制也需要对其光物性的研究。

(2) 建立食品品质客观评价的方法。客观评价法也称为仪器测定法。与其相对应的是主观评价法，即人的感官评价法。虽然感官评价法目前还有着仪器测定无法替代的优点，但它也受许多条件限制，有时使用起来不很方便，尤其是它的客观性问题。因此，食物物性学研究目的之一，就是通过对其食物物性感官评价的模拟，找出可以近似替代感官评价的仪器测定方法。

(3) 通过对物性的试验研究，可以了解食品生化性质变化。食品的组织结构、化学成分有时测定起来非常复杂，甚至是不可能的。然而，这些内部组织状态的变化往往反映在物性的变化上。因此用物性测定的方法分析内部组织状态常常是简单、准确的可行方法。例如，在制面条或制面包工艺中，面筋形成的情况用观察或其他方法很难确定。而用测定其黏弹性的方法，则可简便地了解面团、面筋的网络形成程度。尤其是对于生鲜食品的无损组织测定，利用振动、光反射、电磁感应等物性测定手段更是必要的选择。

(4) 为改善食品的风味，发挥食品的嗜好功能提供科学依据。随着调味料技术的日趋完善，人们嗜好品位的提高，食品的质地、色泽特性在食品的嗜好品质评价中所占比重越来越大。然而，以往的感官评价，往往在信息交流、定量表达、科学再现性等方面不能满足食品工业化生产的要求。因此，以仪器测定的指标来表现食品的风味特性，并以此为依据，保证和提高食品的嗜好性品质，成为当前食品开发技术的重要方面。

(5) 深入了解食品分子结构及化学组成。例如，近年来对水分子团结构

的研究、功能性肽的研究、乳化剂界面活性作用的研究、加压或加热条件下蛋白、淀粉等食品材料变性的研究等，越来越引起食品科技界的重视。然而，以上这些研究中，分子水平的结构变化，很难用化学分析的方法了解，甚至先进的电子显微镜也观察不到。用物性测定的方法，往往成为以上研究唯一有效的试验手段。

食物性学已经成为食品科学与工程学科的重要研究领域。由于食物性学知识在现代食品开发、加工和品质控制中发挥着十分重要的作用，因此，它也和食品化学、生物化学一样，是食品科技人员必修的基础知识。

### 二、食物性学的学习方法

食物性学作为一门学科，具有以下几个特点。因此在学习和掌握这门知识时也要注意学习方法。

(1) 食物性学是一门牵涉多学科领域的科学。学习时应和物理学、物理化学、食品生物化学以及食品工程原理等知识联系起来，以便加深理解。当然本书在有关章节会尽量讲述这些有关的基础知识。

(2) 食物性学也是一门实践性比较强的科学。学习时，要求对食品加工的实践有较多的经验；同时，往往需要进行一些试验或自己设计一些物性研究的试验方法，使得对这门科学真正掌握，并做到善于应用它去解决食品开发中的各种问题。

(3) 食物性学是一门新的、体系尚未形成的学科，有许多领域的研究还仅仅是一些初步的试验结果，系统的结论尚需更多研究。所以，学习时要善于举一反三、启发联想，善于从教材的内容掌握科学的研究方法和思路，使学习收到更好效果。

### 复习思考题

1. 为什么说食物性学是食品科学的重要基础学科之一？食物性学对食品制造与加工有何意义？

2. 食物性学涉及哪些学科领域？为什么说它不同于一般材料物理性质的研究？

# 第二章 食品的力学性质 及流变学基础

食品的力学性质是食物物性中十分重要的性质。除了对食品进行各种机械处理需要了解其力学性质以外，食品的风味因素中，力学性质也占有很重要的位置。由于食品大多为容易变形、流动或破碎的黏弹性体物质，所以，工业流变学的理论成为研究食品力学性质的重要基础。本章除了以流变学为主，阐述食品的力学性质外，还将对与食品力学性质有关的食品的物质结构特点和食品质地学加以论述。

## 第一节 食品物质的胶黏性

### 一、食品物性构成体系与力学性质的复杂性

一般物质的物理参数，都是排除了一些不确定因素，按一定的原则进行定义的。如比热容、密度、黏度、弹性率等。对某一指定的物质，这些指标往往是常数定值。但是对于食品，以上物理量往往很难确定。这是因为食品物质的组成比较复杂，多为非均质的构造。而且食品及其生物物质素材的物性，比一般非生物物质的素材在物性方面复杂得多。

一般的食品不仅含有固体，而且还有水、空气的存在，属于分散系统或称为非均质分散系统，也称分散系。所谓分散系统（disperse system）是指数微米以下、数纳米以上的微粒子，在气体、液体或固体中浮游悬浊（即分散）的系统。这一系统中，以上所说的微粒子被称为分散相（disperse phase），而属于气体、液体或固体的介质被称为分散介质（disperse medium），也称连续相。分散系统的物质与普通混合物有很大的不同。普通混合物的宏观物性公式，不以构成各相成分的改变而变化，即对于混合物的构成各相来说，其物性函数具有对称性。然而，对于分散系统来说，当分散相与连续相发生交换变化，物理性质就会相差甚远（例如，固体中气体为分散相与气体中固体为分散相，两者物性截然不同）。也就是说，表述分散系物质宏观物性公式具有与连续相和分散相有关的非对称性质。这也被称为分散



系统物质物性的特异性。因此在研究食品物性时，要注意到食品物质的分散系性质。胶体实际上就是一种分散系状态的物质。

## 二、胶体的概念

几乎所有食品都包含高分子化合物，食用时的状态多数都可以看做胶体，例如面条、米饭、豆腐、馒头等。因此，研究食品的物性就需要首先了解胶体科学。

最早提出胶体 (colloid) 一词的是 19 世纪中叶的英国科学家 Graham。他在研究各种水溶液中物质的扩散速度时，发现蛋清蛋白、酪蛋白在水中的扩散速度比食盐和糖要慢得多；越是扩散速度慢的物质，结晶也越不容易，扩散越快的物质结晶越容易，于是就把结晶容易的物质称做拟晶体 (crystalloid)，而把不易结晶的物质称为胶体 (colloid)。从此，胶体这一名词被广泛采用。但后来科学家又发现，有的物质既可以是晶体，也可以是非晶体 (胶体)。后来胶体的概念就不再是物质的种类，而成为表示物质状态的名词，即晶体和胶体表示物质分散度不同的两种状态。

胶体系统主要由胶体粒子 (colloidal particle) 组成，是一种多相分散系统，亦称非均质分散系统 (heterogeneous dispersed system)。按分散相的分散粒子大小不同，胶体系统可划分为三类。各类胶体粒子的大小分布和特征见表 2-1。

表 2-1 胶体粒子的大小和胶体的特征

类型	真溶液	胶体溶液	悬浊液
粒子大小	<1nm	1~100nm	约 200nm
观察手段	电子显微镜可知其存在	电子显微镜可观其形，超显微镜可知其存在	光学显微镜可观其形
渗透性	可通过半透膜	可透过滤纸，但不能透过半透膜	不能透过滤纸
透光性	透明，不显示廷德尔现象 <sup>①</sup>	显示廷德尔现象	很混浊

① 廷德尔现象 (Tyndall phenomenon)：当用一束光从侧旁照射胶体溶液时，可观察到通过溶液的光路上有明显光柱的现象。

## 三、分散系统的胶体

胶体粒子的分散状态也被称为分散系统。其中胶体粒子为分散相 (亦称