



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校专业教材 •

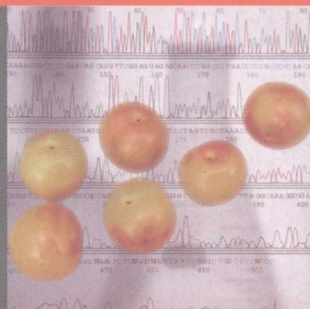
[高校教材]

# 食品风味化学

张晓鸣 主编

夏书芹 贾承胜 华婧 编

FOOD FLAVOR CHEMISTRY



中国轻工业出版社

高等学校专业教材

# 食品风味化学

主编 张晓鸣  
编者 夏书芹 贾承胜 华 婧

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

食品风味化学/张晓鸣主编. —北京: 中国轻工业出版社,  
2009. 3

高等学校专业教材

ISBN 978-7-5019-6790-2

I. 食… II. 张… III. 食品化学-高等学校-教材  
IV. TS201. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 200464 号

责任编辑: 李 佳

策划编辑: 李亦兵 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王培燕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23

字 数: 510 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-6790-2 定价: 40.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

60435J1X101ZBW

## 前 言

食品质量的要素包括色、香、味、质构、营养和安全，食品除了满足人类生存的需要，还应该使人们获得感官的愉悦和心理的享受。食品必须具有吸引力或者能引起人们的食欲才能有效地发挥作用，因此食品风味的发展和应用与人类历史的发展密切相关。食品风味是一个广泛和综合的术语，主要包括食品的香气和味道。颜色和香气是食品引起人们购买或消费的“第一印象”，美味则是保证一种食品能持久被特定人群接受的必要条件。因此，食品科学家和食品工艺学家把提高和改进食品的风味作为提高食品质量最重要的手段之一。随着生活水平的提高，人们对食品风味的要求不断提高，食品风味化学已发展成为食品化学的一个重要分支，成为推动食品工业发展的重要动力。

鉴于食品风味成分的复杂性，其研究涉及许多现代仪器设备，风味形成的机理还没有明确阐明，因此，风味化学的理论和技术是食品科学学科一个相对薄弱的环节。我国食品风味化学的相关教科书和参考书籍较少，为此，编者参阅了多种国外著名教材、专著和研究论文，结合编者在本科生、研究生和留学生教学过程中的体会和经验编写了本书，比较全面、系统地论述了风味化学基础理论、研究分析方法以及本领域最新研究进展和成果。本教材面向食品科学与工程专业的本科生、研究生教学与科研，帮助学生建立从事风味化学研究的基础。

本教材主要阐述了食品风味的概念和分类，风味感觉与分子理论，天然食品风味的形成机制，食品加工中风味的产生与变化，食品风味的释放和稳定化，风味物质的分离、分析与加工方法，以及食品加工中风味化学的应用等内容。

本教材可作为大专院校食品学科和相关学科风味化学课程的教科书，也可供食品专业技术人员、科研人员阅读，对于精细化工、医药、烟草等行业的产品研发、生产、管理和营销人员也有一定的参考价值。

本书编写分工：江南大学食品学院张晓鸣编写第一、三、五、六、七、八、九章，夏书芹编写第十、十一章，贾承胜编写第四章，华婧编写第二、十二章。全书由张晓鸣主编统稿。江南大学食品科学专业博士研究生董志俭、张文斌和袁霖分别参与了第三、九、十章的部分编写工作，博士研究生丁保森、王芙蓉、宋诗清、黄梅桂和硕士研究生冯岩、罗浪锋、张凤、王吟姣、吕怡和兰小红等也参与了部分资料的查阅和绘图工作，在此谨表谢意。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
第一节 食品风味化学的定义 .....	1
第二节 食品风味化学的发展过程和趋势 .....	3
第二章 风味感觉 .....	16
第一节 风味味觉与嗅觉的生理和心理基础 .....	16
第二节 味觉理论与呈味物质的分子结构 .....	21
第三章 天然风味物质 .....	32
第一节 植物性食品风味成分 .....	32
第二节 动物性食品风味成分 .....	56
第三节 发酵食品风味成分 .....	64
第四章 合成风味物质 .....	78
第一节 概述 .....	78
第二节 合成风味物质 .....	79
第三节 风味增效剂 .....	102
第五章 调味料原料 .....	119
第一节 概述 .....	119
第二节 天然调味料原料（植物来源） .....	120
第六章 食品加工中风味的产生与变化 .....	155
第一节 美拉德反应及其应用 .....	155
第二节 脂肪降解产生的风味 .....	172
第三节 肉类风味的加工 .....	175
第四节 酶反应产生的风味 .....	181
第五节 高温分解产生的风味：烟熏味 .....	186
第七章 风味分析方法 .....	189
第一节 芳香成分分析方法 .....	189
第二节 特征呈味成分的鉴定及分析方法 .....	208
第三节 电子鼻 .....	217
第四节 味觉化合物（非挥发性物质）分析方法 .....	218
第八章 风味物质的提取与生物技术加工方法 .....	221
第一节 风味物质的提取方法 .....	221
第二节 风味物质的生物技术加工方法 .....	240
第九章 食品中风味的释放和稳定化 .....	250
第一节 风味物质与食品主要成分的相互作用 .....	250
第二节 液态和乳状液态风味物质的加工 .....	266

第三节	风味物质的干燥加工与稳定化 .....	270
<b>第十章</b>	<b>风味在食品加工中的应用</b> .....	296
第一节	风味在乳制品中的应用 .....	296
第二节	风味在软饮料中的应用 .....	301
第三节	风味在糖果中的应用 .....	305
第四节	风味在焙烤食品中的应用 .....	311
第五节	风味在调味品中的应用 .....	314
第六节	风味在肉制品中的应用 .....	317
第七节	风味在烟草加工中的应用 .....	322
<b>第十一章</b>	<b>食品的异味</b> .....	325
第一节	概述 .....	325
第二节	评定异味的感官方法 .....	325
第三节	食品中异味的污染源 .....	326
第四节	基因和动物饲料引起的异味 .....	333
第五节	由食品本身化学变化导致的异味 .....	334
第六节	微生物引起的异味 .....	345
<b>第十二章</b>	<b>食品风味质量控制</b> .....	349
第一节	感官评定 .....	349
第二节	微生物检验 .....	352
第三节	相关法规 .....	355

# 第一章 绪 论

## 第一节 食品风味化学的定义

### 一、食品风味的概念

食品质量的要素包括色、香、味、质构、营养和安全，除了满足人类生存的需要，食品还应该使人们获得感官的愉悦和心理的享受。人们的生活在很大程度上受到其嗅觉和味觉的影响，因而人类的历史也和食品风味的发展和应用密切相关。食品必须具有吸引力或者能引起人们的食欲才能有效地发挥它们的作用。食品风味是一个广泛和综合的术语，包括食品的香气和味道。颜色和香气是食品引起人们购买或消费的“第一印象”，美味则是保证一种食品能持久被特定人群接受的必要条件。因此，食品科学家和食品工艺学家把提高和改进食品的风味看作提高食品质量最重要的手段之一。随着生活水平的提高，人们对食品风味的要求不断提高，风味化学已发展成为食品化学的一个重要分支，成为推动食品工业发展的重要动力。

风味是人们摄入某种食品后产生的一种感觉，主要通过嗅觉和味觉感知，也包括口腔中产生的痛觉、触觉和对温度的感觉，这些感觉主要由三叉神经感知。因此食品风味 (Flavor) 是口腔中产生的味觉 (Taste)、鼻腔中产生的嗅觉 (Odor) 和三叉神经感觉 (Trigeminal impressions) 的综合感官印象。风味对于人们对食品的挑选、接受和摄取起着决定性的作用。

食品的味感 (或称口味) 主要由舌头的味蕾感知，也有部分由口腔的软腭、咽喉后壁和会厌处感知。一般把味感分为甜、酸、咸、苦四种基本味觉，它们的味感受体分别位于舌头的不同区域 (图 1-1)。口腔后部也有部分酸味和苦味的受体。

近年来，鲜味的概念越来越普遍地被人们接受，也经常被列入味感的范畴。鲜味这个术语起源于日本，主要反映食品的可口和美味，因此也有人把鲜味作为第五种基本味感，但它的味蕾感觉部位还不清楚。

气味主要由鼻腔上部的嗅觉上皮细胞感知，挥发性芳香物质通过鼻腔直接呼吸或食物经口腔消化后，挥发性成分通过后鼻腔到达味感受体 (图 1-2)。

食品的香味 (Aroma) 是指所有能令人产生愉悦感受的气味感觉。

三叉神经属于耳、鼻、口之外的体觉感知系统，主要分布在鼻腔和口腔的黏膜，以及舌头的表面，它们对刺激非常敏感，从微弱的刺激到强烈的痛感都可以感知，因此能导致

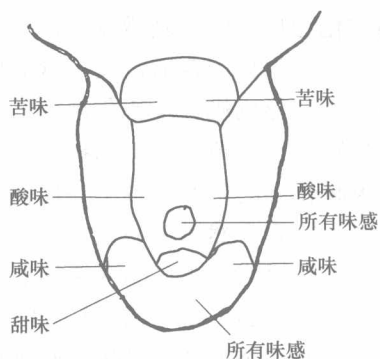


图 1-1 舌头表面感知四种基本味感的最敏感区域示意图



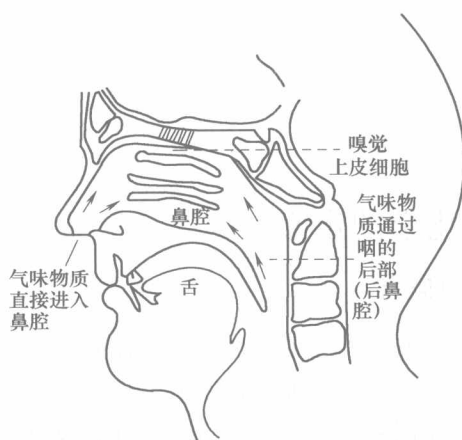


图 1-2 人类的嗅觉器官

三叉神经感知的物质对于很多食品的风味也是非常重要的。三叉神经主要感知辛辣、麻、苦涩和清凉等味感。

综上所述，食品风味是一个综合而广义的概念，它包括挥发性气味物质，也包括非挥发性的口味物质，还包括刺激三叉神经产生辣、麻、涩等感觉的物质。

食品风味工业中经常涉及的一个概念是食品调味料 (Flavoring)，它是泛指能赋予食品风味的一类产品。国际风味工业组织 (IOFI, 1990) 关于食品调味料的定义是：包含或不包含附料的可赋予食品风味的浓缩制品，但有咸、甜或酸味的产品除外，食品调味料本身不

直接食用。因此，食品调味料由对食品风味有作用的配料和没有贡献的附料组成，附料主要包括产品加工所必需的溶剂、载体和防腐剂等成分。

## 二、风味化学的定义和研究内容

通常，人们把风味化学的知识理解为通过应用气相色谱和快速扫描质谱取得的食品化学方面的最新进展。尽管这些仪器为鉴定风味物质提供了先进手段，但经典的化学技术仍在研究的制备阶段使用，特别在精油和香料提取物的研究中。对香料广泛而又有些分散的关注，以及从 20 世纪 60 年代初开始的有关食品风味的化学知识迅速而又欠组织的发展，促成了一门关于风味的学科的缓慢发展。尽管风味物质代表了由主要食品组分衍生的各种结构的化合物，但“刺激味觉或嗅觉受体产生被称为风味的综合生理响应”仍然是风味化学这门应用学科的合适定义。食品风味化学是一门研究食品风味物质的化学组成与特性、分析方法、形成机理及变化规律的科学。食品风味化学是食品化学的一个重要领域，与化学、生物化学、植物学、动物学、分子生物学和食品加工学有密切的关系。

风味化学的研究内容主要包括：

- (1) 明确天然风味的化学组成和它们的形成机理；
- (2) 延迟或防止食品异味的形成；
- (3) 重组加工食品的新鲜风味；
- (4) 通过添加合成风味物质改善食品风味；
- (5) 开发具有特殊风味的新食品，如薯片风味；
- (6) 通过加速产生理想风味物质的反应改善食品风味；
- (7) 研究风味成分和食品组分的相互作用，实现风味的控制释放；
- (8) 为遗传育种提供理论依据，开发高产改良风味化合物或风味前体的新物种；
- (9) 规范食品原料，控制食品质量。

## 三、食品风味的分类

由于食品风味是一个综合的感官印象，是多种化学成分综合、协同作用的结果，因此



食品的风味种类繁多,变化万千,要进行严格的分类是极其困难的,目前尚无完整而又非常科学的分类方法。我们可以简单地把食品风味分成两类,期望的风味和不理想的风味,前者如橙汁、薯片和烤牛肉的风味,后者又称为异味,如油脂的酸败味、豆腥味等。1972年 Ohloff 曾提出了一个分类方法,见表 1-1。

表 1-1 食品风味的分类

风味种类	细分类别	典型实例
水果风味	柑橘型(萜烯类) 浆果型(非萜烯类)	橙、柑、橘、柚、葡萄 苹果、香蕉、黑莓
蔬菜风味	—	莴苣、芹菜
辛香料风味	芳香型 催泪型 辣味型	肉桂、薄荷 洋葱、大蒜、香葱、韭菜 辣椒、胡椒、花椒、生姜
饮料风味	非发酵风味 发酵后风味 复合风味	果汁、牛奶 葡萄酒、白酒、啤酒、茶 软饮料、兴奋性饮料
肉食风味	哺乳动物风味 海产动物风味	猪肉、牛肉 鱼、虾、蛤
脂肪风味	—	橄榄油、椰子油、猪油、黄油
烹调风味	肉汤风味 蔬菜风味 水果风味	牛肉汤、鸡肉汤 豆类、土豆 柑橘果酱、柠檬果酱
烧烤风味	烟熏风味 油炸风味 焙烤风味	火腿 烤肉、炸鸡 咖啡、面包、饼干
恶臭风味	—	干酪

## 第二节 食品风味化学的发展过程和趋势

### 一、风味学术研究的发展过程和趋势

风味化学作为一个研究领域已经存在 40 多年了,风味研究的发展是一个进化的过程。以历史的观点来说,仪器的进步在很大程度上推动了风味研究的发展,仪器使科学家能够分离和鉴定食品中产生香味的挥发性主体成分。

气相色谱法的普遍采用(20 世纪 50 年代末到 60 年代初)标志着风味研究的开始。在气相色谱法之前,对未知挥发性化合物的解析、分离和辨认是一项极其繁重的任务。气相色谱法的使用,代表了风味化学非常壮观的进步。随着气相色谱法不断成熟,风味化学随之发展起来。熔融硅毛细管气相色谱柱的出现有重要的意义,因为熔融硅柱的发展使高效色谱法不再只是专家的手艺,其应用得到了推广和普及。低成本的四极质谱仪的出现也促进了风味研究的重大进展。这种与气相色谱法兼容性非常好的低成

本仪器使许多风味研究者用上了这种技术。当然，这项发展在某种程度上也成为一种祸根，因为有些研究者在没有充分确定化合物特征的情况下使用该项技术，并且把错误的鉴定写入文献中发表。

起初，研究人员使用气谱/质谱（GC/MS）来鉴定食品中各种芳香化合物，现在食品中差不多有 7000 种芳香化合物被鉴别出来。这些芳香化合物中有很多是天然存在于食物中的，其他的是发酵、热处理或者腐败作用（例如脂类氧化）产生的结果。后来，人们注意到食品风味不能由这些配料简单地配制再现，必须按照合理的方法，来确定哪种芳香化合物对食品的香味贡献最大，哪种气味化合物是无紧要的。这方面研究的最早尝试是确定一个从气相色谱中洗出的单个气味化合物的感官特征（气相色谱-嗅觉测量法）。人们认为那些闻起来像某种食品的那些气味化合物是最重要的。但许多食品中没有“特征影响化合物”，它们的香味是许多不独特的气味物质组合的结果。在这样的背景下，促进了许多确定食品主要芳香成分的相关技术的产生。最早的技术就是简单地确定某种气味物质是否以高于感官阈值的量存在于某种食品中。Rothe 和 Thomas 在量化方面做了补充，他们通过计算食物中芳香成分的香味值——食品中芳香物质的原始浓度除以它的感官阈值。这种技术后来经过了多次研究改良，目前仍在不断改进中。

以历史观点来说，人们付出了大量的努力来探索植物风味（生物合成）、加热过程（美拉德反应）和发酵风味形成的机理；食品异味因为和食品工业的经济密切挂钩，也是大量风味研究的主题。但目前风味形成机理的研究正在逐渐减少，主要归因于全世界风味研究投资的变化。在 20 世纪 60 年代末期和 70 年代早期风味化学研究在美国、欧洲和日本都非常活跃，那时的风味研究在明确风味形成的生物合成途径以及对风味起重要作用的化学组成等方面取得了大踏步的进展。但到 20 世纪 80 年代早期美国政府对风味研究的支持开始下降，此后一直稳定在仅有少数的几个实验室可以生存的水平。但欧洲的风味研究持续得到政府资助，因此逐步成为世界风味研究的领头羊。最近食品工业和许多日用品工业开始意识到风味对消费者的价值，因而包括美国在内对风味理论研究的资助又重新增加，风味研究也因此得到新的发展。

当前风味研究的发展主要有以下几个方面。

#### （一）食品特征芳香成分的测定

风味研究的目标之一，无论是对工业界还是学术界来说，是确定某种食品的特征芳香成分。风味工业的研究人员为了设计某种天然或人工的风味配方需要确定芳香成分。食品工业可能追求相似的目标，却是为了完全不同的目的。食品公司需要确定某种产品的特征关键芳香成分，从而能明白加工过程、配方或包装中的变化是如何影响风味的。通过一个实例可以把这种作用说得更清楚，如果我们要生产一种货架期较长的产品（假设风味限制货架寿命），了解风味失败的模式是很有用的。是否损失了理想的（特征）气味成分，使异味表面化并容易发觉，或者是否保留了理想的气味成分但是异味正在形成并掩饰了理想风味？如果预期的风味正在损失，它们是如何损失的——氧化、与食品本身相互作用、或者其他的风味损失机理？很难想象如果研究人员不知道要保护什么芳香成分或形成什么气味成分，他如何改进加工方法（例如加工过程或包装）来保护某种食品的风味。

从早期的嗅闻法开始，鉴定食品主要芳香成分的研究已经有相当大的进步。但在方法论方面仍然存在很大的问题。现有方法的一个主要问题就是人们总试图评价某种给定的气

味物质单独对某种复杂风味的贡献，通常把它从其他所有组分中分离出来，完全脱离了食品基质。这些方法包括从食品中分离芳香成分，用气相色谱法把香味分离成各个具体组分，然后用稀释法、感觉强度或频率来确定它们的重要性。随着时间的推移，人们已经认识到这些方法中没有一个是能够可靠地确定特征芳香成分，它们仅仅是一些筛选方法，可以提示某些成分可能是主要芳香成分，随后的感官评价工作是必不可少的，用于分析所获得的定性、定量数据。人们正在进行越来越多的感官工作以验证方法的有效性，尽管有些工作是在人员缺乏足够培训、装备也较差的实验室中开展的。

为了使鉴别主要芳香成分的方法更有效，人们还需要进一步的研究，例如，我们在选择主要芳香成分时对很多芳香组分没有可供选择或参考的指导方法。在最高稀释因子或感觉频率下得到的分析结果可能不是最合理的标准。如果某种气味成分令人很不愉悦，它在很高的稀释因子（或频率）下也会产生明显的感官印象；而有些气味成分由于它们的低感官敏感性，即使在很低的稀释因子（或频率）下也不会对整体风味产生明显的感官贡献。因此，我们需要做更多的感官研究把感官反应和稀释因子（或其他选择方法）联系起来，也需要做更多的混合物研究，以更好地理解导致混合物风味特征改变时组分气味物质变化的临界标准。我们正在寻找新的方法。一种方法就是用几种技术制备食品的香气分离物，然后判断这些分离物的真实性。选择最可信的分离物意味着复原某种香味所需的所有气味物质以适当的比例存在于分离物中，这两点是非常重要的，因为获取纯香味组分并确定感官评价的浓度还是有困难的。通过毛细管柱的分部收集，人们可以按需要的数量从气相色谱中挑选出有用的气味物质，最终通过使用收集物和重组物与本来的风味感官特性相匹配。该方法的一个优点是，某种气味物质的风味贡献是在混合物中判定的，而不是单独判定。事实上，只有在确定了需要什么成分来再现某种气味之后，人们才可能真实地从事鉴定工作，并为进一步的研究提供纯组分。这种方法的主要缺点是毛细管柱不能为感官研究提供足够数量的原料，这就需要通过多次的气相色谱重复操作，这样的工作可能是非常单调乏味的。

## （二）风味释放

如果考虑什么物质是给出某种感官反应所必需的，第一，必须有风味化合物（特征香味化合物）存在，第二，这些风味化合物必须能够从食品中释放出来。如果两者缺一或失去平衡，这种食品的风味就不会理想。当人们在考虑使用高强度甜味剂或食用低脂肪低热量食品时，风味释放的重要性就显而易见。使用完全相同的风味，人们可以发现它在富含热量的食品中非常受欢迎，但是在低热量食品中却完全不被接受，这是因为两个产品中虽然有同样的风味化合物（和浓度），但食品不同的风味释放造成了产品感官性质上的差别。

影响风味释放的一些主要因素：

- （1）食品的质构性质，包括凝胶强度和黏度；
- （2）风味物质和食品主要组分如蛋白质和淀粉的结合，导致蒸气压降低；
- （3）脂肪溶解；
- （4）风味物质与次要成分如阿斯巴甜的相互作用（和醛基形成 Schiff 碱）；
- （5）干燥食品的复水；
- （6）咀嚼；
- （7）食品或口腔中的酶。

美国在 20 世纪 70 年代和 80 年代已经广泛研究了风味物质与主要食品组分如淀粉、蛋白质的相互作用对风味释放的影响，这个领域的研究现在在欧洲仍然进行得非常热烈，有大量论文发表，研究主要集中在食品风味释放的测定方法方面。显而易见，如果人们不能测定，就不可能在食品风味释放研究方面做出很多工作。早期的研究主要考虑由于风味结合导致的蒸汽压减少（大部分美国早期的研究），但这种技术没有考虑到质构在限制风味释放方面的动态影响。后来发展的动态方法是使用吹扫-捕获技术，最后发展到用“人造嘴”来模拟咀嚼过程。这些“人造嘴”通常是相当简单的设备，通过搅拌实现控制剪切、控制温度保持在体温、利用空气流动来采集食品中释放的样品等。这些方法大多缺乏足够的灵敏度来实时地收集数据，而且需要浓缩，收集时间通常是几分钟，但是在实际生活中人们几乎不会使口中的食物停留超过几秒钟。由于分析程序需要很长时间，有时可能会遗漏了重要的因素，例如，风味释放的时间曲线会影响感官感知。

Andrew Taylor 第一个发明了嘴里测量香味释放的实时方法，后来他又改善了这种方法并出版了有关应用的专著，这是近来在风味领域最重要的研究进展之一。

### （三）电子鼻

电子鼻现已成为美国和欧洲相当多研究的课题。理论上，电子鼻是我们所需要的，可以帮助我们解决一些质量控制问题、产品的地理学特征，甚至是一些预言性的研究（货架期）等。但随着时间的推移，人们对这种工具不再盲目着迷，还产生一些疑惑，仪器作出响应的原理还不清楚。当探测器阵列响应模式产生后，我们对理解所测数据没有任何的理论基础。这种探测器对我们想要测定的东西或其他一些无关的或潜在不正确的东西都有响应。例如，1996 年的美国食品科学学会（IFT）会议上一个研究人员介绍了一篇论文，是关于如何使用电子鼻来测量冷藏时肉的氧化的。他把样品输进电子鼻，同时提供给一个感官评定小组，要求感官评定小组确定氧化导致的异味程度。正如人们期望的，电子鼻软件建立了一些探测器阵列响应和感官评定小组的相互联系，电子鼻发现储藏过程中一些成分发生了变化，感官评定小组发现样品的氧化异味在增加，但我们不能保证电子鼻只对氧化异味做出响应。如果研究人员要求感官评定小组判断颜色，美拉德异味或者湿度，电子鼻也同时分析得到一组相应的参数，如果两组参数都在变化，就可以建立一个相关性。如果由研究人员预先选定这个相关性，就不能保证电子鼻是在对我们需要测量的东西做出响应，结果也就不可靠。人们曾做过一些研究来确定什么传感器对什么化学物质响应，但通常是以单个芳香化合物或简单的混合物模型为条件。我们不能保证在复杂的混合物中将会发生什么情况。

这个领域的最新进展是 Hewlett Packard 提供的化学传感器。这个仪器是基于获得空气中挥发物的完整质谱（不分离），然后利用化学统计学来建立整个光谱和感官评定结果的相关性。例如，人们可以预见一个发霉的谷物样品会给出异龙脑或 geosmin 的质谱离子特征峰，当产品中存在这些挥发性物质时给出谷物霉味的响应。再如，根据液态奶的保存期依赖于巴氏杀菌前的微生物生长的原理，人们就能理解化学传感器可以依据牛奶巴氏杀菌时丙酮或乙醇（微生物代谢物）的含量给出预测的保存期，这样就可通过在牛奶灌瓶机检测牛奶的异味，确定包装盒上的保存期。虽然这种仪器也可能推断出错误的相关性，但数据和响应之间还是具有一定的可以理解的关系。

#### （四）热加工形成风味

长期以来人们一直对热加工形成风味的研究非常感兴趣，掌握这种方法可以在通常的食品加工中或通过反应体系来生产调味料。这方面的研究使我们对通过反应（如美拉德反应）形成风味的机理、前体和反应的方法有了初步的了解。该领域的困难之一是反应的复杂性以及它们对配方和加工条件细微变化的特别敏感性。因此，在这些反应中控制风味的很多实际工作完全是经验性的。

科学研究对这一领域已经做出了很多贡献，例如，关于 2-乙酰-1-吡咯啉形成的工作，如果人们想要在食品中增强这种特殊的面包皮、饼干或爆米花气味的风味构成，关于风味构成前体和反应条件的工作为我们提供了无价的理论基础。

#### （五）生产风味的生物技术

虽然在 20 世纪 80 年代和 90 年代早期，该领域学术界有大量的研究项目，但今天只有少数研究机构仍在延续。大量的工作是在工业界，目的是为风味配方生产天然芳香化合物。

## 二、风味工业化研究的发展过程和趋势

风味工业一直处于一个重大的合并时期，这些合并是由主要消费者需求和经济压力构成的市场动力所驱使的。战略合作伙伴关系已经变成这个工业的行业惯例。这样的合作伙伴关系是基于分享研究成果以在新产品研发或解决产品工艺过程问题方面取得重大科技突破。大的风味公司研究的焦点是尽可能有效地创新，把基础研究成果与市场目标联系起来。这些工业化研究主要集中在分析和合成化学、生物技术、芳香成分测定、微胶囊化，以及功能性食品中的香料选择等领域。

涉及国际市场的风味工业，其主要问题是各个国家控制配料使用的法规的协调。基本的关注点是风味成分的安全性和预期使用量。美国采用“一般认为安全”（GRAS）的概念，这个概念使工业界能够制定出食品产品中认可的配料成分表。风味工业正在研究建立更科学的评价风味配料安全性的方法，以确立一类能够被国际市场所接受的配料成分。

在过去的几十年里，美国消费者在食品方面的消费比重已经显著下降到世界记录的新低，大约占收入的 10%。大量的食品、杂货连锁店以及人们在外吃饭的要求给食品工业的管理层造成了极大的压力，食品工业必须以尽可能低的价格制造高质量的安全食品。作为食品和饮料业的供货商，风味工业面临着同样的挑战和压力，这已经成为当今的商业模式，对风味工业的研究方向有着显著的影响。

#### （一）合作关系

在过去的 20 年里，风味工业的结构发生了重大的变化。从许多小的风味定制生产者，到很多私营企业家，到今天一些好几百万美元的合资公司，风味工业已经走过了很长一段历程。然而当这些大公司通过合并中型规模公司成长的时候，仍然有很多小公司生存下来，通过技术改造或卖掉老企业形成新的公司。在食品工业发生变化的过程中，风味工业的调整重组也随之进行。

部分新模式是削减成本和使公司运行得更有效率，其结果是大的国际性食品和饮料公司减少原料供应商以带来明显的经济效益。特定的方式就是集中选择少数供应商，与它们形成合作伙伴或者“战略联盟”。一个风味公司想要进入这个关系集团，它就必须有与其

他公司进行贸易的历史，而且要评估它们的技术和商业利润。在某些情况下，生产特种香料的小公司也可能被列入供应商的名单，或者给予有威望的“战略合作关系”。

这种商业新方式对于食品及饮料业或者风味公司的研发投入有着显著的影响。这是风味工业化研究发展趋势的推动力之一。

## （二）市场定位

为了确保利益是“战略合作伙伴关系”双方达成一致的目的，顾客（食品和饮料业）一般希望供货商（风味工业）创造新的风味，解决加工过程和产品的的问题，而且以最好的价格交付最时尚的风味料。供货商则希望凭借这种合作关系独占参与新产品研发的权利，或者作为唯一的公司来承担具有高市场潜力的项目。为了很好的合作，合作者必须忠实于对方的需要。这样的合作关系很多还刚刚开始，是否成功还需拭目以待。

虽然现在还有一些较小的风味公司正常运作，但在过去 15 年的风味产业合并中很多中型公司几乎都被兼并。这些小公司的存在几乎完全依靠老的风味工业的艺术性特点。这些公司的商业战略是为那些与他们存在良好私人关系或专业性联系的公司制造风味料。他们常常会以一个合理的价格交付小批量产品。这些小公司不需要在人才或设备方面有高科技的投入，只需要风味工作者的创造能力来开发风味产品。一些较小的食品公司已经成为最有创造性的产品革新者，他们敢于冒险采用新理念。

大公司都注重使他们的总经销产品产生更多利润的方法，而较小的公司在市场中冒险实施新的理念。

## （三）风味工业的研究领域

对商业界有了一些了解后，我们再来看看这些现状对风味工业的研究趋势有什么样的影响。第一个现象是，原来就有风味部门的大食品公司已经或者正在解散风味研究部门，这些公司长期以来所作的风味基础研究正在逐渐停止，主要的大学在风味方面的基础研究也越来越少，这个趋势始于多年以前，尽管人们相信由于商业团体对于基础信息的需求应该增加基础研究。大约三十年以前，有很多学术团体进行基础研究，发表科研成果，但现在只有少数出色的理论研究团体在从事该领域的研究。由于商业界的导向，许多风味公司仅仅是“混合式”的，他们没有资源去做基础研究，那些正在做基础研究的公司通常是为满足他们的主要合作者的需求。市场趋势也操纵着研究工作的方向，风味工业研究的主要领域是：

- （1）生物技术；
- （2）合成有机化学；
- （3）微胶囊化；
- （4）香味测量技术；
- （5）加工形成风味；
- （6）风味配料安全性评估；
- （7）独特的食品与饮料产品。

### 1. 生物技术

在美国，食品法规要求任何含有合成风味料的食品要贴上合成风味料的标签，这通常会出现在主要的显示面上，或者出现在依据产品说明和添加到产品中的风味料说明的成分标签上。在联邦规定的法典中，美国食品与药物管理局（FDA）已经定义“天然风味料”



包括“精油，油树脂，香精及其提取物，蛋白质水解物，蒸馏物或者烘烤、加热、酶解的产品，它们含有从辛香料、果汁、蔬菜及蔬菜汁、可食用酵母、香草、树皮、植物芽、植物根、树叶或者类似的植物材料、肉类、海产品、家禽、蛋类、奶制品或者发酵产品得到的调味料成分”，其主要功能是增加食品的风味而不是营养。合成风味成分则相应地定义为不符合天然风味定义的其他所有风味成分。没有风味标签声明的食品则默认为只含天然风味。大多数产品人们最喜欢的风味标签当然是“天然的”。当使用人工合成香料时，大多数公司的市场部门看到他们的产品上有“合成”字样会认为有消极影响，所以要求产品研发者使用天然风味成分。

因此，天然风味定义引发了生产符合天然风味定义产品的新方法。为了开发天然成分，人们通过酶（酶解）和微生物（发酵）的应用把生物技术引入风味工业。应用酶和微生物可以把天然食物成分（如碳水化合物，蛋白质，脂肪和维生素）转变成天然风味成分，这是所有风味公司研究的主要领域。天然风味定义促使风味公司必须拥有微生物专家、生物化学专家以及生物工程专家去开发、提高并最终实现食品和饮料中天然风味成分的商品化。

在应用生物技术开发天然风味产品的领域，研究的热点问题有：

- (1) 制造风味用的微生物和酶的分离；
- (2) 有用成分的安全评估和批准使用；
- (3) 加工方法的优化；
- (4) 优化工艺过程；
- (5) 高产或专一性生产菌的遗传控制；
- (6) 有用成分分离浓缩方法的开发。

表 1-2 列出了天然产物和合成产品的价格。

表 1-2 天然产物与合成风味成分的价格比较 单位：\$ /kg

化 合 物	“天然物”价格	“合成物”价格
乙醛	135	47
乙酸乙酯	7	1.60
$\delta$ -葵内酯	500	22
顺-3-己烯醇	1325	67
甲基壬基酮	385	53
1-辛烯-3-醇	8250	102

生物技术为现在的风味研究提出了一些非常令人兴奋的课题，很多有机合成化学家转向生物化学家和微生物学家去开发新产品。尽管如此，有机合成化学家在风味工业中还起着重要的作用。

## 2. 手性化学

很多年来，风味学家已经知道一些材料的风味值取决于它们的手性，或相关化学物质的特殊结构（光学活性）。如天然薄荷醇和合成薄荷醇人们当然更倾向使用天然薄荷醇而不是合成的外消旋薄荷醇，这两种香芹酮的异构体之间存在着显著不同的气味（L型异构体显示出香菜的味道，而D型异构体给人以薄荷的味道）。很多生产合成化学品的风味公司重点关注的是这个领域的合成研究能力。作为第一批应用的手性合成风味物质之一的



L-薄荷醇是由 Takasago 国际集团公司采用变构催化方法生产的。

在最近 10 年里，分析化学家已经发明了很多从各种天然化学物质有效分离手性物质的方法。各种手性分离相都可以用气相色谱法分析。氢键作用、配位作用以及包合络合作用等方法已经被广泛使用，而且液谱-气谱 (LC-GC) 和多维气相色谱法 (MDGC) 等先进技术也已经被采用。图 1-3 所示为从各种天然原料中分离出的香茅对映异构体的比率。

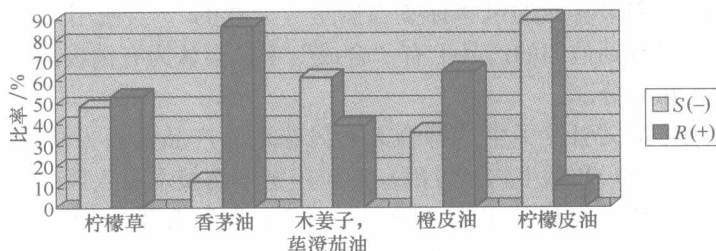


图 1-3 从天然原料中分离的香茅对映异构体的分布情况

当今，许多公司正在合成一系列手性化合物，大多数物质作为药物前体，有些物质用作风味化合物。表 1-3 所示为一些应用于风味工业的手性化合物。要更全面的了解自然界中手性物质特殊结构的作用取决于有机化学和分析化学的进展。

表 1-3 用作风味配料的手性化合物 (对映异构体气味阈值的比较)

化 合 物	阈 值	化 合 物	阈 值
(S)-(-)-香芹酮	2	(S)-(-)-反- $\alpha$ -大马士酮	1.5
(R)-(+)-香芹酮	85~130	(+)-香柏酮	800
(R)-(+)-反- $\alpha$ -大马士酮	100	(-)-香柏酮	600000

### 3. 仪器分析的创新

风味公司不是仪器分析方法的最初开发者，但他们已经成为新技术使用和独特应用的主要贡献者。手性化合物分离就是许多研究领域中的一个例子。其他领域如高效液相色谱法，微孔气相色谱法以及所谓电子鼻的电子气味检测法都已经加入到风味专家的“工具箱”中。

电子鼻代表一种有趣的测量香味特性的方法。对于风味工业来说，现在已经有三种类型的商业可用的电子鼻。每一种类型的属性列在表 1-4 中。

表 1-4 电子鼻属性比较

公 司	型 号	传感器类型	传感器数量
Alpha M. O. S.	Fox 2000	金属氧化物 导电聚合物	6, 12 或 18
Aroma Scan	Aroma scanner	导电聚合物	32
Neotronics	The Nose	导电聚合物	12

第二类香味评估技术是嗅闻气相色谱仪中稀释洗脱物的气味。Charm 分析 (“Charm Analysis TM”) 与香味提取物稀释分析 (AEDA) 这两种技术是研究气相色谱中洗脱物香味化合物相对含量的定量分析方法。这类方法的缺点是必须嗅闻多次稀释液直到不能检测出明显的香味，这是非常耗时的。但是，这种技术的重现性非常好，而且它对于纯气味物

质标准剂量的评估能力也是非常出色的。

#### 4. 微胶囊化

风味物质微胶囊化的主要方法是使用植物胶和碳水化合物（糊精和变性淀粉）作壁材，通过喷雾干燥来实现。这是一种把液体风味料转变为方便的固体形式的经济方法，它降低了产品的挥发性，而且提供了一些防氧化的保护。

最近被认可的 $\beta$ -环糊精，现在正被用作一种喷雾干燥前使用的风味捕获材料（包合络合物），这种材料价格很高，1998年才被批准用于食品。这种材料仅在风味工业的很小范围内使用，在减少由于挥发、氧化或光学反应导致的风味损失方面是非常有效的。香味成分含量高的风味料同样需要得到稳定，微胶囊化后，一般只有非常少甚至没有香味能察觉到。

喷雾冷凝或者喷雾冷却是一种使用冷空气在风味化合物周围包裹脂肪包衣的方法。这种方法特别适于水溶性风味物的胶囊化。

将含糊精成分的材料加工成糖玻璃的挤压技术已经在商业上用于风味精油的微胶囊化。这种方法对防止氧化有很好的效果，还可以实现改善视觉效果涂色挤压。这种微胶囊材料主要应用在糖果和口香糖工业，最近还出现了利用糖醇的无糖挤压技术。

#### 5. 加工风味

加工风味是在加热条件下通过使各种食物成分反应而制造出与很多烹饪或烘烤食物相似的风味特征。主要的风味是通过美拉德反应（非酶褐变）形成的，它是基于氨基酸与还原糖的反应。其他的反应如脂肪和油脂的分解以及糖的脱水在加工风味的开发方面也起着重要的作用。加工风味的范围包括坚果、巧克力、鸡肉和牛肉风味等，加工风味发展的动力也源自“天然风味”的定义。

尽管加工风味领域的第一个专利可以追溯到20世纪60年代的早期，但是现在在这个领域中仍然进行着大量的研究，如精选前体材料的数量、种类以及优化加工条件等。

#### 6. 风味成分安全性评估

风味工业一直把风味成分的安全性评估作为研究的主要焦点。在风味工业贸易协会、风味和提取制造商组织（FEMA）和风味工业国际组织（IOFI）领导下，风味工业已经建立了一个独立的风味成分安全评估专家小组。美国于1958年为纯食品运动制订的食品添加剂修正案允许很低用量使用风味成分，或者允许使用GRAS的食品材料。这个运动要求必须具有食品安全鉴定专业资格才能进行安全性评估和正式批准。没有FDA的评估和同意也可以进行这项评估，只要材料在用量范围内没有毒性就可以使用。1965年FEMA明确了允许使用物质的GRAS目录，从那时起已经有1800多种物质增加到那个目录中。根据专家评审组和科学家使用的科学方法和发表的论著，FEMA确立了安全性评估过程，作为标准被美国管理部门和世界范围内46个国家认可。

随着食品和饮料工业全球化的趋势，急需制定一个能被所有国家接受的配料清单。现在，FEMA正和IOFI、世界贸易组织一起努力制定这个协调关系。IOFI正在和成员组织一起开展工作以确定一个食用安全的风味料目录。为了提供多国批准食用物质的安全性数据，一个国际性的科学理事会已经成立。欧盟在2003年建立了允许物质的目录。相信在美国和欧盟之间确立协调关系后，世界其他国家也将根据各国自己的情况选用或建立包括配料和安全性评估方法的目录。