

# SHIPIN

## HUAXUE



高职高专“十一·五”规划教材

★ 食品类系列

# 食品化学

程云燕 麻文胜 主编



化学工业出版社

# SHIPIN

# HUAXUE



高职高专“十一·五”规划教材

★ 食品类系列

# 食品化学

程云燕 麻文胜 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

食品化学是食品类专业的基础课程。在分析职业岗位和工作过程的基础上,本着基础理论以“必需、够用”为度,本教材把食品化学、食品生物化学、食品营养学等教学内容进行重新整合,充分体现了基础知识在食品加工、储藏过程中的应用。全书主要由理论知识部分和实验部分构成,理论知识部分是以食品成分为主要线索,包括食品的成分化学、食品酶学、食物中营养成分的代谢、食品的色香味化学、食品添加剂、食品中的禁忌成分、植物性食品化学、动物性食品化学 8 章内容;实验部分包括验证性实验、应用性实验、研究性实验等 11 个实验。

本书可作为高职高专生物技术、食品加工技术、食品营养与检测等食品相关专业的教材,也可供食品相关专业技术人员参考。

“十一五”规划教材

食品化学

### 图书在版编目 (CIP) 数据

食品化学/程云燕,麻文胜主编. —北京:化学工业出版社,2008.6

高职高专“十一五”规划教材★食品类系列

ISBN 978-7-122-03026-9

I. 食… II. ①程…②麻… III. 食品化学-高等学校: 技术学院-教材 IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 075974 号

责任编辑:李植峰 梁静丽 郎红旗

文字编辑:俞方远

责任校对:李林

装帧设计: 

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张16¼ 字数401千字 2008年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:27.00元

版权所有 违者必究

## 高职高专食品类“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

|       |             |     |     |     |     |     |     |  |
|-------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 主任委员  | 贡汉坤         | 逯家富 |     |     |     |     |     |  |
| 副主任委员 | 杨宝进         | 朱维军 | 于雷  | 刘冬  | 徐忠传 | 朱国辉 | 丁立孝 |  |
| 委 员   | 李靖靖         | 程云燕 | 杨昌鹏 |     |     |     |     |  |
|       | (按姓名汉语拼音排列) |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 边静玮         | 蔡晓雯 | 常锋  | 程云燕 | 丁立孝 | 贡汉坤 | 顾鹏程 |  |
|       | 郝亚菊         | 郝育忠 | 贾怀峰 | 李崇高 | 李春迎 | 李慧东 | 李靖靖 |  |
|       | 李伟华         | 李五聚 | 李霞  | 李正英 | 刘冬  | 刘靖  | 娄金华 |  |
|       | 陆旋          | 逯家富 | 秦玉丽 | 沈泽智 | 石晓  | 王百木 | 王德静 |  |
|       | 王方林         | 王文焕 | 王宇鸿 | 魏庆葆 | 翁连海 | 吴晓彤 | 徐忠传 |  |
|       | 杨宝进         | 杨昌鹏 | 杨登想 | 于雷  | 臧凤军 | 张百胜 | 张海  |  |
|       | 张奇志         | 张胜  | 赵金海 | 郑显义 | 朱国辉 | 朱维军 | 祝战斌 |  |

## 高职高专食品类“十一五”规划教材 编审委员会成员名单

|       |             |     |     |     |     |     |     |
|-------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主任委员  | 莫慧平         |     |     |     |     |     |     |
| 副主任委员 | 魏振枢         | 魏明奎 | 夏红  | 翟玮玮 | 赵晨霞 | 蔡健  |     |
| 委 员   | 蔡花真         | 徐亚杰 |     |     |     |     |     |
|       | (按姓名汉语拼音排列) |     |     |     |     |     |     |
|       | 艾苏龙         | 蔡花真 | 蔡健  | 陈红霞 | 陈月英 | 陈忠军 | 初峰  |
|       | 崔俊林         | 符明淳 | 顾宗珠 | 郭晓昭 | 郭永  | 胡斌杰 | 胡永源 |
|       | 黄卫萍         | 黄贤刚 | 金明琴 | 李春光 | 李翠华 | 李东风 | 李福泉 |
|       | 李秀娟         | 李云捷 | 廖威  | 刘红梅 | 刘静  | 刘志丽 | 陆霞  |
|       | 孟宏昌         | 莫慧平 | 农志荣 | 庞彩霞 | 邵伯进 | 宋卫江 | 隋继学 |
|       | 陶令霞         | 汪玉光 | 王立新 | 王丽琼 | 王卫红 | 王学民 | 王雪莲 |
|       | 魏明奎         | 魏振枢 | 吴秋波 | 夏红  | 熊万斌 | 徐亚杰 | 严佩峰 |
|       | 杨国伟         | 杨芝萍 | 余奇飞 | 袁仲  | 岳春  | 翟玮玮 | 詹忠根 |
|       | 张德广         | 张海芳 | 张红润 | 赵晨霞 | 赵晓华 | 周晓莉 | 朱成庆 |

# 高职高专食品类“十一五”规划教材 建设单位

(按汉语拼音排列)

宝鸡职业技术学院  
北京电子科技职业学院  
北京农业职业学院  
滨州市技术学院  
滨州职业学院  
长春职业技术学院  
常熟理工学院  
重庆工贸职业技术学院  
重庆三峡职业学院  
东营职业学院  
福建华南女子职业学院  
广东农工商职业技术学院  
广东轻工职业技术学院  
广西农业职业技术学院  
广西职业技术学院  
广州城市职业学院  
海南职业技术学院  
河北交通职业技术学院  
河南工贸职业学院  
河南农业职业学院  
河南商业高等专科学校  
河南质量工程职业学院  
黑龙江农业职业技术学院  
黑龙江畜牧兽医职业学院  
呼和浩特职业学院  
湖北大学知行学院  
湖北轻工职业技术学院  
黄河水利职业技术学院  
济宁职业技术学院  
嘉兴职业技术学院  
江苏财经职业技术学院  
江苏农林职业技术学院  
江苏食品职业技术学院  
江苏畜牧兽医职业技术学院  
江西工业贸易职业技术学院

焦作大学  
荆楚理工学院  
景德镇高等专科学校  
开封大学  
漯河医学高等专科学校  
漯河职业技术学院  
南阳理工学院  
内江职业技术学院  
内蒙古大学  
内蒙古化工职业学院  
内蒙古农业大学职业技术学院  
内蒙古商贸职业学院  
宁德职业技术学院  
平顶山工业职业技术学院  
濮阳职业技术学院  
日照职业技术学院  
山东商务职业学院  
商丘职业技术学院  
深圳职业技术学院  
沈阳师范大学  
双汇实业集团有限责任公司  
苏州农业职业技术学院  
天津职业大学  
武汉生物工程学院  
襄樊职业技术学院  
信阳农业高等专科学校  
杨凌职业技术学院  
永城职业学院  
漳州职业技术学院  
浙江经贸职业技术学院  
郑州牧业工程高等专科学校  
郑州轻工职业学院  
中国神马集团  
中州大学

## 《食品化学》编写人员

- 主 编** 程云燕 (广西职业技术学院)  
麻文胜 (广西职业技术学院)
- 副主编** 刘红梅 (河南商业高等专科学校)  
李梅香 (济宁职业技术学院)
- 参编人员** (按姓名汉语拼音排序)
- 程云燕 (广西职业技术学院)  
郭 永 (黄河水利职业技术学院)  
黄国宏 (广西职业技术学院)  
李梅香 (济宁职业技术学院)  
李伟华 (商丘职业技术学院)  
刘红梅 (河南商业高等专科学校)  
麻文胜 (广西职业技术学院)  
庞彩霞 (呼和浩特职业学院)  
帅行明 (漯河职业技术学院)  
陶令霞 (濮阳职业技术学院)  
谭漪宁 (广西职业技术学院)

## 序

作为高等教育发展中的一个类型,近年来我国的高职高专教育蓬勃发展,“十五”期间是其跨越式发展阶段,高职高专教育的规模空前壮大,专业建设、改革和发展思路进一步明晰,教育研究和教学实践都取得了丰硕成果。各级教育主管部门、高职高专院校以及各类出版社对高职高专教材建设给予了较大的支持和投入,出版了一些特色教材,但由于整个高职高专教育改革尚处于探索阶段,故而“十五”期间出版的一些教材难免存在一定程度的不足。课程改革和教材建设的相对滞后也导致目前的人才培养效果与市场需求之间还存在着一定的偏差。为适应高职高专教学的发展,在总结“十五”期间高职高专教学改革成果的基础上,组织编写一批突出高职高专教育特色,以培养适应行业需要的高级技能型人才为目标的高质量教材不仅十分必要,而且十分迫切。

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)中提出将重点建设好3000种左右国家规划教材,号召教师与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材。“十一五”期间,教育部将深化教学内容和课程体系改革、全面提高高等职业教育教学质量作为工作重点,从培养目标、专业改革与建设、人才培养模式、实训基地建设、教学团队建设、教学质量保障体系、领导管理规范化等多方面对高等职业教育提出新的要求。这对于教材建设既是机遇,又是挑战,每一个与高职高专教育相关的部门和个人都有责任、有义务为高职高专教材建设作出贡献。

化学工业出版社为中央级综合科技出版社,是国家规划教材的重要出版基地,为我国高等教育的发展做出了积极贡献,被新闻出版总署领导评价为“导向正确、管理规范、特色鲜明、效益良好的模范出版社”,最近荣获中国出版政府奖——先进出版单位奖。依照教育部的部署和要求,2006年化学工业出版社在“教育部高等学校高职高专食品类专业教学指导委员会”的指导下,邀请开设食品类专业的60余家高职高专骨干院校和食品相关企业作为教材建设单位,共同研讨开发食品类高职高专“十一五”规划教材,成立了“高职高专食品类‘十一五’规划教材建设委员会”和“高职高专食品类‘十一五’规划教材编审委员会”,拟在“十一五”期间组织相关院校的一线教师和相关企业的技术人员,在深入调研、整体规划的基础上,编写出版一套食品类相关专业基础课、专业课及专业相关外延课程教材——“高职高专‘十一五’规划教材★食品类系列”。该批教材将涵盖各类高职高专院校的食品加工、食品营养与检测和食品生物技术等专业开设的课程,从而形成优化配套的高职高专教材体系。目前,该套教材的首批编写计划已顺利实施,首批60余本教材将于2008年陆

续出版。

该套教材的建设贯彻了以应用性职业岗位需求为中心，以素质教育、创新教育为基础，以学生能力培养为本位的教育理念；教材编写中突出了理论知识“必需”、“够用”、“管用”的原则；体现了以职业需求为导向的原则；坚持了以职业能力培养为主线的原则；体现了以常规技术为基础、关键技术为重点、先进技术为导向的与时俱进的原则。整套教材具有较好的系统性和规划性。此套教材汇集众多食品类高职高专院校教师的教学经验和教改成果，又得到了相关行业企业专家的指导和积极参与，相信它的出版不仅能较好地满足高职高专食品类专业的教学需求，而且对促进高职高专课程建设与改革、提高教学质量也将起到积极的推动作用。希望每一位与高职高专食品类专业教育相关的教师和行业技术人员，都能关注、参与此套教材的建设，并提出宝贵的意见和建议。毕竟，为高职高专食品类专业教育服务，共同开发、建设出一套优质教材是我们应尽的责任和义务。

贡汉坤



# 前 言

食品化学是食品类专业的基础课程。为适应以就业为导向的高等职业教育的要求，培养学生对食品行业各类岗位的适应性，在分析职业岗位和工作过程的基础上，本着专业基础课程为专业课程服务，基础理论以“必需、够用为度”，突出教学内容在食品工业中应用性、实践性、新颖性的原则，本教材把食品化学、食品生物化学、食品营养学等教学内容进行了整合，充分体现了基础知识在食品加工、储藏过程中的应用，同时还特别注意与后续工艺类、检验类课程的衔接，使整合后的食品化学呈现了综合化、平台化的特点。

本教材由理论知识部分和实验部分构成。理论知识部分以食品成分为主要线索，融合了食品化学、生物化学、风味化学等基本知识的内容，如第二章食品酶学、第三章食品中营养成分的代谢、第四章食品色香味化学。该部分既讲述了食品中主要的营养成分，如第一章，又讲述对食品安全有重要影响的微量成分，如第五章食品添加剂、第六章食品中的嫌忌成分。在结构上既有分述又有综述，如在第一章综合讲述食品的成分化学后，为使学生对某类食品成分呈综合的印象，编入了第七章植物性食品化学和第八章动物性食品化学。实验部分既包括验证性实验，如淀粉的实验等，又包括了应用性的实验，如蔬菜加工中护色实验与水果酶促褐变的防止等实验，以及研究性的实验，如果蔬中维生素 C 在热加工中的变化。

本书由程云燕（广西职业技术学院）和麻文胜（广西职业技术学院）担任主编，由刘红梅（河南商业高等专科学校）和李梅香（济宁职业技术学院）担任副主编，参编人员有濮阳职业技术学院陶令霞，商丘职业技术学院李伟华，漯河职业技术学院帅行明、广西职业技术学院黄国宏、谭旖宁，黄河水利职业技术学院郭永，呼和浩特职业学院庞彩霞。

本书是一本适合于高职高专层次生物技术类、食品加工技术类、食品营养与检测等食品相关专业使用的教材，也可供食品相关专业技术人员参考。

由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编者

2008年4月

# 目 录

|                                 |    |                        |     |
|---------------------------------|----|------------------------|-----|
| 绪论 .....                        | 1  | 五、油脂加工化学 .....         | 62  |
| 一、食品化学的概念 .....                 | 1  | 思考题 .....              | 64  |
| 二、食品化学的主要内容 .....               | 1  | 第五节 维生素 .....          | 64  |
| 三、食品化学在食品工业技术发展中的<br>作用 .....   | 4  | 一、脂溶性维生素 .....         | 65  |
| 思考题 .....                       | 5  | 二、水溶性维生素 .....         | 68  |
| 三、维生素在食品加工和储存中的变化 .....         | 4  | 思考题 .....              | 76  |
| 第一章 食品的成分化学 .....               | 6  | 第六节 矿物质 .....          | 76  |
| 第一节 水分 .....                    | 6  | 一、概述 .....             | 76  |
| 一、水在食品中的含量 .....                | 6  | 二、食品中矿物质的分类 .....      | 77  |
| 二、水在食品及食品加工中的作用 .....           | 7  | 三、食品中重要的矿物质 .....      | 78  |
| 三、水和冰的结构及性质 .....               | 8  | 四、食物中的矿质元素 .....       | 82  |
| 四、食品中水的状态 .....                 | 9  | 思考题 .....              | 83  |
| 五、水分活度与食品的腐败 .....              | 10 | 第七节 食物中的天然活性成分 .....   | 84  |
| 六、国内外食品水分各种测量方法的<br>原理 .....    | 11 | 一、糖类活性成分 .....         | 84  |
| 思考题 .....                       | 13 | 二、脂类活性成分 .....         | 88  |
| 第二节 糖类 .....                    | 13 | 三、活性氨基酸、肽及蛋白质 .....    | 90  |
| 一、糖的概念及分类 .....                 | 13 | 四、类黄酮活性成分 .....        | 93  |
| 二、单糖和低聚糖的结构与特性 .....            | 14 | 五、皂苷类活性成分 .....        | 96  |
| 三、食品中重要的单糖、低聚糖及其<br>衍生物 .....   | 18 | 六、萜类活性成分 .....         | 99  |
| 四、单糖和低聚糖的性质及在食品工业<br>中的应用 ..... | 20 | 七、生物碱 .....            | 100 |
| 五、食品中多糖及其功能 .....               | 26 | 八、其他活性成分 .....         | 102 |
| 思考题 .....                       | 33 | 思考题 .....              | 104 |
| 第三节 蛋白质、氨基酸 .....               | 33 | 第二章 食品酶学 .....         | 105 |
| 一、氨基酸 .....                     | 34 | 第一节 酶的概念与作用特点 .....    | 105 |
| 二、蛋白质结构及其特性 .....               | 38 | 一、酶的化学本质 .....         | 105 |
| 三、蛋白质在食品加工中的功能 .....            | 42 | 二、酶的命名与分类 .....        | 105 |
| 四、蛋白质在加工储藏中的变化 .....            | 45 | 三、酶的催化作用特点 .....       | 106 |
| 五、食品中主要蛋白质 .....                | 47 | 第二节 酶的作用机理 .....       | 107 |
| 思考题 .....                       | 50 | 一、酶催化作用在于降低反应活化能 ..... | 107 |
| 第四节 脂类 .....                    | 50 | 二、中间复合物学说 .....        | 107 |
| 一、脂类的概念与组成 .....                | 50 | 三、酶作用高效性的机理 .....      | 107 |
| 二、食用油脂的物理性质 .....               | 54 | 第三节 酶促反应动力学 .....      | 108 |
| 三、食用油脂在加工和储藏过程中的<br>化学变化 .....  | 56 | 第四节 食品加工中酶的应用 .....    | 111 |
| 四、油脂品质的表示方法 .....               | 61 | 一、酶法食品加工的优点及使用要求 ..... | 111 |
|                                 |    | 二、食品加工中重要的酶 .....      | 112 |
|                                 |    | 第五节 酶制剂的生产原理 .....     | 116 |
|                                 |    | 一、酶制剂 .....            | 116 |

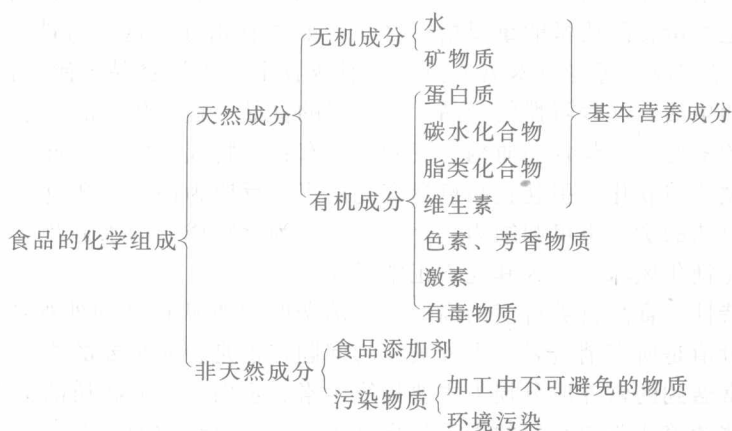
|                             |     |                           |     |
|-----------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 二、酶制剂的生产 .....              | 117 | 三、对食品添加剂的一般要求 .....       | 179 |
| 思考题 .....                   | 118 | 第二节 防腐剂 .....             | 180 |
| <b>第三章 食品中营养成分的代谢</b> ..... | 119 | 一、防腐剂的定义和分类 .....         | 180 |
| 第一节 生物氧化 .....              | 119 | 二、防腐剂的作用机理 .....          | 180 |
| 一、生物氧化概述 .....              | 119 | 三、防腐剂的使用方法 .....          | 180 |
| 二、电子传递链 .....               | 120 | 四、常用食品防腐剂 .....           | 181 |
| 三、氧化磷酸化作用 .....             | 122 | 第三节 抗氧化剂 .....            | 183 |
| 四、其他氧化酶系统 .....             | 123 | 一、抗氧化剂的作用、分类、使用 .....     | 183 |
| 第二节 糖代谢 .....               | 124 | 二、常见的抗氧化剂 .....           | 184 |
| 一、糖的分解代谢 .....              | 124 | 第四节 漂白剂 .....             | 185 |
| 二、糖的合成代谢 .....              | 133 | 第五节 乳化剂 .....             | 186 |
| 第三节 脂类代谢 .....              | 136 | 一、概述 .....                | 186 |
| 一、脂肪的分解代谢 .....             | 136 | 二、乳化剂在食品中的主要作用 .....      | 186 |
| 二、脂肪的生物合成 .....             | 140 | 第六节 增稠剂 .....             | 187 |
| 三、类脂的代谢 .....               | 144 | 一、增稠剂的性质 .....            | 187 |
| 第四节 蛋白质代谢 .....             | 147 | 二、增稠剂在食品加工中的应用 .....      | 187 |
| 一、蛋白质的酶促降解 .....            | 147 | 第七节 膨松剂 .....             | 188 |
| 二、氨基酸的分解代谢 .....            | 148 | 一、概述 .....                | 188 |
| 三、氨基酸的生物合成 .....            | 152 | 二、膨松剂的功效与应用 .....         | 189 |
| 四、蛋白质的生物合成 .....            | 153 | 思考题 .....                 | 189 |
| 第五节 新鲜食物组织的代谢 .....         | 158 | <b>第六章 食品中的嫌忌成分</b> ..... | 190 |
| 一、新鲜果蔬组织的代谢活动 .....         | 158 | 第一节 食品的安全性 .....          | 190 |
| 二、动物宰杀后的组织代谢 .....          | 161 | 一、食品安全是世界性的问题 .....       | 190 |
| 思考题 .....                   | 163 | 二、认识食品安全与食源性疾病 .....      | 190 |
| <b>第四章 食品的色香味化学</b> .....   | 164 | 第二节 微生物毒素 .....           | 191 |
| 第一节 食品的色泽化学 .....           | 164 | 一、细菌毒素 .....              | 192 |
| 一、天然色素 .....                | 164 | 二、霉菌毒素 .....              | 193 |
| 二、人工合成色素 .....              | 168 | 第三节 植物性食物中的毒素 .....       | 194 |
| 第二节 食品中的香气物质 .....          | 168 | 一、有毒蛋白质类 .....            | 194 |
| 一、植物性食物的香气 .....            | 169 | 二、有毒氨基酸 .....             | 194 |
| 二、动物性食物的香气与臭气 .....         | 169 | 三、生物碱类毒素 .....            | 194 |
| 三、发酵食品香味的生成 .....           | 170 | 四、毒苷 .....                | 194 |
| 四、食品香气物质形成途径 .....          | 170 | 五、皂苷类毒素 .....             | 195 |
| 第三节 香料香精 .....              | 171 | 六、亚硝酸盐 .....              | 195 |
| 一、香味剂的使用功效和使用要求 .....       | 171 | 第四节 动物性食物中的毒素 .....       | 195 |
| 二、食用香料 .....                | 171 | 一、麻痹性贝类毒素 .....           | 195 |
| 三、食用香精 .....                | 172 | 二、河豚鱼毒素 .....             | 195 |
| 第四节 食品风味化学 .....            | 173 | 三、鱼体组胺 .....              | 196 |
| 一、味感 .....                  | 173 | 第五节 食品加工中所产生的毒素 .....     | 196 |
| 二、味感的生理基础 .....             | 173 | 一、亚硝酸盐及亚硝胺的形成 .....       | 196 |
| 思考题 .....                   | 178 | 二、3,4-苯并芘 .....           | 197 |
| <b>第五章 食品添加剂</b> .....      | 179 | 三、食品添加剂引起的毒害 .....        | 197 |
| 第一节 概述 .....                | 179 | 四、多氯联苯 .....              | 198 |
| 一、食品添加剂的定义 .....            | 179 | 第六节 环境污染造成的食品毒素 .....     | 198 |
| 二、食品添加剂的分类 .....            | 179 | 一、农药对食品的污染 .....          | 198 |

|                          |     |                              |     |
|--------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 二、工业有害物质对食品的污染·····      | 198 | 四、畜禽肉的风味·····                | 219 |
| 思考题·····                 | 200 | 五、宰后畜禽肉的变化·····              | 219 |
| <b>第七章 植物性食品化学</b> ····· | 201 | 六、畜禽肉的加工与储藏·····             | 220 |
| 第一节 谷类·····              | 201 | 第二节 鱼贝类·····                 | 221 |
| 一、米·····                 | 201 | 一、鱼贝类的化学组成·····              | 221 |
| 二、小麦·····                | 202 | 二、鱼贝类的呈味物质·····              | 222 |
| 三、玉米·····                | 204 | 三、鱼贝类死后的变化·····              | 222 |
| 第二节 薯类·····              | 205 | 四、鱼贝类的加工与储藏·····             | 222 |
| 一、马铃薯·····               | 205 | 第三节 蛋类·····                  | 223 |
| 二、甘薯·····                | 206 | 一、蛋的化学组成·····                | 223 |
| 三、芋头·····                | 206 | 二、蛋的性质·····                  | 224 |
| 四、其他·····                | 206 | 三、蛋的加工与储藏·····               | 225 |
| 第三节 豆类·····              | 207 | 第四节 乳类·····                  | 226 |
| 一、大豆·····                | 207 | 一、牛乳的化学组成·····               | 226 |
| 二、花生·····                | 208 | 二、牛乳的性质·····                 | 228 |
| 第四节 蔬菜类·····             | 208 | 三、牛乳的加工与储藏·····              | 229 |
| 一、蔬菜的化学组成·····           | 208 | 思考题·····                     | 229 |
| 二、一些常见蔬菜的特性与储藏·····      | 210 | <b>第九章 实验实训</b> ·····        | 230 |
| 第五节 水果·····              | 211 | 实验一 水分测定·····                | 230 |
| 一、水果的一般成分·····           | 211 | 实验二 水分活度的测定·····             | 231 |
| 二、一些常见水果的特性和储藏·····      | 213 | 实验三 淀粉实验·····                | 232 |
| 第六节 食用菌·····             | 214 | 实验四 蛋白质的等电点测定·····           | 233 |
| 一、食用菌的化学组成·····          | 214 | 实验五 蛋白质的功能性质实验·····          | 233 |
| 二、食用菌的食用价值及药用价值·····     | 214 | 实验六 脂肪氧化、过氧化值及酸价的测定·····     | 235 |
| 第七节 藻类·····              | 215 | 实验七 卵磷脂的提取、鉴定和应用·····        | 237 |
| 一、藻类的化学组成·····           | 215 | 实验八 果蔬中维生素C在热加工中的变化·····     | 238 |
| 二、藻类的食用价值及药用价值·····      | 215 | 实验九 蔬菜加工中护色实验与水果酶促褐变的防止····· | 240 |
| 思考题·····                 | 216 | 实验十 酶的催化特性·····              | 241 |
| <b>第八章 动物性食品化学</b> ····· | 217 | 实验十一 酶促反应的影响因素·····          | 242 |
| 第一节 畜禽肉类·····            | 217 | <b>参考文献</b> ·····            | 245 |
| 一、畜禽肉的组织结构·····          | 217 |                              |     |
| 二、畜禽肉的化学组成·····          | 217 |                              |     |
| 三、畜禽肉的颜色·····            | 218 |                              |     |

# 绪 论

## 一、食品化学的概念

食物是指含有营养素的物料，但通常也泛指一切食物为食品。人类的食物绝大多数都是经过加工后才食用的，经过加工的食物称为食品。食品中的营养素是指那些能维持人体正常生长发育和新陈代谢所必需的物质，通常所指的六大营养素是蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素和水。



食品化学是研究食品的化学组成、结构、理化性质、营养和安全性质，以及食品在生产、加工、储藏、运输和销售过程中的变化和对食品品质、食品安全性影响的科学，是食品科学的一个重要组成部分。食品化学与化学、生物化学、生理学、植物学、动物学和分子生物学密切相关，它主要依赖上述学科的知识有效地研究以解决食品加工和保藏等至关重要的问题，例如新鲜果蔬在储藏和远销过程中维持残有生命过程的适宜条件，如用低温、包装来维持果蔬的新鲜度，使之具有较长的货架期；相反，在试图长期保存食品而进行的热加工、冷冻、浓缩、脱水、辐照和化学防腐剂的添加等时，有哪些不适宜生命生存的条件，在这些加工和保藏条件下食品中各种组分可能发生的变化以及这些变化对食品的品质和安全性的影响等。因此，食品化学理论体系的核心就是探讨在食品的生产、储藏和加工过程中如何提高和保证食品的质量。

## 二、食品化学的主要内容

食品化学就是以食物中的主要成分和重要成分为主线，介绍这些物质在食品加工与储藏条件下的化学反应及这些反应对食品质量的影响，它是食品科学研究的基本材料的归纳与分析，一般按以下层次考虑问题。

- ① 明确食品的品质特性。
- ② 分析影响食品品质特性的化学反应。
- ③ 了解食品加工中主控反应的条件。

### 1. 食品的品质特性

《中华人民共和国食品卫生法》第六条规定，“食品应当无毒、无害，符合应当有的营养

要求，具有相应的色、香、味等感官性状。”，食品的卫生标准通常由感官指标（或要求）、理化指标、微生物指标（或安全指标）三部分组成。在食品加工或储藏中可能发生的变化见表 0-1，因此，食品的品质特性应包括质构、色泽、风味和营养价值以及安全性。

表 0-1 在食品加工或储藏中可能发生的变化分类

| 品质特性 | 变 化                          |
|------|------------------------------|
| 质构   | 失去溶解性、失去持水力、质地变坚韧、质地软化       |
| 风味   | 出现酸败、出现焦味、出现异味、出现美味和芳香       |
| 色泽   | 褐变(暗色)、漂白(褪色)、出现异常颜色、出现诱人色泽  |
| 营养价值 | 蛋白质、脂类、维生素和矿物质的降解或损失及生物利用性改变 |
| 安全性  | 产生毒物、钝化毒物、产生有调节生理机能作用的物质     |

(1) 感官质量特性 消费者容易由感觉器官感知的产品特性，叫感官质量特性。如色、香、味，它们是衡量食品质量的重要指标之一，如感官指标，这些特性可用质构（硬、软、绵、脆等）、色泽和风味等专业术语来描述。消费者十分关注食品的感官品质，只有品质特性符合消费者的生活、饮食习惯的食品，才是好的食品。食品化学的侧重点之一是防止食品感官质量特性的劣变。引起食品质构劣变的原因有：食物成分失去溶解性、失去持水力、各种反应引起的硬化与软化。引起食品色泽变化的主要反应为褐变、褪色或产生其他不正常颜色。引起食品风味的劣变也可归纳为三个方面，一为食物成分的水解及氧化酸败，二为蒸煮产生的风味或焦糖化风味，三为其他不正常风味。

(2) 营养特性 食品营养价值的高低，在消费时很难从食品的外观特性来判断其优劣，但食品的营养价值是所有消费者都十分关注的问题，也是食品重要的质量指标之一。在食品加工与储藏中常遇到的营养成分损失主要指维生素、蛋白质、矿物质的损失。在加工与储藏中如何保持这些营养或避免它们的损失是食品生产者主要考虑的问题。

(3) 食品的安全性 食品的安全性是食品质量最重要的问题，在食品的质量指标中通常主要体现在卫生指标这一部分。考虑食品的安全性主要有以下几种情况。第一，对原本就存在于食物中的有害物质的发现和研究。第二，对在食品加工时有意或无意添加到食品中的毒物的评价。第三，对食品在储运中产生的有毒物质的分析与评价。如蘑菇中的毒素的分析研究；食品加工过程所作用的添加剂应符合《食品添加剂使用卫生标准》；各类油类作物及其制品不能存在具有致癌作用的物质——黄曲霉毒素，以及不能含有亚硝胺、苯并芘、农药和有害的重金属等。现代食品工业要求每一种食品必须有明确的安全性指标，而且上市之前要经过充分的安全性评价。故与食品的安全性相关的内容是食品质量安全市场准入制度 QS 标志认证、HACCP 质量安全控制体系以及其他质量管理体系的理论基础。

## 2. 影响食品品质特性的化学反应

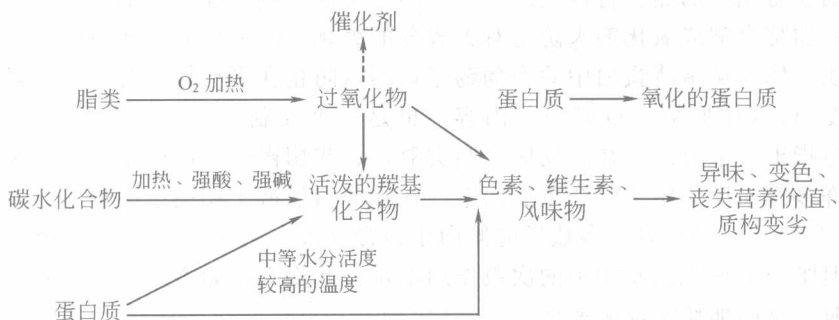
食品在加工储藏过程中发生的化学变化（表 0-2），一般包括生理成熟和衰老过程中的酶促变化；水分活度改变引起的变化；原料或组织因混合而引起的酶促变化和化学反应；热加工等激烈加工条件引起的分解、聚合及变性；空气中的氧气或其他氧化剂引起的氧化；光照引起的光化学变化及包装材料的某些成分向食品迁移引起的变化。这些变化中较重要的是酶促褐变、非酶促褐变、脂类水解、脂类氧化、蛋白质变性、蛋白质交联、蛋白质水解、低聚糖和多糖的水解、多糖的合成、糖醇解和天然色素的降解等。这些反应的发生将导致食品品质的改变或损害食品的安全性。

分析与了解以上反应的机理、反应发生的条件，是分析食品质量劣变原因的理论基础。在某一食品的加工或储藏过程中，找出严重影响产品质量的主要反应，并想办法抑制或延缓

表 0-2 改变食品品质的一些化学反应和生物化学反应

| 反应类型  | 实例                            |
|-------|-------------------------------|
| 非酶褐变  | 焙烤食品表面成色                      |
| 酶促褐变  | 切开的水果迅速变色                     |
| 氧化    | 脂肪产生异味、色素褪色、蛋白质营养损失           |
| 水解    | 脂类、蛋白质、碳水化合物、维生素、色素水解         |
| 金属反应  | 金属与花青素作用改变颜色、叶绿素脱镁、作为自动氧化的催化剂 |
| 脂类异构化 | 顺→反异构化、非共轭脂→共轭脂               |
| 脂类环化  | 产生单环脂肪酸                       |
| 脂类聚合  | 油炸中油起泡沫                       |
| 蛋白质变性 | 卵清凝固、酶失活                      |
| 蛋白质交联 | 在碱性条件下加工蛋白质使营养价值降低            |
| 糖酵解   | 宰后动物组织和采后植物组织的无氧呼吸            |

这些反应是保证产品质量的关键。大多数食品都是一个十分复杂的体系，脂肪、蛋白质、碳水化合物都同时存在，并且可能发生了上述反应类型中的一种反应或多种反应。例如，脂类经水解产生的游离脂肪酸会形成不良风味，而游离脂肪酸更易发生氧化反应，氧化的中间产物会破坏一些重要营养成分，如氨基酸和维生素的结构。因而掌控食物中几种重要成分相互作用的关系及反应的难易程度，可为查找食品劣变原因提供一些思路，下图是食品中各类化合物简单的反应关系。



### 3. 食品加工中主控反应的条件

影响上述反应的因素主要有产品自身的因素（如产品的成分、水分活度、pH 值等）和环境的因素（如温度、处理时间、大气的成分、光照等）（表 0-3），这些因素也是决定食品在加工储藏中稳定性的因素，其中最重要的是温度、处理时间、pH 值、水分活度和产品中的成分。

表 0-3 决定食品在储藏加工中稳定性的重要因素

| 因素类型    | 具体内容  |
|---------|---|
| 产品自身的因素 | 各组成成分(包括催化剂)的化学性质、氧气含量、pH 值、水分活度( $A_w$ )、玻璃化温度时的水含量( $w_g$ ) |
| 环境因素    | 温度( $T$ )、处理时间( $t$ )、经受的化学和物理及生物处理、光照、污染、极端的物理环境             |

第一个可变因素是温度，温度可能是这些变量中最重要，因为它几乎对所有的化学变化都有明显的影响。食品降解变质的一些重要反应在一定的中等温度范围内符合 Arrhenius 定律，但在高温或低温时全出现偏差。例如在高温或低温时往往会发生①酶失去活性；②存在的竞争性反应使反应路线改变或受影响；③体系的物理状态可能发生变化；④一个或几个

反应物可能短缺。

第二个可变因素是时间，反应时间的先后、反应时间的长短和温度随时间变化的速度都是与时间相关的重要参数。如，脂类氧化和非酶促褐变都能引起某一种食品的变质，而褐变反应的产物恰恰是抗氧化剂，如果褐变反应在氧化反应之前或同时发生，那么这两个反应的相互作用对于食品的质量会产生不同的影响；又如，设计食品储藏方案常常需要知道在某一质量水平上食品能保存多久。因此，在一个指定的食品体系中各种化学反应发生的时间与程度，决定了产品的具体储藏寿命；温度随时间变化的速度在各种食品反应体系中都很重要，尤其在食品的杀菌工艺与速冻工艺中可以说是决定产品质量的第一因素。

另外，pH 也是一个可变因素，pH 可影响许多化学反应和酶催化反应的速度。为了充分地利用酶的作用实现生物转化生产新的食品，需要使酶反应在一个最适宜的 pH 范围内进行。另一方面，为了有效地抑制微生物生长和酶作用，通常需要采用极高或极低的 pH，然而，这些条件能加速酸或碱的催化反应。有时 pH 较小的改变可能导致食品质量的极度变化，例如豆腐的凝结和果胶凝胶的形成。

食物的成分不同，对产品的储存寿命、保水性、坚韧度、风味和色泽都有明显的影响，故往往通过多种方式来控制食品的组成。例如：①适时采收果蔬以控制其含糖量，从而控制食品脱水或油炸时褐变的程度；②对欲屠宰动物宰前的科学管理，可保证动物体内相应的糖原的含量，从而达到屠宰后动物酮体有适当 pH，能够保持鲜肉最好的理化品质；③通过加入食品添加剂获得相关的品质特性或维持产品的稳定性，例如加酸化剂、风味增强剂来改善产品的风味；加螯合剂或氧化剂来防止有关成分的氧化；④采用除去体系中的某些物质来控制食品的品质，例如从蛋清蛋白中除去葡萄糖，用以防止在蛋粉加工时形成的褐变等。

水分活度  $A_w$ （详见第一章第一节内容）也是一个控制食品中反应速率的重要可变因素。许多报道指出，水分活度在酶反应、脂类氧化、非酶褐变、蔗糖水解、叶绿素降解、花青素降解和许多其他反应中是一个重要因素。在水分活度低于相当于中等水分食品的水分活度范围  $A_w$  (0.75~0.85) 时，多数反应倾向于减慢速度，这主要是由于水相减少后溶剂的容量降低。但脂类的氧化以及相关的次级作用不符合此规则，如类胡萝卜素脱色，在水分活度处于低限时，反而加快了反应速率。

气相的成分在一些含气食品包装及气调保鲜食品中显得很重要。不少食品在惰性气氛中可以有较长的保质期；一些优质水果、蔬菜的保鲜可通过降低气相中的氧含量、提高二氧化碳气体的含量来降低呼吸强度，延长货架期。

食品加工与储藏中上述各种可变量都重要，但对某一具体的食品需要有重点，要找出反应的主控参数。从纯化学的角度出发，可以分别得到反应速率最大与最小的各种条件，但 these 最适条件往往受到种种因素的限制不能用于食品加工。食品生产的工艺则要从可行性、产品的经济性、品质特性来平衡这些条件，可见工艺是以化学为基础的，从化学角度来理解、改良工艺技术是食品化学的重要内容之一。

### 三、食品化学在食品工业技术发展中的作用

食品化学是根据现代食品工业发展的需要，在多种相关学科理论与技术发展的基础上形成和发展起来的，它具有显著的多源性、综合性及应用性。食品化学作为食品工业的理论基础，对现代食品加工和储藏技术的发展产生了广泛而深刻的影响，具体见表 0-4。

现代食品正向着强调营养、卫生与感官品质，注重保健作用，包装精良和食用方便的方向发展。现代食品工业正朝着科学开发新型天然原辅料；利用现代化农业，发展农产品深加工；利用生物工程和化工技术提高原辅料品质和改造原料性能；发展添加剂，优化食品工艺，



表 0-4 食品化学对各食品行业技术进步的影响

| 食品工业   | 影响方面  |
|--------|---|
| 果蔬加工储藏 | 化学去皮,护色,质构控制,维生素保留,脱涩脱苦,打蜡涂膜,化学保鲜,气调储藏,活性包装,酶促榨汁,过滤和澄清及化学防腐等  |
| 肉品加工储藏 | 宰后处理,保汁和嫩化,护色和发色,提高肉糜乳化力、凝胶性和黏弹性,超市鲜肉包装,烟剂的生产和应用等   |
| 饮料工业   | 速溶,克服上浮下沉,稳定蛋白饮料,水质处理,稳定带肉果汁,果汁护色,控制澄清度,提高风味,白酒降度,啤酒澄清,啤酒泡沫和苦味改善,防止啤酒味,果汁脱涩,大豆饮料脱腥等   |
| 乳品工业   | 稳定酸乳和果汁乳,开发凝乳酶代用品及再制乳酪,乳清的利用,乳品的营养强化等   |
| 焙烤工业   | 生产高效膨松剂,增加酥脆性,改善面包皮色和质构,防止产品老化和霉变等  |
| 食用油脂工业 | 精炼、冬化、调温、脂肪改性,DHA、EPA 及 MCT 的开发利用,食用乳化剂生产,抗氧化剂,减少油炸食品吸油量等   |
| 调味品工业  | 生产肉味汤料,核苷酸鲜味剂、有机硒盐等   |
| 发酵食品工业 | 发酵产品的后处理,后发酵期间的风味变化,菌体和残渣的综合利用等   |
| 基础食品工业 | 面粉改良,精谷制品营养强化,水解纤维素与半纤维素,生产高果糖浆,改性淀粉,氢化植物油,生产新型甜味料,生产新型低聚糖,改性油脂,分离植物蛋白质,生产功能性肽,开发微生物多糖和单细胞蛋白质,食品添加剂生产和应用,野生、海洋和药食两用可食资源的开发利用等 |
| 食品检验   | 检验标准的制定,快速分析,生物传感器的研制等  |

加强质量控制;革新设备与加强自动化水平等方向发展。这种发展主要依靠材料科学、生物科学和信息科学,当然也滋润和鞭策着食品化学,使它成长为保证食品工业健康而持续发展的指导性学科之一。近 20 年来,食品科学与工程领域发展了许多新技术,并正在逐步把它们推向食品工业的应用。例如,利用光化学理论和技术发展可降解食品包装材料,利用生物工程理论与技术发展用生化反应器改造食品发酶技术和改良原料品种,利用电磁理论和技术发展微波加工食品技术,利用低温技术发展速冻食品技术和食品冷冻干燥技术,利用放射化学理论与技术发展食品辐照保鲜技术,利用应用化学理论和技术发展食品的防伪包装、超临界提取和分子蒸馏技术,利用产后生理生化理论和技术发展食品气控、气调、“真空”储藏和活性包装(包装内气调)技术,利用传质理论和膜技术发展、可食膜包装和微胶囊技术,利用结构与韧性关系理论发展原料改性及食品挤压、膨化和超微粉末化技术。的确,这些新技术在食品工业的发展中将起到越来越大的作用,但这些新技术实际应用是否成功的关键依然是对物质结构、韧性和变化的把握,所以它们发展的速度紧紧依赖于食品化学在这一新领域内的发展速度。

### 思考题

1. 谈谈食品化学的主要研究领域有哪些?
2. 食品化学的主要内容包括哪些?
3. 为什么说食品化学是食品工业的理论基础?