

食品风味

SHIPIN FENGWEI HUAXUE

化学

孙君社 编



中理工大学出版社

序

从古到今，风味食品在我国的传统食品中都占有相当重要的位置，那些深受人们欢迎和喜爱的食品，便是具有各地的独特风味的食品。 “风味”一词早已为人们所熟悉，那么，食品风味的实质是什么呢？食品风味的成味机制是怎样的呢？食品风味化学即是从化学角度研究食品风味实质的一门科学。它主要研究食品和食品加工过程中的风味变化与其风味化合物的内在联系，剖析风味化合物的实质，以指导加工高质量的食品和发展风味食品。因此，食品风味研究是一个复杂而诱人的课题，它引起了更多人的兴趣和重视。为使有兴趣的人们更好地了解 and 更快地深入研究这一新的课题，编者认真编写了这本较系统的《食品风味化学》。

本书在内容编排上有两个明显特点。第一，它不同于以往国内外同类书的论述方式，从人类感觉感知的生理方面总结阐述了味觉感和嗅觉感的生理机制，同时，列举了大量技术资料归纳构性关系，试图从感觉感知的生理角度和风味化合物的分子结构规律方面找出关联因子，达到剖析风味实质的目的。第二，它弥补了单从风味感觉感知角度解释实际食品中风味变化的不足，介绍了鉴别食品风味的一套科学方法——仪器分析与系统的感官鉴定相配合的方法。这一点是编者的匠心所在。为普及风味学常识，本书还特意介绍了几个风味学及其检测方面的术语，以及几种典型食品的风味变化情况。因此，本书不论从理论上还是实践上，对从事食品风味研究的科学技术人员、业余爱好者都会有一定的参考价值。

作为长期从事食品科学研究工作的同行，我们衷心祝贺这本书的问世，祝它为繁荣发展的食品行业增添新的花朵！

严日仁 唐本述

结 论

对食品工业来说，“食品风味化学”是一个既古老而又新颖的学科，尤其在我国人民生活水平日趋提高，食品工业蓬勃发展的今天，发展既讲营养又令人赏心悦目的风味食品是必要的、也是可能的。

食品风味有多种含义，在此我们仅谈及有关味觉(taste)和嗅觉(smell)的科学。一种物质的风味，分气味和滋味，二者密切相关。例如，物质的芬香是由香气和香味所组成。香气是由发香物质微粒扩散进入鼻孔后，嗅味神经受到刺激而得到的香感觉；香味是靠发香物质与味觉器官接触而产生的香味感。前者挥发度高，后者挥发性较差或不易挥发。然而，二者都是由感觉器官所感觉的。

感觉是生物认识客观世界的一种功能，是外界物质的机械能、辐射能或化学能刺激到生物体的某一通常叫受体的部位后，在生物体中产生的映象或反应。因此，感觉受体可按下列不同情况分类：

- (一)机械能受体，如听觉、触觉、压觉受体。
- (二)辐射能受体，如视觉、热觉和冷觉受体。
- (三)化学能受体，如味觉、嗅觉和一般化学感受体。

以上三者也可更广泛地概括为物理感(视觉、听觉和触觉)和化学感(味觉、嗅觉和一般化学感)。

因此，食物入口前后对人的视觉、嗅觉、味觉和触觉等器官的刺激，会产生一种综合印象。人们把这种综合印象称为食品的风味。表0-1-1列出了食品风味的基本内容。

目 录

绪 论	(1)
第一章 食品的滋味	(1)
第一节 味觉	(1)
一 味觉的发展	(1)
二 味受体	(2)
三 味觉的特性	(5)
四 有关味觉机理的理论	(7)
第二节 食品的甜味	(8)
一 甜味	(8)
二 甜味机理	(9)
三 甜味的构性关系	(13)
四 糖甜味剂的特性	(20)
五 甜味剂	(24)
第三节 食品的苦味	(39)
一 苦味	(39)
二 苦味机制	(40)
三 食用苦味剂的来源及分子特征	(44)
四 几种苦味食物及其主要组分	(55)
第四节 食品的酸味和咸味	(58)
一 食品的酸味	(58)
二 食品的咸味	(68)
三 酸咸调味模型	(72)
第五节 食物的辣味	(75)
一 辣味	(74)
二 辣味剂的一般构性关系	(74)
三 C_9 最辣规律	(80)

四	食用的主要辣味物质	(85)
第六节	食品的鲜味	(88)
一	鲜味的基本性质	(90)
二	鲜味物质的协同效应	(98)
三	鲜味物质对食品风味的作用	(102)
四	几种主要食物的鲜味成分及变化	(108)
第七节	涩味及其它滋味	(116)
一	涩味	(117)
二	清凉味	(117)
三	碱味	(118)
四	金属味	(118)
五	无味	(118)
第二章	食品的嗅味	(119)
第一节	食品的嗅味特征	(119)
第二节	嗅味机理	(122)
一	嗅觉受体及其嗅过程	(122)
二	嗅觉刺激理论	(126)
第三节	气味物质及其构性关系	(127)
一	基本模式	(128)
二	分子参数及其作用	(129)
三	基本气味剂及其构性特征	(130)
第四节	食品中的香味物质及食用香料	(134)
一	天然食品中香味物质	(134)
二	天然食品香料	(145)
三	人工食用香料	(146)
第五节	食品调香及香味增效剂	(148)
一	食品调香	(148)
二	香味增效剂	(151)
三	香味物质的稳定性	(155)

第三章 食品的风味	(157)
第一节 食品的褐变风味	(157)
一 果蔬风味与酶促反应.....	(159)
二 热加工产生的风味物.....	(166)
第二节 蛋白质食品的风味	(184)
一 肉类的风味.....	(184)
二 乳及乳制品的风味.....	(187)
第三节 发酵食品的风味	(192)
一 白酒.....	(192)
二 葡萄酒.....	(201)
第四节 茶叶的风味	(207)
一 鲜叶的香味物质.....	(210)
二 绿茶的香味物质.....	(211)
三 红茶的香味物质.....	(212)
第五节 不良风味	(215)
一 典型的不良风味.....	(215)
二 饲料中的不良风味.....	(216)
三 辐照异味.....	(216)
第六节 天然食品的风味变化	(216)
一 天然食品中的风味化合物.....	(216)
二 天然营养生态体系的变革.....	(219)
第四章 食品风味的检测	(223)
第一节 食品风味的检测	(224)
一 液上气体分析.....	(225)
二 挥发性组分的收集和检测.....	(230)
第二节 食品风味的感官检查	(235)
一 检查要素.....	(236)
二 用于感官检查的感觉量.....	(237)
三 感官检查方法.....	(238)

四 感官检查实例.....	(246)
五 感官检查中存在的问题.....	(251)

第一章 食品的滋味

第一节 味 觉

在动物的各种感觉中,味觉是最普遍、最常发生的一种感觉。味觉指口腔中所有的化学感系统 (Chemical Sensory System) 及其感觉^①。这些感觉系统对食人物质的化学组分进行精细地全面分析,从而分辨食品类别和调节摄取的食物。

一 味觉的发展

在生物进化过程中,初始的原虫具有化趋性,较为进化的肠腔动物具有识别一般的化学感,进化到鱼类、爬虫、鸟类和哺乳动物后则分化为味觉、嗅觉及其它化学感。尽管有人观察到,如果不经有意或无意地训练,许多动物的视觉和听觉都不与择食发生关系,但事实上味觉却逐渐成为动物择食的重要手段。在长期的生存竞争过程中,人类就是通过味觉的调节作用逐渐选择适应了一套天然的营养生态体系(图 1-1-1)。

但是,从进化论角度来说,动物(包括人类)的味觉既在进化,又有退化。就四种基本味感——酸、咸、苦、甜来看,酸味与咸味是从水生生物识别环境的感触发展而来的,发展最早;苦味与甜味是从微生物识别食物的化趋性分化演变而来的,而且甜味发展最晚,至今许多高等动物还缺甜味感。然

^① James, C. Boudreau, : *Food Taste Chemistry*, A. C. S. Symposium Series 115, 1979.

而，人的味觉却在退化（见表1-1-1，人的味蕾数在整个生物进化中和自身的生长过程中都在减少。），现已发现有全部甜味盲和部分苦味盲患者。

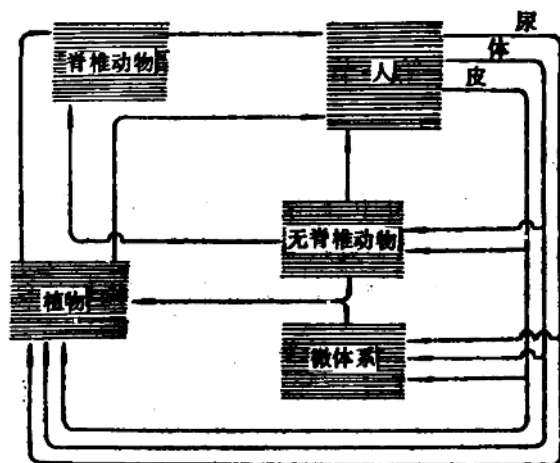


图1-1-1 人类天然营养生态体系流程图

表1-1-1 各种动物的味蕾数

名称	婴儿	成人	松鼠	袋鼠	猪、兔、牛
味蕾数	~10000	9000	6000	10000	15000~35000

二 味受体

味觉系统可认为是一个接受化学信息的受体 (receptor)、一个收集和传递化学信息的神经末梢 (peripheral) 感觉系统和一个分析这种感觉信息的综合神经中枢系统所组成。口腔内的化学受体有两种基本类型，即自由神经末梢 (free nerve endings) 和味蕾 (taste bud)。所谓“自由神经末梢”是借助光学

显微镜所能识别的微接受器（即囊包着的末梢），它遍布整个口腔，并反映各种不同的化学物质。“味蕾”是一个由神经纤维所组成的复杂神经体（图1-1-2）。

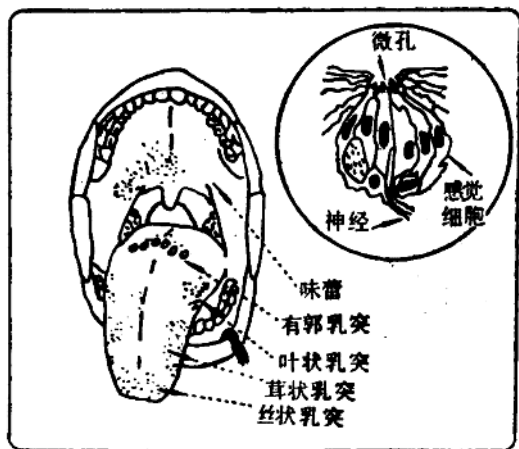


图1-1-2 口腔化学感受体系统的分布

味蕾与自由神经末梢不同，它并不是分布于整个口腔，而是分布于舌面(*dorsum*)、软腭(*palate*)、咽(*pharynx*)、喉(*larynx*)、会厌(*epiglottis*)以及气管的上三分之一区域(图1-1-2)。舌是味觉的主要受体。人的舌面上长有许多突起物，学名称为乳突。乳突按其形态可分为四类：丝状(或真菌状)乳突、茸状乳突、有廓乳突和叶状乳突(图1-1-2)。舌面上约有50万个香蕉形的味细胞，每40~60个味细胞象花蕊一样组成一个味蕾。味细胞顶端有微绒毛。味蕾就位于乳突的隆起部位。舌的后部化学感觉器官中含有大量的与分泌腺结合在一起的味蕾。人的味觉受体就处于舌表面的味蕾尖端的小孔道之内，由手指状的微绒毛(0.2 μ m \times 2.0 μ m)所组成。味细胞的其余表面全为扁平而不与外界通透的网状细胞包裹，故受体的微绒毛只有通过味蕾

尖端的小孔道才能与口中的唾液接触。因此，味刺激物必须具有一定的水溶性，才能随唾液进入味蕾孔穴内，吸附于受体表面之上产生味感。

口腔内化学受体的末梢感觉神经原有四个独特的神经节(如图1-1-3)。三叉神经的神经节含有使自由神经末梢供给整个

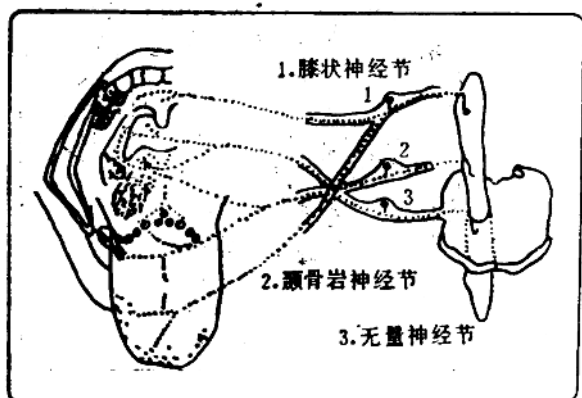


图1-1-3 哺乳动物口腔中味蕾的末梢神经节
(三叉神经节未标明)

口腔的味觉神经元。其它三个味觉神经节在各自位置上支配所属的味觉味蕾。在叶状乳突、有廓乳突、后腭、扁桃腺和咽门上的味蕾受舌咽的颞骨岩部神经中的细胞支配。在会厌、喉和气管的上三分之一区域的味蕾受迷走神经 (*vagus nerve*) 中的神经元支配。这些不同神经节中的化学味感体系有选择地响应食品的不同化学成分。

通常识别的四种基本味感都可从丝状乳突系统中诱发。咸感与较高浓度的无机离子有关。尤其是 Na^+ 、 K^+ 和 Li^+ 。酸感是由各种路易斯酸的供质子体所诱发出来的。甜味可由低浓度

的无机盐、糖和各种含氮化合物（尤指氨基酸，如L-羟脯氨酸和L-丙氨酸）溶液所诱发。苦味与疏水性氨基酸和生物碱有关。用味刺激物提取牛舌味蕾的匀浆表面，发现酸、咸和苦味受体都是脂质，但苦受体也有与蛋白质相联的可能性，而甜受体只能是蛋白质。

鲜味感是由谷氨酸钠(MSG)和肌苷酸钾(IMP)等所诱发的感觉，它是由单磷酸核苷酸刺激口腔最后部，由小纤维感觉体系引起，属综合感。

金属感是由一些金属盐(如 AgNO_3)的刺激所诱发，并且与8-酮-L-辛烯有关。金属感也可能是由舌咽神经的病状所引起。

辣感和涩感以及温感都与三叉神经节体系有关。这些感觉多数是对整个口腔刺激的反应。

三 味觉的特性

味觉的产生，刺激物无须进入细胞内，也没有可测到的共价键的形成或断裂。主要初始反应仅限于质子的中和(酸)、盐键交换(咸)、氢键形成(甜)和疏水键合(苦)。味刺激能否成功地进入受体穴位，受金属离子所控制。一般认为，味刺激使细胞底部与神经接头处去极化，膜电压梯度降低，产生动作电位，而动作电位的变化引起了化学能的变化，从而产生各种味觉。这就决定了味觉过程所特有的几个特点。

1. 味蕾 味蕾是味受体的主要部分，它由味神经和味细胞所组成。味蕾位于舌表面的乳突小孔穴内，当呈味物质由唾液带入孔穴时，味蕾就感知，产生去极化反应，从而产生味觉。

2. 传播速度 味觉是由味神经传递的，味刺激无须经过象视觉、听觉和触觉那样的物理电磁波的传播和一系列次级化学反应，因而，味觉传播速度快过视觉一个数量级见表1-1-2，

味觉传导几乎已达到神经传导的极限速度。

表1-1-2 感觉的传递时间

感 觉	视 觉	听 觉	触 觉	味 觉
时间(ms)	13~45	12.7~21.5	2.4~8.9	1.5~4.0

3. 阈值 味觉阈值(Threshold Value)是指味觉受体对味觉物质刺激的敏感程度,它是来自心理学的概念,与个人的身体健康情况以及环境条件(如温度)等都有关系。通常公认的阈值是由相同条件下大量味觉专家的评定而得出的统计值,如常温下食盐的咸味阈值为0.05%,柠檬酸的酸味阈值为0.0025%。

阈值可依据其测量技术不同而分为绝对阈值、差别阈值和最终阈值。

(1) 绝对阈值(Absolute Threshold Value) 又称感觉阈值或刺激阈值。它指一种感觉从无到有的刺激量。实测方法是配制一系列递增(减)浓度(差极小)的溶液(以纯水为溶剂),供品尝小组评定,确定50%以上几乎所能感觉到某种刺激时的浓度为绝对阈值。

(2) 差别阈值(Difference Threshold Value) 即指把一给定的刺激变更到显著的刺激时所需的最小量。

(3) 最终阈值(Terminral Thresholdal Value) 当被测物质的量达到某一定量后,对刺激的强度不再增加,此时物质的溶液含量称为最终阈值。

从意义上看,绝对阈值最“小”,最终阈值最“大”。实际中就具体情况可借用某一种或几种阈值来表达某一味觉活性物质的敏感性。

4. 化学感 味觉是化学感已被多数人所承认。这种化学感是由有序的蛋白质或脂质传导的,酸、咸和苦味的受体都是

脂质（苦受体也可能与蛋白质有关），而甜受体是蛋白质。就四种基本味感而言，它们的定味基结构分别为质子键、盐键、氢键和范氏键，而其它与受体键合的结构统称为助味基。

四 有关味觉机理的理论

人们现在对视觉和听觉的了解已有较多的科学基础，但对嗅觉和味觉的机理尚在探索阶段。尤其对味觉研究较少，味觉学说寥寥无几。半个世纪以来味觉学说是以化学感为基础，有定味基-助味基理论、生物酶理论、物理吸附理论、化学反应理论等。除酶理论的论据不足以外，其它理论均各有所见和片面，但以近代化学键理论解释的定味基与助味基学说可能是较好的理论。

然而，以上这些理论仅强调味觉是化学感这一方面，对味觉的传递速度却大大超过属于物理感的视觉、听觉和触觉的传递速度，这一现象却无法解释。因之，有人提出了新的味细胞膜模型和味觉信息的低频振动理论，它认为味信息的传递是通过味细胞膜膜面的声子振动来达到的，而不同味感的产生也是由于味细胞膜振动发出不同的量子低频所致^①。这个味细胞膜模型是一种板块振动模型(图1-1-4)，味觉的产生和传导就是



图1-1-4 板块振动模型生物膜示意图

^① 曾广植, 科学通报, 25, (1980),

由刺激物引起受体细胞膜的构象变化而产生的低频振动的量子现象。这种理论有一定的科学性，它能满意地解释一些现象，如信息传递、麻醉、变味等现象。

第二节 食品的甜味

一 甜 味

食物的甜味不但可以适应人们的爱好，还能改进食品的可口性和某些食用性，同时可供给人体热能。每克蔗糖能产生热量16.5千焦，每克葡萄糖能产生热量15.7千焦。甜味的大小称为甜度，甜度是甜味剂的主要指标，但甜度的强弱很难定量地用物理或化学方法来测定。现在量度甜度还只能凭人们的味觉感来判断（由专门的品尝小组来从事这项工作），这样就不可避免地带有主观性。因此，仍然没有一定的标准来表示甜度的绝对值。目前一般选择蔗糖为标准（因蔗糖为非还原糖，其水溶液较为稳定），其它糖和甜味剂的甜度则是它们与蔗糖比较的相对甜度。以蔗糖的标准甜度为100，其它糖和甜味物质的相对甜度见表1-2-1。

现在，正在兴起一股寻找高甜度低热量且安全又卫生的甜味剂代用品（象甜菊甙类）的热潮。人们对新甜味剂的要求的新趋势是低热量高甜度，而且各个工业国又重新试验了甜味剂——糖精和赛克萊美脫（*Cyclamate*，环己基氨基磺酸钠）并讨论了它们的安全性。但寻找一种新的甜味剂，不仅要确保安全而且也必须满足各种其它标准，如充分的溶解度、稳定性（即使pH值和温度都远离稳定点）以及人类的饮食习惯等等，因此这是一项相当复杂的工作。现在人们正努力开辟新的途径从甜味物质的结构关系来寻找一种新的“关联”，以便了解甜味感

表1-2-1 各种甜味化合物的相对甜度

甜味剂	相对甜度	甜味剂	相对甜度
乳糖	16—27	蔗糖	100
棉子糖	23	木糖醇	100—140
鼠李糖	30	果糖	114—175
半乳糖	30—60	糖精	20000—70000
麦芽糖	32—60	1,4,6-三氯化蔗糖	500000
D-甘露糖	32—60	天冬酰胺苯丙氨酸甲酯	10000—20000
木糖	40—70	柚贰二氢查尔酮	10000
山梨醇	50—70	新橙皮二氢查尔酮	150000—200000
肌醇	50	甘草酸苷	20000—25000
甘露醇	70	环己氨基磺酸	3000—8000
葡萄糖	74	紫苏糖	200000
麦芽糖醇	75—95	D-色氨酸	3500
转化糖	80—130	P-4000	410000

与甜味物质的关系，从而给研制发展新的甜味剂以启示。

二 甜味机理

1. 夏伦贝格尔 (Shallenberger) 甜味结构理论

当前有关甜味“构性关系”的理论中，以1967年夏氏提出者最为流行。这是他在糖和氨基酸的甜味结构研究中总结前人理论所提出的新学说，即AH-B生甜团学说。它认为具有甜味感的物质的分子结构中都具有一对相距约0.3nm的氢键受体B和氢键施体AH存在，而味受体中也应有这样一对相应基团，二者结合形成由一双氢键螯合成的“底物-受体”复合体，乃引起甜感。从而建立起这样的模型：

