

# 职业接触调味化学品： 健康效应与危害控制

关键词：调味品；丁二酮；阻塞性肺病；安全与健康信息；健康效应

中图分类号：R135.1

文献标志码：E

文章编号：1007-1326(2013)02-113-03

编译 / 叶锋

编者按：因丁二酮在食品工业中的广泛使用，美国职业安全健康管理局(OSHA)和职业安全健康研究所(NIOSH)对其职业危害作了长达10余年的监测与研究，并会同美国劳工部、技术支持与紧急处理协会、科学技术评价办公室发布了题为“职业接触调味化学品：健康效应与危害控制”(Occupational Exposure to Flavoring Substances: Health Effects and Hazard Control)的安全和健康信息(SHIB)，明确了丁二酮与阻塞性支气管炎的因果关系，并提出了危害控制措施。2011年底，NIOSH根据SHIB等研究结果，发布《丁二酮和2,3-戊二酮职业接触推荐性标准(草稿)》，目前，OSHA对化学调味品的职业接触限值的制订也在进行之中。本文对该SHIB进行了摘译整理，以飨读者。



## 1 调味物质简介

调味品包括天然调味品和人工调味品。如果人工调味品合成得当，就会形成特有的香味和味道，丁二酮就是其中一种。调味品的使用涉及糖果、零食、罐装或冷冻食品、乳制品、软饮料、调味油等。SHIB提醒，即使一种调味品通常可安全食用，也并不意味着它就可在生产过程中被接触而没有职业

危害。

在调味品生产过程中会用到超过2 000种化学物质。美国食品药品监督管理局(FDA)对调味品的食用安全性进行了规范，但FDA并没有对调味品除食用外的其他接触行为(比如吸入)的安全性进行测试和规范。

调味品制造业的行业协会——美国食品香料制造协会(FEMA)，已经确认一些调味物质可能会对调味品制造业工作场所中员工的呼吸道造成危害。

## 2 丁二酮及其替代品

丁二酮主要用于生产乳制品、焦糖和奶油等。一些乳制品、葡萄酒和啤酒等食品自身就含有丁二酮；一些水果香精(如草莓、香蕉味的和香草味调味粉)中也含有丁二酮。NIOSH已经发现在微波炉爆米花和调味料生产过程中存在丁二酮、3-羟基丁酮和乙醛，且是最常见的空气污染物。

2006年NIOSH调查了出现阻塞性肺病的调味品生产商，发病员工所在区域空气中的丁二酮平均浓度范围在0.02~37.8 ppm之间。但是实时监测液体调料倒入加热的反应罐过程中，工人的呼吸区域丁二酮显示80 ppm的高峰水平。

最近几年连续发生的丁二酮生产工人罹患严重肺病的事件，使生产厂商减少了丁二酮在一些调味品、食品和饮料中的使用量。他们开始使用戊二酮和3-羟基丁酮、丁二酮三聚体等作为替代品。它们的化学结构类似于

丁二酮,但目前还不确定是否构成吸入性健康风险。为了工人的安全和健康,OSHA已经开始为丁二酮等制定职业接触标准。

戊二酮已经被用作液体脱脂奶的新调味品。戊二酮结构和丁二酮类似,NIOSH的初步研究表明,吸入的戊二酮损害大鼠气道上皮细胞组织,尤其是鼻腔;也会影响下呼吸道。此外,美国国立环境卫生科学研究所(NIEHS)最近的研究表明,啮齿类动物吸入戊二酮后,后者对上呼吸道的毒性类似丁二酮。

2,3-己二酮和2,3-庚二酮对人体也有潜在的不良健康效应。有人认为,在有热量和水存在的条件下、或者在潮湿的呼吸道中,丁二酮三聚体会释放丁二酮。

### 3 其他主要调味化学品

一个持续3年、针对40份黄油调料样品的研究发现,除了丁二酮外,这些样品还能产生150种挥发性有机化合物(VOCs)。包括化学结构与丁二酮非常相似的3-羟基丁酮。据推测,人体内的一些丁二酮会在新陈代谢中转化为3-羟基丁酮。美国国家毒理学计划正在进行3-羟基丁酮的吸入性毒理学研究。OSHA没有3-羟基丁酮的PEL值,但已明确这种物质会刺激皮肤、眼睛和呼吸道黏膜。

乙酸对皮肤、眼睛和呼吸道有刺激性。乙酸被列为调味品生产车间的主要空气污染物。在黄油调味品样品中,则发现了其挥发性有机化合物含有糠醛和醋酸。研究报告显示,接触5 ppm的低浓度糠醛6 h/d、5 d/周,28 d后,大鼠的鼻腔组织出现变化。在以往的研究中,大鼠暴露于空气中浓度为38 ppm的糠醛1 h/d、每周5 d,30 d后围绕细支气管和小血管的肺组织发生变化。

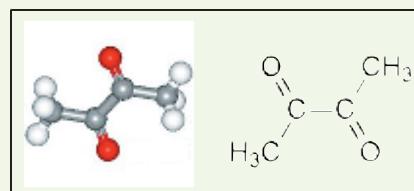
另一种常见的调味物质乙醛,强烈刺激眼睛、鼻和咽喉。有接触乙醛两个月患上阻塞性肺疾病的病例。

除了挥发性有机化合物,可吸入

粉尘(即小于10 μm直径的可吸入颗粒物)也会在调味品粉末的处理过程中产生。吸入这些粒子导致调味品直接接触肺部微小气道。

### 4 健康效应

与调味品相关的气道阻塞的最初迹象和症状(包括阻塞性细支气管炎)并不明显。受影响的工人最初会咳嗽、疲劳和劳累时气短。休息后症状通常得不到改善。发病通常渐进,但在某些情况下,会迅速发生严重的症状与肺



丁二酮结构式



肺活量测量

部疾病。若治疗时不询问病人的职业史,接触工人容易被误诊为其他肺部疾病,如哮喘、肺气肿或者肺炎。即使被正确诊断,工人也无法通过一般的药物治疗改善肺功能。一些工人的肺病非常严重,只能等待肺移植。

NIOSH通常通过肺活量测定来判断调味品接触者是否具有呼吸道阻塞结果的肺部相关疾病。若测试者吹气困难,就可被诊断为气道阻塞。除了气道阻塞,一些工人的肺部扩张能力也降低了。

阻塞性细支气管炎是一个不常见的和潜在的威胁生命的肺部疾病。如果细小的肺部气道发炎和受伤,会导致气道增厚和缩小,从而引发阻塞性

细支气管炎。吸入有毒烟雾和蒸气、粮食粉尘、矿物粉尘和刺激性气体均可能导致阻塞性细支气管炎。阻塞性细支气管炎的诊断通常需额外的医疗测试,包括高分辨率计算机断层扫描等来证实。除了气道阻塞和阻塞性细支气管炎,其他肺部疾病包括慢性支气管炎和哮喘,也见于各种香料和食品调味品领域的生产工人。

2002年,NIOSH的研究人员将大鼠暴露于丁二酮浓度高于285 ppm的黄油调味品蒸气6 h后,大鼠肺部气道组织出现损伤和坏死。随后NIOSH的一项动物实验证实接触纯丁二酮蒸气导致大鼠鼻和呼吸道组织发炎、受损和坏疽,与2002年的实验相比,虽然症状相似,但是气道损伤似乎范围变小。这表明有可能是黄油调料的混合化学物而不仅仅是丁二酮对作业人员造成肺部疾病。

2008年,NIEHS的动物实验研究评估了小鼠反复吸入丁二酮的风险。连续每天6 h亚慢性接触丁二酮蒸气(例如,12周100 ppm)造成小鼠鼻喉部损害,更短间歇地暴露于更高浓度的丁二酮蒸气(例如,四个星期两次/d接触1 200 ppm丁二酮蒸气)导致鼻喉损伤、支气管发炎以及偶尔的下呼吸道发炎。由此推论职业接触丁二酮可能会导致人类肺部疾病。

除了生成肺病,工人的眼睛、鼻子和喉咙也会受到刺激。

### 5 OSHA 建议简介

OSHA建议所有的调味品和食品制造商审查并考虑执行适用的工程控制、医疗监视、工作场所监控、使用适当的个人防护装备等措施,使工人接触最小化。

采用无毒或者低毒的替换物是首选。然而,由于对液体、糊状、粉等不同形式的调味品的危害的认识还很有限,所以在选择调味品的替代化合物时应非常谨慎。如前所述,其他调味成分(包括丁二酮替代物)的毒性还没有被充分地揭示。NIOSH赞成采用工程

控制和呼吸防护在内的预防性措施,以减少吸入性接触。

### 5.1 工程控制

具体包括采取隔离有害物质及其源头的工艺、使用局部排气通风以及限制进入有害物质的处理区域。经验表明,在大多数情况下,可以通过使用这些方法来控制职业接触。NIOSH 调查微波炉爆米花生产厂家发现,在配料房、非隔离式槽罐、质量控制区域等存放大量产品的区域工作的工人呼吸道症状较严重,呼吸道梗阻发病率较高。在受限空间内加热大量含有调味品的食物时,食品行业的作业人员也可能接触丁二酮。NIOSH 2006 年 1 月的报告指出,控制作业者的接触途径后,大多数工人的患病风险降低。

工程措施主要包括车间隔离、尽量密闭操作、采用通风系统、低温操作、投料口低压控制、现场监测等措施。

### 5.2 健康监护和肺活量测定

健康监护计划主要为肺活量测定。肺活量反映肺部呼吸能力,是早期发现作业人员肺功能异常的最好办法。肺功能测量应遵循由美国胸科学会(ATS)推荐的规范和方法进行。

调味品和食品生产商的雇主必须为新雇用的工人提供就业前体检。检查侧重询问呼吸道症状和原先肺部疾

病史,以提供基线资料为随后的评价做参照;还有体格检查,包括工人最初开始工作的基准肺活量。

在雇用期间,雇主至少每半年对接触工人进行体检。如果报告工人肺活量测定异常、或有肺功能加速下降,就要减少肺活量测定的时间间隔。肺活量异常,或出现咳嗽、气短以及眼睛、鼻子、喉咙明显的刺痛感等症状,就表明出现了不良的职业接触健康影响。告知工人有呼吸道或其他(例如眼睛、皮肤)的症状和体征时要及时报告。

因为阻塞性细支气管炎往往被误诊为哮喘、支气管炎或肺气肿,所以,必须让熟悉与调味品相关的职业肺部疾病的胸腔科医生进行健康监护。

### 5.3 呼吸防护

如果实施可行的工程控制之后,仍然存在呼吸危害,那 OSHA 的标准要求雇主为员工配备呼吸器。雇主应该建立一套完整的呼吸防护措施,至少达到 OSHA 的呼吸防护标准要求。这种方案包括呼吸器的合理选择、作业人员带上呼吸防护用品后完成工作的能力、人员的定期培训、工作场所的定期监测、对员工进行定期培训考核、定期对呼吸器进行维修保养、检查和清洁等。

经 NIOSH 认证的供气呼吸器、配备微粒过滤的有机蒸气滤罐的空气净化呼吸器、配备微粒过滤的有机蒸气滤罐的带动力装置的空气净化式呼吸器均可使用,后者更合适工人在炎热的工作环境下穿戴。使用空气净化呼吸器时,必须提供滤罐的更换时间表,以确保其不超过使用寿命。

### 5.4 眼睛和皮肤防护

工作现场禁止吸烟、进食和饮水。工作后,淋浴更衣。避免长期反复接触。确保工人使用化学护目镜或其他适当的眼睛保护装备。护目镜要装上适合的矫正镜片。若眼睛接触丁二酮,应该立即提起眼睑,用流动清水冲洗。误食丁二酮,要立即大量吞饮温水,催吐,就医。处理液体、膏状或粉状的调味品时,可能导致皮肤损伤,因此必须使用耐化学腐蚀的手套和裤管,或其他能保护裸露皮肤的工作服。如果皮肤接触丁二酮,应迅速脱去、隔离受污染衣着和鞋,用流动清水冲洗皮肤。注意患者保暖并且保持安静。确保医务人员了解该物质相关的个体防护知识,注意自身防护。

(原文出自 <http://www.osha.gov/dts/shib/shib10142010.html>)

(收稿日期:2012-09-12; 修回日期:2012-12-14)

(上接第 112 页)

国内研究人员测定了北京部分地区大气 PM 2.5 样品中氟离子( $F^-$ )、氯离子( $Cl^-$ )、硫酸根离子( $SO_4^{2-}$ )和硝酸根离子( $NO_3^-$ )四种水溶性阴离子的质量浓度,采样期间监测点针对大气 PM 2.5 的分析显示, $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$  四种离子的浓度总和占 PM 2.5 质量浓度的 19.14 %,质量比例由大到小顺次为  $SO_4^{2-}$ (14.68%)、 $NO_3^-$ (2.92%)、 $Cl^-$ (1.45%)、 $F^-$ (0.09%)。由于上述四种水溶性阴离子均具有显著的刺激性,可以解释由此导致的急、慢性呼吸系统损害;至少可以被认定为导致发病或促使相关疾病恶化的病因之一。

在 PM 2.5 承载的有机化合物中,

多环芳烃类物质的危害最为显著。多环芳烃属于环境致癌物,在人们日常生活中,通过呼吸、饮食、饮水和吸烟等接触环节,均可能有不同程度的接触,存在增加患肺癌、食管癌、胃癌、结肠癌、皮肤癌和膀胱癌等恶性肿瘤的风险。在 2000 年,我国科技工作者测定北京市某交通繁忙路口大气 PM 2.5 多环芳烃的污染状况,在不同粒径的大气颗粒物中检测出 60 多种多环芳烃类物质,不同时段每  $m^3$  空气中 PM 2.5 中多环芳烃类物质达到 3.29 ~ 4.54  $\mu\text{g}$ 。研究人员认为,在机动车排放的有机污染物中,多环芳烃是其主要组成部分。

与纳米材料类似,某些物质在纳米尺度下会显现出与它们在宏观情况下很不相同的特性。而可吸入颗粒物对人体健康的影响取决于其来源、形态、粒径以及吸附在表面上的各种有害化学物质和微生物多种因素的总成。不同浓度、不同成分 PM 2.5 污染带来的健康损害效应,诸如剂量—效应关系,细颗粒物所携带的毒性物质间存在何种交互作用等方面,仍有待于深入的研究与探讨。

(收稿日期:2013-03-04; 修回日期:2013-03-10)

(作者为首都医科大学附属北京朝阳医院职业病与中毒医学科主任)