

一、粮食中有害微生物和真菌毒素

1. 粮食中的微生物及危害

附着在粮食上的微生物，我们叫它粮食微生物。微生物是一类个体微小、结构简单、用肉眼不能分辨的低等生物。目前人们已发现的微生物有数万种之多，如我们熟知的细菌、病毒、霉菌和酵母菌等，都是微生物。

储粮中的部分微生物，在一定条件下可使粮食及其制品发热霉变，由于微生物的繁殖速度快，代谢能力强，危害初期又不易被人发觉，因此微生物引起的发热霉变可导致粮食的质量严重降低，甚至导致粮食完全失去食用价值。因此，我们绝不能忽视微生物对储粮安全的危害。

2. 粮食的霉变

微生物在粮食上生长繁殖，使粮食发生一系列的生物化学变化，造成粮食品质劣变的现象称为粮食霉变。粮食霉变一般分为三个阶段，即初期变质阶段、生霉阶段、霉烂阶段。微生物是粮食霉变的前提，环境条件是粮食霉变的关键。粮食霉变的快慢，主要是与环境条件有关，在适宜微生物生长繁殖的储粮环境中，快者一至数天，即可造成粮食霉变；反之，慢者数周，甚至更长的时间方能造成粮食的霉烂。

3. 粮食霉变的常用判别方法

（1）面粉：正常面粉为白或淡黄色，略带香味。生霉后颜色变暗、有酸味或哈喇味，若面粉中有许多小粉团，用手搓也不易散开，说明面粉变质已经很严重。

（2）大米：米粒表面变暗、变黄、变绿，有霉味、臭味等，均说明大米已经霉变了。

（3）绿豆：正常的绿豆应为清绿色或黄绿色。辨别绿豆时，首

先观其色，如是褐色，说明其品质已经变了。

4. 粮食中的真菌毒素和污染来源

真菌毒素也叫霉菌毒素，它是由霉菌，如曲霉属、青霉属及镰孢属，在一定环境条件下产生的对人畜有毒害作用的物质。真菌毒素可损害机体的肝脏、肾脏、神经组织等，部分真菌毒素已被证实具有致癌、致畸、致细胞突变的作用。

粮食、油料、饲料被真菌毒素污染的来源主要有：

农作物在田间生长时被污染，如赤霉病；

在收割季节中，粮油、饲料未及时干燥，遭致霉菌的大量繁殖所污染；

有的粮食在运输途中被雨淋湿而发生变质；

在储藏过程中，由于环境的温湿度适合，加上粮食的含水量高而发生霉变，产生毒素。粮油饲料的含水量超过安全水分时，只要气温、湿度适宜，3~5天就能产生较多的毒素，7~10天产毒可达高峰。

5. 粮食中真菌毒素的限量指标和检测

目前，我国国家粮食卫生标准（GB 2715-2005）上规定了限量标准的真菌毒素有黄曲霉毒素 B₁、脱氧雪腐镰刀菌烯醇、玉米赤霉烯酮和赭曲霉毒素 A。

要想确定粮食是否带毒，带毒量有多少，能不能继续食用，则必须扦取样品，送交粮食检验部门进行化学检验。

6. 真菌毒素的种类和主要污染粮食

迄今发现已有 300 种真菌毒素，粮食及制品中的主要真菌毒素有黄曲霉毒素、赭曲霉毒素 A、脱氧雪腐镰刀菌烯醇、玉米赤霉烯酮、伏马毒素和 T-2 毒素等。

(1) 黄曲霉毒素 (Aflatoxins)

黄曲霉毒素主要有曲霉菌黄曲霉、寄生曲霉、集峰曲霉和伪溜曲霉产生，是一组化学结构类似的二呋喃香豆素的衍生化合物，目前已分离鉴定出 12 种包括：B1、B2、G1、G2、M1、M2、P1、Q、H1、GM、B2a 和毒醇，具有严重危害的主要 B1、B2、G1、G2、M1。1993 年黄曲霉毒素被世界卫生组织（WHO）的癌症研究机构（IARC）划定为 I 类致癌物，是一种毒性极强的剧毒物质。黄曲霉毒素的危害性在于对人及动物肝脏组织有破坏作用，严重时，可导致肝癌甚至死亡。在天然污染的食品中以黄曲霉毒素 B1 最为多见，其毒性和致癌性也最强。

(2) 赭曲霉毒素 A (Ochratoxin A)

赭曲霉毒素是赭色曲霉属（Ochraceors）和几种青霉属真菌产生的一种毒素，包括 A、B、C 等 7 种结构类似的化合物，其中以赭曲霉毒素 A 毒性最大。赭曲霉毒素可损害动物的肾脏及肝脏，有致畸和致癌作用，并被认为是与人类的巴尔干肾病有关。国际癌症研究机构 IARC 将其定为 2B 类致癌物。

(3) 脱氧雪腐镰刀菌烯醇 (deoxynivalenol, DON)

脱氧雪腐镰刀菌烯醇又称呕吐毒素 (vomitoxin)，主要由禾谷镰刀菌（F. graminearum）和黄色镰刀菌（F. culmorum）产生，是由镰刀菌产生的化学结构和生物活性相似的有毒代谢产物-单端孢霉烯族化合物中的一种。呕吐毒素对粮食的污染广泛存在于全球范围，主要污染小麦、大麦、玉米等谷类作物，同时也污染多种粮食制品。

呕吐毒素会导致厌食、呕吐、腹泻、发烧、站立不稳、反应迟钝等急性中毒症状，严重时损害造血系统造成死亡。

(4) 玉米赤霉烯酮 (zearalenone, ZEN)

玉米赤霉烯酮，又称 F-2 毒素，是由禾谷镰刀菌、三线镰刀菌、

尖孢镰刀菌、黄色镰刀菌(*F. culmorum*)、串珠镰刀菌、木贼镰刀菌、燕麦镰刀菌、雪腐镰刀菌等菌种产生的有毒代谢产物。玉米赤霉烯酮主要污染玉米、小麦、大米、大麦、小米和燕麦等粮食作物。

玉米赤霉烯酮具有雌激素作用，能造成动物急慢性中毒。可引起动物发生雌激素亢进症，导致动物不孕或流产。食用含赤霉病麦面粉制作的各种面食也可引起中枢神经系统的中毒症状，如恶心，发冷，头痛，神智抑郁和共济失调等。

(5) 伏马毒素(Fumonisin)

伏马毒素是由串珠镰刀菌(*Fusarium moniliforme*)、轮状镰刀菌(*F. verticillioides*)、多育镰刀菌(*F. proliferatum*)等产生的真菌毒素；此外，尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)、*F. nygami*等菌也能产生伏马毒素。伏马毒素B1和B2是自然界存在最普遍，且毒性最强的两种毒素。伏马毒素大多存在于玉米及玉米制品中；研究证实，在大米、面条、调味品、高粱、啤酒中也有较低浓度的伏马毒素存在。

伏马毒素可导致马产生白脑软化症(ELEM)，神经性中毒而呈现意识障碍、失明和运动失调，甚至造成死亡。伏马毒素还可使人导致肝癌。国际癌症研究机构IARC 1993年将其归类为2B类致癌物。

(6) T-2毒素(T-2 toxin)

T-2毒素(T-2 toxin)由禾谷镰刀菌、三线镰刀菌、拟枝孢镰刀菌、茄病镰刀菌及木贼镰刀菌等产生真菌毒素，是单端孢霉烯族化合物之一。

人畜误食受T-2毒素污染粮食后，可引起呕吐、腹泻、腹痛等急性中毒症状，还可能引起心肌受损、胃肠上皮黏膜出血、皮肤组织坏死、造血组织破坏和免疫抑制、神经系统紊乱、心血管系统破坏等问题，严重的可引起死亡。

二、农残和有害元素

1. 农药残留和残毒

农药残留是指在农业生产中使用农药后，残存在植物体内、土壤和环境中的农药原体、有毒代谢物、降解物和杂质的总称。农药残毒就是残留在食品中的农药的毒性。如果未按照国家安全使用规定施用农药和进行农产品采收，或违反国家规定使用高毒农药，农产品就会有农药残毒，就会对食用者身体健康造成危害，严重时会造成身体不适、呕吐和腹泻甚至导致死亡的严重后果。

我国粮食中农药残留主要来自：

防治虫害、病害和草害时直接施用农药；

环境中蓄积的农药，通过水、空气和土壤等途径迁移；

当过量使用农药，或安全期内收获时，都可能造成农药残留超标。

2. 残留农药分类

根据残留的特性，可把残留性农药分为三种：

容易在植物机体内残留的农药称为植物残留性农药，如六六六、异狄氏剂等；

易于在土壤中残留的农药称为土壤残留性农药，如艾氏剂、狄氏剂等；

易溶于水，而长期残留在水中的农药称为水体残留性农药，如异狄氏剂等。

3. 粮食中农药残留最大残留限量和相关标准

最大残留限量又称最高残留限量或允许残留量，简称MRL(Maximum Residue Limit)。MRL是指法律允许的在食物、农产品或动物饲料所含的可接受的农药最大残留限量，它由法典委员会(CAC)或国家法规监管部门制定。

由于农药残留对人和生物危害很大，各国对农药的施用都进行严格的管理，并对食品中农药残留容许量作了规定。目前，国家《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》（GB 2763-2016）中对433种农药的最大残留限量进行了规定。

4. 对粮食中农残的客观认识

农药是把双刃剑，可防虫治病除草，在保障和提高作物产量中起到了重要的作用。与此同时，农药滥用也导致了农残超标，农残超标对人类健康的危害作用不容忽视。目前，我国推荐的用于粮食作物的农药，都是毒性低、挥发性强、在较短时间内可以降解成为无害物质的残留性较弱的农药。我国已经制定并发布了七批《农药合理使用准则》国家标准，详细规定了各种农药在不同作物上的使用时期、使用方法、使用次数和安全间隔期等技术指标。同时，我国对粮食中的农药残留也做出了严格的规定，只要粮食中的农药残留符合国家食品安全标准，就不会对人体健康造成危害。所以，对于粮食中的农药残留，不必因噎废食，过分敏感。

5. 粮食中有害元素污染

粮食中有害元素污染包括重金属和类金属元素污染。粮食中的有害元素污染，不仅会危及人们的生命安全，也会制约国家经济的综合发展。当前，我国粮食有害元素污染问题主要集中在水稻、小麦等主粮谷物中，以镉、铅、铬、汞等重金属和砷等类金属为主要污染物。

有害元素类污染物在环境中很难降解、消失，通过迁移、转化富集在农作物中。这些物质可能经由水、食物和空气等进入人体并且发生聚集，聚集后和人体内部的蛋白质与酶发生各种生化反应。若超过最低耐受度，则将引发中毒问题，导致人体组织发生病变，从而出现不同的疾病，威胁人体健康，严重时还可能引发死亡。

6. 粮食中有害元素超标的主要原因

土壤中镉等重金属本底值高。我国西南和中南地区是有色金属矿产资源十分丰富的地区，镉等重金属元素的基础含量高。

我国有色金属传统的开采地区迄今已有上百年的开采历史，长期的矿山开采、金属冶炼和含重金属的工业废水、废渣排放造成了土壤污染，从而导致粮食重金属超标。

由于气候变化、环境污染导致酸雨增加，土壤酸化，在酸性增强的条件下，土壤中的金属元素活性也随之增强，更易被水稻等作物吸收。