

响应面优化臭氧对花生粕中 黄曲霉毒素 B₁ 的降解效果

张 芳¹, 单晓红¹, 孙秀兰¹, 何兴兴¹, 张银志^{*2}

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘要: 考虑了臭氧处理时间、样品含水量和单位体积样品质量对降解效果的影响, 利用响应面研究 3 个因素的相互作用, 得出臭氧降解花生粕中 AFB₁ 最佳工艺条件: 臭氧处理时间 7.92 min、样品的水质量分数 15%、样品的质量为 5 g; 通过最佳工艺臭氧的脱毒效率可以高达 85%。

关键词: 花生粕; 臭氧降解; 黄曲霉毒素 B₁; 响应面优化

中图分类号: TS 201.6 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2013)05—0494—07

Modeling and Optimization of Ozone Treatment Degradation of Aflatoxin B₁(AFB₁) in De-fat Peanut Powder Using Response Surface Methodology

ZHANG Fang¹, SHAN Xiao-hong¹, SUN Xiu-lan¹, HE Xing-xing¹, ZHANG Yin-zhi^{*2}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214036, China; 2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214063, China)

Abstract: The aim of this manuscript was to investigate the effect of some factors, including the ozone treatment time, the sample moisture content and the unit volume sample quality on the degradation of AFB₁ by single factor experiment and response surface methodology analysis. The optimum process conditions were achieved and listed as follows: ozone treatment time 7.92 min, sample moisture content 15%, the quality of the sample 5 g. With the optimum conditions, the ozone detoxification rate can reach 85%.

Keywords: peanut meal, ozone degradation, AFB₁, Response Surface Methodology

黄曲霉毒素主要由黄曲霉和寄生曲霉产生, 能污染多种农作物, 其中玉米、花生最易受到污染^[1-6]。天然污染的黄曲霉毒素主要有 4 种, 分别为黄曲霉毒素 B₁、B₂、G₁、G₂ (简称为 AFB₁、AFB₂、AFG₁、

AFG₂)。黄曲霉毒素 AFB₁ 在自然界非常稳定, 黄曲霉毒素 B₁ 的分解温度为 268 ℃, 紫外线对低浓度黄曲霉毒素有一定的破坏性, 在强酸性溶液中稍有分解, 在 pH 9~10 的强碱溶液中分解迅速。AFB₁ 是目

收稿日期: 2013-01-19

基金项目: 国家 973 计划项目(2012CB720804); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAK10B03); 2010 年度公益性农业科研专项(201003008-08); 2012 年度公益性农业科研专项(201203069)。

* 通信作者: 张银志(1975—), 男, 陕西汉中, 高级工程师, 主要从事食品安全检测方面的研究。E-mail: yinzhihang@jiangnan.edu.cn

前已知最强致癌物之一,毒性极强,远远高于氰化物、砷化物和有机农药的毒性。目前,大量的粮食作物在田间、生产、运输、储存时,黄曲霉毒素 B₁ 的含量会大大增加,不仅造成粮食的损失,而且导致人和动物都暴露于较高的 AFB₁ 水平,危及人和动物的健康。因此,AFB₁ 的脱毒对解决粮食危机和预防 AFB₁ 带给人类危险因素具有重大意义^[7-9]。

黄曲霉毒素 B₁ 的脱毒研究国外主要集中在生物脱毒方面^[10-14],主要是一些细菌及其代谢物对 AFB₁ 的降解,各种能降解 AFB₁ 的菌株陆续被分离出来。现在国内外对于微生物降解 AFB₁ 的研究主要集中在:菌体对毒素的吸附;分泌酶对毒素的降解;其他代谢物对毒素的作用;并有研究集中微生物的共同作用^[15-21]。微生物脱毒的方法比较繁琐,设计的降解机制及微生物的生长过程比较复杂,在实际的应用中有一定的局限性。化学和物理的脱毒方法^[5-6]也有一定的研究,主要包括:酸碱脱毒^[4,9](柠檬酸、氨气熏蒸);强氧化剂的脱毒^[2,5,8,17-24](臭氧熏蒸、次氯酸钠、二氧化氯);物理方法^[3,7](加热降解、活性炭吸附、硅藻土吸附)。各个方法各有优缺点,但是很少有针对性地讲述降解过程中各个因素之间对脱毒效果的影响,所以本文中主要阐述了臭氧脱毒过程中的几个主要因素对脱毒效果的影响,并通过响应面分析得出最优的脱毒工艺条件^[23]。

1 材料与方法

1.1 材料

粉碎机,大德药机产品;臭氧发生器,佳环电器科技有限公司产品;旋光震荡仪,伊卡产品;Agilent1200 型液相系统,Agilent 公司产品;花生粕,鲁花集团提供;BS224S 电子天平,赛多利斯产品;CQ-250 型超声波清洗器,上海船舶电子研究所产品;MTN-2800w 氮吹仪,天津奥特赛恩斯仪器公司产品;无水甲醇、三氯甲烷、三氟乙酸、正己烷,均为分析纯,国药集团提供;乙酸、乙腈,色谱纯提供,Fisher;黄曲霉毒素 AFB₁ 标准品,购自 Sigma 公司,其中黄曲霉毒素 B₁ 标准品纯度>99%。

1.2 试验方法

1.2.1 黄曲霉 AFB₁ 的提取及衍生化 将处理的样品称取 5 g,加入体积分数 80%的甲醇水 20 mL,超声处理 20 min,过滤,取滤液 5 mL,加入三氯甲烷 5 mL,震荡 1 min,避光静置分层,取下层。上相再加

入 1 mL 的三氯甲烷,震荡分层,取下相。两下相混合。提取液混匀后取 0.5 mL,N₂ 吹干,加入 200 μL 的正己烷和 100 μL 的三氟乙酸,在 37 °C 恒温箱中衍生化 30 min。50 °C 水浴 N₂ 吹干,加入 0.5 mL 的质量分数 20%乙腈,振荡溶解,过 0.22 μm 有机相膜,-4 °C 冰箱保存^[12]。

1.2.2 色谱条件 色谱柱:NUCLEODUR C18 柱(6 mm×150 mm×5 μm);柱温 30 °C;流动相:乙腈/体积分数 10%乙酸溶液(1:4);洗脱时间 20 min,黄曲霉毒素 B₁ 的保留时间在 13 min;体积流量 1.0 mL/min;进样量 20 μL;荧光检测器:激发波长 365 nm,发射波长 440 nm^[12]。

1.2.3 臭氧对花生粕的脱毒处理

1) 不同时间臭氧处理处理样品

取花生粕样品 15 g×5 份,置于 500 mL 的洗气瓶中,通入含恒定浓度臭氧的气体,分别通入臭氧 5、10、15、20、30 min,通臭氧时每隔 2 min 上下晃动洗气瓶,确保样品与臭氧充分接触。液相检测 AFB₁ 的残余量。

2) 不同质量样品的臭氧处理

取花生粕样品 5、15、25、35、50 g 各一份,置于 500 mL 的洗气瓶中,通入含恒定浓度臭氧的气体,分别通入臭氧 10 min,通臭氧时每隔 2 min 上下晃动洗气瓶,确保样品与臭氧充分接触。液相检测 AFB₁ 的残余量。

3) 不同水分含量样品的臭氧处理

调整花生粕水分质量分数为 9%、12%、15%、18%、21%,各取 15 g 一份,置于 500 mL 的洗气瓶中,通入含恒定浓度臭氧的气体,分别通入臭氧 10 min,通臭氧时每隔 2 min 上下晃动洗气瓶,确保样品与臭氧充分接触。液相检测 AFB₁ 的残余量。

2 结果与分析

2.1 方法的检测限和回收率

绘制标准曲线 1×10^{-9} 、 10×10^{-9} 、 20×10^{-9} 、 50×10^{-9} 、 100×10^{-9} 的质量分数与峰面积的线性方程: $y = 0.072x + 0.0028$, $R^2 = 0.9929$ 。准确称取花生粕样品 2 份,其中一份加黄曲霉毒素 B₁ 的标准品,另一份不加,在相同条件下测定 5 次,AFB₁ 的回收率为 85.3%~95.6%。

2.2 脱毒前花生粕样品 AFB₁ 的含量检测

称取花生粕样品 5 g,提取 AFB₁ 并衍生化后,

高效液相检测样品中 AFB₁ 的含量, 根据标准曲线及国家标准计算出样品中 AFB₁ 含量为 139.8×10^{-9} 。在相同条件下测定 5 次, 相对误差小于 0.05%。

2.3 脱毒效果的分析

2.3.1 不同时间臭氧处理与脱毒效果的关系 固定样品的水分质量分数为 9%, 样品质量为 15 g, 选取臭氧处理时间为单因素, 梯度取值。实验结果见图 1。

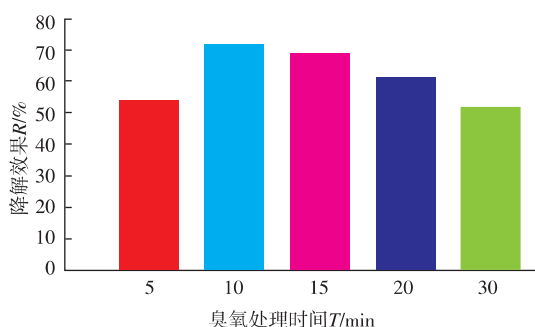


图 1 臭氧处理时间对 AFB₁ 降解效果的影响

Fig. 1 Ozone treatment time on the effects of AFB₁ degradation

由图 1 可知, 降解效果随着臭氧处理时间的增加先上升后下降。臭氧降解 AFB₁ 是一个氧化还原的过程, 反应可能具有可逆性; 又由于花生粕中蛋白质等杂质的影响, 可能在 10 min 时, 臭氧的浓度对 AFB₁ 的量已经达到饱和恒定状态, 使得降解效果不再升高, 反而由于其他因素的干扰而有所下降。综合考虑, 选取 5、10、15 min 作为响应面分析的因素水平, 得到最优的降解条件, 具备合理性。

2.3.2 不同样品质量臭氧处理与脱毒效果的关系 固定样品的臭氧处理时间, 水分质量分数为 9%, 选取为样品质量单因素, 梯度取值。实验结果见图 2。

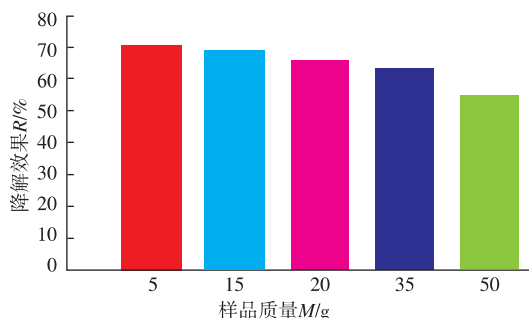


图 2 样品质量对 AFB₁ 降解效果的影响

Fig. 2 Unit volume sample quality on the effects of AFB₁ degradation

由图 2 可知, 降解效果随着样品质量的增加而下降。随着样品质量增加, 单位质量的样品接触到的臭氧浓度降低, 降解效果受到影响。当样品质量 > 35 g 后, 降解效果显著降低, 臭氧的浓度相对 AFB₁ 的量已经达到严重不足状态, 使得降解效果大幅降低。综合考虑, 选取 20、35、50 g 作为响应面分析的因素水平, 得到最佳条件, 具备合理性。

2.3.3 不同样品水分质量分数臭氧处理与脱毒效果的关系 固定样品的臭氧处理时间, 样品质量, 选取为水分质量分数单因素, 梯度取值。实验结果见图 3。

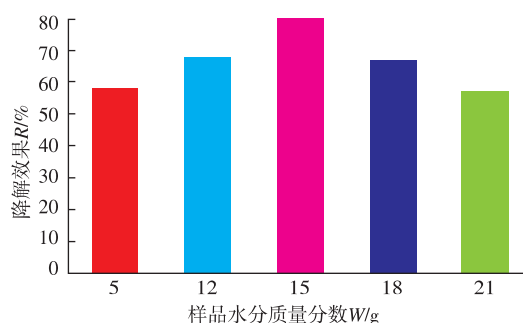


图 3 样品水分含量对 AFB₁ 降解效果的影响

Fig.3 Sample moisture content on the effects of AFB₁ degradation

由图 3 可知, 降解效果随着样品水分含量的增加而先增加后降低。随着样品中水分增加, 当样品水分质量分数 > 15% 后, 降解效果显著降低。样品水分质量分数 > 15%, 水分的进一步增加可能导致样品中其他组分与臭氧发生反应, 降低能与 AFB₁ 接触的臭氧的量, 使得降解效果大幅降低。综合考虑, 选取 9%、12%、15% 作为响应面分析的因素水平, 得到最经济降解条件, 具备合理性。

2.4 响应面分析及优化

确定了臭氧处理时间、样品水分质量分数和样品质量 3 个单因素并各自确定了一个最佳水平, 但是各个因素之间总有一定的联系, 为了得出一个最佳的配比, 需要把 3 个因素放在一起进行响应面设计实验。臭氧处理时间 (5、10、15 min), 样品水分质量分数 (9%、12%、15%), 样品质量 (20、35、50 g)。实验及其结果如表 1、表 2 所示。

表 1 响应面法实验设计的因素及水平

Table 1 Response surface experimental design

因素	代码	编码水平		
		A	B	C
		-1	0	1
臭氧处理时间 t/min	X1	5	10	15
样品水分含量 $w/\%$	X2	9	12	15
样品质量 m/g	X3	20	35	50

表 2 响应面设计及实验结果

Table 2 Result of response surface design and experimental

组数	臭氧处理时间 t/min	样品水分质量分数 $w/\%$	样品质量 m/g	降解效率 $/\%$
1	5.00	15.00	35.00	59.6
2	15.00	15.00	35.00	56.96
3	10.00	12.00	35.00	69.00
4	15.00	12.00	50.00	58.9
5	10.00	12.00	35.00	69.45
6	10.00	12.00	35.00	69.8
7	15.00	9.00	35.00	56.8
8	10.00	15.00	20.00	77.6
9	10.00	15.00	50.00	67.8
10	5.00	12.00	50.00	57.6
11	15.00	12.00	20.00	56.4
12	10.00	9.00	50.00	68.3
13	10.00	12.00	35.00	69.7
14	5.00	9.00	35.00	60.2
15	10.00	9.00	20.00	61.9
16	5.00	12.00	20.00	67.8
17	10.00	12.00	35.00	68.3

注:共 17 个实验,序号 3、5、6、13、17 是中心实验,用以估计实验误差,其它是析因实验。

2.41 响应面分析 从图 4 和图 5 可以看出各个因素对响应值的影响。从图 1 可以看出,随着处理时间的增加,对响应值的影响呈现先增加后降低的趋势;随着样品水分含量的增加,对响应值的影响是一直在增加。因此在臭氧处理时间和样品质量 2 个因素相互影响下,处理时间对响应值的影响较大。

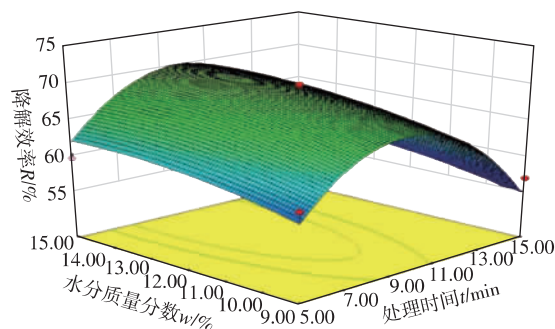


图 4 降解效率与样品水分质量分数、臭氧处理时间的响应面图

Fig. 4 Response surface analysis of degradation effect on the sample moisture content and ozone treatment time

从图 2 可以看出,随着样品水分质量分数的增加,对响应值的影响呈现先增加后降低的趋势;随着样品质量的增加,对响应值的影响是一直在降低。因此在样品水分质量分数和样品质量 2 个因素相互影响下,样品水分质量分数对响应值的影响较大。

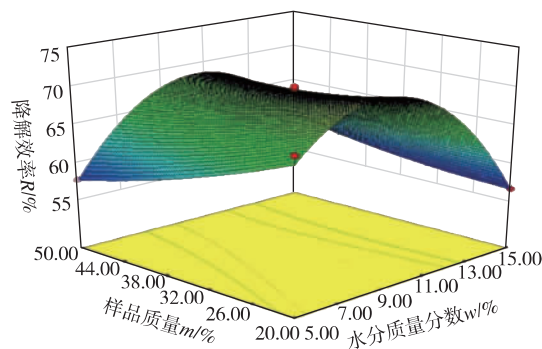


图 5 降解效率与样品质量、水分质量分数的响应面图

Fig. 5 Response surface analysis of degradation effect on the unit volume sample quality and the sample moisture content

通过对响应面的拟合分析,表明回归方程可以准确地描述臭氧处理时间、样品质量和样品水分质量分数三因素与响应值之间的实际关系,可以通过该回归方程确定臭氧降解 AFB₁ 最佳工艺条件。得出最优的脱毒条件,即臭氧处理时间 7.92 min,样品水分质量分数 15%,样品质量 5.00 g 时,模型预测降解效果达到 85.46%。

2.4.2 方差分析 运用 Design-Expert 8.05 软件中的 Analysis 模块上对表中试验数据进行多元回归拟合,得到各因子对降解效果(Y)影响的二次多项回

归模型:

$$Y = -4.78167 + 5.80083X_1 + 6.49833X_2 + 0.34250X_3 + 0.0121667X_1X_2 + 0.042333X_1X_3 - 0.090000X_2X_3 - 0.39190X_1^2 - 0.11917X_2^2 + 0.00316667X_3^2$$

对该数学模型进行方差分析,以检验方程的有效性和各因子的偏回归系数,结果见下表3。

表3 回归模型方差分析结果(1)

Table 3 Result of variance analysis of regression model(1)

方差来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
模型	596.14	9	66.24	12.71	0.0015	**
X_1	32.56	1	32.56	6.25	0.0410	*
X_2	27.23	1	27.23	5.23	0.0561	
X_3	15.40	1	15.40	2.96	0.1293	
X_1X_2	0.14	1	0.14	0.028	0.8725	
X_1X_3	40.32	1	40.32	7.74	0.0272	*
X_2X_3	65.61	1	65.61	12.59	0.0094	**
X_1^2	404.17	1	404.17	77.56	<0.0001	**
X_2^2	4.84	1	4.84	0.93	0.3671	
X_3^2	2.14	1	2.14	0.41	0.5423	
残差	36.48	7	5.12			
失拟项	34.95	3	11.65	30.42	0.0033	**
绝对误差	1.53	4	0.38			
总离差	632.62	16				

注: * 为差异显著 ($P < 0.05$); ** 为差异极显著 ($P < 0.01$)。

从表3中的F值可以判断出回归方程中各种变量对响应值影响的显著性,整体模型回归方程显著。表4中的相关系数 $R^2 = 0.9423$,说明响应值的变化有0.9423来源于所选变量,即臭氧处理时间、样品水分质量分数、样品质量;小部分来源于实验温度、实验操作的误差等其他因素。总体来说,模型的拟合程度较好,可用此模型来对臭氧降解花生粕的AFB₁的最佳工艺进行分析。

2.5 验证响应面分析法

为检验响应面法的可靠性,按上述优化条件做验证实验,考虑到实际操作性,实际操作中臭氧处理时间8.0 min,样品水分质量分数15%,样品质量5.00 g,在该试验条件下,AFB₁降解效果达到

85.01%,与理论值相比,其相对误差约为0.04%。可见,基于响应面法优化所得的臭氧降解花生粕中AFB₁的工艺参数准确可靠,具有实用价值。

表4 回归方程的方差分析

Table 4 Result of variance analysis of regression model

分析项目	结果
Std.Dev 标准偏差	2.28
Mean 平均值	64.48
C.V.% 变异系数	3.54
PRESS	561.56
R-Squared R^2	0.9423
Adj R-Squared 调整 R^2	0.8682
Pred R-Squared 模型拟合优度 R^2	0.1123
Adeq Precisor 信噪比	12.477

2.6 讨论

臭氧对花生粕中黄曲霉毒素B₁具有很好的去除效果,在一定的范围内随着样品水分质量分数的升高,作用时间的延长,样品质量的降低,脱毒效果越好。用臭氧作用能有效地降低黄曲霉毒素B₁,经过处理的花生粕平均黄曲霉毒素B₁的质量分数小于 10×10^{-9} ,符合现行国家标准的要求。臭氧对黄曲霉毒素B₁的破坏作用在很短时间内完成,说明花生粕中存在对臭氧的脱毒效果具有一定影响的物质[2,5,6,20,23]。

臭氧制备简单,使用方便,适用于降解大规模的含AFB₁的花生粕。臭氧是强氧化剂,对花生粕中其他的物质有一定的破坏,比如维生素和蛋白质。目前,需要对于臭氧处理后的样品进行营养损失的评价和危害评价[13-16]。

3 结语

对黄曲霉毒素B₁污染的花生粕通入臭氧会有很好的脱毒作用,而且在一定的范围内随着处理时间的延长,样品水分的升高,样品质量的降低,脱毒效果增强。通过响应面优化,得出臭氧脱毒的最佳工艺条件,即:臭氧处理时间7.92 min,样品水分质量分数15%,样品质量5.00 g;在该实验条件下,脱毒效果高达85%。

参考文献:

- [1] 李耘. 毒素毒性及降解动态及其进展[M]. 北京: 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 农业部农产品质量标准研究中心, 2012.
- [2] 罗建伟, 李荣涛, 陈兰, 等. 级臭氧去除粮食中黄曲霉毒素 B₁ 的方法研究[J]. 粮食储藏, 2003(4): 29-33.
LUO Jian-wei, LI Rong-tao, CHENG Lan, et al. The study of on Oxidative degradation aflatoxins B₁ in grain[J]. **Grain Storage**, 2003, 4: 29-33. (in Chinese)
- [3] Hassan Yazdanpanah, Tayyebbeh Mohammadi, Giti Abouhossain A, et al. Effect of roasting on degradation of Aflatoxins in contaminated pistachio nuts[J]. **Food and Chemical Toxicology**, 2005, 43: 1135-1139.
- [4] Méndez-Albore A, Nicolás-Vázquez I, Miranda-Ruvalcaba R, et al. Mass Spectrometry/Mass Spectrometry study on the degradation of B-aflatoxins in maize with aqueous citric Acid[J]. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, 2008, 3(2): 482-489.
- [5] Setsuko etsuko tabata, Hisashikamimura Akihiro, Ibe Hidekihashimoto. Degradation of aflatoxins by food additives[J]. **Journal of Food Protection**, 1994, 57(1): 42-47.
- [6] McKenzie K S, Sarr A B. Oxidative degradation and detoxification of myco-toxins using a novel source of ozone food and chemical toxicology[J]. 1997, 35: 807-820.
- [7] 黄达明, 林琳, 林克龙. 加热对减少花生中黄曲霉毒素水平的作用[J]. 中国油脂, 2006, 31(7): 51-53.
HUANG Da-ming, LIN Ling, LIN Ke-long. The effect of detoxification B-aflatoxin in peanut cake by heat treatment[J]. **China Oils and Fats**, 2006, 31(7): 51-53. (in Chinese)
- [8] 关舒, 胡新旭, 马秋刚, 等. 黄曲霉毒素的传统去毒方法和生物降解研究进展[J]. 饲料工业, 2008, 29(24): 57-59.
GUAN Shu, HU Xin-xu, MA Qiu-gang, et al. Aflatoxin detoxification by tradition methods and biological technology[J]. **Feed Industry Magazine**, 2008, 29(24): 57-59. (in Chinese)
- [9] 李建辉, 魏益民, 郭波莉, 等. 二氧化氯对花生中 B₁ 族黄曲霉毒素脱毒效果的研究[J]. 食品科技, 2009, 34(6): 237-240.
LI Jian-hui, WEI Yi-min, GUO Bo-li, et al. Decontamination of B-aflatoxins in peanut with chlorine dioxide treatment[J]. **Food Science and Technology**, 2009, 34(6): 237-240. (in Chinese)
- [10] Chitrangada Das, Mishra H N. In vitro degradation of aflatoxin B₁ by horse radish peroxidase[J]. **Food Chemistry**, 2000, 68: 309-313.
- [11] Mohsen Farzaneh, Zhi-Qi Shi, Alireza Ghassempour. Aflatoxin B₁ degradation by bacillus subtilis UTBSP1 isolated from pistachio nuts of Iran[J]. **Food Control**, 2012, 23: 100-106.
- [12] NY/T1286-2007 花生黄曲霉毒素 B₁ 测定的高效液相色谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [13] Fares A Momani, Daniel W Smith, Mohamed Gamal El-din. Degradation of cyanobacteria toxin by advanced oxidation processes [J]. **Journal of Hazardous Materials**, 2008, 150: 238-249.
- [14] Marc M Huber, Thomas A Ternes, Urs Von Gunten. Removal of Estrogenic activity and formation of oxidation products during ozonation of 17 α -ethinylestradiol[J]. **Environ Sci Technol**, 2004, 38: 5177-5186.
- [15] 朱世云, 张全兴, 陈金龙, 等. 臭氧氧化降解水溶液中 1-萘酚的动力学研究[J]. 环境化学, 1999, 18(3): 227-231.
ZHU Shi-yun, ZHANG Quan-xing, CHENG Jin-long, et al. The kinetic study of ozone oxidation degradation 1-naphthol in solution[J]. **Environmental Chemistry**, 1999, 18(3): 227-231. (in Chinese)
- [16] LIU Xiao-wei, CHEN Zhong-lin, ZHOU Nan, et al. Degradation and detoxification of microcystin-LR in drinking water by sequential use of UV and ozone[J]. **Journal of Environmental Sciences**, 2010, 22(12): 1897-1902.
- [17] Pyo Dongjin, Yoo Jisun. Degradation of cyanobacterial toxin, microcystin LR, using chemical oxidants [J]. **Journal of Immunoassay and Immunochemistry**, 2008, 29: 211-219.
- [18] ZHANG Chun-yong, FU De-gang, GU Zhong-ze. Degradation of microcystin-RR using boron-doped diamond electrode[J]. **Journal of Hazardous Materials**, 2009, 172: 847-853.
- [19] Ji Ying, HUANG Jun-li, FU Jiao, et al. Degradation of microcystin-RR in water by chlorine dioxide[J]. **China Univ Mining & Technol**, 2008, 18: 0623-0628.
- [20] ZHONG Yuan, JIN Xiang-can, QIAO Rui-ping, et al. Destruction of microcystin-RR by Fenton oxidation [J]. **Journal of Hazardous Materials**, 2009, 167: 1114-1118.

- [21] ZHANG Mu-lan, PAN Gang, YAN Hai. Microbial biodegradation of microcystin-RR by bacterium *Sphingopyxis* sp. USTB-05[J]. **Journal of Environmental Sciences**, 2010, 22(2): 168-175.
- [22] Smita Tripathi, Mishra H N. Modeling and optimization of enzymatic degradation of aflatoxin B₁(AFB₁) in red chili powder using response surface methodology[J]. **Food Bioprocess Technol**, 2011(4): 770-780.
- [23] Ayrman R Shawwa, Daniel W Smith. Kinetics of microcystin-LR oxidation by ozone[J]. **Zone Science & Engineering**, 2001, 23: 161-170.
- [24] 冯定远, Atreja P P. 花生饼中黄曲霉毒素化学脱毒的研究[J]. 中国粮油学报, 1997, 12(2): 21-25.
FENG Ding-yuan, Atreja P P. Study on detoxification of aflatoxins in groundnut cake by chemical treatments[J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 1997, 12(2): 21-25. (in Chinese)

会 议 信 息

会议名称(中文): 农业生物多样性与可持续发展国际研讨会

所属学科: 生物信息学, 生态学, 农林基础, 作物学及林木育种、生物学, 农林植物保护学, 园艺学

开始日期: 2013-06-03 结束日期: 2013-06-04

所在城市: 北京市 东城区

主办单位: 中国农业科学院、国际生物多样性中心

联系电话: (39) 06 61181 传真: (39) 06 61979661 E-MAIL: biodiversity@cgiar.org

会议网站: <http://www.caas.net.cn/caasnew/ggfw/kyxx/72084.shtml>

会议名称(中文): 2013 多不饱和脂肪酸与代谢国际研讨会

所属学科: 化学生物学, 生物信息学, 药理学, 诊断学与治疗学基础

开始日期: 2013-06-03 结束日期: 2013-06-04

所在城市: 上海市 徐汇区 具体地点: 上海市岳阳路 319 号

主办单位: 中国科学院上海生命科学研究院营养科学研究所

议题: 1. 前列腺素代谢与心血管生物学; 2. P450 和 EET 与心血管疾病; 3. LOX 及代谢产物与心血管疾病; 4. ω -3

不饱和脂肪酸代谢与疾病

会议主席: 尹慧勇 余鹰

联系人: 夏林

联系电话: 021-54970782

E-MAIL: xialin@sibs.ac.cn

会议网站: http://www.nutrition.ac.cn/cpSeminar_1.asp?id=2325

会议名称(中文): 首届全国固体有机废弃物生物转化及资源化利用研讨会

所属学科: 生物技术与生物工程

开始日期: 2013-07-06 结束日期: 2013-07-08

所在城市: 湖北省 武汉市 具体地点: 武汉华中农业大学

主办单位: 由中国微生物学会农业微生物专业委员会

承办单位: 农业微生物学国家重点实验室

全文截稿日期: 2013-05-10

联系人: 郑龙玉博士

联系电话: 15072302730

E-MAIL: longyu82@gmail.com

会议网站: http://hzaml.hzau.edu.cn/sysdt/201303/t20130308_26355.htm