

第一章 食品添加剂概述

第一节 现代食品工业的重要支柱 ——食品添加剂

民以食为天，食品在人们的生活中占有很重要的地位。在解决温饱的基础上，人们对食品的质量越来越重视。随着生活节奏的加快以及消费观念和消费方式的改变，人们除迫切要求从繁重的家务劳动中解放出来之外，还要求食品方便化、多样化、营养化、风味化。这些都要依赖于食品工业的发展和进步。

食品添加剂 (food additives) 是现代食品工业的重要支柱。虽然它在食品中常仅添加 0.01%~0.1% 但对改善食品的色、香、味 调整食品营养结构 提高食品质量档次 改善食品加工条件，延长食品保存期，以及食品资源的综合利用等，有着极其重要的作用。从某种意义上讲，没有现代化的食品添加剂，就没有现代化的食品工业。

例如 面包和糕点的生产 单用面粉、盐和食糖 纵然有巧夺天工的手艺，也做不出松软可口的产品，只有使用专用的 (复配添加剂 含有酶、乳化剂、膨松剂等 面粉 才能生产出合格的产品 在方便面生产上 采用增稠剂、品质改良剂、抗氧化剂、鲜味剂等添加剂，生产流水线就能源源不断地生产出一般传统挂面不可比拟的美味产品；饮料生产上，则采用食品色

素、甜味剂、香料、酸味剂等添加剂 就能使人们在炎热的夏天喝上清凉可口的饮料。

但是，目前我国食品工业总产值与农业总产值比值仍大大低于工业发达国家，初级加工食品比重大，附加值低。烟酒等嗜好品仍占 1/4 以上，而进入人们一日三餐中的深加工食品所占比重则不到 10%。因此，如何合理利用可食资源，开发新型加工食品，保证食品质量，改善城乡居民食物结构等是我国食品工业的发展方向。要完成这一艰巨任务，离不开食品添加剂的利用和发展。

在人们的日常生活中，每天要摄入几十种食品添加剂，食品添加剂的作用很多，应用也越来越广泛，需要量和品种都逐年增加(表 1-1)。

表 1-1 食品添加剂应用举例

食 品	食品添加剂	举 例
主 食	小麦粉改良剂 抗氧化剂 膨松剂	过氧化苯甲酰,二丁基羟基甲苯(BHT) 丁基羟基茴香醚(BHA) $\text{NaHCO}_3, \text{NH}_4\text{HCO}_3$
饮 料	合成或天然色素 防腐剂	苯甲酸钠,山梨酸盐
豆 腐	凝固剂 消泡剂	$\text{CaCl}_2, \text{CaSO}_4, \text{MgCl}_2$, 葡萄糖酸- δ -内酯 硅酮树脂
火腿肠	发色剂 发色助剂 增味剂 防腐剂	硝酸钠,亚硝酸钠 抗坏血酸钠,烟酰胺 谷氨酸钠,核酸类调味料 山梨酸及其盐
酱 油	调味料 色素 防腐剂	氨基酸 焦糖色素 苯甲酸及其盐

续 表

食 品	食品添加剂	举 例
方便面	抗氧化剂 糊料	BHT, BHA 聚丙烯酸钠, 酪蛋白钠
冰淇淋	乳化剂 稳定剂 香精 甜味剂	脂肪酸甘油酯 明胶, CMC, 海藻酸钠 蔗糖, 糖醇

第二节 食品添加剂的定义、品种 与分类及质量指标

一、食品添加剂的定义

1995年10月30日第八届全国人民代表大会常务委员会第十六次会议通过的《中华人民共和国食品卫生法》中定义食品添加剂是“为改善食品品质和色、香、味以及为防腐和加工工艺的需要而加入食品中的化学合成或者天然物质。”由此也可看出食品营养强化剂也属于食品添加剂。食品卫生法明确规定营养强化剂是指“为增强营养成分而加入食品中的天然的或者人工合成的属于天然营养素范围的食品添加剂。”

食品卫生法对食品的定义为：各种供人食用或饮用的成品和原料以及按照传统既是食品又是药品的物品，但是不包括以治疗为目的的物品。

由于各自理解的不同，各国对食品添加剂的定义也可以不同。日本规定，食品添加剂系指在食品制造过程，即食品加

工中，为了保存的目的加入食品，使之混合、浸润及其他目的所使用的物质。

美国规定 食品添加剂是“由于生产、加工、贮存或包装而存在于食品中的物质或物质的混合物，而不是基本的食品成分。”联合国粮农组织 FAO 和世界卫生组织 WHO 联合组成的食品法规委员会 (CAC) 1983 年规定：“食品添加剂是指本身不作为食品消费，也不是食品特有成分的任何物质，而不管其有无营养价值。它们在食品生产、加工、调制、处理、充填、包装、运输、贮存等过程中，由于技术包括感官的目的，有意加入食品中或者预期这些物质或其副产物会成为（直接或间接）食品的一部分，或者改善食品的性质。它不包括污染物或为保持、提高食品营养价值而加入食品中的物质。”此定义既不包括污染物，也不包括食品营养强化剂。

中国、日本、美国规定的食品添加剂 则均包括食品营养强化剂。

二、食品添加剂的品种与分类

1. 品种

由于食品添加剂在现代食品工业中所起的作用愈来愈重要，各国许可使用的食品添加剂的品种越来越多。如今，美国已有 25 000 种以上的不同添加剂应用于 20 000 种以上的食品之中。日本使用的食品添加剂约 1 100 种。欧洲联盟使用 1 000~1 500 种食品添加剂。

我国许可使用的食品添加剂随着时代的进步品种不断增加(表 1-2)。目前许可使用的品种已达 1 513 种，其中包括食品香料 1 027 种。

表 1-2 我国不同时期许可使用的食品添加剂品种

年份	20 世纪 70 年代	1981	1986	1991	2002
品种	几十种	213	621	1 044	1 513

2. 分类

食品添加剂的分类可按其来源、功能和安全性来划分。

(1) 来源

食品添加剂可分为天然食品添加剂（如动植物的提取物、微生物的代谢产物等）和人工化学合成品。人工化学合成品又可细分为一般化学合成品和人工合成天然同等物（如天然同等香料、色素等）。

(2) 功能

FAO/WHO将食品添加剂按不同功能分为 40类，欧洲联盟仅分为 9类，日本亦分为 9类，我国 1990年颁布的“食品添加剂分类和代码”按其 主要功能作用的不同分为 20类，另有其他。至于香料因品种太多而单独另列（表 1-3）。

表 1-3 我国食品添加剂按功能分类

分类	食品添加剂种类	分类	食品添加剂种类
01	酸度调节剂	09	护色剂
02	抗结剂	10	乳化剂
03	消泡剂	11	酶制剂
04	抗氧化剂	12	增味剂
05	漂白剂	13	面粉处理剂
06	膨松剂	14	被膜剂
07	胶姆糖基础剂	15	水分保持剂
08	着色剂	16	营养强化剂

续 表

分类	食品添加剂种类	分类	食品添加剂种类
17	防腐剂	20	增稠剂
18	稳定和凝固剂	00	其他
19	甜味剂	N/I/A	食品香料

(3) 安全评价

CCFA (联合国食品添加剂法规委员会) 曾在 JECFA (FAO/WHO 联合食品添加剂专家委员会) 讨论的基础上将食品添加剂分为 A、B、C 3 类 每类再细分为 ①、② 2 类。

A 类 :JECFA ① 已制定人体每日容许摄入量 (ADI);
② 暂定 ADI 者。

B 类 JECFA ① 曾进行过安全评价 但未建立 ADI 值 ;
② 未进行过安全评价者。

C 类 :JECFA ① 认为在食品中使用不安全 ;
② 应该严格限制作为某些特殊用途者。

三、质量指标

质量指标是各种食品添加剂能否使用和能否保证消费者安全及健康的关键, 而编制各种食品添加剂的质量指标则是成立各种法定组织的主要目的。如联合国的“食品添加剂法规委员会 (CCFA)”和联合国的“FAO/WHO 食品添加剂专家委员会 (JECFA)”对所制定的标准通过《FAO/WHO 食品与营养报道 FNP》不断进行报道并汇总 至 1993 年共编有标准 565 种, 另在各食品添加剂标准右上角用“CXAS/××××”字样标明该添加剂由 CAC 批准的年份。美国则由食品和药物管理局 FDA 制定法规 然后通过《食品化学

品法典 FCC)》予以公布 至 1993 年共编制公布标准 924 种。我国则由“中国食品添加剂标准化技术委员会”审定，相应地由各部委批准后再报国家标准局编制国家标准的编号 (GB)。

在质量指标中一般分为三个方面 外观、含量和纯度 有的还包括微生物指标和黄曲霉毒素等毒物指标。

第三节 食品添加剂发展史

食品添加剂这一名词虽始于西方工业革命，但它的直接应用可追溯到 1 万年以前。中国在远古时代就有在食品中使用天然色素的记载 如《神农本草》、《本草图经》中即有用栀子染色的记载；在周朝时即已开始使用肉桂增香；北魏时期的《食经》、《齐民要术》中亦有用盐卤、石膏凝固豆浆等的记载。

食品添加剂一词尽管提出不久，但人们实际使用食品添加剂的历史久远。中国传统点制豆腐所使用的凝固剂盐卤，在公元 25~220 年的东汉时期就有应用 并一直流传至今 作为制品防腐和护色用的亚硝酸盐，大约在 800 年前的南宋时期就用于腊肉生产，并于公元 13 世纪传入欧洲。

一、食品添加剂发展的动因

由于工业革命对食品 and 食品工业带来的巨大变化，导致人们提高了对食品的品种和质量的要求。科学技术的发展，大大促进了人们为追求更好地保藏食品和改善食品色、香、味等所进行的有关食品添加剂的知识和技术的应用。

化学工业特别是合成化学工业的发展，更使食品添加剂进入一个新的加速发展阶段。许多人工合成的化学品，如着色剂等相继大量应用于食品加工。

但人们很快意识到人工化学合成的食品添加剂可能会给人类健康带来危害，再加上毒理学和化学分析等科学技术的发展，到本世纪初相继发现不少食品添加剂对人体有害。国际上于 1955 年和 1962 年先后组织成立了“FAO/WHO 食品添加剂联合专家委员会（JECFA）”和“食品添加剂法规委员会（CCFA）”[后者 1988 年改名为食品添加剂和污染物法规委员会（CCFAC）]集中研究食品添加剂的有关问题，其中突出的是食品添加剂的安全性问题，并向各有关国家和组织提出推荐意见，从而使食品添加剂逐步走上健康发展的轨道。

二、我国食品添加剂发展历程

我国全面系统研究和管理食品添加剂虽然起步较晚，但发展速度也较快。

第一阶段：新中国建立后不久，为反对食品加工生产中使用某些添加剂，曾颁布了一些规定。如 1953 年规定清凉饮料的制造不得使用有危害的色素和香料，防腐剂只能用苯甲酸钠，用量不得超过 1 g/kg。1954 年规定糖精在清凉饮料、面包、饼干、蛋糕中的最大使用量为 0.15 g/kg。

第二阶段：1973 年成立全国食品添加剂卫生标准科研协作组，开始全面研究食品添加剂有关问题。1977 年由国家颁布《食品添加剂使用卫生标准》及《食品添加剂卫生管理办法》开始对其进行全面管理。

第三阶段：1980 年组织成立“全国食品添加剂标准技术委员会”将我国食品添加剂的标准化和国际化等推向更快发展的阶段。此后，由于我国食品添加剂工业的迅速发展，在 1993 年相继成立了“中国食品科学技术学会食品添加剂分

会”和“中国食品添加剂生产、应用工业协会”从而真正把我国食品添加剂事业推向世界，走上了与世界各国共同发展的道路。

今天，食品添加剂已成为多学科交叉发展的一门新的学科，并成为现代食品工业发展必不可少的基础工业之一。

第四节 食品添加剂的利弊

一、食品添加剂的有益作用

食品添加剂大大促进了食品工业的发展，并被誉为现代食品工业的灵魂或支柱，这主要是它给食品工业带来许多好处，其主要作用大致如下。

1. 有利于食品的保藏，防止食品败坏变质

除少数物品如食盐等之外，食品几乎全都来自动、植物。各种生鲜食品，在植物采收或动物屠宰后，若不及时加工或有效保存，往往会败坏变质。防腐剂可防止由微生物引起的食品变质，延长食品的保存期；抗氧化剂可阻止或推迟食品的氧化变质，提高食品的稳定性和耐藏性。

2. 改善食品的感官性状

食品的色、香、味、形态和质地等是衡量食品感官质量的重要指标。食品加工后会出现褪色、变色、风味和质地的改变。适当使用着色剂、护色剂、漂白剂、香料、乳化剂和增稠剂可明显提高食品的感官质量，满足消费者的不同需要。

3. 保持或提高食品的营养价值

食品应富有营养，但食品加工不可避免地造成一定的营养素损失。食品加工时适当地添加某些属于天然营养素范围的食物营养强化剂，可大大提高食品的营养价值，这对于防止营养不良和营养缺乏，促进营养平衡，提高人们健康水平具有重要意义。

4. 增加食品的品种和方便性

今天，不少超级市场已拥有多达 2 万种以上的食品供消费者选择。尽管这些食品的生产采用了不同的加工方法和包装形式，但它们大多是具有防腐、抗氧、乳化、增稠、着色、增香、调味等不同功能食品添加剂配合使用的结果。正是这些众多的食品，尤其是方便食品的供应，给人们的生活和工作以很大方便。

5. 有利食品加工操作，适应生产的机械化和自动化

在食品加工中使用消泡剂、助滤剂、稳定和凝固剂等有利于食品加工操作。例如，当使用葡萄糖酸- δ -内酯作为豆腐凝固剂时，有利于豆腐生产的机械化和自动化。

6. 满足其他特殊需要

食品应尽可能满足人们的不同需求。例如，糖尿病人不能吃糖，则可用无营养甜味剂或低热能甜味剂，如木糖醇或天门冬酰苯丙氨酸甲酯制成无糖食品。对于缺碘地区，供给碘强化食盐，可防止当地居民的缺碘性甲状腺肿。

二、食品添加剂的危害问题

食品添加剂除上述有益作用外，也有一定的危害性，特别是有些品种本身尚有一定毒性。尽管早期人们没有足够的科学证据表明使用某些食品添加剂是否安全，今天除偶发事件外，几乎不再有引起急性或直接毒性作用的食品添加剂的应用，但是，人们仍一直关注食品添加剂可能给人们带来的各种危害。

食品添加剂本身的危害

20世纪50~60年代发现不少食用合成色素具有致癌、致畸作用。亚硝酸盐可与胺类物质生成强致癌物亚硝胺，据报告亚硝酸盐在饮水中按50~100 mg/kg体重剂量喂养动物，160~200 d后全部动物致癌。

2. 掺杂作假

尽管掺杂作假并非都是由食品添加剂所引起。然而，某些食品制造者为达到欺骗顾客、推销产品、谋取经济利益的目的，采取如用色素对质量低劣或腐败的食品着色的手段，以次充好。虽然我国《食品添加剂卫生管理办法》规定“禁止以掩盖食品腐败或以掺杂掺假、伪造为目的而使用食品添加剂。”

例如，1955年日本森永乳业公司把含有砷As的磷酸氢钠作为“乳质稳定剂”加入制作奶粉的牛奶中，使12344名婴儿中毒，其中130名婴儿因脑麻痹症而死亡。原因就是这种含有砷的磷酸氢钠与食品添加剂的磷酸氢钠在外观无差异。这是个工业品滥用作食品添加剂的实例。

值得指出的是，经过JEFA、CCFAC和各国政府的努力，

一方面禁止使用那些对人体有害、对动物致癌和致畸，并有可能危害人类健康的添加剂品种；另一方面对那些有怀疑的品种，则继续进行更严格的毒理学检验以确定其是否可用、许可使用时的使用范围、最大使用量与残留量，以及建立更高标准的质量规格、分析检验方法等。

现有大多数食品添加剂已经过严格的毒理学试验和一定的安全性评价，所有新申报的食品添加剂必须经过严格的毒理学试验和一定的安全性评价才得以许可使用，因此可以认为，现已将食品添加剂的危害降到了最低水平。目前，国际上认为由食品产生的危害大多与食品添加剂无关。例如，人们通常把与食品有关的危险从高到低分为 5 类：① 食品微生物污染；② 营养不良（包括营养不足和营养过剩）；③ 环境污染；④ 食品中天然毒物的误食；⑤ 食品添加剂。

三、食品添加剂的利弊权衡

理想的食品添加剂应当是有益无害，但一概要求如此或绝对安全也不现实。事实上，即使食品也并非绝对安全。某些食物成分，如菠菜中的草酸盐，豆类中所含植物凝集素和胰蛋白酶抑制剂等都对人体有害。而营养强化剂虽为人体所需，但过量使用（如维生素 A 和维生素 D 等）可引起过剩性中毒。这就要求人们将其所带来的益处与可能的危害进行权衡，尤其是将其可能带来的危害置于可供选择的使用及与整个食品供给的总体关系中来加以考虑。上述豆类所含有害成分可通过热加工破坏，而维生素 A 和维生素 D 的过剩性中毒作用，可通过严格控制其使用范围和最大使用量而得以避免。

在食品添加剂中的确也还有少数毒性较大、对人体健康

具有较大威胁的品种，亚硝酸钠即此一例。它长期以来一直被作为肉类制品的护色剂（或称发色剂）应用。其优点是，可使肉类制品呈现美好、鲜艳的亮红色（护色作用），可抑制多种厌氧性芽孢菌，尤其是肉毒梭状芽孢杆菌，防止肉毒中毒（防腐作用），增进肉制品风味（增味作用），但其缺点是，不但本身具有较大的毒性（小鼠经口， LD_{50} 为220mg/kg体重），而且进一步发现亚硝酸盐还可以与仲胺类物质反应生成亚硝胺，后者对实验动物有很强的致癌作用。

尽管人们为寻求亚硝酸盐的代用品作了很大努力，迄今为止尚未找到亚硝酸盐的理想替代品。原因是，虽然在肉制品护色方面可以找到一定的替代品，如采用一些着色剂，但对于如何有效防止肉毒梭状芽孢杆菌的肉毒中毒仍是一大问题，而一旦发生肉毒中毒则有可能给人类带来生命危险。利弊权衡后则采取：①目前世界各国在严格控制其使用范围、使用量和残留量的前提下，仍普遍许可使用；②加入维生素C、维生素B等抗氧化剂，其作用一是阻止亚硝胺的生成，二是减低亚硝酸盐的用量。

总之，只要严格遵照国家有关规定使用食品添加剂，其安全性既可得到保证，而且还可在尽量发挥其有益作用的同时，最大限度地消除其可能给人类带来的不良影响。

第五节 食品添加剂的安全使用

使用食品添加剂最重要的原则是安全性和有效性，其中安全性更为重要。正因为如此，各国对食品添加剂的使用大都采取许可使用名单制，并通过一定的法规予以管理。我国有关食品添加剂方面的法规有：食品卫生法；食品安全

性毒理学评价程序；食品添加剂卫生管理办法；食品添加剂使用卫生标准；食品营养强化剂使用卫生标准；⑥食品添加剂生产管理办法；⑦食品工业用酶制剂卫生管理办法；⑧食品用香料与香精厂卫生规范等法规和条例。

应该指出，按照国家有关规定正确使用食品添加剂是安全的。要保证食品添加剂的安全使用，必须严格遵守国家的有关规章制度。

一、一般原则

要保证食品添加剂使用安全，必须对其进行安全性评价。这是根据国家标准、卫生要求，以及食品添加剂的生产工艺、理化性质、质量标准、使用效率、范围、加入量、毒理学评价及检验方法等作出的综合性和安全性的评价，其中最重要的是毒理学评价。通常，每种物质当以足够大的剂量进行喂饲试验时，都可产生某种有害的作用。安全性评价则应鉴定这种可能的有害作用，并利用足够的毒理学资料来确定认为该物质安全的使用剂量。

毒理学评价需要进行一定的毒理学试验。在我国，毒理学评价通常分为4个阶段的不同试验：急性毒理性试验；遗传毒理试验、传统致畸试验、短期喂养试验；③亚慢性毒性试验——90 d 喂养试验、繁殖试验、代谢试验；④慢性试验（包括致癌试验）。

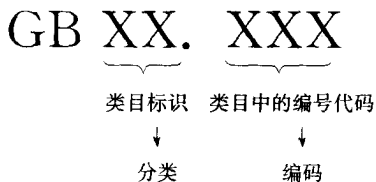
二、食品添加剂的编码

编码有利于检查和识别。一些国家和地区均建立各自的食品添加剂编码系统，并可在食品的标签上使用。

1. 中国

(1) 非香料食品添加剂

1990 年国家技术监督局颁布“食品添加剂分类和代码”，对我国许可使用的食品添加剂，均按其功能特征分类，并按其英文名称第一个字母的顺序列出。各具体食品添加剂品种则按其所属主要功能类别任意排列。该分类代码以五位数字表示。



类目标识：食品添加剂的分类，如 01 代表酸度调节剂；02 代表抗结剂。

编号代码：具体食品添加剂品种的编码，如 01.001 代表酸度调节剂中的柠檬酸；02.001 代表抗结剂中的亚铁氰化钾。

(2) 香料

采用国际上对食品香料的分类方法，即：

冠以 N——天然香料 始于 N 001

冠以 I——天然等同香料 始于 I 1001

冠以 A——人造香料 始于 A 3001

凡编号末尾有字母‘T’者为暂时允许使用品种。

2. 国外

最早采用编码系统的是欧洲联盟，1989 国际编码系统

(INS, international numbering system 被联合国食品法规委员会 CAC 采用。

三、毒理学依据

1. 半数致死量 (或称致死中量) LD_{50} (50% Lethal Dose)

使一组受试动物死亡 50% 的剂量 (单位: mg/kg 体重) 称为半数致死量。它是判断食品添加剂急性毒性的重要指标, 一般将受试物质按其对大鼠口服的急性毒性大小作如表 1-4 的划分。

表 1-4 物质毒性级别的划分

毒性级别	大鼠口服 LD_{50}	相当于人的致死剂量	
	mg/kg	mg/kg	g/人
极 毒	<1	稍 尝	0.05
剧 毒	1~50	500~4 000	0.5
中等毒	51~500	4 000~30 000	5
低 毒	501~5 000	30 000~250 000	50
实际无毒	5 001~15 000	250 000~500 000	500
无 毒	>15 000	>500 000	2 500

一般而言, 对动物毒性很低的物质, 对人的毒性往往也低。作为食品添加剂来说, 其 LD_{50} 大多属实际无毒或无毒级 仅个别品种 如亚硝酸钠属中等毒 其 LD_{50} 为 220 mg/kg 体重。

2. 每日容许摄入量 ADI (Acceptable Daily Intake)

几十年前, 人们认为急性毒试验 (毒理学试验的第一阶段) 的动物研究即已足够证明食品添加剂的安全性。今天的标准则通常要求进行长期的动物研究。

每日容许摄入量 ADI) 的定义是, 人类每日摄入某物质直至终生而不产生可检测到的、对健康产生危害的剂量, 单位为 mg/kg 体重 $\cdot \text{d}$ 。这是评价食品添加剂最重要、也是最终的标准, 它可由对小动物的长期毒性试验所得无作用量 (NOEL, no-observable-effect-level) 除以适当的安全系数 (一般为 100) 求得。

例如 JECFA 于 1993 年指出, 基于糖精在大鼠的 2 代长期喂饲研究中 每天每公斤体重的 NOEL 为 500 mg 将其除以 100 即得糖精的 ADI 为 $0\sim 5 \text{ mg}/\text{kg}$ 体重 相当于一个 60 kg 体重的成年人每天可摄入 300 mg 糖精。

又如 GB 2760—1996 规定糖精用于果汁饮料、酱菜、蜜饯、配制酒、冰淇淋、糕点、饼干和面包的最大使用量为 $0.15 \text{ g}/\text{kg}$, 则 60 kg 的成年人每天可摄入上述食品 2 kg [$= 300 \text{ mg}/150 \text{ mg} \cdot (\text{kg})^{-1}$]。

我国根据“中华人民共和国食品安全性毒理学评价程序”, 对一般食品添加剂的毒理学评价规定如下:

凡属毒理学资料比较完整、WHO 已公布 ADI 或无需规定 ADI 者, 要求进行急性毒性试验和一项致突变试验, 首选 Ames 试验或小鼠骨髓微核试验;

凡属有一个国际组织或国家批准使用, 但 WHO 未公布 ADI, 或资料不完整者, 在进行第一、二阶段毒性试验后作初步评价, 以决定是否需进行进一步的毒性试验;

对于由天然植物制取的单一组分, 高纯度的添加剂, 凡属新品种需先进行第一、二、三阶段毒性试验 凡属国外已批准使用的 则进行第一、二阶段毒性试验;

进口食品添加剂, 要求进口单位提供毒理学资料及出口国批准使用的资料 由省、直辖市、自治区一级食品卫生监