

# 食品中甲醛清除剂研究进展

## Research progress of new formaldehyde scavengers in food products

陈喜凤 陶宁萍 许长华 谷东陈

CHEN Xi-feng TAO Ning-ping XU Chang-hua GU Dong-chen

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

(College of Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**摘要:**文章简要介绍了食品中甲醛的来源、危害及其对食品品质的影响,系统综述了近年来食品中甲醛清除剂的种类以及复配型甲醛清除剂的研究,为今后选择适合的甲醛清除剂提供依据,并展望了新型甲醛清除剂环保、高效的研究方向。

**关键词:**食品; 甲醛; 清除剂; 复配型

**Abstract:** This article briefly describes the source and the harm of formaldehyde in food and its effects on food quality. The types of formaldehyde scavenger in food and the study of complex formaldehyde scavenger in recent years were systematically introduced. And provided the basis for selecting the suitable formaldehyde scavenger in the future, and looked forward to the environmental protection and high efficient research direction of the new formaldehyde scavenger.

**Keywords:** food; formaldehyde; formaldehyde scavenger; complex type

近年来食品安全日益受到人们关注,食品污染物是导致食品安全事件的直接因素。甲醛对人身体健康所造成的影响被人们所广泛认识。随着人民消费水平的提高,食品的消费量也大幅度增长,间接地造成了非法添加甲醛事件的发生。甲醛大多应用于工业原料中,更有一些不法商家为了延长水产品的保质期及防止产品腐烂变质等非法添加甲醛于水产品中。因此,中国已明令禁止使用甲醛浸泡水产品。美国环境保护署规定每天摄入量不超过  $0.2 \text{ mg/kg} \cdot \text{体重}^{[1]}$ 。但近年来,食品安全事件频频出现,特别是大型水产品如鱿鱼等甲醛含量严重超标问题突出。为了确保消费者

的安全,质量监督部门,增加了水市场抽样量。一些大型食品生产和加工企业由于食品中“甲醛”的问题,受到国内外市场扣押等,形势非常严峻,遭受了巨大的经济损失<sup>[2]</sup>。因此,研发食品中甲醛清除以提高产品质量和食品安全性,需及早提上日程。本文简要介绍食品中甲醛的来源及其对人体健康的影响,对近年来食品中甲醛清除剂的种类以及复配型甲醛清除剂的成分研究进行综述,旨在为未来食品甲醛清除剂的研究提供参考。

### 1 甲醛的基本性质及毒性

甲醛(分子式  $\text{HCOH}$ )通常以水溶液形式存在,具有防腐作用、消毒和漂白的功能。甲醛已被确定为致癌物质和致突变物质,位于中国有毒化学品名单上的第二位<sup>[3]</sup>。甲醛对视网膜、鼻粘膜、肺功能和免疫功能等系统有较大影响,长期接触甲醛,可引起头痛、腹痛、嗜睡、中枢神经系统损伤等中毒症状,人口服致死量为  $10 \text{ g}$ 。此外,甲醛容易与体内的遗传物质细胞结合破坏 DNA<sup>[4]</sup>,且部分老年痴呆症也与摄入的甲醛有关<sup>[5]</sup>。

### 2 食品中的甲醛来源

食品中检出的甲醛来自不同方面,相对比较复杂,如下:

(1) 体内自生:在贮运过程中,食品在自身酶和微生物滋生的作用下将氧化三甲胺氧化产生甲醛<sup>[6]</sup>。冰鲜状态,在细菌的作用下水产品中的氧化三甲胺易分解。氧化三甲胺催化下易变为三甲胺,但低温条件下,氧化三甲胺本身可分解产生甲醛<sup>[7]</sup>。即水产品甲醛本底值增高。已有研究表明,果蔬<sup>[8]</sup>、水产品<sup>[9]</sup>和食用菌<sup>[10-11]</sup>等生物体内自生的甲醛含量最高可达  $300 \sim 400 \text{ mg/kg}$ 。魏建华等<sup>[12]</sup>对南海地区常见水产品(海捕鱼类,甲壳类,软体动物,养殖鱼类、虾及加工制品)甲醛本底值进行了调查,结果表明水产品普遍都含有天然甲醛,其中甲醛本底含量较高的如长蛇鲻、细蛇鲻、龙头鱼等。马永均等<sup>[13]</sup>在常见的蔬菜水果样品中也检出甲醛,还发现,苹果、洋葱、番茄、菠菜等均含有  $5 \sim 60 \text{ mg/kg}$  的甲醛。不同类别水产品的本底含量见表 1。

**基金项目:**国家自然科学基金项目(编号:31401571);上海市自然科学基金项目(编号:14ZR1420000);“十二五”国家科技支撑计划重点项目(编号:2015BAD17B01,2015BAD17B02)

**作者简介:**陈喜凤,女,上海海洋大学在读硕士研究生。

**通信作者:**陶宁萍(1968-),女,上海海洋大学教授,博士。

E-mail: nptao@shou.edu.cn

许长华(1981-),男,上海海洋大学副教授,博士。

E-mail: chxu@shou.edu.cn

**收稿日期:**2016-11-15

表1 水产品中甲醛本底含量<sup>[14]</sup>

Table 1 Aquatic formaldehyde content in the background

水产品类别	状态	所占份数(X,本底值范围,mg/kg)				总和
		≤1	1<X≤5	5<X≤10	≥10	
淡水鱼类	活体	9	1			10
	活体	8	1			9
海水鱼类	冰鲜	8	2			10
	冷冻	1	22	2	5	30
贝类	活体	5	4	1		10
头足类	冷冻		2	4		6
虾类	活体	3	2			5
	冷冻		8	2		10
蟹类	活体	1	2			3
	冷冻		2		2	4

(2) 产品包装及运输过程中包装容器自带甲醛:应用甲醛生产的合成树脂、塑料、橡胶和油漆等在食品储藏运输过程中受到外界各种因素,例如受热、腐蚀、老化等,使原料中的甲醛释放出来,进入食品中。

(3) 作为消毒剂:用于设施消毒、工具消毒的1%的福尔马林,对空间消毒后可在食品中残留一定量甲醛<sup>[15]</sup>。

(4) 人工添加:近年来,一些不法商人和制造商利用甲醛的一些特点,如腐蚀,延长保质期,增加耐水性,韧性,将其非法添加到食品中<sup>[16]</sup>。2000年12月,南宁市检测到红薯粉丝含有甲醛,检出率为70%,含量最高达521.86 mg/kg<sup>[17]</sup>。甲醛浸泡后产品的感官性状、保鲜时间、口感等都有很大改善,同时也增加了水产品的毒性,营养价值有较大损失,不仅损害了消费者的利益,并且直接危害到消费者的食用安全。

### 3 甲醛事件及甲醛清除剂的需求

随着市场经济的繁荣,食品需求量旺盛。不法商人为追求更多的利润,非法添加甲醛现象又死灰复燃。2012年4月,青岛对平菇进行检测发现甲醛的存在,在中国引发了很大反响<sup>[18]</sup>;2010年1月,成都出现甲醛超标导致的血旺事故<sup>[19]</sup>;2013年曝光多起鲑鱼浸泡甲醛事故。

这些事故引发了市场对甲醛食品的重视,促使政府对食品市场监管和抽查力度增强。随着人们对食品安全要求的提高,甲醛危害及如何消除已引起了人们广泛关注,催生了甲醛清除剂的研发<sup>[20-22]</sup>。甲醛是影响食品食用安全的重要因素之一,孙佳民<sup>[23]</sup>提到使用甲醛清除剂对食品中甲醛预防;杨帆等<sup>[24]</sup>通过试验结果比较发现甲醛清除剂类产品效果参差不齐;赵树凯等<sup>[25]</sup>也强调部分甲醛清除剂类产品清除率低,并且产品作用时间不够持久;同时朴正爱等<sup>[26]</sup>报道称甲醛清除剂的使用并不影响病理组织学诊断。

高效甲醛清除剂的研究将对减少食品甲醛含量提供技术支持,保证食品安全的同时,更能为人们的身体健康提供保障,让人们真正吃到放心安全的食品。

### 4 甲醛清除剂研究现状

甲醛清除剂也被叫甲醛捕获剂、甲醛消纳剂或甲醛捕捉

剂,是指与甲醛进行反应的水溶液化合物<sup>[27]</sup>,并以化学键的形式与甲醛结构结合反应生成其他的化合物,实现甲醛的消除。甲醛清除剂的种类很多,同样也有各种各样的问题,例如清除效率低、影响产品的品质、带来二次污染、不适用于食品等。甲醛清除剂的研究多集中在空气、木板、皮革等工业产品中,而适用于食品中的甲醛清除剂种类较少。目前开发出适用于食品行业绿色高效的新型甲醛清除剂成为研究热点。

一种良好实用的甲醛清除剂应具备以下条件:① 高效且低耗;② 不影响产品的主要性能;③ 清除剂与甲醛反应后有较好的稳定性,不容易分解,有良好的水溶性;④ 添加清除剂后不影响食品原有营养的成分等。

目前甲醛清除剂的种类大致可分为强氧化剂类(二氧化锰、亚硫酸氢钠、过氧化氢等)、天然提取成分类(芦荟、菊花、单宁、长春藤、淀粉、万年青等提取物)、氨基类(含胺基类的物质)、多酚类(茶多酚、苹果多酚、苯酚、间二苯酚、壬基酚等)。强氧化性物质,其特征在于通过甲醛可被氧化成甲酸,从而减少甲醛释放量。但由于清除剂化学性质不稳定,也可能造成二次污染,即甲醛清除剂本身不适用于食用,对人体健康有危害<sup>[28]</sup>。

综上所述,天然产物类不会刺激皮肤及眼粘膜,而且易被生物降解,但目前还没有将其作为食品类的甲醛清除剂的先例。相比强氧化剂类、天然提取成分类甲醛清除剂,氨基类和多酚类作为甲醛清除剂不仅研究较多,并且在清除效果方面明显优于前两种,且与甲醛反应后不易产生有毒有害物质,多酚类作为甲醛清除剂具有良好的前景。

#### 4.1 氨基类甲醛清除剂

氨很容易与甲醛反应,形成稳定的化合物,产生一种无害的物质,可以有效消除甲醛氨的衍生物。羟基化合物也很容易与甲醛发生反应,形成稳定的化合物,产生一种无害的物质,可以有效地消除甲醛<sup>[29]</sup>。在室温条件下,甲醛与氨基酸(RCHNH<sub>2</sub>COOH)中的氨基(NH<sub>2</sub>)结合,形成羟甲基衍生物<sup>[30]</sup>,从而减少食品中甲醛的含量。甲醛与氨基类反应的程度与氨基的含量有关,氨基含量越多,对反应越有利<sup>[31]</sup>。氨基酸既含有氨基,又含有羧基,属于小分子物质,自身结构决定其易与甲醛发生反应,由于溶液中的氨基酸分子数量有限,这使其反应一段时间后,与甲醛的反应达到平衡状态,即甲醛去除率达到最大值。

Wang W等<sup>[32]</sup>研究了9种氨基酸对甲醛的清除效果,通过试验筛选出精氨酸、赖氨酸、半胱氨酸盐酸盐、组氨酸对甲醛清除率比较高,对4种氨基酸在不同温度和时间下的清除能力进行了研究。结果表明,半胱氨酸盐酸盐对甲醛清除具有较好效果,受温度影响较少,其次是精氨酸、赖氨酸、组氨酸,在高温条件下反应活性较高。

仪淑敏等<sup>[33]</sup>对明胶与甲醛清除条件进行试验,通过响应面分析,确定了明胶去除甲醛的最佳条件:时间为10 h,温度为30℃,pH值为8,明胶浓度为1%,甲醛去除率为81%其中温度对反应影响最大,其次是pH、明胶浓度,时间最小。与Wu D X等<sup>[34]</sup>证明了食用明胶酶解物能对甲醛产生清除

作用。上述试验皆证明明胶清除甲醛效果显著,该方法对食品中的甲醛清除有良好的应用前景。但是在添加过程中应合理控制食品存放环境的温度和时间,防止食品变质,影响到产品的其他品质。任龙芳等<sup>[35]</sup>采用乙酰丙酮分光光度法,对明胶、骨胶和氨基酸消除甲醛的效果进行分析。结果表明:明胶、骨胶和氨基酸与甲醛反应很迅速,反应 5 min 后,甲醛去除率基本趋于稳定;明胶对甲醛的清除效果相对骨胶和氨基酸较好,消除率可达到 50%。据报道<sup>[36-37]</sup>,香菇通过甲醛熏蒸灭菌过程未能除掉残留的甲醛以及在香菇酶的作用下自身产生等都可以导致甲醛含量超标。陈晓麟等<sup>[38]</sup>向香菇中添加 0.1 mg/mL 的半胱氨酸溶液,处理后香菇中甲醛含量降低 38.27%,并且经过处理后鲜香菇冷藏保存期间减缓了 30.97% 甲醛生成速率,降低 42.86% 褐变度,保质期从 4 d 延长至 7 d。半胱氨酸间接地阻止了黑色素的生成,达到抑制褐变的效果。半胱氨酸在实际生产应用中具有保鲜作用。将半胱氨酸作为保鲜剂添加在香菇中,发现不仅可以延长保鲜期,还可以抑制甲醛的产生。

Li G 等<sup>[39]</sup>也证明了 L-半胱氨酸预处理能够对甲醛的控制产生影响,并且阻止了在干燥和罐装过程中香菇的褐变。基于上述基础,张锋等<sup>[40]</sup>研究了鲜香菇中添加不同保鲜剂对甲醛的影响,试验中用 6 种常见的香菇可食保鲜剂(食盐、植酸、溶菌酶、柠檬酸、抗坏血酸、半胱氨酸)处理香菇,测定了在保鲜过程中甲醛含量,试验表明半胱氨酸对甲醛的抑制率最高,可达 67%,也证明了在保鲜的同时对香菇中的甲醛起到抑制作用。Zhai J X 等<sup>[41]</sup>发现 N-乙酰半胱氨酸通过增加细胞内谷胱甘肽含量而降低细胞氧化应激损伤,对保护甲醛引起的神经行为改变,提高记忆力。

通过对以上几种氨基酸对甲醛清除的研究,可以看出其具有消率高、能耗低、水溶性好、成本低,操作简单和无毒等优点。氨基酸的多重效果研究为复合型甲醛清除剂的研究提供了理论实际应用依据,对后续新型甲醛清除剂的研发有指导作用,值得推广,但也存在一些潜在的问题例如产生氨气带来二次污染等需要进一步研究解决。

#### 4.2 多酚类甲醛清除剂

国外学者<sup>[42-45]</sup>研究发现甲醛能与茶多酚在 C-6 和 C-8 位结构上发生反应。励建荣等<sup>[46]</sup>研究了茶多酚对甲醛的反应条件,在强酸及碱性条件下具有高反应活性;茶多酚与甲醛的反应活性随温度、时间的变化而变化。儿茶素类化合物 A 环含有间苯三酚型结构,使得其与甲醛反应活性较强,而 B 环上羟基的数目不影响其反应效率。儿茶素类单体(见图 1)没食子酰基上的存在使得其与甲醛反应活性相对较高。蒋圆圆等<sup>[47]</sup>研究探讨了苹果多酚作为甲醛清除剂的可能性,结果表明甲醛的去除受 pH、温度、时间及苹果多酚浓度的影响。Liu P 等<sup>[48]</sup>对茶多酚与鲑鱼中甲醛反应的最佳去除条件进行了研究,pH 为 9 时,加入适量茶多酚,100 °C 水浴加热 60 min,甲醛的去除率可达 85%~88%;熊志勇等<sup>[49]</sup>通过正交试验,研究了茶多酚在不同作用条件(时间、温度、pH 和茶多酚用量)下,茶多酚对海鲜干货中甲醛去除

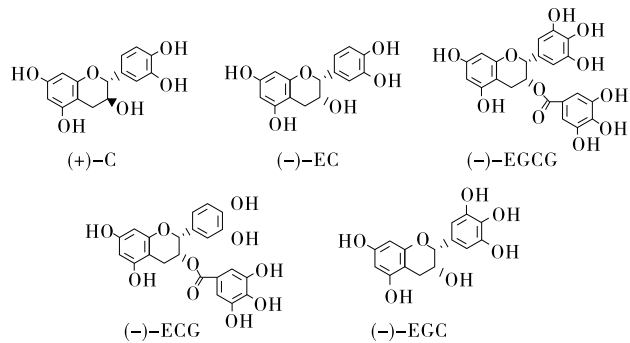


图 1 儿茶素的单体结构

Figure 1 Structures of green tea catechins

效果,通过试验优化,甲醛去除率可达 85%。以上研究一方面对茶多酚清除甲醛的能力进行了肯定,另一方面在清除甲醛的基础上对其进行条件的优化,为达到高效的清除效果提供了理论依据,为后续相关试验的进行提供了理论支撑。

段丽菊等<sup>[50]</sup>研究了甲醛染毒对小鼠的脑、心和肝组织蛋白质氧化损伤程度影响,结果显示,在低浓度的甲醛环境下并没有引起小鼠的蛋白质氧化损伤。伴随甲醛浓度的升高,甲醛含量在中等浓度下对小鼠心和肝的蛋白质氧化损伤的敏感程度不同,其敏感程度为肝>心>脑。在研究茶多酚对甲醛的清除效率的过程中,Zou Y F 等<sup>[51]</sup>研究证明了茶多酚可拮抗甲醛对内皮细胞的损伤,减少甲醛对内皮细胞的损伤;Li Z M 等<sup>[52]</sup>研究结果显示茶多酚使得内皮细胞抗氧化酶活性提升,减轻了甲醛所致的氧化损伤,对人脐静脉内皮细胞的损伤有防护作用。Fan D M 等<sup>[53]</sup>通过试验发现茶多酚水溶液能间接改善局部受损肺组织形态,说明茶多酚对甲醛染毒大鼠肺损伤具有保护作用;Yuan P 等<sup>[54]</sup>验证了茶多酚能够减少甲醛导致人内皮细胞的氧化损伤。通过一系列细胞保护等的研究,证明茶多酚对甲醛去除不仅具有高效、安全可靠的特点,而且在人体机能方面也能够起到保护作用,减少甲醛带来的氧化损伤。日常生活中食品的处理过程可采用茶多酚进行甲醛的清除,条件简单易于处理,适用于在生活中普及。

Miao L L 等<sup>[55]</sup>设计优化了鲑鱼复合型甲醛清除剂,研究选取茶多酚、氯化钙和氯化镁 3 种作为降低高温甲醛生成的清除剂,通过优化试验设计确定茶多酚 0.026%、氯化钙 0.642 mmol/L、氯化镁 0.332 mmol/L 为最佳配方比例。证明在弱酸性条件下复合抑制剂能够降低鲑鱼中的甲醛含量,随着 pH 增加(pH>4)茶多酚与甲醛的反应活性提高。建立了预测模型,并通过方差分析确定了模型的意义,证明了该方法的可靠性和准确性。但较高浓度茶多酚应用对鲑鱼制品的色泽有较大影响,仍需要继续优化复配比例。

董靓靓<sup>[56]</sup>考察了茶多酚和柠檬酸对秘鲁鲑鱼高温甲醛的消除效果:① 柠檬酸的存在有利于甲醛的消除;② 添加 0.05% 茶多酚+0.1% 有机酸和 0.05% 茶多酚+0.1% Ca<sup>2+</sup> 的甲醛含量明显低于添加 0.05% 茶多酚的,证明有机酸和 Ca<sup>2+</sup> 能与茶多酚起到协同作用。复合抑制剂处理的样品与对照组相比,可以防止鲑鱼丝贮藏过程中水分的流失、降低

了蛋白质和脂肪氧化,并且抑制甲醛、二甲胺的生成和氧化三甲胺的分解。复合型抑制剂共同作用抑制甲醛产生的同时达到抑制微生物活动作用,显著地抑制了TBA和TVB-N的增长,起到多重高效的作用。该研究基于混料试验设计原理,分析复合型甲醛清除剂的作用条件,可用于鱿鱼制品加工过程中甲醛的控制,为获得一种高效、低廉的复合甲醛清除剂奠定了良好基础。

通过以上对氨基类和多酚类甲醛清除剂的研究分析比较,可明显看出茶多酚作为甲醛清除剂不仅效果明显(优于氨基类),还有保鲜作用,并且对细胞的损伤具有保护作用,多重效果更能体现出茶多酚安全实用的价值;此外,复配型成分的甲醛清除剂去除甲醛的效果要优于单一成分的,后续可在此研究基础上考虑其他更具有实际应用效果的试剂,通过优化试验研究新配比作为新型的清除剂。

## 5 结语与展望

甲醛清除剂种类多样,目前的产品在木材、空气、皮革领域应用较多,但针对食品的甲醛清除剂的研究还处于起步阶段。现有部分甲醛清除剂的清除效果及安全性得不到保障,单一成分的甲醛清除剂效果不佳。对食品甲醛清除剂的发展和研究偏向于甲醛消除率高,无二次污染,对产品风味无影响,同时还具有改性等功能。复配型甲醛清除剂的研发对于食品行业的发展具有实际应用价值,新型甲醛清除剂的开发一方面提高甲醛清除效率减少甲醛带来的危害,另一方面也可改善食品其他品质。茶多酚作为保鲜剂的研究比较广泛,以茶多酚为主体设计一种减少鱼体腐败率达到保鲜的同时减少食品自身甲醛产生的复配型甲醛清除剂,可作为一项新型甲醛清除剂的研究方向。

### 参考文献

- [1] AMINAH A S, ZAILINA H, FATIMAH A B. Health risk assessment of adults consuming commercial fish contaminated with formaldehyde [J]. *Food & Public Health*, 2013, 3(1): 52-58.
- [2] 励建荣, 朱军莉. 秘鲁鱿鱼丝加工过程甲醛产生控制的研究[J]. *中国食品学报*, 2006, 6(1): 200-203.
- [3] TANG Xiao-jiang, YANG Bai, ANH Duong, et al. Formaldehyde in China: production, consumption, exposure levels, and health effects [J]. *Environment International*, 2009, 35(8): 1 210-1 224.
- [4] NODA T, TAKAHASHI A, KONDO N, et al. Repair pathways independent of the Fanconi anemia nuclear core complex play a predominant role in mitigating formaldehyde-induced DNA damage [J]. *Biochemical & Biophysical Research Communications*, 2011, 404(1): 206-210.
- [5] HE Rong-qiao, TONG Zhi-qian, ZHANG Jin-ling, et al. Endogenous formaldehyde is related to sporadic alzheimer's disease [J]. *Biophysical Journal*, 2009, 96(3): 89a.
- [6] 励建荣, 孙群. 水产品中甲醛产生机理及检测方法研究进展(连载一)[J]. *中国水产*, 2005(8): 65-66.
- [7] 黄和, 田金玲. 国内外水产品中甲醛含量分析的研究进展[J]. *中国食物与营养*, 2009(2): 17-20.
- [8] 李俊, 王辉, 陈中爱, 等. 果蔬中残留甲醛消解动态及其甲醛本底值的研究[J]. *现代食品科技*, 2016, 32(12): 1-8.
- [9] 韩冬娇, 李敬, 刘红英. 水产品中内源性甲醛的研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015, 6(10): 3 953-3 958.
- [10] 夏苗. 香菇内源性甲醛含量的消长规律及采后调控研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2012: 2-8.
- [11] 李贵节, 陈晓麟, 张腾辉. 香菇内源性甲醛研究进展[J]. *重庆第二师范学院学报*, 2013, 26(3): 13-15, 23, 174.
- [12] 魏建华, 肖德雄, 黄俊生, 等. 南海地区常见水产品甲醛本底值调查及含量分析[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(4): 154-157.
- [13] 马永均, 安利华, 郑万源, 等. 中国常见水果甲醛本底值调查及含量分析[J]. *食品科技*, 2007, 32(3): 221-224.
- [14] 覃梅, 杨剑. 水产品中甲醛含量的检测研究[J]. *化学工程与装备*, 2013(4): 166-169.
- [15] 黄和, 田金玲. 国内外水产品中甲醛含量分析的研究进展[J]. *中国食物与营养*, 2009(2): 17-20.
- [16] 周群慧, 彭琨, 王洋. 食品中甲醛测定新进展及各种方法的比较[J]. *食品科技*, 2004(10): 75-79.
- [17] 李建忠, 钟平华. 从红薯粉丝中检出甲醛合次硫酸氢钠的调查报告[J]. *中国食品卫生杂志*, 2001, 13(6): 39-40.
- [18] 邢增涛, 赵晓燕, 谭琦, 等. 2012年食用菌“平菇甲醛”事件浅析[J]. *菌物研究*, 2012, 10(3): 210-212.
- [19] 陈旭. 甲醛血旺中毒事件[J]. *农产品市场周刊*, 2010(7): 26-27.
- [20] DUAN Hong-yun, QIU Teng, GUO Long-hai, et al. The microcapsule-type formaldehyde scavenger: the preparation and the application in urea-formaldehyde adhesives [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2015, 293: 46-53.
- [21] 杨新革, 王计嵘, 付振林. 甲醛捕捉剂效率的研究[J]. *临沂大学学报*, 2014(6): 51-53.
- [22] 刘文栋. 甲醛清除剂的制备及除醛效果研究[J]. *化学工程与装备*, 2010(6): 65-66.
- [23] 孙佳民. 食品中的甲醛及其预防措施[J]. *农业工程*, 2013, 3(6): 102-105.
- [24] 杨帆, 秦丽, 赵树凯, 等. 甲醛清除剂类产品及行业发展概况[J]. *绿色科技*, 2013(1): 75-76.
- [25] 赵树凯, 李杰, 刘欣. 甲醛清除剂类产品标准亟待出台[J]. *产品可靠性报告*, 2008(11): 69-69.
- [26] 朴正爱, 朱英彩, 李湘泰, 等. 甲醛清除剂在病理科的应用[J]. *诊断病理学杂志*, 2003, 10(1): 62-62.
- [27] 张换换, 刘浪浪, 刘军海. 甲醛捕捉剂的研究热点和发展方向[J]. *中国环保产业*, 2010(1): 51-54.
- [28] 刘军海, 杨海涛, 刁宇清, 等. 甲醛捕获剂捕获性能的研究[J]. *林业科技*, 2008, 33(4): 49-53.
- [29] GAO Wei, LUO Jian-ju. The application of formaldehyde scavenger in surface coating of plywood [J]. *China Forestry Science & Technology*, 2013, 2 701: 89-93.
- [30] 郑希. 基于氨基酸的甲醛吸附净化材料制备及净化效果研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2010: 16-18.
- [31] 任龙芳. 基于废弃皮胶原改性的甲醛捕获剂的制备及其捕获行为的研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2009: 6-12.
- [32] WANG Wei, YANG Li-ping, YI Shu-min, et al. Study on formaldehyde capture ability of nine amino acids [J]. *Amino*

- Acids & Biotic Resources, 2015, 3 702: 10-13.
- [33] 仪淑敏, 杨立平, 李学鹏, 等. 明胶对甲醛捕获条件的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22): 227-230, 235.
- [34] WU Dong-xiao. The hydrolysis of edible gelatine and formaldehyde-removal activity of its hydrolysate [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2013, 27(5): 658-662.
- [35] 任龙芳, 王学川. 蛋白类甲醛捕获剂除醛效果的对比研究[J]. 皮革科学与工程, 2010, 20(4): 15-17.
- [36] 刁恩杰. 香菇中甲醛影响因素及在加工中控制措施研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2005: 1-7.
- [37] LI Jian-rong, SONG Jun, HUANG Ju, et al. Study on key enzymes of endogenous formaldehyde metabolism and its content in shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*) [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13 (8): 213-218.
- [38] 陈晓麟, 李贵节, 张迪, 等. 半胱氨酸对香菇甲醛含量和感官品质的影响[J]. 食品科技, 2013(7): 144-147.
- [39] LI Gui-jie, WANG Qiang, SUN Peng, et al. Effect of *L*-cysteine pretreatment on the control of formaldehyde and browning of the culinary-medicinal shiitake mushroom, *lentinus edodes* (higher basidiomycetes) during drying and canning processes [J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2015, 17(4): 385-395.
- [40] 张锋, 金杰, 刘春芬, 等. 不同保鲜剂对鲜香菇中甲醛的影响研究[J]. 食用菌, 2013(5): 59-61.
- [41] ZHAI Jin-xia, FENG Ya-juan, DING Shu-shu. Effects of vitamin E and *N*-acetyl-cysteine on learning and memory ability impairment induced by formaldehyde in mice [J]. China Occupational Medicine, 2008, 3 506: 471-474.
- [42] HILLIS W E, URBACH G. The reaction of (+)-catechin with formaldehyde [J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 1959, 9(9): 474-482.
- [43] FECHTAL M, RIEDL B, CALVÉ L. Modeling of tannins as adhesives(I): Condensation of the (+)-catechin with formaldehyde [J]. *Holzforschung*, 1993, 47(5): 419-424.
- [44] SAITO N, REILLY M, YAZAKI Y. Chemical structures of (+)-catechin-formaldehyde reaction products (stiasny precipitates) under strong acid conditions: Part 1. Solid-state <sup>13</sup>C-NMR analysis [J]. *Holzforschung*, 2001, 55(2): 205-213.
- [45] TAKAGAKI A, FUKAI K, NANJO F, et al. Reactivity of green tea catechins with formaldehyde [J]. *Journal of Wood Science*, 2000, 46(4): 334-338.
- [46] LI Jian-rong. Studies on the reactivity of tea polyphenol with formaldehyde [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science & Technology*, 2008, 802: 52-57.
- [47] 蒋圆圆, 李学鹏, 邹朝阳, 等. 苹果多酚与甲醛的反应特性及在鱿鱼丝加工中的应用效果研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35 (6): 90-93.
- [48] LIU Ping, SUN Lai-di, LI Chun-yu, et al. Experimental study on removal of formaldehyde in squid by tea polyphenols [J]. *Journal of Qingdao University*, 2012, 2 704: 84-87.
- [49] 熊志勇, 陈惠君, 蔡阳伦, 等. 茶多酚去除海鲜干货中甲醛效果研究[J]. 食品科技, 2015(10): 190-193.
- [50] 段丽菊, 朱燕, 胡青莲, 等. 甲醛吸入致小鼠蛋白质氧化损伤作用的研究[J]. 环境科学学报, 2005, 25(6): 851-854.
- [51] ZOU Yun-fei, RANG Wei-qing, LI Dong-yang. Protective effect of green tea polyphenols on damages of huvec-12 induced by formaldehyde and its mechanism [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2008, 35(13): 2 537-2 539.
- [52] LI Zi-min, ZOU Yun-fei, ZOU Xue-min. Effect of tea polyphenols on formaldehyde-induced damage of human umbilical vein endothelial cells [J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2011, 27(4): 410-411.
- [53] FAN Dong-mei, XIE Hua, SU Kai-xin. The protective effects of tea polyphenols on damaged lung tissue in formaldehyde-harmed rat [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2010, 37(2): 330-332.
- [54] YUAN Ping, ZOU Xue-min, YU Ming-dong. Protective effect of tea polyphenols on oxidative damaged endothelial cells induced by formaldehyde [J]. *Journal of University of South China*, 2010, 38(6): 746-749.
- [55] MIAO Lin-lin, ZHU Jun-li, LI Jian-rong. Optimization of compound inhibitors of formaldehyde in the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) based on mixture design [J]. *Science & Technology of Food Industry*, 2012, 33(8): 348-351.
- [56] 董靓靓. 茶多酚和柠檬酸对秘鲁鱿鱼高温甲醛的抑制作用及其在鱿鱼丝中的应用[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2012: 26-34.

## 信息窗

### 韩国允许果酒添加糖精钠

2月7日,韩国政府公布了《酒税法实施令》部分修订案,允许果酒在发酵过程中使用糖精钠。

另外,放宽酒精制造业、批发业的设施标准,酒精制造商每个制造厂应具备的设施标准中发酵酒的总容量由550桶以上放宽至275桶以上,工业酒精以外的酒精批发商其各类酒精应具备1个以上的储存池的容量标准由500桶以上放宽至330桶以上,罐车合计容量标准由

500桶以上放宽至330桶以上。

与此同时,酒类销售商向所管辖税务局长申请酒类销售许可时,申请书应记载事项中删除预销售酒类的种类与销售方法。

该修订案自公布之日起实施,果酒添加材料相关事项从制造厂出库或进口申报的果酒开始适用。

(来源:www.foodmate.net)