

## 第二章 感觉的基础

### 第一节 感觉概述

#### 一、感觉的定义和分类

感觉是生物（包括人类）认识客观世界的本能，是外部世界通过机械能、辐射能或化学能刺激到生物体的受体部位后，在生物体中产生的映象和（或）反应。因此，感觉受体可按下列不同的情况分类：

- (1) 机械能受体：听觉、触觉、压觉和平衡；
- (2) 辐射能受体：视觉、热觉和冷觉；
- (3) 化学能受体：味觉、嗅觉和一般化学感。

以上三者也可更广义地概括为物理感（视觉、听觉和触觉）和化学感（味觉、嗅觉和一般化学感，后者包括皮肤、粘膜或神经末梢对刺激性药剂的感觉）。

人的感觉远比一般动物复杂，他除了感知外，还有复杂的心理活动。

任何事物都是由许多属性组成。例如，一块面包有颜色、形状、气味、滋味、质地等属性。不同属性，通过刺激不同感觉器官反映到人的大脑，从而产生不同的感觉。人的感觉不仅只反映外界事物的属性，也反映人体自身活动情况。人之所以知道自己是躺着或站立着，还是凭着对自身状态的感觉。

感觉虽然是低级的反映形式，但它是一切高级复杂心理活动的基础和前提，感觉对人类的生活有重要作用和影响。

在人类产生感觉的过程中，感觉器官直接与客观事物特性相联系。不同的感官对于外部刺激有较强的选择性。感官由感觉受体或一组对外界刺激有反应的细胞组成，这些受体物质获得刺激后，能将这些刺激信号通过神经传导到大脑。感官通常具有下面几个特征：

- (1) 一种感官只能接受和识别一种刺激；
- (2) 只有刺激量在一定范围内才会对感官产生作用；
- (3) 某种刺激连续施加到感官上一段时间后，感官会产生疲劳、适应现象，感觉灵敏度随之明显下降；
- (4) 心理作用对感官识别刺激有影响；
- (5) 不同感官在接受信息时，会相互影响。

#### 二、感觉与心理

人的心理现象复杂多样，心理生活的内容也丰富多彩。人的心理活动内容非常广泛，它涉及到所有学科研究的对象与内容，从本质上讲，人的心理是人脑的机能，是对客观现实的主观反映。要想详细研究和认识，远非本书所能，这里其所以提出这个话题，这是因为在人的心理活动中，认知是第一步，其后才有情绪和意志。而认知活动包括感觉、知觉、记忆、想象、思维等不同形式的心理活动。感觉和知觉通常合称为感知，是人类认识客观现象的最基本的认知形式，人们对客观世界的认识始于感知。

感觉反映客观事物的个别属性或特性。通过感觉，人获得有关事物的某些外部的或个别的特征，如形状、颜色、大小、气味、滋味、质感等。知觉反映事物的整体及其联系与关系，它是人脑对各种感觉信息的组织与解释的过程。人认识某种事物或现象，并不仅仅局限于它的某方面的特性，而是把这些特性组合起来。将它们作为一种整体加以认识，并理解它的意义。例如，就感觉而言，我们可以获得各种不同的声音特性（音高、音响、音色），但却无法理解它们的意义。知觉则将这些听觉刺激序列加以组织，并依据我们头脑中的过去经验，将它们理解为各种有意义的声音。知觉并非是将各种感觉的简单相加，而是感觉信息与非感觉

信息的有机结合。

感知过的事物，可被保留、储存在头脑中，并在适当的时候重新显现，这就是记忆。在人脑对已储存的表象进行加工改造形成新现象的心理过程则称为想象。思维是人脑对客观现实的间接的、概括的反映，是一种高级的认知活动。借助思维，人可以认识那些未直接作用于人的事物，也可以预见事物的未来及发展变化。例如，对于一个有经验的食品感官分析人员，根据食品的成份表，他可以粗略的判断出该食品可能具有的感官特性。

情绪活动和意志活动是认知活动的进一步活动，认知影响情绪和意志，并最终与心理状态相关联，它们之间的复杂关系，这里不作进一步讨论。

### 三、感觉定理

感官或感受体并不是对所有变化都会产生反应，只有当引起感受体发生变化的外部刺激处于适当范围内时，才能产生正常的感觉。刺激量过大或过小都会造成感受体无反应而不产生感觉或反应过于强烈而失却感觉。例如，人眼只对波长为 380-780nm 光波产生的辐射能量变化才有反应。因此，对各种感觉来说都有一个感受体所能接受的外界刺激变化范围。

19 世纪 40 年代，德国生理学家韦伯(E.H.Weber)在研究重量感觉的变化时发现，100g 质量至少需要增减 3g，200g 的质量至少需要增减 6g，300g 则至少需要增减 9g 才能觉察出质量的变化，由此导出了韦伯定律公式：

$$K = \Delta I / I$$

式中： $\Delta I$ —物理刺激恰好能被感知差别所需的能量； $I$ —刺激的初始水平； $K$ —韦伯常数。

德国的心理物理学家费希纳（G.H.Fechner）在韦伯研究的基础上，进行了大量的实验研究。在 1860 年出版的《心理物理学纲要》一书中，他提出了一个经验公式，用以表达感觉强度与物理刺激强度之间的关系，又称为费希纳定律：

$$S = K \lg I$$

式中： $S$ —感觉强度； $I$ —物理刺激强度； $K$ —常数。

感觉阈值是指从刚能引起感觉至刚好不能引起感觉刺激强度的一个范围。依照测量技术和目的的不同，可以将各种感觉的感觉阈分为两种：

(1) 绝对阈 指刚刚能引起感觉的最小刺激量和刚刚导致感觉消失的最大刺激量，称为绝对感觉的两个阈限。低于该下限值的刺激称为阈下刺激，高于该上限值的刺激称为阈上刺激，而刚刚能引起感觉的刺激称为刺激阈或察觉阈。阈下刺激或阈上刺激都不能产生相应的感觉。

(2) 差别阈 指感官所能感受到的刺激的最小变化量，或者是最小可觉察差别水平（JND）。差别阈不是一个恒定值，它会随一些因素的变化而变化。

## 第二节 影响感觉的因素

### 一、影响感觉的几种现象

#### (一) 疲劳现象

疲劳现象是经常发生在感官上的一种现象。当一种刺激长时间施加在一种感官上后，该感官就会产生疲劳现象。疲劳现象发生在感官的末端神经、感受中心的神经和大脑的中枢神经上，疲劳的结果是感官对刺激感受的灵敏度急剧下降。嗅觉器官若长时间嗅闻某种气体，就会使嗅感受体对这种气味产生疲劳，敏感性逐步下降，随着刺激时间的延长甚至达到忽略这种气味存在的程度。例如，刚刚进入出售新鲜鱼品的水产鱼店时，会嗅到强烈的鱼腥味，随着在鱼店逗留时间的延长，所感受到的鱼腥味渐渐变淡。对长期工作在鱼店的人来说甚至可以忽略这种鱼腥味的存在。对味觉也有类似现象产生，例如吃第二块糖总觉得不如第一块

糖甜。除痛觉外，几乎所有感觉都存在这种现象。感觉的疲劳程度依所施加刺激强度的不同而有所变化，在去除产生感觉疲劳的强烈刺激之后，感官的灵敏度会逐渐恢复。一般情况下，感觉疲劳产生越快，感官灵敏度恢复就越快。值得注意的是，强烈刺激的持续作用会使感觉产生疲劳，敏感度降低，而微弱刺激的结果，会使敏感度提高。

## （二）对比现象

当两个刺激同时或连续作用于同一个感受器官时，由于一个刺激的存在造成另一个刺激增强的现象称为对比增强现象。在感觉这两个刺激的过程中，两个刺激量都未发生变化，而感觉上的变化只能归于这两种刺激同时或先后存在时对人心理上产生的影响。例如，在15g/100ml浓度蔗糖溶液中加入17g/l浓度的氯化钠后，会感觉甜度比单纯的15g/100ml蔗糖溶液要高。在吃过糖后，再吃山楂会感觉山楂特别酸，这是常见的先后对比增强现象。同一种颜色，将浓淡不同的两种放在一起观察，会感觉颜色深的更加突出，这是同时对比增强现象。

与对比增强现象相反，若一种刺激的存在减弱了另一种刺激，称为对比减弱现象。各种感觉都存在对比现象。对比现象提高了两个同时或连续刺激的差别反应。因此，在进行感官检验时，应尽量避免对比现象的发生。

## （三）变调现象

当两个刺激先后施加时，一个刺激造成另一个刺激的感觉发生本质的变化时的现象，称为变调现象。例如，尝过氯化钠或奎宁后，即使再饮用无味的清水也会感觉有甜味。对比现象和变调现象虽然都是前一种刺激对后一种刺激的影响，但后者影响的结果是本质性的改变。

## （四）相乘作用

当两种或两种以上的刺激同时施加时，感觉水平超出每种刺激单独作用效果叠加的现象，称为相乘作用。例如，20g/l的味精和20g/l的核苷酸共存时，会使鲜味明显增强，增强的强度超过20g/l味精单独存在的鲜味与20g/l核苷酸单独存在的鲜味的加和。相乘作用的效果广泛应用于复合调味料的调配中。

## （五）阻碍作用

由于某种刺激的存在导致另一种刺激的减弱或消失，称为阻碍作用或拮抗作用。产于西非的神秘果会阻碍味感受体对酸味的感觉。在食用过神秘果后，再食用带酸味的物质，会感觉不出酸味的存在。匙羹藤酸（gymnemic acid）能阻碍味感受体对苦味和甜味的感觉，但对咸味和酸味无影响。

## 二、温度对感觉的影响

环境温度对感官品评的影响，将在第三章讨论。这里仅讨论食物温度对感觉的影响。食物可分为热吃食物、冷吃食物和常温食用食物。如果将最适食用温度弄反了，将会造成很坏的效果。理想的食物温度因食品的不同而异，以体温为中心，一般在±25~30℃的范围内。热菜的温度最好在60~65℃，冷菜肴最好在10~15℃。适宜于室温下食用的食物不太多，一般只有饼干、糖果、西点等。

表2-1列举了几种食品的最佳食用温度，但他们也因个人的健康状态和环境因素的影响而有所不同。体质虚弱的人喜欢食用温度稍高，在35℃的气温下，品温6℃左右的啤酒更显可口。

表2-1 食品的最佳温度

	食品名称	适温℃		食品名称	适温℃
热 的 食 物	咖啡	67-73	冷 的 食 物	水	10-15
	牛奶	58-64		冷咖啡	6
	汤类	60-66		牛奶	10-15
	面条	58-70		果汁	5
	炸鱼	64-65		啤酒	10-15
			冰淇淋	-6	

一[日]太田静行著 食品调味论 中国商业出版社 P23

### 三、年龄与生理

随着人的年龄的增长,各种感觉阈值都在升高,敏感程度下降,对食物的嗜好也有很大的变化。有人调查对甜味食品的满意程度,发现孩子对糖的敏感度是成人的两倍。幼儿喜欢高甜味,初中生、高中生喜欢低甜味,以后随着年龄的增长,对甜味的要求逐步上升。老人的口味往往难以满足,主要是因为他们的味觉在衰退,吃什么东西都觉得无味,不如在年轻时觉得那么好吃,还以为是现在的食物不及从前的好。

人的生理周期对食物的嗜好也有很大的影响,平时觉得很好吃的食物,在特殊时期(如妇女的妊娠期)会有很大变化。许多疾病也会影响人的感觉敏感度,如果味觉、嗅觉突然发现异常,往往是重大疾病的讯号。

## 第三节食品感官分析中的主要感觉

### 一、视觉

视觉是人类中要的感觉之一,绝大部分外部信息要靠视觉来获取。视觉是认识周围环境,建立客观事物第一印象的最直接和最简捷的途径。由于视觉在各种感觉中占据非常重要的地位,因此在食品感官分析上(尤其是消费者试验中),视觉起相当重要的作用。

#### (一) 视觉的生理特征及视觉形成

视觉是眼球接受外界光线刺激后产生的感觉。眼球形状为圆球形,其表面由三层组织构成。最外层是起保护作用的巩膜,它的存在使眼球免遭损伤并保持眼球形状。中间一层是布满血管的脉络膜,它可以阻止多余光线对眼球的干扰。最内层大部分是对视觉感觉最终要的视网膜,视网膜上分布着柱形和锥形光敏细胞。在视网膜的中心部分只有锥形光敏细胞,这个区域对光线最敏感。在眼球面对外界光线的部分有一块透明的凸状体称为晶状体,晶状体的变曲程度可以通过睫状肌肉运动而变化保持外部物体的图像始终集中在视网膜上。晶状体的前部是瞳孔,这是一个中心带有孔的薄肌隔膜,瞳孔直径可变化以控制进入眼球的光线。

产生视觉的刺激物质是光波,但不是所有的光波都能被人所感受,只有波长在380-770nm范围内的光波才是人眼可接受光波。超出或低于此波长的光波都是不可见光。物体反射的光线,或者透过物体的光线照在角膜上,透过角膜到达晶状体,再透过玻璃体到达视网膜,大多数的光线落在视网膜中的一个小凹陷处,中央凹上。视觉感受器、视杆和视锥

细胞位于视网膜中。这些感受器含有光敏色素，当它收到光能刺激时会改变形状，导致神经冲动的产生，并沿着视神经传递到大脑，这些脉冲经视神经和末梢传导到大脑，再由大脑转换成视觉。

## （二）视觉的感觉特征

### 1、闪烁效应

当用一系列明暗交替的光线刺激眼球时，就会产生闪烁感觉，随刺激频率的增加，到一定程度时，闪烁感觉消失，由连续的光感所代替。出现上述现象的频率称为极限融合频率(CFF)。CFF值在研究视觉特性及视觉与其它感觉之间关系时，都以CFF值变化为基准。

### 2、颜色与色彩视觉

颜色是光线与物体相互作用后，对其检测所得结果的感知。感觉到的物体颜色受三个实体的影响：物体的物理和化学组成、照射物体的光源光谱组成和接收者眼睛的光谱敏感性。改变这三个实体中的任何一个，都可以改变感知到的物体颜色。

照在物体上的光线可以被物体折射、反射、传播或吸收。在电磁光谱可见光范围内，如果几乎所用的辐射能量均被一个不透明的表面所反射，那么，该物体呈现白色。如果光线在整个电磁光谱可见光范围内被部分吸收，那么，物体呈现灰色。如果可见光谱的光线几乎完全被吸收，那么，物体呈现黑色。这也取决于环境条件。

物体的颜色能在三个方面变化：色调，消费者通常将其代表性地作为物体的“色彩”；明亮度，也称为物体的亮度；饱和度，也称为色彩的纯度。

对物体颜色明亮度(值)的感知，表明了反射光与吸收光间的关系，但是没有考虑所含的特定波长，物体的感知色调是对物体色彩的感觉，这是由于物体对各个波长辐射能量吸收不同的结果。因此，如果物体吸收较多的长波而反射较多的短波(400-500nm)，那么，物体将被描述为蓝色。在中等波长处有最大光反射的物体，其结果是在色彩上可描述为黄绿色，而在较长波长(600-700nm)处有最大光反射的物体会被描述为红色，颜色的色度(饱和度或纯度)表明某一特定色彩与灰色的差别有多大。

产生颜色的视觉感知是由于在电磁光谱的可见光范围(380-770nm)内，某些波长比其他波长强度大的光线对视网膜的刺激而引起的(紫色 380-400、蓝色 400-475、绿色 500-575、黄色 570-590、橙色 590-700、红色 700-770)。颜色可归于光谱分布的一种外观性质，而视觉的颜色感知是大脑对于由光线与物体相互作用后对其检测产生的视网膜刺激而引起的反应。或者说，在没有被所视物体吸收的电磁光谱中，可见光部分的波长被眼睛所看到并被大脑翻译为颜色。

色彩视觉通常是与视网膜上的锥型细胞和适宜的光线有关系。在锥型细胞上有三种类型的感受体，每一种感受体只对一种基色产生反应。当代表不同颜色的不同波长的光波以不同强度刺激光敏细胞时，产生彩色感觉。对色彩的感觉还会受到亮度(光线强度)的影响。在亮度很低时，只能分辨物体的外形、轮廓，分辨不出物体的色彩。每个人对色彩的分辨能力有一定差别。不能正确辨认红色、绿色和蓝色的现象称为色盲。色盲对食品感官鉴评有影响，在挑选感官评析人员时应注意这个问题。

### 3、暗适应和亮适应

当从明亮处转向黑暗时，会出现视觉短暂消失而后逐渐恢复的情形，这样一个过程称为暗适应。在暗适应过程中，由于光线强度骤变，瞳孔迅速扩大以适应这种变化，视网膜也逐步提高自身灵敏度使分辨能力增强。因此，视觉从一瞬间的最低程度渐渐恢复到该光线强度下正常的视觉。亮适应正好与此相反，是从暗处到亮处视觉逐步适应的过程。亮适应过程所经历的时间要比暗适应短。这两种视觉效应与感官分析试验条件的选定和控制相关。

视觉感觉特征除上述外，还有残像效应、日盲、夜盲等。

## （三）视觉与食品感官鉴评

视觉虽不像味觉和嗅觉那样对食品感官鉴评起决定性作用、但仍有重要影响。食品的颜色变化会影响其它感觉。实验证实，只有当食品处于正常颜色范围内才会使味觉和嗅觉在对该种食品的鉴评上正常发挥，否则这些感觉的灵敏度会下降，甚至不能正确感觉。颜色对分析评价食品具有下列作用：

(1) 便于挑选食品和判断食品的质量。食品的颜色比另外一些因素诸如：形状、质构等对食品的接受性和食品质量影响更大，更直接。

… (2) 食品的颜色和接触食品时环境的颜色显著增加或降低对食品的食欲。

(3) 食品的颜色也决定其是否受人欢迎。倍受喜爱的食品常常是因为这种食品带有使人愉快的颜色。没有吸引力的食品，颜色不受欢迎是一个重要因素。

(4) 通过各种经验的积累，可以掌握不同食品应该具有的颜色，并据此判断食品所应具有的特性。

以上作用显示，视觉在食品感官分析尤其是喜好性分析上占据重要地位。

## 二、听觉

听觉也是人类用作认识周围环境的重要感觉。听觉在食品感官分析中主要用于某些特定食品（如膨化谷物食品）和食品的某些特性（如质构）的评析上。

### (一) 听觉的感觉过程

听觉是接受声波刺激后而产生的一种感觉。感觉声波的器官是耳朵。人类的耳朵分为内耳和外耳，内、外耳之间通过耳道相联接。外耳由耳廓构成；内耳则由耳膜、耳蜗、中耳、听觉神经和基膜等组成。外界的声波以振动的方式通过空气介质传送至外耳，再经耳道、耳膜、中耳、听小骨进入耳蜗，此时声波的振动已由耳膜转换成膜振动，这种振动在耳蜗内引起耳蜗液体相应运动进而导致耳蜗后基膜发生移动，基膜移动对听觉神经的刺激产生听觉脉冲信号，使这种信号传至大脑即感受到声音。

声波的振幅和频率是影响听觉的两个主要因素。声波振幅大小决定听觉所感受声音的强弱。振幅大则声音强，振幅小声音则弱。声波振幅通常用声压或声压级表示，即分贝（dB）。频率是指声波每秒钟振动的次数，它是决定音调的主要因素。正常人只能感受频率为30~15000 Hz的声波；对其中500~4000 Hz频率的声波最为敏感。频率变化时，所感受的音调相应变化。通常都把感受音调和音强的能力称为听力。和其它感觉一样，能产生听觉的最弱声信号定义为绝对听觉阈，而把辨别声信号变化的能力称为差别听觉阈。正常情况下，人耳的绝对听觉阈和差别听觉阈都很低，能够敏感地分辨出声音的变化及察觉出微弱的声音。

### (二) 听觉和食品感官分析

听觉与食品感官分析有一定的联系。食品的质感特别是咀嚼食品时发出的声音，在决定食品质量和食品接受性方面起重要作用。比如，焙烤制品中的酥脆薄片，爆玉米花和某些膨化制品，在咀嚼时应该发出特有的声响，否则可认为质量已变化而拒绝接受这类产品。声音对食欲也有一定影响。

## 三、嗅觉

挥发性物质刺激鼻腔嗅觉神经，并在中枢神经引起的感觉就是嗅觉。嗅觉也是一种基本感觉。它比视觉原始，比味觉复杂。在人类没有进化到直立状态之前，原始人主要依靠嗅觉、味觉和触觉来判断周围环境。随着人类转变成直立姿态，视觉和听觉成为最重要的感觉，而嗅觉等退至次要地位。尽管现在嗅觉已不是最重要的感觉，但嗅觉的敏感性还是比味觉敏感性高很多。最敏感的气味物质—甲基硫醇只要在 $1\text{m}^3$ 空气中有 $4\times 10^{-5}\text{mg}$ （约为 $1.41\times 10^{-10}\text{mol/L}$ ）就能感觉到；而最敏感的呈味物质—马钱子碱的苦味，也要达到 $1.6\times 10^{-6}\text{mol/L}$ 浓度才能感觉到。嗅觉感官能够感受到的乙醇溶液的浓度要比味觉感官所能感受到的浓度低

24000 倍。

食品除含有各种味道外，还含有各种不同气味。食品的味道和气味共同组成食品的风味特性影响人类对食品的接受性和喜好性，同时对内分泌亦有影响。因此，嗅觉与食品有密切的关系，是进行感官分析时所需要的重要感官之一。

### （一）嗅感器官的特征

嗅黏膜是人的鼻腔前庭部分的一块嗅感上皮区，有两张邮票大小面积（5cm<sup>2</sup>）。这一位置对防止伤害有一定的保护作用。只有很小比例的空气可传播物质能流经鼻腔，真正到达这一感觉器官附近。许多嗅细胞和其周围的支持细胞、分泌粒在上面密集排列形成嗅黏膜。由嗅纤毛、嗅小泡、细胞树突和嗅细胞体等组成的嗅细胞是嗅感器官，人类鼻腔每侧约有 2000 万个嗅细胞。支持细胞上面的分泌粒分泌出的嗅黏液，形成约 100um 厚的液层覆盖在嗅黏膜表面，有保护嗅纤毛、嗅细胞组织以及溶解食品成分的功能。嗅纤毛是嗅细胞上面生长的纤毛，不仅在黏液表面生长，也可在液面上横向延伸，并处于自发运动状态，有捕捉挥发性嗅感分子的作用。

感觉气味的途径是，人在正常呼吸时，挥发性嗅感分子随空气流进入鼻腔，先与嗅黏膜上的嗅细胞接触，然后通过内鼻进入肺部。嗅感物质分子应先溶于嗅黏液中才能与嗅纤毛相遇而被吸附到嗅细胞上。溶解在嗅黏膜中的嗅感物质分子与嗅细胞感受器膜上的分子相互作用，生成一种特殊的复合物，再以特殊的离子传导机制穿过嗅细胞膜，将信息转换成电信号脉冲。经与嗅细胞相连的三叉神经的感觉神经末梢，将嗅黏膜或鼻腔表面感受到的各种刺激信息传递到大脑。

### （二）嗅觉的特征

人的嗅觉相当敏锐可感觉到一些浓度很低的嗅感物质，这点仍然超过化学分析中仪器方法测量的灵敏度。我们可以检测许多重要的，在 10 亿分之几水平范围内的风味物质，如含硫化物。

嗅觉在人所能体验和了解的性质范围上相当广泛。试验证明，人所能标识的比较熟悉的气味数量相当大，而且似乎没有上限。训练有素的专家能辨别 4000 种以上不同的气味。但犬类嗅觉的灵敏性更加惊人，它比普通人的嗅觉灵敏约 100 万倍，连现代化的仪器也不能与之相比。

嗅觉对于区分强度水平的能力相当差。相对于其他感觉，测定的嗅觉差别阈值经常相当大，对于未经训练的个体辨别或标识气味类别能力的早期试验表明，人只能可靠的分辨大致 3 种气味强度水平。从复杂气味混合物中分析识别其中许多成份的能力也是有限的。我们是将气味作为一个整体的形式而不是作为单个特性的堆积加以感受的。

不同的人嗅觉差别很大，即使嗅觉敏锐的人也会因气味而异。通常认为女性的嗅觉比男性敏锐，但世界顶尖的调香师都是男性。对气味极端不敏感的嗅盲则是由遗传因素决定的。

持续的刺激易使嗅觉细胞产生疲劳处于不灵敏状态，如人闻芬芳香水时间稍长就不觉其香，同样长时间处于恶臭气味中也能忍受。但一种气味的长期刺激可使嗅球中枢神经处于负反馈状态，感觉受到抑制，产生对其的适应。另外，注意力的分散会使人感觉不到气味，时间长些便对该气味形成习惯。由于疲劳、适应和习惯这 3 种现象是共同发挥作用的，因此很难彼此区别。

嗅感物质的阈值受身体状况、心理状态、实际经验等人的主观因素的影响尤为明显。当人的身体疲劳、营养不良、生病时可能会发生嗅觉减退或过敏现象，如人患萎缩性鼻炎时，嗅黏膜上缺乏黏液，嗅细胞不能正常工作造成嗅觉减退。心情好时，敏感性高，辨别能力强。实际辨别的气味越多，越易于发现不同气味间的差别，辨别能力就会提高。

### （三）嗅觉机理

目前对嗅感学的研究多集中于嗅感物质与鼻黏膜之间的对应变化方面。而对嗅感过程的

解释则分为化学学说、振动学说和酶学说。

### 1、化学学说

其核心为嗅感是气味分子微粒扩散进入鼻腔,与嗅细胞之间发生了化学反应或物理化学反应(如吸附与解吸等)的结果。此类学说中较著名的有外形——功能团理论、立体结构理论、渗透和穿刺理论。

#### A. 立体结构理论

在嗅感都由有限的几种原臭组成的刺激基础上,通过比较每类原臭的气味分子外形,确定相同气味分子的外形有很大的共性,若分子的几何形状发生较大变化,嗅感也相应发生变化,即决定物质气味的主要因素是分子的几何形状,而与分子结构的细节无关。此外,有些原臭的气味取决于分子所带的电荷。进一步采用 X-射线衍射、红外光谱、电子束探针等研究手段,研究了某些已知结构式的分子的三维空间模型后,提出了各种原臭的分子空间模型(见表 2-2)。

表 2-2 各种原臭的分子空间模型

原 臭	醚 臭	樟 脑	麝 香	花 香	薄 荷	刺激臭和腐 败臭
分子形状	像棒状	近似球形	圆盘状	连一条尾巴 的圆盘	楔形	
关键尺寸	厚约 0.5nm	直径约 0.75nm	直径约 0.9nm	头直径 0.9nm 尾巴 0.4nm		
其他特点					形成氢键的强电 负性基团	带有不同电 荷

与气味分子(相当于“锁匙”)相对应,在嗅黏膜上也存在有若干种形状各异的凹形嗅小胞(如同“锁眼”),某种气味的“锁匙”刺激,需要相应的“锁眼”——一特异嗅细胞匹配,从而产生嗅感,因此亦称“锁和锁匙学说”。对于那些原臭之外的其他气味,则相当于几种原臭同时刺激了不同形状的嗅细胞后产生的复合气味。

该理论 1949 年由 Moncrieff 首先提出,后经 Amoore 补充发展而成,其关键性论据已经由一些特殊而又明确的实验验证。其重要价值是,可依据一个分子的几何形状,预测它的气味,确定原臭种类,找出数量组合,调配出这些天然气味。这一理论也曾在解释酶促反应机理、抗原与抗体的弹性反应、DNA 与 mRNA 的耦合作用等方面取得成功,是目前保留下来的学说之一。

#### B. 外形——功能团学说

嗅感作用和分子识别是以模型识别原理和潜意识分析原理为基础的。用“基本模式”表示一类物质所表现的气味,与嗅细胞作用产生同型的信息,也可称为“信息单元”,嗅觉及其识别是人脑对由不连续的、有限的基本模式所组成的信息图形,下意识的感知和认识。不能感知某种基本模式就是嗅盲。

嗅觉器官没有特别的受体部位,嗅感分子与庞大数量的各种受体细胞膜的可逆性物理吸附和相互作用产生嗅觉,而具有受体功能的部位则位于细胞的外围膜上,其作用是使嗅细胞能够产生信息并传导到嗅觉体系中。嗅觉过程包含:气味分子以杂乱的向位和构象接近嗅黏膜,分子被吸附于界面时两者形成一个过渡状态。该过渡状态能否形成取决于气味分子形状和体积及功能团的本质和位置这两种属性,显然,当空间障碍阻止分子的有关结构部位与受体部位的相互作用,或缺乏功能团,或有功能团但有空间障碍,将导致相互作用的效率最低,不会产生嗅感;相反,效率大产生的能量效应也大,易引起嗅细胞的激发。大多数极性分子可能是处于定向和有序状态,大多数非极性分子可能是混乱无章的状态。只有那些能形成定



向和有序状态的分子，才能与嗅细胞作用。

这是另一个较为成功的嗅感学说，由 Beets 在 1957 年提出。

### C. 渗透和穿刺理论

嗅细胞被气味的刚性分子所渗透和极化，穿过定向双脂膜进行离子交换，产生神经脉冲。

### 2、振动学说

认为嗅觉与嗅感物的气味固有的分子振动频率（远红外电磁波）有关，当嗅感分子的振动频率与受体膜分子的振动频率一致时，受体便接受气味信息，不同气味分子所产生的振动频率不同，从而形成不同的嗅感。另一种观点认为，有效的刺激是嗅感分子中价电子等分子内振动，并与受体膜实际接触才产生嗅感信息。

### 3、酶学说

认为嗅感是因为气味分子刺激了嗅黏膜上的酶，使酶的催化能力、变构传递能力、酶蛋白的变性能力等发生变化而形成。不同气味分子对酶的影响不同，就产生不同的嗅觉。

应当指出，各种嗅感学说目前都不够完善，每一种学说都有自己的道理，但还没有任何一个学说能提出足够的证据来说服其他的学说，各自都存在一定的矛盾，有的尚需要实验验证。但相比之下，化学学说被更多人所接受。

## （四）食品的嗅觉识别

### 1、嗅技术

嗅觉受体位于鼻腔最上端的嗅上皮内，在正常的呼吸中，吸入的空气并不倾向通过鼻上部，多通过下鼻道和中鼻道。带有气味物质的空气只能极少量而且缓慢地通入鼻腔嗅区，所以只能感受到有轻微的气味。要使空气到达这个区域获得一个明显的嗅觉，就必须作适当用力的吸气（收缩鼻孔）或煽动鼻翼作急促的呼吸。并且把头部稍微低下对准被嗅物质使气味自下而上地通入鼻腔，使空气易形成急驶的涡流。气体分子较多地接触嗅上皮，从而引起嗅觉的增强效应。

这样一个嗅过程就是所谓的嗅技术（或闻）。注意：嗅技术并不适应所有气味物质，如一些能引起痛感的含辛辣成分的气体物质。因此，使用嗅技术要非常小心。通常对同一气味物质使用嗅技术不超过三次，否则会引起“适应”，使嗅敏度下降。

### 2、气味识别

#### （1）范氏试验

一种气体物质不送入口中而在舌上被感觉出的技术，就是范氏试验。首先，用手捏住鼻孔通过张口呼吸，然后把一个盛有气味物质的小瓶放在张开的口旁（注意：瓶颈靠近口但不能咀嚼），迅速地吸入一口气并立即拿走小瓶，闭口，放开鼻孔使气流通过鼻孔流出（口仍闭着）从而在舌上感觉到该物质。

这个试验已广泛地应用于训练和扩展人们的嗅觉能力。

#### （2）气味识别

各种气味就像学习语言那样可以被记忆。人们时时刻刻都可以感觉到气味的存在，但由于无意识或习惯性也就并不觉察它们。因此要记忆气味就必须设计专门的试验，有意地加强训练这种记忆（注意，感冒者例外），以便能够识别各种气味，详细描述其特征。

训练试验通常是选用一些纯气味物（如十八醛、对丙烯基茴香醚、肉桂油、丁香等）单独或者混合用纯乙醇（99.8%）作溶剂稀释成 10 g/mL 或 1 g/mL 的溶液（当样品具有强烈辣味时，可制成水溶液），装入试管中或用纯净无味的白滤纸制备尝味条（长 150mm，宽 10mm），借用范氏试验训练气味记忆。

### 3、香识别

#### （1）啜食技术

因为吞咽大量样品不卫生，品茗专家和鉴评专家发明了一项专门技术——啜技术，来

代替吞咽的感觉动作,使香气和空气一起流过后鼻部被压入嗅味区域。这种技术是一种专门技术,对于一些人来说要用很长的时间来学习正确的啜技术。

品茗专家和咖啡品尝专家使用匙把样品送入口内并用劲地吸气,使液体杂乱地吸向咽壁(就像吞咽时一样),气体成分通过鼻后部到达嗅味区。吞咽成为不必要,样品可以被吐出。品酒专家随着酒被送入张开的口中,轻轻地吸气进行咀嚼。酒香比茶香和咖啡香具有更多挥发成分,因此品酒专家的啜食技术更应谨慎。

## (2) 香的识别

香识别训练首先应注意色彩的影响,通常多采用红光以消除色彩的干扰。训练用的样品要有典型,可选各类食品中最具典型香的食品进行。果蔬汁最好用原汁,糖果蜜饯类要用纸包原块,面包要用整块,肉类应该采用原汤,乳类应注意异味区别的训练。训练方法用啜食技术,并注意必须先嗅后尝,以确保准确性。

## (五) 电子鼻及其在食品嗅觉识别中的应用

### 1、电子鼻的构成及原理

电子鼻是模拟动物及人的嗅觉系统研制出的一种人工嗅觉系统。它由气体传感器阵列(初级神经元)、相应的电路和运算放大器(嗅球)以及计算机(大脑)组成。工作时,气味或气体在气体传感器上产生一定信号,经电路转换和放大,再经计算机对信号进行处理。这里对信号处理是应用模式识别原理,建立相应的数学模型和信息处理技术,最终形成对气味或气体的决策、判断和识别。当然,人类大约有1亿个左右的嗅觉细胞,而目前电子鼻所拥有的传感器阵列远远少于这个数目,而且大脑的活动要比计算机强很多,因此,电子鼻还远没有人及动物嗅觉系统所具有的功能和敏感程度。但作为一种先进的感觉测试仪器,电子鼻已经在食品工程、医疗等领域得到一定范围的应用。随着该项技术的不断完善和发展,其应用领域将会得到进一步的拓展。

### 2、电子鼻在食品感官检测中的应用

#### (1) 在食品品质检测中的应用

对不同酒类进行区分和品质检测可以通过对其挥发物质的检测进行。传统的方法是采用专家组进行评审,也可以采取化学分析方法,如采用气相色谱法(G-C)和色谱-质谱联用技术(G-C-M S),虽然这种方法具有高的可靠性,但处理程序复杂,耗费时间和费用。因此需要有一个更加快速、无损、客观和低成本检测方法。Guadarrama 等对2种西班牙红葡萄酒和1种白葡萄酒进行检测和区分。为了有对比性,他们同时还检测了纯水和稀释的酒精样品。他们的电子鼻系统采用6个导电高分子传感器阵列,数据采集采用 test point™ 软件,模式识别技术采用 PCA 方法,在 matlab v4.2 上进行,同时他们对这些样品进行气相色谱分析。结论是电子鼻系统可以完全区分5种测试样品,测试结果和气相色谱分析的结果一致。

茶叶的挥发物中包含了大量的各种化合物,而这些化合物也很大程度上反映了茶叶本身的品质。Ritaban Dutta 等对5种不同加工工艺(不同的干燥、发酵和加热处理)的茶叶进行分析和评价。他们用电子鼻检测其顶部空间的空气样品。电子鼻由费加罗公司生产的4个涂锡的金属氧化物传感器组成,数据采集和存储用 LabVIEW 软件,数据处理用 PCA、FCM 和 ANN 等方法。结论是,采用 RBF 的 ANN 方法分析时,可以100%的区分5种不同制作工艺的茶叶。

Sullivan 等用电子鼻和 G C-M S 分析4种不同饲养方式的猪肉在加工过程中的气味变化,所有数据采用 Unscramble reversion7.6 软件进行处理。同时邀请了8位专家进行评审。得到的结论是,电子鼻不仅可以清晰地区分不同饲养方式的猪肉,也可以评价猪肉加工过程中香气的变化。为了确定电子鼻检测是否具有再现性,他们把样品在不同时期和不同的实验室进行重复试验,结论是电子鼻分析具有很好的重复性和再现性。

#### (2) 在食品成熟度检测和新鲜度检测中的应用

水果所散发的气味能够很好地反映出水果内部品质的变化,所以可以通过闻其气味来评价水果的品质。然而人只能感受到 10000 种独特的气味,特别是在区分相似的气味时,人的辨别力受到了限制。水果在贮藏期间,通过呼吸作用进行新陈代谢而变熟,因此在不同的成熟阶段,其散发的气味会不一样。糖度、pH 值和坚实度等是水果成熟度的标志之一,而这些指标都要进行无损检测获得。Oshita 等[4](2000)将日本的“La Franch”梨在不成熟时进行采摘,然后将它们分成 3 组,第 1 组在 4℃下贮藏 115 d(未成熟期);第 2 组在 4℃下贮藏 115 d 后,在 30℃下放置 1 d(成熟期);第 3 组在 4℃下贮藏 115 d 后,在 30℃下放置 5 d(完熟期)。用 32 个导电高分子传感器阵列的电子鼻系统进行分析,采用 non-linear mapping 软件进行数据处理。同时用化学分析方法、G-C 和 G C-MS 对 3 个不同阶段的梨进行分析。结论是电子鼻能够很明显的区分出 3 种不同成熟时期的梨,并且同其他分析方法的结果有很强的相关性。

传统鱼肉的新鲜度评价可以通过电流计生物传感器来测定胺或用酶反映来测定。这些方法在实际检测中不是很方便。O'Connell 等采用 11 个费加罗公司产涂锡金属氧化物传感器阵列构成的电子鼻系统来评价和分析阿根廷鳕鱼肉的新鲜度。他们从同一个市场得到新鲜的阿根廷鳕鱼肉后,切成 20~60 g 不同质量的鱼片,放入冰箱内贮藏。每次试验都从冰箱内取样品进行分析。得到的结论是,电子鼻可以区分不同贮藏天数的鱼肉,不同质量的鱼肉样品对电子鼻评价其新鲜度影响无关。

### (3) 在食品早期败坏检测中的应用

因为乳制品的保存期较短,而且容易受到由微生物引起的败坏和变质,所以早期快速定性的检测其败坏和变质非常重要。G C-MS 可以定量分析乳制品挥发物的成分,但它也存在许多的不足,如不能得到样品的总体信息。Naresh Magan 等[7](2001)采用 14 个导电高分子传感器阵列组成的电子鼻系统,数据处理采用 PCA、DFA 和 CA 等方法。结论是用电子鼻可以区分未损坏的乳制品和由 5 种单一微生物或酵母引起品质改变的乳制品。而且用电子鼻也可以区分和鉴别由单一微生物或酵母引起的乳制品品质改变的程度。

总之,电子鼻技术作为一个新兴的技术种类也正持续快速地发展着,它必将为食品品质,特别是食品气味的检测带来一次技术的革命。然而,受敏感膜材料、制造工艺、数据处理方法等方面的限制,现今电子鼻的应用范围与人们的期望还存在距离。这些问题主要有:降低成本、取样浓缩装置的小型实用化、气敏传感器的灵敏度、检测的时间和速度、合适的数据分析方法、如何培训电子鼻以建立起完整的检测数据库。这些问题的解决,将使电子鼻技术逐步从实验室走向实用。

## 四、味觉

味觉是人的基本感觉之一,对人类的进化和发展起着重要的作用。味觉一直是人类对食物进行辨别、挑选和决定是否予以接受的主要因素之一。同时由于食品本身所具有的风味对相应味觉的刺激,使得人类在进食的时候产生相应的精神享受。味觉在食品感官鉴评上占据有重要地位。

### (一) 味觉的生理与机理

#### 1、味觉器官特征

呈味物质溶液对口腔内的味感受体形成的刺激,神经感觉系统收集和传递信息到大脑的味觉中枢,经大脑的综合神经中枢系统的分析处理,使人产生味感。

#### (1) 味感受体,

人对味的感觉体主要依靠口腔内的味蕾,以及自由神经末梢。人的味蕾大部分都分布在舌头表面的乳突中,小部分分布在软颚、咽喉和会咽等处,特别是舌黏膜皱褶处的乳突侧面最为稠密。人舌的表面是不光滑的,乳头覆盖在极细的突起部位上。医学上根据乳头的形状

将其分类为丝状乳头、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。胎儿几个月就有味蕾，10 个月时支配味觉的神经纤维生长完全，因此新生儿能辨别咸味、甜味、苦味、酸味。味蕾在哺乳期最多，甚至在脸颊、上鄂咽头、喉头的黏膜上也有分布，以后就逐渐减少、退化，成年后味蕾的分布范围和数量都减少，只在舌尖和舌侧的舌乳头和有廓乳头部上，因而舌中部对味较迟钝。不同年龄，有廓乳头上味蕾的数量不同（见表 2-3）。20 岁时的味蕾最多，随着年龄增大而味蕾数减少。味蕾的分布区域，随着年龄增大逐渐集中在舌尖、舌缘等部位的有廓乳头部上，一个乳头中的味蕾数也随着年龄增长而减少。同时，老年人的唾液分泌也会减少，所以老人的味觉能力一般都明显衰退，一般是从 50 岁开始出现迅速衰退的现象。

味蕾通常由 40~150 个香蕉形的味细胞，板样排列成桶状组成，内表面为凹凸不平的神经元突触，约 10-14 天由上皮细胞变为味细胞。味细胞表面的蛋白质、脂质及少量的糖类、核酸和无机离子，分别接受不同的味感物质，蛋白质是甜味物质的受体，脂质是苦味和咸味物质的受体，有人认为苦味物质的受体可能与蛋白质相关。

表 2-3 一个有廓乳头中的味蕾数

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

## (2) 味觉神经

无髓神经纤维的棒状尾部与味细胞相连。把味的刺激传入脑的神经有很多，不同的部位信息传递的神经不同。舌前的 2/3 区域是鼓索神经，舌后部 1/3 是舌咽神经，面部神经的分枝叫做大浅岩样神经，负责传递来自上腭部的信息，另外，咽喉部感受的刺激由迷走神经负责，因而，它们各自位置上支配着所属的味蕾。试验证明，不同的味感物质在味蕾上有不同的结合部位，尤其是甜味、苦味和鲜味物质，其分子结构有严格的空间专一性，即舌头上不同的部位有不同的敏感性，一般来说，人的舌前部对甜味最敏感，舌尖和边缘对咸味较为敏感，而靠腮两边对酸味敏感，舌根部则对苦味最为敏感，但因人会有差异。

各个味细胞反应的味觉，由神经纤维分别通过延髓、中脑、视床等神经核送入中枢，来自味觉神经的信号先进入延髓的弧束核中，由此发出味觉第二次神经元，反方向交叉上行进入视床，来自视床的味觉第三次神经元进入大脑皮质的味觉区域。

延髓、中脑、视床等神经核还掌管反射活动，决定唾液的分泌和吐出等动作，即使没有大脑的指令，也会由延髓等的反射而引起相应的反应。

大脑皮质中的味觉中枢，是非常重要的部位，如果因手术、患病或其他原因受到破坏，将导致味觉的全部丧失。

## (3) 口腔唾液腺

唾液对味感关系极大。味感物质须溶于水才能进入刺激味细胞，口腔内腮腺、颌下腺，舌下腺和无数小唾液腺分泌的唾液是食物的天然溶剂。唾液分泌的数量和成分，受食物种类的影响。唾液的清洗作用，有利于味蕾准确地辨别各种味。

食物在舌头和硬颚间被研磨最易使味蕾兴奋，因为味觉通过神经几乎以极限速度传递信息。人的味觉感受到滋味仅需 1.6~4.0ms，比触觉(2.4~8.9ms)、听觉(1.27~21.5ms)和视觉(13~46ms)都快得多。自由神经末梢是一种囊包着的末梢，分布在整个口腔内，也是一种能识别不同化学物质的微接受器。

## 2、味觉机理

关于味觉机理的研究尚处于探索阶段。当前已有定味基和助味基理论、生物酶理论、物理吸附理论、化学反应理论等，多数依据化学感觉这一方面。现借助在化学各领域获得的进展，可以用新的理论重新阐述机理。

现在普遍接受的机理是，呈味物质分别以质子键、盐键、氢键和范德华力形成 4 类不同化学键结构，对应酸、咸、甜、苦 4 种基本味。在味细胞膜表层，呈味物质与味受体发生一种松弛、可逆的结合反应过程，刺激物与受体彼此诱导相互适应，通过改变彼此构象实现相互匹配契合，进而产生适当的键合作用，形成高能量的激发态，此激发态是亚稳态，有释放能量的趋势，从而产生特殊的味感信号。不同的呈味物质的激发态不同，产生的刺激信号也不同。由于甜受体穴位是由按一定顺序排列的氨基酸组成的蛋白体，若刺激物极性基的排列次序与受体的极性不能互补，则将受到排斥，就不可能有甜感；换句话说，甜味物质的结构是很严格的。由表蛋白结合的多烯磷脂组成的苦味受体，对刺激物的极性和可极化性同样也有相应的要求。因受体与磷脂头部的亲水基团有关，对咸味剂和酸味剂的结构限制较小。

在 20 世纪 80 年代初期，中国学者曾广植在总结前人研究成果的基础上，提出了味细胞膜的板块振动模型。对受体的实际构象和刺激物受体构象的不同变化，曾广植提出构型相同或互补的脂质和(或)蛋白质按结构匹配结为板块，形成一个动态的多相膜模型，如与体蛋白或表蛋白结合成脂质块，或以晶态、似晶态组成各种胶体脂质块。板块可以阳离子桥相连，也可在有表面张力的双层液晶脂质中自由漂动，其分子间的相互作用与单层单脂膜相比，多了一种键合形式，即在脂质的头部除一般盐键外还有亲水键键合，其颈部有氢键键合，其烃链的  $C_9$  前段还有一种新型的，两个烃链向两侧形成疏水键键合，在其后  $C_9$  段则有范德华力的排斥作用。必需脂肪酸和胆固醇都是形成脂质板块的主要组分，两者在生物膜中发挥反而相辅的调节作用。无机离子也影响胶体脂块的存在，以及板块的数量、大小。

对于味感的高速传导，曾广植认为在呈味物质与味受体的结合之初就已有味感，并引起受体构象的改变，通过量子交换，受体所处板块的振动受到激发，跃迁至某特殊频率的低频振动，再通过其他相似板块的共振传导，成为神经系统能接受的信息。由于使相同的受体板块产生相同的振动频率范围，不同结构的呈味物可以产生相同味感。曾广植计算出，在食物入口的温度范围内，食盐咸味的初始反应的振动频率为  $213S^{-1}$ ，甜味剂约在  $230S^{-1}$ ，苦味剂低于  $200S^{-1}$ ，而酸味剂则超过  $230S^{-1}$ ，而且理论上可用远红外 Raman1 光谱进行测定。

味细胞膜的板块振动模型对于一些味感现象作出了满意的解释，

(1) 镁离子、钙离子产生苦味，是它们在溶液中水合程度远高于钠离子，从而破坏了味细胞膜上蛋白质——脂质间的相互作用，导致苦味受体构象的改变。

(2) 神秘果能使酸变甜和朝鲜蓟使水变甜，则是因为它们不能全部进入甜味受体，但能使味细胞膜发生局部相变而处于激发态，酸和水的作用只是触发味受体改变构象和起动低频信息。而一些呈味物质产生后味，是因为它们能进入并激发多种味受体。

(3) 味盲是一种先天性变异。甜味盲者的甜味受体是封闭的，甜味剂只能通过激发其他受体而产生味感；因为少数几种苦味剂难于打开苦味受体口上的金属离子桥键，所以苦味盲者感受不到它们的苦味。

表 2-4 四种基本味的识别

样品	基本味觉	呈味物质	试验溶液 (g/100mL)
A	酸	柠檬酸	0.02
B	甜	蔗糖	0.40
C	酸	柠檬酸	0.03
D	苦	咖啡碱	0.02
E	咸	NaCl	0.08
F	甜	蔗糖	0.60
G	苦	咖啡碱	0.03
H	—	水	
J	咸	NaCl	0.15
K	酸	柠檬酸	0.40

表 2-5 四种基本味的觉察阈

浓度 (g/100 ml) 样品	物 味	蔗糖 (甜)	NaCl (碱)	柠檬酸 (酸)	咖啡碱 (苦)
1		0.00	0.00	0.000	0.000
2		0.05	0.02	0.005	0.003
3		0.10	0.04	0.010	<u>0.004</u>
4		0.20	0.06	0.013	0.005
5		0.30	0.03	<u>0.015</u>	0.006
6		<u>0.40</u>	0.10	0.018	0.008
7		0.50	<u>0.13</u>	0.020	0.010
8		0.60	0.15	0.025	0.015
9		0.60	0.18	0.030	0.020
10		1.00	0.20	0.035	0.030

注：划线为平均阈值

### (三) 食品的味觉识别

#### 1、四种基本味的识别

制备甜（蔗糖）、咸（氯化钠）、酸（柠檬酸）和苦（咖啡碱）四种呈味物质的两个或三个不同浓度的水溶液。按规定号码排列顺序（见表 2-4）。然后，依次品尝个样品的味道。品尝时应注意品味技巧：样品应一点一点地吸入口内，并使其滑动时接触舌的各个部位（尤其应注意使样品能达到感觉酸味的舌边缘部位）。样品不得吞咽，在品尝两个的中间应用 35℃的温水漱口去沫。

#### 2、四种基本味的察觉阈试验

味觉识别是味觉的定性认识，阈值试验才是味觉的定量认识。

制备一种呈味物质（蔗糖、氯化钠、柠檬酸或咖啡碱）的一系列浓度的水溶液（见表 2-5）。然后，按浓度增加的顺序依次品尝，以确定这种味道的察觉阈。

### (四) 电子舌及其在食品味觉识别中的应用

#### 1、电子舌的结构及基本原理

电子舌是一种模拟人类味觉鉴别味道的仪器，由味觉传感器、信号采集器和模式识别工具三部分组成。其中，味觉传感器是由数种可敏感味觉成分的金属丝组成（多传感器阵列），

这些金属丝能将味觉信号转换成电信号；信号采集器将样本收集并存储在计算机内存中；模式识别工具则是模拟人脑将采集的电信号加以分析、识别。它是具有识别单一和复杂味道能力的装置。电子舌的输出信号表明，它可以对不同的味道质量，也就是不同的化学物质成分进行模式识别。

目前，对电子舌的研究国外较多，虽已有商业化的产品，但都是在20世纪90年代末才开始生产。在国内，对该项技术的研究尚处于试验阶段，还未出现商业化的电子舌。随着传感器数据融合技术这一传感器技术、模式识别、人工智能、模糊理论、概率统计等交叉的新兴学科的发展，电子舌的功能必将进一步增强，具有更高级的智能，并以其独特的功能，拥有更加广阔的应用前景。

## 2、电子舌在食品味觉识别中的应用

电子舌技术主要用于液体食物的味觉检测和识别上，对于其他领域的应用尚处于研究和探索阶段。

电子舌可以对5种基本味感：酸、甜、苦、辣、咸进行有效的识别。日本的Toko应用多通道类脂膜味觉传感器对氨基酸进行研究。结果显示，可以把不同的氨基酸分成与人的味觉评价相吻合的5个组，并能对氨基酸的混合味道作出正确的评价。同时，通过对L-蛋氨酸这种苦味氨基酸研究，得出可能生物膜上的脂质(疏水)部分是苦味感受体的结论。

目前，使用电子舌技术能容易地区分多种不同的饮料。俄罗斯的Legin使用由30个传感器组成阵列的电子舌技术检测不同的矿泉水和葡萄酒，能可靠地区分所有的样品，重复性好，2周后再次测量结果无明显的改变。另外，电子舌技术也能对啤酒和咖啡等饮料作出评价。对33种品牌的啤酒进行测试，电子舌技术能清楚地显示各种啤酒的味觉特征，同时，样品并不需要经过预处理，因此这种技术能满足生产过程在线检测的要求。对于咖啡，通常认为咖啡碱是咖啡形成苦味的主要成分，但不含咖啡碱的咖啡喝起来反而让人觉得更苦。因为味觉传感器能同时对许多不同的化学物质作出反应，并经过特定的模式识别得到对样品的综合评价，所以它能鉴别不同的咖啡，显示出这种技术独特的优越性。

电子舌技术不仅可以用于液体食物的味觉检测，也可以用在胶状食物或固体食物上。例如对番茄进行味觉评价，可以先用搅拌器将其打碎，所得到的结果同样与人的味觉感受相符。

此外，国外的一些研究者尝试把电子舌与电子鼻这2种技术融合在一起，从不同角度分析同一个样品，模拟人的嗅觉与味觉的结合，在一些情况下能大大提高识别能力。目前，电子舌已经有了商业化的产品。例如法国的Alpha MOS公司生产的ASTREE型电子舌，利用7个电化学传感器组成的检测器及化学计量软件对样品内溶解物作味觉评估，能在3min内稳妥地提供所需数据，大大提高产品全方位质控的效率，可应用于食品原料、软饮料和药品的检测。

## 五、触觉

食品的触觉是口部和手与食品接触时产生的感觉，通过对食品的形变所加力产生刺激的反应表现出来。表现为咬断、咀嚼、品味、吞咽的反应。触觉能感受如下特性。

### (一) 触觉感官特性

#### 1、大小和形状

口腔能够感受到食品组成的大小和形状。Tyle (1993)评价了悬浮颗粒的大小、形状和硬度对糖浆砂性口部知觉的影响。研究发现：柔软的、圆的，或者相对较硬的、扁的颗粒，大小到约80um，人们都感觉不到有沙粒。然而，硬的、有棱角的颗粒在>11~22um的大小范围内时，人们就能感觉到口中有沙粒。在另一些研究中，在口中可察觉的最小单个颗粒大小<3um。

感官质地特性受到样品大小的影响。样品大小不同，口中的感觉可能也会不一样。一个

有争论的问题是：人类对样品大小间的差异是否会作出一些自动的补偿，或人类是否只对样品大小的很大变化敏感。1989年，Cardello和Segars研究了样品大小对质地感知的影响，而这个目的性明确的研究只是这方面研究的极少之一。他们评价了样品大小对能感知到的，如奶油乳酪、美国干酪、生胡萝卜和中间切开的黑麦面包、无皮的全牛肉以及Tootsico糖果卷咀嚼度的影响。被评价的样品大小(体积)为 $0.125\text{ cm}^3$ 、 $1.00\text{ cm}^3$ 和 $8.00\text{ cm}^3$ ，实验条件是与样品的顺序同时呈现，样品以任意的顺序呈现或者按大小的顺序进行排列。被蒙住了眼睛和没有被蒙住眼睛的评价成员对样品进行评价，此外，有时允许、有时不允许评价成员触摸样品。研究发现：与主体对样品大小的意识无关，作为样品大小的一个函数，硬度和咀嚼度增加了。因此，质地知觉并非与样品大小无关。

## 2、口感

口感特征表现为触觉，通常其动态变化要比大多数其他口部触觉的质地特征更少。原始的质地剖面法只有单一与口感相关的特征——“黏度”。Szczesniak(1979)将口感分为11类：关于黏度的(稀的，稠的)，关于软组织表面相关的感觉(光滑的，有果肉浆的)，与 $\text{CO}_2$ 饱和和相关的(刺痛的、泡沫的、起泡性的)，与主体相关的水质的、重的、轻的)，与化学相关的(收敛的、麻木的、冷的)，与口腔外部相关的(附着的、脂肪的、油脂的)，与舌头运动的阻力相关的(黏糊糊的、黏性的、软弱的、浆状的)，与嘴部的后感觉相关的(干净的、逗留的)，与生理的后感觉相关的(充满的、恢复、渴望的冷却)，与温度相关的(热的、冷的)，与湿润情况相关的(湿的、干的)。Jowitt(1974)定义了这些口感的许多术语。Bertino和Lawless(1995)使用多维度的分类和标度，在口腔健康产品中，测定与口感特性相关的基本维数。他们发现，这些维数可以分成3组：收敛性、麻木感和疼痛感。

## 3、口腔中的相变化(溶化)

人们并没有对食品在口腔中的溶化行为以及与质地有关的变化进行扩展研究，由于在腔中温度的增加，因此，许多食品在嘴中经历了一个相的变化过程，巧克力和冰淇淋就是很好的例子。Hyde和Witherly(1995)提出了一个“冰淇淋效应”。他们认为动态地对比(口中感官质地瞬间变化的连续对比)是冰淇淋和其他产品高度美味的原因所在。

Lawless(1996)研究了一个简单的可可黄油模型食品系统后，发现这个系统可以用于研究脂肪替代品的质地和溶化特性的研究。按描述分析和时间——强度测定到的评价溶化过程中的变化，与碳水化合物的多聚体对脂肪的替代水平有关。但是，Mela等人(1994)已经发现，评价人员不能利用在口腔中的溶化程度来准确地预测溶化范围是 $17\sim 41^\circ\text{C}$ 的水包油乳化液(类似于黄油的产品)中的脂肪含量。

## 4、手感

纤维或纸张的质地评价经常包括用手指对材料的触摸。这个领域中的许多工作都来自于纺织品艺术。感官评价在这个领域和食品领域一样，具有潜在的应用价值。

Civille和Dus(1990)描述了与纤维和纸张相关的触觉性质，包括机械特性(强迫压缩、有弹力和坚硬)，几何特性(模糊的、有沙砾的)，湿度(油状的、湿润)，耐热特性(温暖)以及非触觉性质(声音)。由Civille(1996)发展起来的纤维、纸张方法论建立在一般食品质地剖面的基础上，并且包括一系列用于每个评估特性的参考值和精确定义的标准标度。

## (二) 触觉识别阈

对于食品质地的判断，主要靠口腔的触觉进行感觉。通常口腔的触觉可分为以舌头、嘴唇为主的皮肤触觉和牙齿触觉。皮肤触觉识别阈主要有2点识别阈、压觉阈、痛觉阈等。



1、皮肤的识别阈 皮肤的触觉敏感程度，常用两点识别阈表示。所谓两点识别阈，就是对皮肤或黏膜表面 2 点同时进行接触刺激，当距离缩小到开始要辨认不出两点位置区别时的尺寸。即可以清楚分辨 2 点刺激的最小距离。显然这一距离越小，说明皮肤在该处的触觉最敏感。人的口腔及身体部位的 2 点识别阈如表 2-6 所示。

表 2-6 人的口腔粘膜及身体部位的 2 点识别阈

部 位	纵向 (mm)	横向 (mm)
舌 尖	0.80 ± 0.55	0.68 ± 0.38
嘴 唇	1.45 ± 0.96	1.15 ± 0.82
上 腭	2.40 ± 1.31	2.24 ± 1.14
舌 表 面	4.87 ± 2.46	3.24 ± 1.70
齿 龈	4.13 ± 1.90	4.20 ± 2.00
颊 粘 膜	8.57 ± 6.20	8.60 ± 6.04
前 额	12.50 ± 4.26	9.10 ± 2.73
前 腕	19.00	42.00
指 尖	1.80	0.20

从表 2-6 可以看出，口腔前部感觉敏感。这也符合人的生理要求，因为这里是食品进入人体的第一关，需要敏感地判断这食物是否能吃?需不需要咀嚼?这也是口唇、舌尖的基本功能。感官品尝试验，这些部位都是非常重要的检查关口。

口腔中部因为承担着用力将食品压碎、嚼烂的任务，所以感觉迟钝一些。从生理上讲这也是合理的。口腔后部的软腭、咽喉部的黏膜感觉也比较敏锐，这是因为咀嚼过的食物，在这里是否应该吞咽，要由它们判断。

口腔皮肤的敏感程度也可用压觉阈值或痛觉阈值来分析。压觉阈值的测定是，用一根细毛，压迫某部位，把开始感到疼痛时的压强称作这一部位的压觉阈值。痛觉阈值是用微电流刺激某部位，当觉得有不快感时的电流值。这两种阈值都同 2 点识别阈一样，反映出口腔各部位的不同敏感程度。例如，口唇舌尖的压觉阈值只有 10~30kPa，而两腮黏膜在 120kPa 左右。

2. 牙齿的感知功能 在多数情况下，对食品质地的判断是通过牙齿咀嚼过程感知的。因此，认识牙齿的感知机理，对研究食品的质地有重要意义。牙齿表面的珐琅质并没有感觉神经，但牙根周围包着具有很好弹性和伸缩性的齿龈膜，它被镶在牙床骨上。用牙齿咀嚼食品时，感觉是通过齿龈膜中的神经感知。因此，安装假牙的人，由于没有齿龈膜，所以比正常人的牙齿感觉迟钝得多。图 2-1 表示正常人不同部位牙齿的咬合压力阈值。由图可以看出，门齿的感觉非常敏锐，而后面的白齿要迟钝得多。据测定，假牙的感觉比正常牙齿要迟钝 10 倍。

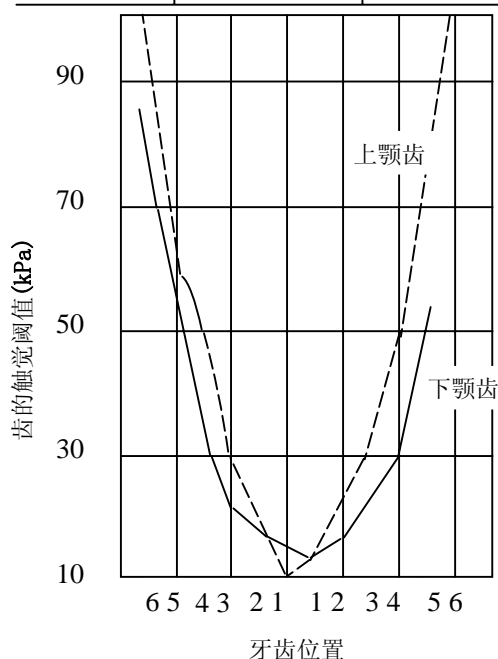


图 2-1 牙齿的触觉阈值

3. 颗粒大小和形状的判断 在食品质地的感官评价中，试样组织颗粒的大小、分布、形状及均匀程度，也是很重要的感知项目。例如，某些食品从健康角度需要添加一些钙粉或纤维质成分。然而，这些成分如果颗粒较大又会造成粗糙的口感。为了解决这一问题，就需要把这些颗粒的大小粉碎到口腔的感知阈以下。口腔对食品颗粒大小的判断，比用手摸复杂得多。在感知食品颗粒大小时，参与的口腔器官有：口唇与口唇、口唇与牙齿、牙齿与牙齿、牙齿与舌头、牙齿与颊、舌与口唇、舌与腭、舌与齿龈等。通过这些器官的张合、移动而感知。在与食品接触中，各器官组织的感觉阈值不同，接受食品刺激的方式也不同。所以，很难把对颗粒尺寸的判断归结于某一部位的感知机构。一般在考虑颗粒大小

的识别阈时，需要从两方面分析。一是口腔可感知颗粒的最小尺寸，二是对不同大小颗粒的分辨能力。以金属箔做的口腔识别阈试验表明，对感觉敏锐的人，可以感到牙间咬有金属箔的最小厚度为 20~30um。但有些感觉迟钝的人，这一厚度要增加到 100um。对不同粗细的条状物料，口腔的识别阈大约在 0.2~2mm 之间。门齿附近比较敏感。有人用三角形、五角形、方形、长方形、圆形、椭圆形、十字形等小颗粒物料，对人口腔的形状感知能力作了测试，发现人口腔的形状识别能力较差。通常三角形和圆尚能区分，多角形之间的区别往往分不清。

4. 口腔对食品中异物的识别能力 口腔识别食品中异物的能力很高。例如，吃饭时，食物中混有毛发、线头、灰尘等很小异物，往往都能感觉得到。那么一些果酱糕点类食品中，由于加工工艺的不当，产生的糖结晶或其它正常添加物的颗粒，就可能作为异物被感知，而影响对美味的评价。因此，异物的识别阈对感官评价也很重要。Manly 曾对 10 人评审组作了这样的异物识别阈试验。在布丁中混入碳酸钙粉末，当添加量增加到 2.9% 时，才有 100% 的评审成员感觉到了异物的存在。对安装假牙的人，这一比例要增加到 9% 以上。

Dwall 把不同直径的钢粉，分别混入花生、干酪和爆玉米花中去，让 10 人评审组用牙齿去感知。试验发现钢粉末直径的感知阈约为 50um 左右，且与混入食物的种类无关。以上说明，对异物的感知与其浓度和尺寸大小都有一定关系。总之，人对食品美味(包括质地)的感觉机理十分复杂，它不仅与味觉、口腔触觉有关，还和人的心理、习惯、唾液分泌，以及口腔振动、听觉有关。深入了解感觉的机理，对设计感官评价试验和分析食品质地品质都有很大帮助。

## 六、感官的相互作用

各种感官感觉不仅受直接刺激该感官所引起的反应，而且感官感觉之间还有互相作用。

食品整体风味感觉中味觉与嗅觉相互影响较为复杂。烹饪技术认为风味感觉是味觉与嗅觉印象的结合，并伴随着质地和温度效应，甚至也受外观的影响。但在心理物理学实验室的控制条件下，将蔗糖（口味物质）和柠檬醛（柠檬的气味、风味物质）简单混合，表现出几乎完全相加的效应，对各自的强度评分很少或没有影响。食品专业人员和消费者普遍认为味觉和嗅觉以某种方式相关联。以上问题部分是由于使用“口味”一词来表示食品风味的所有方面。但如果限定为口腔中被感知的非挥发性物质所产生的感觉，是否与主要表现为嗅觉的香气和挥发性风味物质有相互影响有如下几种情况。

从心理物理学文献中得到一个重要的观察结果，感官强度是叠加的。设计关于产品风味强度总体印象的味觉和嗅觉刺激的总和效应时，几乎没有证据表明这两种模式间有相互影响。

人们会将一些挥发性物质的感觉误认为是“味觉”。

令人难受的味觉一般抑制挥发性风味，而令人愉快的味觉则使其增强。这一结果提出了几种可能性。一种解释是将这一作用看做是一种简单的光环效应。按照这一原理，光环效应意味着一种突出的、令人愉快的风味物质含量的增加会提高对其他愉快风味物质的得分。相反，令人讨厌的风味成分的增加会降低对愉快特性的强度得分（“喇叭”效应）。换句话说，一般的快感反应对于品质评分会产生相关性，甚至是那些生理学上没有关系的反应。这一原理的一个推论是评价员一般不可能在简单的强度判断中将快感反应的影响排除在外，特别是在评价真正的食品时。虽然在心理物理学环境中可能会采取一种非常独立的和分析的态度，但这在评价食品时却困难得多，特别是对于没有经验的评价员和消费者，食品仅仅是情绪刺激物。

口味和风味间的相互影响会随它们的不同组合而改变。这种相互影响可能取决于特定的风味物质和口味物质的结合，该模式由于这种情况而具有潜在的复杂性。相互间的影响会随

对受试者的指令而改变。给予受试者的指令可能对于感官评分有深刻影响，就像在许多感官方法中发生的一样。受试者接受指令所做出的反应也会明显影响口味和气味的相互作用。

这一发现对于那些感官评价应该加以引导的方法，特别是对复合食品的多重特性进行评分的描述分析具有广泛的意义。

另两类相互影响的形式在食品中很重要。一是化学刺激与风味的相互影响；二是视觉外观的变化对风味评分的影响。三叉神经风味感觉与味觉和嗅觉的相互影响了解很少。然而，任何比较过跑气汽水和含碳酸气汽水的人都会认识到二氧化碳所赋予的麻刺感会改变一种产品的风味均衡，通常当碳酸化作用不存在时对产品风味会有损害。跑气的汽水通常太甜，脱气的香槟酒通常是很乏味的葡萄酒味。

一些心理物理学研究考察了化学物质对三叉神经的刺激与口味和气味感觉的相互作用。在大多数实验心理物理学中，这些研究注重于单一化学物质在简单混合物中所感知的强度变化。最先考察化学刺激对嗅觉作用的研究人员发现了鼻中二氧化碳对嗅觉的共同抑制作用。即使  $\text{CO}_2$  麻刺感的出现比嗅觉的产生略微有些滞后，这一现象也会发生。由于许多气息也含有刺激性成分，有些抑制作用在日常风味感觉中是一件平常的事情也是有可能的。如果有人对鼻腔刺激的敏感性降低了，芳香的风味感觉的均衡作用有可能被转换成嗅觉成分的风味。如果刺激减小，那么刺激的抑制效应也将减小。

人类是一个视觉驱使的物种。在许多具有成熟烹调艺术的社会中，食品的视觉表象与它的风味和质地特性同样重要。在消费者检验中普遍相信食品色泽越深，就会得到越高的风味强度得分。

在关于改变脂肪含量的牛奶感觉的文献中，可以发现视觉对于食品感觉影响的例子。大多数人认为脱脂奶很容易从外观、风味和质地（口感）上与全脂奶，甚至与2%的低脂奶相区分。但他们对于脂肪含量的感觉大多数受外观的影响。有经验的描述评价员很容易根据外观（颜色）评估、口感和风味区分脱脂奶和2%的低脂奶。当视觉因素被清除后，风味和质地对于脂肪含量的心理物理学函数就变得较平缓，差别明显地被削弱。当用冷牛奶在暗室中检验时，脱脂奶与2%低脂奶的区分降低到几乎是一种偶然的发现，只得到饮用者发现脱脂奶难以下咽的结果。这一研究强调人类是对食品感官刺激的整体做出反应的，即使是较为“客观”的描述性评价员也可能会受视觉偏见影响。

任何位于鼻中或口中的风味化学物质可能有多重感官效应。食品的视觉和触觉印象对于正确评价和接受很关键。声音同样影响食品的整体感觉。咀嚼食物时，产生的声音与食物是如何的酥脆有紧密的关系。

总之，人类的各感官是相互作用、相互影响的。在食品感官鉴评实施过程中，应该重视他们之间的相互影响对鉴评结果所产生的影响，以获得更加准确的鉴评结果。