

双排链电磁式餐盘清理回收装置的研发

Development of an electromagnetic double row of chain equipment for recycling and cleaning of plates

余剑武 文 丞 胡其丰 沈 湘 李 鑫

YU Jian-wu WEN Cheng HU Qi-feng SHEN Xiang LI Xin

(湖南大学机械与运载工程学院, 湖南 长沙 410082)

(College of Mechanical and Vehicle Engineering, Hunan University, Changsha, Hunan 410082, China)

摘要:针对餐盘回收过程中效率和智能化较低等技术问题,提出一种采用电磁原理的双排链式餐盘清理回收装置。该装置工作时,用餐者将餐盘放置于电磁式吸附模块上,可实现对不同型号或材质餐盘的自动回收、清理、堆叠、计量,具有良好的实用性和经济性,装置结构紧凑,操作简单。最大理论清理速度为 240 个/min,清理回收速度和清理压力可以根据需要调节。清理过程设备不直接接触残渣,保证了装置洁净,清理介质无二次污染,大大减少了食堂就餐环境的安全隐患。

关键词:餐盘;电磁吸附;压缩空气清理;自动回收;双排链

Abstract: In order to solve low collection efficiency and low automation existing in present plates collection equipments, an electromagnetic double row of chain equipment for recycling and cleaning of plates is proposed. Diners place plates on the electromagnetic adsorption module, then plates with different models and materials is cleaned up and collected through automatic adsorbing, cleaning, stacking, and calculating stages. The equipment has good practicability and economy which design with compact structure and simple operation. The maximum speed of equipment is 240 pieces /min, the speed and pressure can be adjusted according to actual need. Equipments do not contact ort during collecting, and cleaning medium does not produce secondary pollution, thus the food safety problems are reduced greatly.

Keywords: plate; electromagnetic adsorbing; compressed air cleaning; automatic recycling; double row of chain

中国餐饮行业市场巨大,食堂、酒楼等大型的餐饮中心

基金项目:国家自然科学基金(编号:51275165);长沙市科技计划项目(编号:K1406080-11)

作者简介:余剑武(1968—),男,湖南大学教授,博士。
E-mail: 569997274@qq.com

收稿日期:2016—08—31

都设置有专门的餐盘回收处,需要配备大量的人手收集用餐后带有食物残渣的餐盘,待收集后再统一进行清洗^[1-2]。国外的餐具自动回收清洗技术较为先进,自动化水平较高,其自动化流水线机械设备可实现餐具出渣、分拣、消毒、甚至是包装等功能,值得借鉴,但是成本很高,同时由于中外饮食文化的差异,国外设备并不能完全适应中国市场使用^[3]。如博世公司^[4]餐具清洗专利利用超声波高频率压迫液体介质振动使其急剧产生微小空化气泡,并瞬时强烈闭合,产生强烈的微爆炸和冲击波使被清洗物表面的污物遭到破坏,从清洗表面脱落下来。樊伟伟等^[5]提出国外大型的食品机械清洗消毒中常采用微波杀菌,它加热时间短、升温速度快、杀菌均匀,无化学物质残留,安全性提高。也有一些学者设计了餐具清洗回收设备,汪刘一等^[6]设计了一种食堂自助餐具回收清洗系统,采用传送带输送和高温水洗相结合,在两名工人的配合下可完成餐盘进行两次喷淋、过水、高温热风烘干、消毒等过程。但该系统自动化程度低,不能完成餐盘的倒渣、堆叠、计数等功能。肖兵等^[7]设计的食堂餐具回收装置,采用机械臂设计,实现餐具的输送、倒渣、分类。但单个机械臂设计成本较高,效率低,装置缺少堆叠计数等功能。施立锦等^[8]设计的自动餐具回收机的碗碟分离装置,利用高度差原理,实现碗、碟的准确分类,但该装置功能单一,自动化程度低。

针对大型餐饮中心餐盘回收产品智能化较低、回收效率低、人与剩菜直接接触等技术问题,本研究提出一种双排链电磁式餐盘清理回收装置,可实现对不同型号或材质餐盘的吸附、清理、堆叠、计量,其中餐盘的吸附采用电磁铁吸附完成;食物残渣清理采用压缩空气喷射;餐盘的自动堆叠采用丝杠机构旋转完成;餐盘的数量采用红外传感器检测;装置控制部分由 PLC 和触摸屏组成,主要完成对吸附、清理、回收、速度压力的控制。该装置工作时,设备不直接接触残渣,保证了装置的洁净,从而大大减少了食堂就餐环境的安全隐患^[9]。

1 装置整体设计方案及工作原理

餐具回收装置的整体设计方案见图 1,由机械系统和控制系统组成。

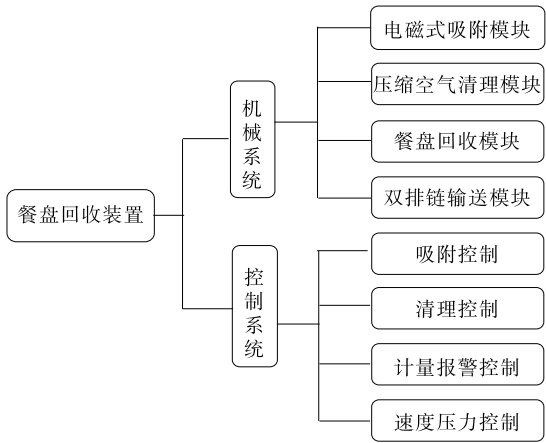


图 1 餐盘清理回收装置设计方案

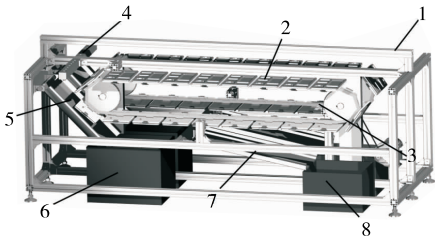
Figure 1 Design program of equipment for recycling and cleaning of plates

根据双排链式餐盘清理回收装置的整体设计方案,运用 Pro/E 软件设计出如图 2 所示的三维样机,其工作原理:启动电机,双排链开始转动;当用餐者将餐盘放到电磁式吸附模块上,在行程开关的作用下,电磁式吸附模块吸附并将餐盘传送到压缩空气清理位置;当传感器采集到餐盘位置信息后,将信号发送至压缩空气清理模块,控制单向电磁阀打开,喷出压缩空气,对餐盘进行清理,残渣由残渣导向槽收集,落入残渣回收桶;当餐盘被输送到自动回收位置时,在行程开关的作用下,吸附系统解除吸附,餐盘在重力的作用下落入餐盘导向槽,最后滑入餐盘回收框。餐盘回收模块设有计数传感器和重量传感器,当落入回收框的餐盘达到设定数量时,或者回收桶的残渣重量达到设定重量时,装置将停机、报警,通知工作人员进行更换。这样就实现了对餐盘的自动清理与回收功能,具有较高的自动化程度。

2 机械系统设计

2.1 电磁式吸附模块

对餐盘进行输送、回收、清理时,首先需要将餐盘固定,



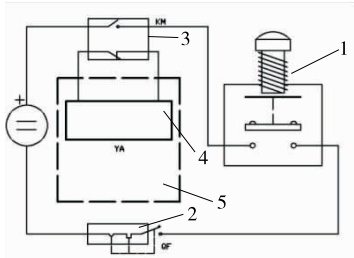
1. 机架 2. 电磁式吸附系统 3. 双排链输送系统 4. 压缩空气清理系统 5. 残渣导向槽 6. 残渣回收桶 7. 餐盘导向槽 8. 餐盘回收框

图 2 双排链式餐盘清理回收装置三维仿真样机

Figure 2 Prototype of double row of chain equipment for recycling and cleaning of plates

其固定有机械、液压、气压、电磁等多种方式。机械式和液压式固定方式需要专用夹具,设计周期长,成本高,不利于自动控制;气压式固定方式是利用负压原理吸附固定餐盘,气管布置麻烦,对真空吸盘吸附表面要求高,剩饭易堵塞气管且噪音大;电磁式固定方式控制简单,采用电磁铁通电产生的磁力吸住餐盘,回收时,断电失去磁力餐盘在自重作用下下落,而且餐盘不需要特定的摆放方向。

食堂配备餐盘多为不锈钢或者聚乙烯材质,这两种材料没有磁性,不能达到本装置设计的吸附要求,为了适应电磁式固定,在餐盘底部贴上橡胶磁胶板。图 3 是电磁式吸附系统原理图,用餐者将餐盘放置在电磁式吸附模块上,当电磁式吸附模块的行程开关 1 被机架上的档块触碰时,接触器 3 接通,电磁铁 4 通电,在磁力作用下,实现餐盘的自动吸附;当餐盘被双排链输送到餐盘回收导向槽上方时,行程开关被机架上的档块触碰时,断路器 2 断开,电磁铁 4 断电使其失去吸附作用,餐盘 5 在重力作用下掉到导向槽上,然后自动滑动到餐盘回收框。



1. 行程开关 2. 断路器 3. 接触器 4. 电磁铁 5. 餐盘

图 3 电磁式吸附系统原理图

Figure 3 Principle of electromagnetic automatically adsorb system

通常用餐后餐盘和残渣的重量不会超过 1.5 kg,在本设计中,选用方形电磁铁,其尺寸为 98 mm×33 mm×20 mm,额定电压为 24 V,功率为 5 W,能够产生 10 kg 吸力,电磁铁的吸力满足吸附要求。

2.2 压缩空气清理模块

以水为清理介质不仅成本较高,且清理时水流喷射产生飞溅,造成二次污染。以空气作为清理介质成本低廉,不会产生二次污染,且空气压缩后冲力大。采用整排喷嘴布置,无清理死角。装置不直接接触食物残渣,保证了装置的洁净。设计压缩空气清理系统见图 4,当清理系统红外传感器 6 检测到餐盘 8 通过时,PLC 控制电磁单向阀 2 开启,喷射压缩空气,在压缩空气和残渣自身重力的共同作用下,食物残渣落入残渣导向槽 9,经导向槽导向进入残渣回收桶。从而完成残渣的清理。清理完成后通电延时器 3 启动使电路断开,单向电磁阀关闭,当传感器检测到下一餐盘时,清理系统再次开启。当清理压力需要改变时,可通过 PLC 控制压力调节阀进行调节。

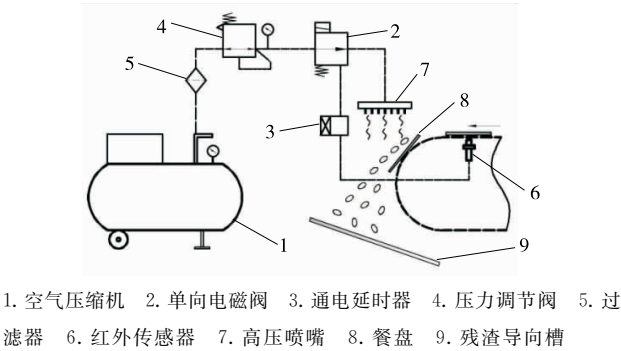


图 4 压缩空气清理系统原理图

Figure 4 Principle of automatic clean system

高压气体从喷嘴喷出后产生自由射流,射流结构见图 5,自由射流结构由起始段和主体段组成^[10]。在射流起始段内射流轴向流速和动压力基本不变,在射流主体段内轴向流速和动压力下降迅速,在主体段气体的冲力不能满足清理要求,所以清理餐盘时喷头和餐盘的距离在起始段长度内清理的效果最好,效率最高。在 20℃ 时,自由射流中空气密度 $\rho=1.205\text{ kg/m}^3$,射流紊流系数 $\alpha=0.066$,喷射效率 $\eta=1.05$,选取喷嘴口径 $d=1.9\text{ cm}$,由式(1)计算可得初始段长度 $S_T=9.6\text{ cm}$ 。

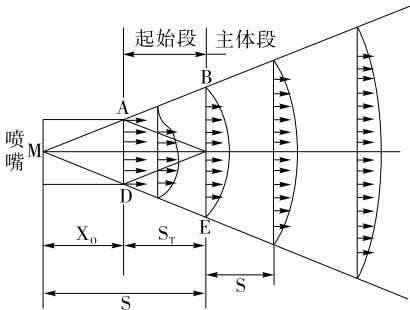


图 5 自由射流结构图

Figure 5 Structure of free jet

$$S_T = 0.67 \frac{R_0}{\alpha}, \quad (1)$$

式中:

S_T ——初始段长度,cm;

R_0 ——喷嘴半径,m;

α ——射流紊流系数。

在初始段内建立喷嘴个数 N 与射程 S 的数学模型见式(2),通过 matlab 计算得出两者之间的规律,见图 6。在初始段内,随着射程的不断增加,单个喷嘴的射流半径增加,喷嘴的个数相应减少。

$$[N] = \frac{20}{6.8\alpha S} \quad S \in [0,10]。 \quad (2)$$

通过试验发现,要使餐盘达到较好的清理效果,需要提供 10 N 的冲力,餐盘面积 $A=0.06\text{ m}^2$,至少需要清洗压力 $p=166.7\text{ Pa}$ 。当射程为初始段长度时,即 $S=9.6\text{ cm}$,由图 6 可知,喷嘴个数 $N=5$ 个,清理时,各个喷嘴的最大合力为

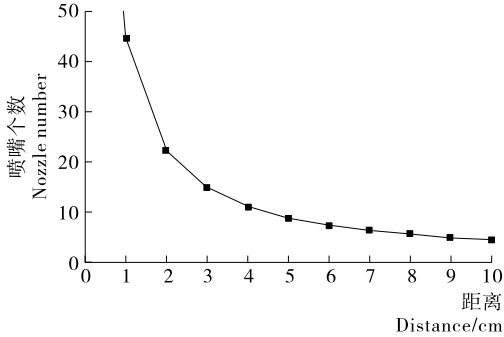


图 6 喷嘴与射程的规律图

Figure 6 Regulation between nozzle and distance

50 N,小于电磁式吸附系统的吸力,不会对吸附系统造成影响。结合 20℃ 自由射流计算参数和式(3)计算得到空气压缩机的排量 Q 。经计算此时至少需要排量 $Q=12\text{ L/min}$ 的空气压缩机。

$$d = \eta \sqrt{\frac{Q}{0.658n\sqrt{p}}}, \quad (3)$$

式中:

d ——喷嘴口径,mm;

p ——清理压力, $\times 10^5\text{ Pa}$;

Q ——流量,L/min;

n ——喷嘴个数,个;

η ——喷射效率,%。

2.3 自动回收模块

餐盘回收堆叠计数原理见图 7,当电磁式吸附模块运动至下部的餐盘回收导向槽上方时,行程开关被支架上的档块触碰时,接触器断开,电磁铁断电使其失去吸附作用,餐盘在重力作用下掉到回收导向槽上,自动滑动到回收框内,餐盘回收模块设有计数传感器,每回收一个餐盘,传感器就计数 1 次。同时控制步进电机旋转一定角度,使接收的餐盘始终保持一定的高度面,当落入回收框的餐盘达到设定数量时,系统报警并停止工作,提醒工作人员更换餐盘回收框。

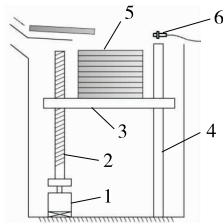


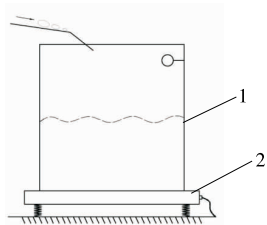
图 7 餐盘回收堆叠计数原理图

Figure 7 Principle of plates stack and count system

回收桶固定架上设有重量传感器,当回收桶内残渣的重量超过设定数量时,系统报警并停止工作,提醒工作人员更换残渣回收桶,食物残渣回收计量原理见图 8。

2.4 双排链输送模块

为了实现餐盘的自动吸附、清理和回收,要选择合适的餐盘输送机构。由于餐盘是刚性结构,不适合用带传动输送。



1. 残渣回收桶 2. 重量传感器

图 8 食物残渣回收计量原理图

Figure 8 Principle of ort count system

本设计采用双排链结构,结构紧凑,餐盘的输送准确可靠,解决了餐盘的刚性和传送带柔性的矛盾问题,适用于恶劣的工作环境^[11]。采用双排链结构,目的在于提高回收效率。

本装置采用双排输送链,链速在 0~0.7 m/s 调节,电磁式吸附模块长度为 0.3 m,每个模块之间间隔 0.05 m,双排链宽度为 0.2 m,电磁式吸附模块个数为 20 个,电磁式吸附模块重量为 2.5 kg,电机功率 P 为 1.5 kW,当链速达到最大 (0.7 m/s) 时,装置的理论清理回收速度达到了 240 个/min。根据统计某大学食堂在最高峰期每分钟大约产生 51 个餐盘,清理回收能力完全满足食堂要求。结合电磁铁参数和公

式(4),当装置满负荷以 $v=0.7\text{ m/s}$ 运转时,可得到此时电机输出功率。电机的功率至少要 1 120 W。

$$\begin{cases} P = Gv \\ G = (m_1 + m_2)g \end{cases}, \tag{4}$$

式中:

P ——电机功率,W;

G ——总重力,N;

m_1 ——双排链系统质量,kg;

m_2 ——满负荷时餐盘和残渣的质量,kg。

3 控制系统设计

3.1 控制流程

装置主要采用 PLC 作为系统的主控芯片。控制系统主要包括吸附控制、清理控制、回收控制、速度压力控制,其结构框图见图 9。双排链输送模块和餐盘回收模块采用 220 V 电源供电,控制系统采用 24 V 电源供电。

3.2 控制系统硬件选择

采用 PLC 控制,通过 2.4 寸 TFT 彩色液晶屏模块触摸输入,由 PLC 控制驱动电机和压力调节阀,设置整个系统的清理回收速度和清理压力。PLC 用软件功能取代继电器、计

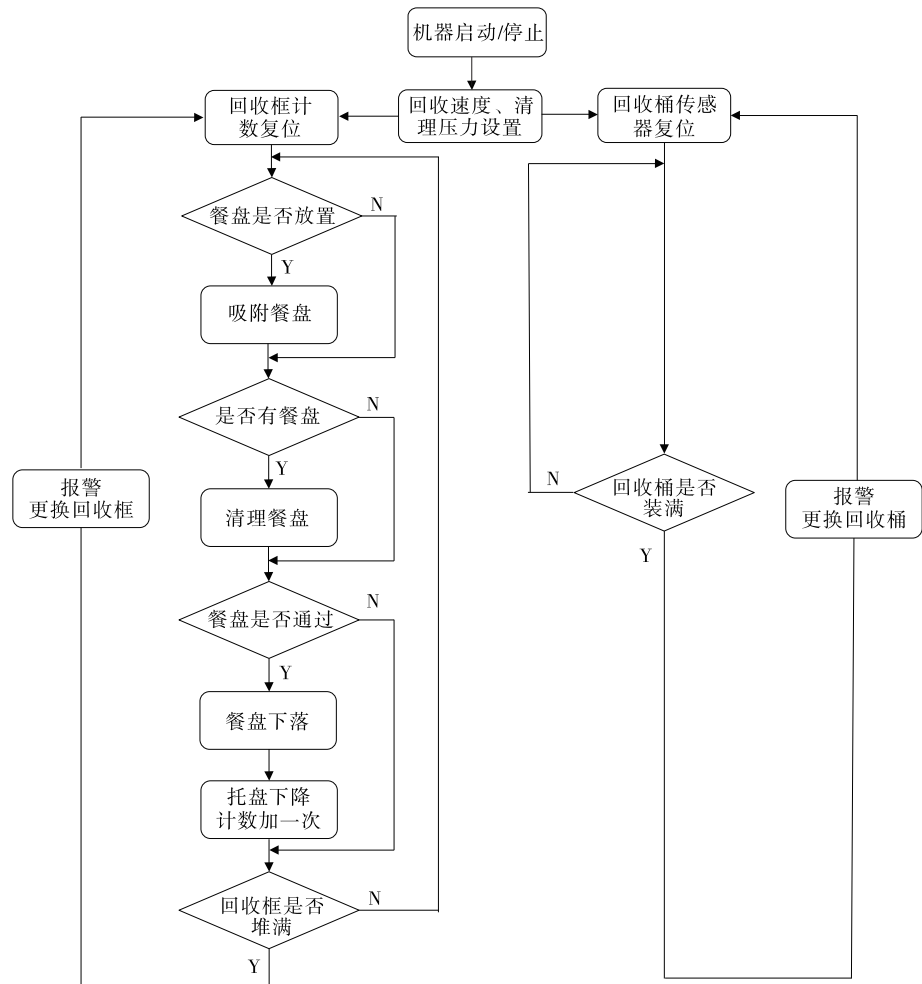


图 9 控制系统结构框图

Figure 9 Program chart of control system

数器等器件,控制的设计、安装、接线工作大量减少。具有一系列的硬件和软件的抗干扰措施,平均无故障时间达到数万小时以上,可直接用于有强烈干扰的工业生产现场,足以满足系统稳定性、系统寿命等设计要求。PLC 故障率低,且有自诊断和显示功能,可根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明故障的原因,用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

4 结论

- (1) 研发一种基于电磁原理的双排链式餐盘清理回收装置,并对其机械系统和控制系统做了详细说明。该装置在不改变原有餐盘的材料工艺和结构的情况下,可实现对不同型号的不锈钢餐盘和聚乙烯餐盘的自动回收、清理、堆叠、计量,具有良好的实用性和经济性。
- (2) 本装置的清理和回收主要通过压缩空气和电磁控制来实现,装置结构紧凑,操作简单,与其它方法相比,无二次污染,大大减少了食堂就餐环境的安全隐患。
- (3) 本装置和人工清理回收相比,本装置在正常工作时仅需一名操作工配合完成开机、调速、调压、更换残渣回收桶、餐盘回收框等简单操作,减少了劳动强度,提高了效率,在食堂、酒楼等大型餐饮中心有着巨大的市场前景。
- (4) 本装置能够满足食堂清理回收等需求,但仍然有不足之处,如装置不具备清洗、消毒、包装等功能,可在装置中引入超声波清洗技术和高温水蒸气消毒技术等技术进一步

扩展该装置的功能。

参考文献

[1] 张锋学. 中国食品安全监管体系改革的法律思考[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 255-257.

[2] 后之明. 我国食品机械现状与发展战略设想[J]. 食品与机械, 1992(1): 8-10.

[3] 李万祥, 丁想维, 张远军, 等. 一类新型自动洗碗机的设计[J]. 现代制造工程, 2005(S1): 148-150.

[4] LLOYD Alter. Ultrasonic Dishwasher from Bosch: US, Patent0131250[P]. 2007-07-14.

[5] 樊伟伟, 黄惠华. 微波杀菌技术在食品工业中的应用[J]. 食品与机械, 2007, 23(1): 143-147.

[6] 汪刘一, 陈佳森. 食堂自助餐具回收清洗系统[J]. 智能应用, 2015(2): 50-51.

[7] 肖兵, 邹光明. 食堂餐具回收装置的研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 142-145.

[8] 施立锦, 孙如泽. 自动餐具回收机的碗碟分离装置: 中国, 201520514309.2[P]. 2015-07-16.

[9] 裴双成. 影响高校食堂饮食安全主要因素及其改进对策[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012: 4-18.

[10] 贾月梅. 流体力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006: 180-185.

[11] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计[M]. 8 版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 92-97.

信息窗

新版标准 GB 2761 发布 葡萄酒、咖啡中 新增赭曲霉毒素 A 限量

据卫计委消息,3月17日,国家卫计委发布 GB 2761-2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》及 GB 2762-2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》并将于 2017 年 9 月 17 日正式施行。其中,此次 GB 2761 标准的修订,新增了葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 限量。葡萄酒中赭曲霉毒素 A 限量标准为 2.0 μg/kg;咖啡豆和咖啡粉中赭曲霉毒素 A 限量标准为 5.0 μg/kg,速溶咖啡中赭曲霉毒素 A 限量标准为 10.0 μg/kg。

在欧洲食品中赭曲霉毒素 A 风险评估报告曾指出,人类摄入赭曲霉毒素 A 主要来自谷物,其次是葡萄酒和咖啡等。结合中国葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 污染及产品消费量情况,对中国葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 的暴露风险进行了评估。根据风险评估结果,新的 GB 2761 中增加了葡萄酒和咖啡中赭曲霉毒素 A 限量要求。

据资料显示,赭曲霉毒素是一种有毒真菌代谢产物。赭曲霉毒素是由纯绿青霉、赭曲霉和碳黑曲霉等真菌产生的一组结构类似的毒素,其中毒性最大、与人类健康关系

最密切、对农作物污染最广泛的是赭曲霉毒素 A (Ochratoxin A, OA)。赭曲霉毒素 A 具有很强的肝脏毒性和肾脏毒性,并有致畸、致突变和致癌作用。赭曲霉毒素 A 广泛分布于自然界,粮谷类、咖啡、茶叶等多种农作物和食品均可被赭曲霉毒素 A 污染,是欧洲部分国家膳食中的主要污染物之一。

目前,世界上有 40 多个国家规定了粮食及其制品、果酒、干果及婴幼儿食品中赭曲霉毒素 A 的限量,但仅有古巴、新加坡和意大利等国家制定了咖啡中赭曲霉毒素 A 的限量标准(限量值在 2.5~50 μg/kg),中国台湾 2012 年 9 月修订发布的咖啡中赭曲霉毒素 A 的限量标准值为 5 μg/kg。另外,2005 年欧盟规定葡萄酒、以及用于饮料制作的葡萄酒或者葡萄,限量为 2.0 μg/kg;葡萄汁和其他饮料中的葡萄汁成分中为 2.0 μg/kg。国际葡萄与葡萄酒组织(OIV)将葡萄酒中 OTA 的限量标准定为 2 μg/kg。

(来源: <http://news.foodmate.net>)