

食品风味化学

夏延斌 主编

迟玉杰 朱 旗 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本书结合国内外食品风味化学的研究成果,重点介绍了风味化学的研究领域、食品风味物质的主要研究方法、化学特性与风味强度、风味物质的形成、典型食品风味、调节食品风味的产品、烹饪调制风味的化学原理等。

与现有的相关书籍相比,本书的主要特点是:(1)反映了全球食品风味研究的最新技术手段;(2)注重实际指导作用的内容;(3)增加了风味物质与食品成分相互作用的内容;(4)食品中风味物质的形成突出了在加工条件下的反应;(5)把中国烹饪调制食品风味的技术上升到化学反应的层面;(6)基本教学体系和教学内容经过了十余年教学工作的熔炼。

本书可供食品领域的研究人员、技术人员参考,也可作为食品科学与工程专业的研究生、本科生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

食品风味化学/夏延斌主编. —北京:化学工业出版社,
2008.1

ISBN 978-7-122-01599-0

I. 食… II. 夏… III. 食品化学 IV. TS201.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第183946号

责任编辑:袁海燕 赵玉清
责任校对:周梦华

装帧设计:张 辉

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 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张19 $\frac{3}{4}$ 字数524千字 2008年1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:46.00元

版权所有 违者必究

前 言

食品风味的优劣是人们选择食品的基本条件之一，改善食品风味是食品企业占领市场，创造高利润的最有效手段。特别是当食品企业的机械化、规模化、现代管理等建设基本完成后，不断改进产品的营养和风味是企业永恒的研究和发展方向。

食品风味化学是利用化学的原理和技术手段研究食品风味的科学，其主要研究领域是探索食品风味物质的分离和鉴定方法；研究食品风味成分的形成机理；改良和模拟天然食品的风味。

本书以现代化学为技术平台，解释食品风味现象，归纳食品风味变化规律，介绍食品风味调配技术。重点介绍了食品风味化学的研究领域、食品风味物质的分析与鉴定方法、化学特性与风味强度、食品风味物质的形成、典型食品风味、调节食品风味的产品、烹饪调制食品风味的化学原理等。本书的主要特点是：①反映了食品风味研究的最新技术手段；②在编排和选材方面，注重有实际指导作用的内容；③与同类图书比较，增加了风味物质与食品成分相互作用的内容；④食品中风味物质的形成突出了在加工条件下的反应，删除很多生物化学方面的内容，起到突出关键内容，减少篇幅的作用；⑤把中国烹饪调制食品风味的技术上升到化学反应的层面；⑥基本教学体系和教学内容经过了十余年教学工作的熔炼。

本书可作为食品科学与工程、农产品贮藏与加工、食品质量与安全、发酵工程等相关专业本科生、研究生教学用书，亦可作为广大食品科技工作者的参考书。

参与本书编写的单位有：湖南农业大学、东北农业大学、江西农业大学、湖南工业大学、河南科技大学。参加编写的人员有：夏延斌、朱旗、迟玉杰、尹忠平、刘丽莉、周晓媛、邓后勤、杨大伟。

在该书编写的过程中得到了各编者单位的大力支持，在此表示感谢！

编者
2007年11月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 食品风味	1
1.1.1 心理感觉与食品风味	2
1.1.2 物理感觉与食品风味	2
1.1.3 化学感觉与食品风味	3
1.2 食品风味物质的作用方式与特点	3
1.2.1 味觉	3
1.2.1.1 味觉的概念与分类	3
1.2.1.2 味觉受体	4
1.2.1.3 味觉敏感性及其影响因素	5
1.2.2 嗅觉	6
1.2.2.1 嗅觉识别生理	7
1.2.2.2 嗅感物质的分类及特点	7
1.2.2.3 嗅觉敏感性及其影响因素	9
1.2.3 三叉神经感应	10
1.2.3.1 三叉神经	10
1.2.3.2 三叉神经刺激物	10
1.2.3.3 触感刺激与一般化学感觉的关系	10
1.3 食品风味的评价技术	11
1.3.1 食品风味的感官评价	11
1.3.1.1 感官评价基本手段	11
1.3.1.2 感官评价类型	12
1.3.1.3 影响感官评价结果的因素	12
1.3.2 风味轮	13
1.3.2.1 风味轮的基本构成	13
1.3.2.2 风味轮的应用	13
1.3.3 食品风味的指纹分析仪	14
1.3.3.1 电子鼻	14
1.3.3.2 电子舌	15
1.4 食品风味化学重要研究领域简介	16
1.4.1 食品风味的模拟及制备技术	17
1.4.1.1 利用美拉德反应制备各类食品风味	17
1.4.1.2 风味酶的研究与利用	17
1.4.1.3 利用其他生物技术制备典型风味物质	18
1.4.2 食品风味的提取分离新技术	19

1.4.3 食品风味控释技术	20
思考题	21
第2章 食品风味物质的分析与鉴定方法	22
2.1 食品分析样品准备	22
2.2 风味物质分离方法	23
2.2.1 溶剂萃取法	23
2.2.1.1 溶剂的选择	23
2.2.1.2 萃取方法	23
2.2.2 蒸馏提取法	24
2.2.2.1 常压蒸馏法	24
2.2.2.2 同时蒸馏提取法	25
2.2.3 超临界流体萃取法	25
2.2.4 顶空捕集法	26
2.2.4.1 静态顶空捕集法	27
2.2.4.2 动态顶空捕集法	27
2.2.4.3 固相微萃取法	28
2.2.5 直接热解吸法	28
2.3 风味物质浓缩富集方法	29
2.3.1 蒸发浓缩	29
2.3.2 吸附浓缩	29
2.4 风味物质鉴定方法	29
2.4.1 气相色谱法	29
2.4.1.1 气相色谱原理	29
2.4.1.2 气相色谱仪	30
2.4.1.3 气相色谱定性定量分析	32
2.4.2 紫外光谱法	34
2.4.2.1 工作原理	34
2.4.2.2 紫外光谱仪	34
2.4.2.3 有机化合物的紫外吸收光谱	34
2.4.2.4 紫外光谱的应用	35
2.4.3 红外光谱法	35
2.4.3.1 工作原理	35
2.4.3.2 红外光谱仪	36
2.4.3.3 傅里叶变换红外光谱仪	36
2.4.3.4 红外光谱的应用	36
2.4.4 核磁共振波谱法	36
2.4.4.1 工作原理	36
2.4.4.2 核磁共振波谱仪	37
2.4.4.3 核磁共振波谱的应用	37
2.4.5 质谱法	37
2.4.5.1 工作原理	38
2.4.5.2 质谱仪	38
2.4.5.3 质谱法的应用	39

2.4.5.4 气质联用技术	40
思考题	40
第3章 化学特性与风味强度	41
3.1 味感物质	41
3.1.1 甜味与甜味分子	41
3.1.1.1 糖的甜度	41
3.1.1.2 甜味学说	42
3.1.1.3 天然甜味剂	45
3.1.1.4 天然物的衍生物甜味剂	48
3.1.1.5 合成甜味剂	51
3.1.1.6 其他甜味物质	54
3.1.2 苦味与苦味分子	54
3.1.2.1 苦味理论	54
3.1.2.2 食品中重要的苦味物质	56
3.1.2.3 苦味剂的生理效应	59
3.1.3 酸味、咸味及呈味物质	60
3.1.3.1 酸味和酸味物质	60
3.1.3.2 咸味和咸味物质	63
3.1.4 其他味感物质和呈味物质	64
3.1.4.1 鲜味和风味添加剂	64
3.1.4.2 辣味和 C_9 规律	68
3.1.4.3 涩味	72
3.1.4.4 清凉味	73
3.1.4.5 碱味和金属味	73
3.2 嗅感物质	74
3.2.1 基本嗅感与非基本嗅感	74
3.2.1.1 基本嗅感	74
3.2.1.2 非基本嗅感	78
3.2.2 官能团风味特征(嗅感基团)	79
3.2.3 风味物质分子的结构参数	83
3.2.3.1 嗅感信息的分类	83
3.2.3.2 极性基团数目及构象自由度	83
3.3 风味物质与食品成分的相互作用	84
3.3.1 风味物质的稳定性	84
3.3.2 油质与风味物质的作用	85
3.3.3 碳水化合物与风味物质的作用	85
3.3.4 蛋白质与风味物质的作用	86
3.3.4.1 挥发性物质和蛋白质之间的相互作用	86
3.3.4.2 蛋白质与挥发性化合物结合的评价方法	87
3.3.4.3 影响蛋白质与风味物质结合的因素	87
3.3.5 包装材料与食品风味物质	87
思考题	88

第 4 章 风味物质的形成	89
4.1 常见非酶反应中嗅感物质的形成	89
4.1.1 美拉德反应与嗅感物质的形成	89
4.1.1.1 Maillard 反应机理	89
4.1.1.2 Strecker 降解反应与嗅感物质的形成	91
4.1.1.3 Amadori 分子重排与嗅感物质	93
4.1.1.4 呋喃、噻吩和吡咯类物质的形成	93
4.1.1.5 呋喃类衍生物形成的含硫化合物	94
4.1.1.6 噻唑类、噁啉类化合物的形成	96
4.1.1.7 吡啶类物质的形成	96
4.1.1.8 美拉德反应与脂质的相互作用	96
4.1.1.9 糖和氨基酸在美拉德反应中对嗅感物质形成的影响	97
4.1.2 热降解与嗅感物质的形成	98
4.1.2.1 脂质的热氧化降解与嗅感物质的形成	98
4.1.2.2 氨基酸的热降解与嗅感物质的形成	102
4.1.2.3 碳水化合物的热降解与嗅感物质的形成	103
4.1.2.4 硫胺素的热降解与嗅感物质的形成	104
4.1.2.5 抗坏血酸的热降解与嗅感物质的形成	105
4.1.2.6 类胡萝卜素的热降解与嗅感物质的形成	105
4.1.3 γ 射线照射与嗅感物质的形成	107
4.1.3.1 γ 射线照射与自由基及活性物质的产生	108
4.1.3.2 自由基、活性物质与食品组分的相互作用	108
4.1.4 可见光照射与嗅感物质的形成	109
4.2 果蔬生长、成熟和贮存过程中嗅感物质的形成	110
4.2.1 以氨基酸为前体的嗅感物质的生物合成	110
4.2.2 以脂肪酸为前体的嗅感物质的生物合成	113
4.2.3 以羟基酸为前体的嗅感物质的生物合成	115
4.2.4 以单糖、糖苷为前体的嗅感物质的生物合成	116
4.2.5 以色素为前体的嗅感物质的生物合成	117
4.3 微生物转化过程中嗅感物质的合成	117
4.3.1 单萜的微生物转化反应	118
4.3.1.1 与氧化还原酶有关的转化反应	118
4.3.1.2 由水解酶催化的转化反应	121
4.3.1.3 闭环和开环反应	122
4.3.1.4 水化酶催化的转化反应	122
4.3.1.5 丙烯基重排	123
4.3.1.6 外消旋作用	123
4.3.2 内酯的微生物转化反应	123
4.3.2.1 内酯的微生物发酵合成	123
4.3.2.2 内酯的酶法合成	127
4.4 几种肉类特征风味物质的形成	129
4.4.1 反刍动物肉类特有风味物质的形成	129
4.4.2 非反刍动物肉类特有风味物质的形成	129
4.4.3 鱼和海产品特有风味物质的形成	130

4.5	土腥味化合物的形成	131
4.6	豆腥味化合物的形成	131
4.7	鲜味物质的形成	132
4.7.1	宰后肌肉中鲜味物质的形成	132
4.7.2	L-谷氨酸的生物合成途径	133
4.7.3	核苷酸类鲜味物质的生物合成途径	133
	思考题	134
第5章	典型食品风味	135
5.1	乳及乳制品风味	135
5.1.1	牛乳的风味	135
5.1.2	乳制品的风味	142
5.1.2.1	乳制品的香气特征	142
5.1.2.2	饮用乳、乳油和黄油的风味成分	144
5.1.2.3	乳粉和炼乳的风味成分	146
5.1.2.4	发酵乳制品的风味成分	147
5.2	肉及肉制品	150
5.2.1	肉类的风味特点	150
5.2.1.1	肉香的前体物质	150
5.2.1.2	滋味物质	151
5.2.1.3	芳香物质	152
5.2.1.4	影响肉风味的主要因素	158
5.2.2	肉类风味产生的途径	161
5.2.2.1	热降解反应产生风味的途径	161
5.2.2.2	肉类腌制风味的产生途径	168
5.2.2.3	肉类烟熏风味的产生途径	171
5.2.3	牛肉风味	173
5.2.4	羊肉风味	176
5.2.5	水产品的风味	177
5.2.5.1	影响水产品风味的因素	178
5.2.5.2	鱼类的嗅感成分	181
5.2.6	发酵肉制品的风味	187
5.3	发酵食品	189
5.3.1	酒类的风味	189
5.3.1.1	白酒的风味	189
5.3.1.2	啤酒的风味	199
5.3.1.3	葡萄酒的风味	203
5.3.1.4	黄酒的风味物质	205
5.3.1.5	威士忌、白兰地和朗姆酒的香气	206
5.3.2	发酵蔬菜的风味	208
5.3.3	其他发酵食品的风味	209
5.3.3.1	酱油及酱的风味	209
5.3.3.2	食醋的风味成分	211
5.3.3.3	豆腐乳的风味成分	213

5.3.3.4 其他发酵制品	214
思考题	214
第6章 调节食品风味的产品	215
6.1 香料香精	215
6.1.1 食品香辛料	215
6.1.1.1 香辛料的分类	216
6.1.1.2 香辛料的产品形式和特点	217
6.1.1.3 常用香辛料及特点	220
6.1.1.4 香辛料的加工	233
6.1.1.5 香辛料的应用	244
6.1.1.6 应用香辛料存在的问题	249
6.1.2 合成香料	250
6.1.3 食用香精	252
6.1.3.1 一般食品香精	252
6.1.3.2 烟用香精	257
6.1.3.3 酒用香精	257
6.2 咸味调味品	260
6.2.1 咸味调味品的分类	261
6.2.1.1 盐的分类	261
6.2.1.2 酱油的分类	261
6.2.1.3 酱类的分类	261
6.2.1.4 豆豉的分类	262
6.2.2 咸味与其他味的关系	262
6.2.3 咸味调味品在常见味型中的应用	263
6.3 甜味调味品	263
6.3.1 甜味调味品的分类	263
6.3.2 甜味与其他味的关系	264
6.3.3 蔗糖在常见味型中的应用	264
6.4 酸味调味品	264
6.4.1 酸味调味品的分类	264
6.4.2 酸味与其他味的关系	264
6.4.3 酸味调味品在常见味型中的应用	265
6.5 鲜味调味品	265
6.5.1 鲜味调味品的分类	265
6.5.2 鲜味与其他味的关系	265
6.5.3 鲜味调味品在常见味型中的应用	265
6.6 酒类调味品	266
6.6.1 酒类调味品的分类	266
6.6.2 酒类与其他味的关系	267
6.6.3 酒类调味品在常见味型中的应用	267
6.7 复合调味品	267
6.7.1 复合调味品的分类	268
6.7.2 复合调味料的原料组成	268

6.7.3 复合调味料的调配	268
6.7.4 常用的复合调味品	269
6.7.4.1 中式复合调味品	269
6.7.4.2 西式调味品	272
思考题	273
第7章 烹饪调制风味的化学原理	274
7.1 食物中的异味物质及处理	274
7.1.1 食物中一般异味物质	274
7.1.1.1 食物中的苦味物质及脱除	274
7.1.1.2 异臭味物质及其去除方法	276
7.1.1.3 其他异味	276
7.1.2 豆腥味	277
7.1.3 乳制品异味	278
7.1.4 畜禽肉的膻味物质及去除	280
7.1.5 鱼的腥味物质及去除	282
7.2 烹饪方式与呈味物质	285
7.2.1 烹调风味形成的基本原理	285
7.2.1.1 一般原料在烹饪加热时的物理和化学变化	285
7.2.1.2 热处理生成嗅感物质的基本途径	288
7.2.1.3 传热介质对菜肴风味形成的影响	289
7.2.2 典型的烹饪方式及其风味特点	293
7.2.2.1 烧烤风味	293
7.2.2.2 爆炒风味	294
7.2.2.3 水煮风味	295
7.2.2.4 汽蒸风味	295
7.2.2.5 油炸风味	296
7.3 典型菜系风味特点	297
7.3.1 北方菜系	297
7.3.2 西北菜系	298
7.3.3 华南菜系	299
7.3.4 湘菜与川菜	299
思考题	300
附录：英文缩略词表	302
参考文献	304

第 1 章 绪 论

食品风味是构成食品美感的最重要因素，一项调查显示，80%的人重复选购同一种食品是因为好吃。中国饮食文化源远流长，民间美食菜肴不胜枚举，但是随着食品工业的高速发展，使得食品风味有趋同现象。如各种方便食品的调味料，往往是一个油包，一个盐包，油溶性风味物质都放在油包中，水溶性风味物质都放在盐包中，而其中调味料的组成与配方往往大同小异。在其他类加工食品中，也都有类似问题。因此，家乡美食和农家菜受到高度欢迎，究其原因，农家菜有新鲜的原料，采用传统的加工，迎合了追求特色味感的需求。在人们的膳食结构不断变化的今天，消费者比过去更加关注食品风味。因此让工业化生产的食品体现传统的、多样的、有特色的风味是科技工作者急需解决的问题。有人说，在食品中创制出良好的风味是一门艺术，同时也是一门科学。从狭义上讲该科学就是食品风味化学。

食品风味化学是利用化学的原理和技术手段研究食品风味的科学，其主要研究领域是探索食品风味物质的分离和鉴定方法；研究食品风味成分的形成机理；改良和模拟天然食品的风味。获得食品风味化学知识是食品研发人员必备的基础。

1.1 食品风味

望文生义，“风味”两字概念很简单。风：飘逸的，挥发性物质，能引起人的嗅觉反应；味：不挥发的水溶性或油溶性物质，能引起人的味觉反应。而实际上，食品所产生的风味是建立在复杂的物质基础之上的，涉及很多因素（表 1-1）。从感官感觉来看，食品给予人至少有 7 种感官刺激，从刺激因素来看，至少有几十种基本类型。多种刺激因素尽管都是建立在物质基础上，和化学密不可分，但一般以最终的感觉效果将其分为 3 类。

表 1-1 食品的感官反应分类

感 觉	感官刺激因素	感觉划分	感 觉	感官刺激因素	感觉划分
感官感觉			运动感觉		
味觉	甜、苦、酸、咸、辣、鲜、涩……	化学感觉	视觉	色、形状	心理感觉
嗅觉	花香、木香、酒香、腥、臭……		听觉	声音	
触觉	硬、黏、热、凉、滑、干	物理感觉			

① 食品的心理感觉 主要指食品的色泽、形状和品种对人的心理感受。饮食文化在该领域内有更深的相关研究。

② 食品的物理感觉 主要指由食品组成和食品工艺特点决定的一些食品特征，如食品的质构特征，食品工艺学在该领域有很多研究。

③ 食品的化学感觉 指各种化学物质直接产生的感官效果，是食品风味化学重点研究的内容。因此，后文中提及的食品风味均指各种化学物质产生的滋味和嗅感。

另外，人对食品风味的可接受性并不完全是天性，有一生理适应过程，只要是长期适应了的风味，不管是苦、是甜、是辣人们都能接受，如很多人喜欢苦瓜的苦味和啤酒的苦味。食品的风味与习惯口味相一致，就可使人感到舒服和愉悦，相反，不习惯的风味会使人产生厌恶和拒绝情绪。食品的风味决定了人们对食品的可接受性。

因此，广义的食品风味是指摄入口腔的食品刺激人的各种感觉受体，使人产生短时的综合的生理感觉，该感觉受人的生理、心理和习惯的支配，带有强烈地区或民族的特殊倾向性。

1.1.1 心理感觉与食品风味

食品营销学十分重视食品对人的心理感觉，因为这是决定购买与否的关键。同样对食品风味的评价也是心理因素主导其他因素。食品色泽、形状和品种对人的心理影响最大。

(1) 色泽 依据色泽判别食物是否正常是生物的天性，人们对食物的颜色也有偏爱。每种食物在特定条件下，有特定的颜色。它能反映食品的新鲜程度、品质好坏及加工技艺。这种久而久之形成的概念，使得人们把食品的颜色与风味建立了关联，看到具有心理认同感的色泽，该食品就增添了几分滋味。

尽管人对食物颜色的选择是因物而异，因人而异，因地区而异的，但也有很多的共性。美国人 Birren 分析了食物颜色与心理感觉的关系发现红色对大多数人促进食欲的作用最强，橙色次之，黄色稍低，黄绿色令人倒胃口，绿色略使食欲回升。日本人也进行过同样的调查，其结果见表 1-2。

表 1-2 食品颜色与心理感觉

颜色	感官印象	颜色	感官印象	颜色	感官印象
白色	营养、清爽、卫生、柔和	深褐色	难吃、硬、暖	暗黄	不新鲜、难吃
灰色	难吃、脏	橙色	甜、滋养、味浓、美味	淡黄绿	清爽、清凉
粉红色	甜、柔和	暗橙色	不新鲜、硬、暖	黄绿	清爽、新鲜
红色	甜、滋养、新鲜、味浓	奶油色	甜、滋养、爽口、美味	暗黄绿	脏
紫色	浓烈、甜、暖	黄色	滋养、美味	绿	新鲜

(2) 形状 食品的大小、长短、厚薄及造型对食品风味的影响来自于口感的差异和心理联想，如面类食品中的刀削面、拉面，形状不一样，咀嚼效果、食物弹性、适口性就不一样。另一方面食物的大小与饮食习惯是分不开的，西方喜食大块肉，中国人喜欢小片肉。食品的形状和食品的颜色有机配合时（用面粉制作的寿桃），可以具有望梅止渴和“望而生味”的效果。

(3) 其他 属于食物本身特有，且影响人的心理感觉导致影响食品风味的因素还有很多，如食品种类，咀嚼食品时发出的响声以及对食品加工前形态的联想，都会影响味觉。特别是对肉类的选择，受到宗教的影响，民族与民族之间差异很大，如回族人就不食猪肉。

1.1.2 物理感觉与食品风味

通常食品给人的物理感觉有：硬、脆、干、黏、弹性、黏滑等，这些基本感觉实质上就是食品质构（texture）所体现的特征，其形成取决于两个主要因素。

① 食品的化学组成 食品中存在的淀粉、蛋白质、果胶、纤维素及其他多糖类等高分子化合物，是产生不同质构的物质基础。如充分糊化的支链淀粉干到一定程度后十分坚硬；而蛋白质形成的胶体可以嫩如豆腐，也可以韧如皮革；果胶、纤维素等都具有形成一定结构的功能，这些物质混合使用可从多方面改变食品的质构。另外，还有不少无机盐也对食品质构有很大影响。

② 食品的加工工艺 同样的食品配方，不一定能制作出同样质量的食物，其差别来自于工艺技术的好坏。要想使食品具有理想的质构，必须对相关物质的理化特性有充分了解，如高温水和面就做不出好的饺子皮，低温水冲芡（和淀粉糊）就制不出好的粉丝。

尽管食品的质构特性是建立在物质基础上，但评价其优劣往往以口感为主，这里主要指

的是触觉。人们对食品质构的要求因食品而异，如人们要求饼干越干越好，因为干与脆、香密切相关；但对面包则要求不干不湿，具有一定的弹性，因为弹性与咀嚼、呈味有密切关系。因此，食品的质构对食品风味具有十分重要的烘托作用。

1.1.3 化学感觉与食品风味

化学感觉是指一些中、低分子量（指相对分子质量，下同）的化合物直接刺激人口腔和鼻腔所产生的生理反应。这些物质在口腔内的化学感应称为口感，在鼻腔内的化学感应称为嗅感。根据这类物质作用的组织器官不同，又分为作用于味蕾为味觉，作用于嗅球为嗅觉，作用于三叉神经为化学刺激感应（图 1-1）。该部分内容是风味化学的核心内容，详见后述。



图 1-1 食物化学感觉分类

1.2 食品风味物质的作用方式与特点

近几十年来，感官科学发展很快，已经从定性分析发展到半定量分析，从宏观研究发展到细胞和分子水平。大多数中低分子量的物质都有其明显的感官特性，人通过嘴和鼻可鉴别它们的不同。感官和风味的关联有利于更准确描述风味特征。

1.2.1 味觉

1.2.1.1 味觉的概念与分类

味觉是指食物刺激口腔内的味觉器官产生的一种感觉。不同地域的人对味觉的分类不一样。集各地的描述有如下几种基本味觉：酸、甜、苦、咸、鲜、金属味、不正常味、太阳味、涩、辣等 10 种，但从味觉的生理角度分类，以是否直接刺激味蕾为标准，公认的基本味觉只有五种，其中四种是：酸、甜、苦、咸，而鲜味是复合味属于第五种味觉，各国对鲜味的描述不完全一样，中餐特别看重鲜味，西方发达国家一直把鲜味剂称为风味增强剂，现一般认为鲜味是其他几种基本味觉的复合味。日本人对鲜味有较多的研究，鲜味的英文一词（umami）来自日语。图 1-2 是鲜味与几种基本味觉的关系。辣味是刺激口腔黏膜、鼻腔黏膜、皮肤和三叉神经而引起的一种神经热感，涩味是使蛋白质凝固而产生的一种收敛感觉，不列入基本味觉中。几种基本味的概念如下。

① 酸味 是所有酸的稀溶液刺激口腔产生的一种感觉，起主导作用的是其中的氢离子，氢是定位基，酸根为助味基，酸根只与酸味的类型和强弱相关。

② 咸味 是无机盐刺激口腔产生的感觉，但具有纯正咸味的物质只有 NaCl，该物质在任何浓度下都体现咸味。至于其他的盐类，凡具有 Na⁺，K⁺，Li⁺，Ca²⁺ 等阳离子和 Cl⁻，Br⁻，I⁻，SO₄²⁻，NO₃⁻，

CO₃²⁻ 等阴离子组成的盐，在适当的浓度下都有咸味。如很稀的 KCl 溶液具有甜味，随其浓度的增加，首先变得有苦味，然后苦和咸兼有，浓度达到一定值变为相对纯的咸味。对咸产生作用的基团包括盐中的阳离子和阴离子。

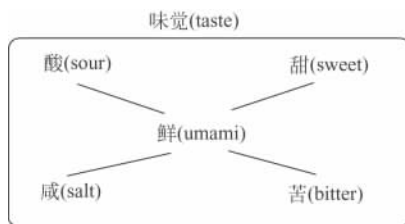


图 1-2 基本味觉及与鲜味的关系

③ 甜味 一种最受欢迎的味觉，产生甜味的物质有很多，糖类、一些醇类、一些氨基酸等，蔗糖的甜味是最纯正的。

④ 苦味 是难于接受的味觉，产生苦味的物质很多，苦味的典型物质是生物碱类，如奎宁。

⑤ 鲜味 是由部分氨基酸、核苷酸产生的味觉，具有酸、甜、苦、咸的平衡作用和风味增强的作用。鲜味的典型物质是谷氨酸钠（MSG），该物质随酸度的变化，可以产生咸、鲜、酸的风味变化。

1.2.1.2 味觉受体

(1) 舌 人舌是品尝风味的重要器官，其表面分布有很多突起部位，又称为乳头，医学上根据乳头的形状将其分为丝状乳头、茸状乳头、叶状乳头和有廓乳头。丝状乳头最小、数量最多，主要分布在舌前 2/3 处，因无味蕾而没有味感。茸状乳头、有廓乳头及叶状乳头上有味蕾。茸状乳头呈蘑菇状，主要分布在舌尖和舌侧部。成人的叶状乳头不太发达，主要分布在舌的后部。有廓乳头是最大的乳头，直径 1.0~1.5mm，高约 2mm，呈 V 字形分布在舌根部位。

舌面上不同的区域，对甜、酸、苦、辣四种基本味觉显示出不同的敏感性，舌尖和边缘对咸味较为敏感，而靠腮两边对酸敏感，舌根部则对苦味最敏感。舌上的神经分布及对基本味觉的敏感区见图 1-3。

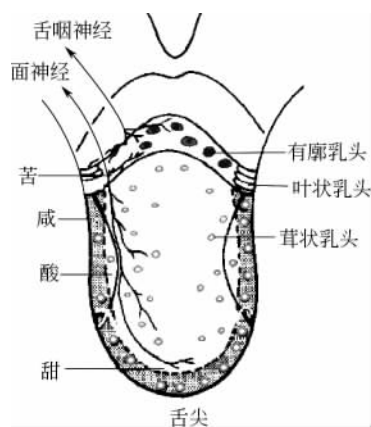


图 1-3 舌及其味觉敏感区

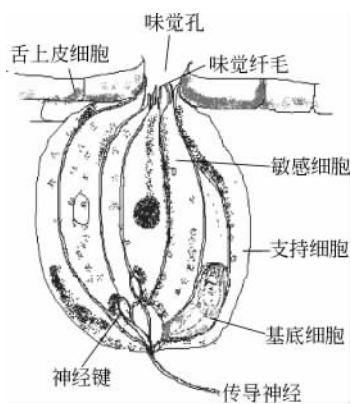


图 1-4 味蕾的解剖图

(2) 味蕾 味蕾 (taste bud) 是具有味觉功能的细胞群 (图 1-4)，由 30~100 个扁长的敏感细胞被一些非敏感性细胞包含而成，就如同橘子中橘瓣的排列。味蕾大致深度为 50~60 μm ，宽 30~70 μm ，嵌入舌面的乳突中，顶部有味觉孔。敏感细胞连接着神经末梢，呈味觉物质刺激敏感细胞，产生兴奋作用，由味觉神经传入神经中枢，进入大脑皮质，产生味觉。味觉一般在 1.5~4.0ms 内完成。味蕾在舌尖和舌侧的乳头上分布较多，一般味觉很敏感的人舌尖部位味蕾分布大致 165 个/ cm^2 ，味觉敏感性平常的人 127 个/ cm^2 ，味觉很差的人 117 个/ cm^2 。舌中部较少，因而舌中部对味较迟钝。

敏感细胞是味觉感应的主体，是目前已知的在人体内存活期最短的细胞，大致寿命为 250h \pm 50h，敏感细胞的更新换代由相连的神经控制，若失去神经联系，敏感细胞不再生成，但当恢复神经联系可以再生。味觉敏感细胞有两个特化部位：①和口腔接触的微绒毛；②与感觉神经纤维形成的突触。微绒毛上镶嵌有味觉感受分子（味感受器），以分子天线的形式探测口腔中的化学变化，它们和味觉物质结合可产生味转导级联。味感受器都是膜蛋白，包括非门控离子通道、配基门控离子通道和 G-蛋白偶联受体（GPCR）等。味觉敏感细

胞虽然是上皮细胞，但它有很多特点和神经元相似，即通过电压门控 Na^+ 、 K^+ 和 Ca^{2+} 通道可产生动作电位。味蕾中存在大量神经递质，但确定哪种是味觉细胞释放的却很困难。现在已经确定去甲肾上腺素和乙酰胆碱是神经纤维释放的，它们对味觉细胞的兴奋性起调控作用。五羟色胺可能是味觉细胞间的一种旁分泌，它由某种味觉细胞分泌，调节相邻味觉细胞的活动，从而调控味蕾局部的信号加工。大量的研究结果表明谷氨酸最可能是味觉细胞分泌的神经递质。

1.2.1.3 味觉敏感性及其影响因素

人的味觉敏感性与呈味物质自身的特性、物质之间的相互作用及人的生理状况密切相关。

(1) 阈值 通常把人能感受到某种物质的最低浓度称为阈值 (threshold)。阈值的测试因人而异，确定一种物质的阈值时，参加评味的人越多越好，有利于得到代表性较好的数据。一般在统计时，对某一低浓度的呈味物质如果半数以上的人感到其存在，即该物质刺激反应的出现率 $\geq 50\%$ 时的浓度为其阈值。根据刺激反应的不同程度，物质的阈值有以下几种。

① 刺激阈或觉察阈 (stimulus threshold; detection threshold) 引起感觉所需要的感官刺激的最小值。这时不需要识别出是一种什么样的刺激。

② 识别阈 (recognition threshold) 感知到的可鉴别的感官刺激的最小值。

③ 差别阈 (difference threshold) 对刺激的强度可感觉到差别的最小值。

④ 最大阈 (terminal threshold) 一种强烈的感官刺激的最小值，超过此值则不能感知刺激强度的差别。

4 种基本味的识别阈值列于表 1-3 中。阈值越小的物质呈味能力越强，如奎宁和砂糖相比，奎宁的呈味力强，又如糖精和白糖相比，显然糖精的阈值要小很多。

表 1-3 几种基本味感物质的识别阈

物质	食盐	砂糖	柠檬酸	奎宁
味道	咸	甜	酸	苦
阈值/%	0.08	0.5	0.0012	0.00005

(2) 呈味物质之间的相互影响

① 对比现象 对比作用是指两种或两种以上味感刺激类型不同的呈味物质对主要呈味物质特有味觉的突出和协调作用。两个同时入口称同时对比，而在已有的味感基础上再感受新的味称继时对比。如在味精溶液中加入一定的食盐可使鲜味增强；在 10% 的蔗糖水溶液中加入 1.5% 的食盐使甜味更甜爽；在 15% 的砂糖溶液中添加 0.001% 的奎宁，其甜味比不添加奎宁时强。

② 变调现象 两种味感刺激类型不同的呈味物质的相互影响，明显改变其中一种呈味物质的味觉，特别是先摄入的味给后摄入的味造成的变味现象。如刚吃过中药，接着喝白开水，感到水有些甜味；先吃甜食，接着饮酒，感到酒似乎有点苦味。基于变调现象的存在，所以，宴席在安排菜肴的顺序上，总是先清淡，再味道稍重，最后安排甜食。这样可使人能充分感受美味佳肴的味道。

③ 相乘现象 两种具有相同味感的物质共同作用，显著增强其味感强度叫相乘作用，也称协同作用。如味精与 5'-肌苷酸 (5'-IMP) 共同使用，能增强鲜味若干倍；甘草苷本身的甜度为蔗糖的 50 倍，但与蔗糖共同使用时，其甜度为蔗糖的 100 倍。

④ 消杀现象 一种呈味物质能抑制或减弱另一种物质的味感叫消杀现象。如味精能降低菜肴的咸味，可减少糖精的后苦味等。一般酸味、咸味、鲜味相互之间都具有风味相抵的

情况。

(3) 影响味觉的主要因素

① 呈味物质的形态 由于呈味物质只有在溶解状态下才能扩散至味觉感受体，进而产生味觉，因此味觉也会受呈味物质所在介质的影响。介质的黏度会影响可溶性呈味物质向味感受体的扩散，在不同的介质中，或会降低呈味物质的可溶性，或者抑制呈味物质有效成分的释放。一般呈味物质都有颗粒、粉态、浆状、溶液等形态。如果同一物质以不同形态品味时，其味感强度是有差异的。如粉态的白糖感觉要比砂糖甜，因为粉糖易溶解，能迅速刺激味蕾。另外果糖和蔗糖均为液态时，果糖的相对甜度为 1~1.7，在固态时果糖显得更甜，其相对甜度为 1.8。

② 温度 对味觉的影响表现在阈值的变化上，感觉不同味觉所需要的最适温度有明显差别。在四种原味中，甜味和酸味的最佳感觉温度在 35~50℃，咸味的最适感觉温度为 18~35℃，而苦味则是 10℃。各种食品理想的品尝温度是不同的，以人体正常体温为依据，在±(25~30)℃的范围内，热菜的温度最好在 60~65℃，冷菜最好在 10℃左右，冷食则应在-4℃食用为好。如砂糖甜味的阈值在 28℃左右是 0.1%，而 0℃时为 0.4%；冰淇淋的适温为-6℃，若将冰淇淋融化后再吃，就会有太甜的感觉。

③ 人的生理状况 不同年龄的人味蕾的分布范围和数量都不一样（表 1-4），到 20 岁时的味蕾是人一生的顶点，随着年龄增长而味蕾数减少，一个乳头中的味蕾数也随着年龄增长而减少。所以老人的味觉能力一般都有明显衰退，一般是从 50 岁开始出现迅速衰退的现象。但由于舌上的滋味敏感区不一样，对不同的味感衰退程度不一致，酸味的敏感性衰退不明显，甜味敏感性衰退 50%，苦味敏感性衰退 30%，咸味敏感性衰退 75%。

表 1-4 一个有廓乳头中的味蕾数

年 龄	味蕾数	年 龄	味蕾数
0~11 个月	241	30~45 岁	200
1~3 岁	242	50~70 岁	214
4~20 岁	252	74~85 岁	88

身体患某些疾病或发生异常时，会导致失味、味觉迟钝或变味，例如人在患黄疸病的情况下，对苦味的感觉明显下降甚至丧失；患糖尿病时，舌头对甜味刺激的敏感性显著下降；若长期缺乏抗坏血酸，则对柠檬酸的敏感性明显增加；血液中糖分升高后，会降低对甜味感觉的敏感性。这些事实也证明，从某种意义讲味觉的敏感性取决于身体的需求状况。这些由于疾病而引起的味觉变化有些是暂时性的，待疾病恢复后味觉可以恢复正常，有些则是永久性的变化。人处在饥饿状态下会提高味觉敏感性。有实验证明，四种基本味的敏感性在上午 11:30 达到最高。在进食后一小时内敏感性明显下降，降低的程度与所饮用食物的热量值有关。人在进食前味觉敏感性很高，证明味觉敏感性与体内生理需求密切相关。而进食后味觉敏感性下降，一方面是所摄入的食物满足了生理需求；另一方面则是饮食过程造成味觉感受体产生疲劳导致味觉敏感性降低。饥饿对味觉敏感性有一定影响，但是对于喜好性却几乎没有影响。

性别对味觉的影响有两种不同看法，一些研究者认为在感觉基本味觉的敏感性上无性别差别；另一些研究者则指出性别对苦味敏感性没有影响，而对咸味和甜味，女性要比男性敏感，对酸味则是男性比女性敏感。

1.2.2 嗅觉

嗅觉是挥发性物质刺激鼻腔产生的一类化学感应，嗅觉感受器是鼻腔内最上端嗅黏膜层中的嗅细胞。最近，Elad 研究了人类鼻中气流的模式后指出，鼻中的气流量主要是由鼻腔底部通

过的，而鼻甲和鼻腔的梯形结构迫使更多的气流流向鼻腔顶部的嗅觉器官。气味的感觉经路大致为：空气中气味分子→鼻腔气流→甲介骨→受容细胞黏膜→嗅球（嗅细胞）→第一中枢→第二中枢（扁桃核等）→脑部→出现气味感觉。嗅觉是一种比味觉更复杂的化学感觉。

1.2.2.1 嗅觉识别生理

(1) 大脑识别气味机理 由于嗅感物质的复杂性和人体生理器官的复杂性，对于为什么人能识别众多的不同气味，长期以来都没有清晰的概念和统一的定论。直到 20 世纪 50 年代，发展了两种理论来说明分子性质和嗅觉（olfaction）刺激的关系。

① 立体化学理论 由 Amoore 提出，又称“锁匙”机制。假定气味受体拥有特殊形状的结构布局，当到达的气体分子拥有与之契合的形状和大小，气体分子则占据此气味受体并激发嗅觉反应。作为解释气体分子与气味受体如何相互作用的理论，立体化学理论是最为广泛接受的理论。20 世纪 90 年代初，在哥伦比亚大学的 Buck 和 Axel 的努力下，气味受体的基因定位取得了令人激动的突破性进展，进一步支持了 Amoore 的理论，Buck 和 Axel 因为对嗅觉基因方面研究的巨大贡献，而荣获了 2004 年度诺贝尔医学奖。

② 振动理论 由 Wright 首先提出，后由 Turin 发展完善。该理论把对气味的识别归因于分子的能量水平。气味受体设置高、中、低能量的位差来传导神经信号。一旦刺激物的活动可以填补气味受体的电位差，使得环路完成，一种生化过程将放大此信号，打开一个离子通道，向嗅球发出生物电脉冲，使得气味得以识别。

无论是 Turin 的模型还是 Amoore 的模型，它们都存在各自的优势和缺陷。直至 1991 年，哥伦比亚大学的 Buck 和 Axel 发表了在嗅觉方面具有重大突破价值的论文，嗅觉的研究重点才从机械/化学理论转移到了基因方面的研究。

(2) 嗅球 嗅球（图 1-5）是嗅觉信息向中枢传递的第二站，第一站是鼻腔表层细胞中的双极嗅觉神经元。它们将嗅觉感受器产生的神经冲动传递到嗅球中的二级神经元（帽状神经元，mitral cell），完成第一阶段的信息传递。嗅球内的主要结构包括嗅神经纤维、小球体（glomerulus）、冠状细胞、多种类型的中间神经元、由冠状细胞和中间神经元发出的复杂纤维束等。其中，丝球小体是嗅神经纤维与冠状细胞树突所形成的，这些结构在嗅球内层次分明，排列整齐。

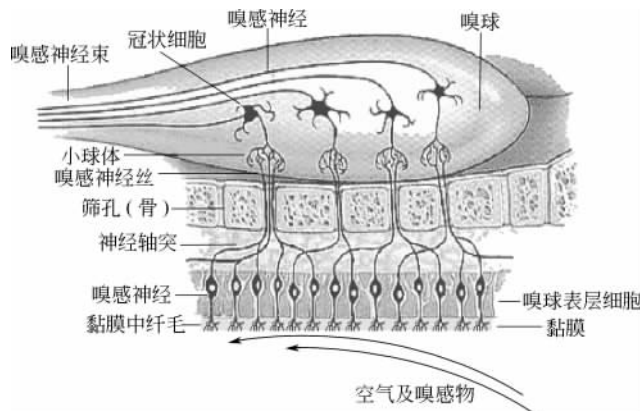


图 1-5 嗅觉感受器结构

1.2.2.2 嗅感物质的分类及特点

嗅感物质必须具备一些基本特性，①水溶性或油溶性；②有一定的挥发性和表面活性；③分子量较小。据已有资料表明，从未发现分子量大于 294 的物质具有嗅感。在所有的化学元素中，只有 16 种元素对产生嗅觉具有作用，这些元素是：H、C、Si、N、P、As、Sb、