

综述

植物挥发油对黄曲霉毒素产生菌及其毒素合成的影响

李红玲, 高微微

(中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所 中草药物质基础与资源
利用教育部重点实验室, 北京 100193)

摘要: 黄曲霉毒素(AFT)是由黄曲霉(*Aspergillus flavus*)和寄生曲霉(*Aspergillus parasiticus*)等曲霉属真菌产生的次生代谢产物,具有致畸、致癌、致突变等作用。AFT污染多种粮食作物及食品,其极强的毒性严重威胁到人体健康。寻找各种黄曲霉毒素抑制剂已成为国内外研究的热点。部分抗生素类药物及化学杀菌剂虽然具有较强的抗黄曲霉作用,但鉴于其毒副作用较明显,使用范围非常有限。近二十年来,人们开始从天然产物中寻找毒副作用低、易降解并且安全性高的黄曲霉抑制剂。本文对天然植物挥发油及其单体成分抑制黄曲霉和寄生曲霉生长并抑制AFT合成,以及在粮食、食品及其包装等方面的应用情况进行综述,为进一步研究植物挥发油类成分的抑菌机制和产品开发提供参考。

关键词: 挥发油; 抑菌; 黄曲霉毒素; 黄曲霉; 寄生曲霉; 食品安全

中图分类号: S482.292 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2012)06-0590-06

**Effects of essential oils on the growth and aflatoxin production of
Aspergillus Flavus and *Aspergillus Parasiticus***

Li Hongling, Gao Weiwei

(The Key Laboratory of Bioactive Substances and Resources Utilization of Chinese Herbal Medicine,
Ministry of Education, Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences
& Peking Union Medical College, Beijing 100193, China)

Abstract: Aflatoxins (AFTs), a group of toxic secondary metabolites, are produced by species of *Aspergilli*, especially *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. AFTs have been proved to be potent carcinogens, mutagens, and steratogens. The contamination of AFTs in cereal and foods brings a significant health problem due to their strong toxicity. Developing antiaflatoxigenic inhibitors has become a research hotspot. Some antibiotics and chemical fungicides were effective *Aspergilli* inhibitor, but were not widely used because of their obvious toxic and adverse effects. In recent two decades, some natural antiaflatoxigenic inhibitors with lower side effects and easy degradation have been discovered. This paper summarized reports about anti-*aspergilli* and antiaflatoxigenic activities of plant essential oils, their constituents and relevant application. This information may provide reference for further research on the antimicrobial mechanisms of plants volatile oils and product development.

Key words: Essential oil; antimicrobial; aflatoxin; *Aspergillus flavus*; *Aspergillus parasiticus*; food safety

20 世纪 60 年代,人们从英国发生的大量火鸡死亡事件中首次发现了黄曲霉毒素(AFT),在之后的 50 年中,对于 AFT 的毒性、产生菌、毒素合成途径以及防控技术等方面都有了长足的进展。AFT 主要产生于黄曲霉(*Aspergillus flavus*)和寄生曲霉(*Aspergillus parasiticus*)等曲霉菌属真菌,其中黄曲

霉主要产生黄曲霉毒素 B₁和 B₂(AFB₁和 AFB₂),而寄生曲霉除了能产生 AFB₁和 AFB₂外还可产生 AFG₁、AFG₂、AFG₃和 AFG₄。AFTs 是一类重要的真菌毒素,其中 AFB₁是一种强的致癌剂。另外,AFB₁进入机体内可以转化为黄曲霉毒素 M₁(AFM₁)进入乳汁中,从而影响奶制品质量,并会威胁到母婴健康。

每年因 AFT 污染给各国经济带来重大损失,由于曲霉菌广泛分布于空气和土壤中,在粮食和食品生产中很难避免,因此寻找和开发各种抗霉菌及 AFTs 合成抑制剂就成为克服污染的重要措施。目前已报道有多种来源于植物的提取物和化合物具

收稿日期:2011-12-25

作者简介:李红玲 女 博士生 研究方向为生药学

E-mail:lh0081@163.com

通信作者:高微微 女 研究员 研究方向为中药材质量及化学生

态学研究 E-mail:wwgao2009@yahoo.cn

有抑制黄曲霉毒素合成的作用,其中有关挥发油的研究相对较多。本文通过对国内外相关文献的调研,对诸多挥发油抑制黄曲霉和寄生曲霉生长和产毒作用的报道进行综述,并根据挥发油在预防食品中 AFT 污染方面的应用现状,对其应用前景进行分析。

1 挥发油的抑菌作用

近十几年来,陆续发现多种含挥发油的植物具有抗真菌活性。研究者从天然植物中提取挥发油,进行抑菌实验并观察对产毒真菌毒素合成的影响,已报道挥发油具有抑制黄曲霉或寄生曲霉生长和产毒的常见植物有 30 余种(表 1)。

表 1 挥发油对黄曲霉或寄生曲霉生长和产毒的影响
Table 1 The effect of Essential oil on mycelia growth and aflatoxin production of *A. flavus* and *A. parasiticus*

植物名	靶标菌株	抑制真菌生长浓度	抑制产毒浓度
藿香蓟 ^[1]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	30 μg·ml ⁻¹ a	0.1 μg·ml ⁻¹ A
印楝 ^[2-3]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	1 000 μl·ml ⁻¹ a	1 000 μl·ml ⁻¹ A
	黄曲霉(<i>A. flavus</i> SRRC 1007)	2.5 μl·ml ⁻¹ a	10 μl·ml ⁻¹ B
巴戟天 ^[2]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	50 μl·ml ⁻¹ b	1 000 μl·ml ⁻¹ A
樟树 ^[4]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	—	0.750 mg·ml ⁻¹ A
红豆蔻 ^[4]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	—	0.5 mg·ml ⁻¹ A
天竺葵 ^[5]	黄曲霉(<i>A. flavus</i> KCCM 11453)	1.56 mg·ml ⁻¹ d	—
野茉莉 ^[5]	黄曲霉(<i>A. flavus</i> KCCM 11453)	0.78 mg·ml ⁻¹ d	—
甜橙 ^[6]	黄曲霉(<i>A. flavus</i> NKD-116)	8.84 μl·ml ⁻¹ c	5 μl·g·ml ⁻¹ A
脐橙 ^[6]	黄曲霉(<i>A. flavus</i> NKD-116)	9.45 μl·ml ⁻¹ c	5 μl·ml ⁻¹ A
何首乌 ^[7]	黄曲霉(<i>A. flavus</i> ATCC 15546)	0.1 mg·ml ⁻¹ e	0.15 mg·ml ⁻¹ B
百里香 ^[8-10]	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i> NRRL-2999)	0.25 mg·ml ⁻¹ b	0.25 mg·ml ⁻¹ B
	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	0.5 mg·ml ⁻¹ b	2.0 μg·ml ⁻¹ B
	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i>)	0.5 mg·ml ⁻¹ b	
	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	0.32 μl·ml ⁻¹ d	
		0.32 μg·ml ⁻¹ e	
香茅 ^[11-13]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	1.5 μl·ml ⁻¹ d	1.0 μl·ml ⁻¹ A
	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i> ATCC 120920)	0.2 mg·ml ⁻¹ b	0.4 mg·ml ⁻¹ B
	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	0.6 mg·ml ⁻¹ d	0.1 mg·ml ⁻¹ A
罗勒 ^[7,10,14]		1.0 mg·ml ⁻¹ e	
	黄曲霉(<i>A. flavus</i> NKDHV8)	0.3 μl·ml ⁻¹ d	0.3 μl·ml ⁻¹ B
	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	3 mg·ml ⁻¹ a	
	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i>)		
风轮菜 ^[15]	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i> CFR 223)	1 % (v/v) b	5 % (v/v) B
	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	6.5 μl·ml ⁻¹ b	
	土荆芥 ^[16]	500 μg·ml ⁻¹ d	
迷迭香 ^[17]	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i> NRRL 2999)	3 000 μg·ml ⁻¹ B	
糙果芹 ^[17]		1.755 mg·ml ⁻¹ d	0.45 mg·ml ⁻¹ B
	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i> NRRL 2999)	0.6 mg·ml ⁻¹ d	0.45 mg·ml ⁻¹ B
玉蜀黍 ^[18]		3 mg·ml ⁻¹ e	
	黄曲霉(<i>A. flavus</i> RCD65)	1 000 μg·g ⁻¹ b	2,3 μg·g ⁻¹ B
	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i> RCT20)		
金盏花 ^[10]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	2 mg·ml ⁻¹ b	2.0 μg·ml ⁻¹ B
	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i>)		
白苏 ^[10]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	3 mg·ml ⁻¹ b	—
	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i>)		
桂皮 ^[10]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	0.5 mg·ml ⁻¹ b	2.0 μg·ml ⁻¹ B
	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i>)		
大茴香 ^[8]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	0.5 mg·ml ⁻¹ b	2.0 μg·ml ⁻¹ B
	寄生曲霉(<i>A. parasiticus</i>)		
丁香 ^[19]	黄曲霉(<i>A. flavus</i> IBT 15606)	3.5 mg·ml ⁻¹ a	—
	黄曲霉(<i>A. flavus</i> IBT 21315)		
Chysactinia mexicana ^[20]	黄曲霉(<i>A. flavus</i> SRRC 1273)	1.25 μg·ml ⁻¹ a	—
海马齿 ^[21]	黄曲霉(<i>A. flavus</i> ATCC 10124)	2.5 μl·ml ⁻¹ b	—
黑香种草 ^[22]	黄曲霉(<i>A. flavus</i>)	—	2.0 mg·ml ⁻¹ B

注:根据对曲霉生长抑制率将数据分为 a 抑制率 100%,b 抑制率 <100%,c 抑制 50% 真菌生长浓度(IC₅₀),d 最低抑菌浓度(MIC),e 最低杀菌浓度(MFC);根据对曲霉产毒的抑制率将数据分为 A 完全抑制产毒,B 对产毒的抑制率 <100%;— 未做相关实验研究;[] 中的数字为参考文献顺序号。

表 1 列出的 26 种植物多数属于唇形科、菊科、芸香科、伞形科、豆科植物。来源于不同植物的挥

发油抑制黄曲霉或寄生曲霉生长和产毒的活性有较大差异。抑制真菌菌丝体生长的浓度范围一般在 $0.3 \sim 3500 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$, 抑制产毒浓度范围在 $0.1 \sim 3000 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 。其中作用较强的有藿香蓟、百里香、罗勒、橙等。值得注意的是, 在不同报道中同种植物挥发油对同一种菌的作用有差别, 如印楝、罗勒。推测原因一方面是菌株不同, 另一方面是不同地区、不同品种的植物挥发油化学成分造成的。

同一种植物挥发油抑制菌丝生长浓度往往高于产毒的浓度, 例如, Nogueira J H 等^[1]发现藿香蓟地上部分提取的挥发油在浓度为 $30 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 时, 具有抑制黄曲霉生长作用, 而当浓度在 $0.10 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 时就可以完全抑制黄曲霉产毒。除此之外, 百里香、香茅、迷迭香、甜橙、脐橙、玉蜀黍、金盏花等挥发油抑制产毒真菌产毒浓度都比抑制菌丝生长浓度低。

有关挥发油抑制产毒的机制研究报道较少, 只在香茅挥发油的作用方面有较系统的研究。香茅 (*Cymbopogon citratus*) 又称柠檬草 (Lemon grass), 早在 1995 年 Daw Z Y 等^[12]就报道了香茅挥发油具有抑制寄生曲霉生长和产毒的作用。2003 年 Paranagama PA 等^[13]又发现香茅挥发油对从大米中分离得到的黄曲霉具有抑菌 ($0.6 \text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$)、杀菌 ($1.0 \text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$) 和抑制产毒 ($0.1 \text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$) 作用。2007 年 Helal GA 等^[11]发现其作用机制在于可以抑制黄曲霉生长和产孢, 并可使菌丝体质膜破损, 线粒体结构破坏, Ca^{+2} 、 K^{+} 和 Mg^{+2} 外流增加, 胞内液体成分减少, 饱和与非饱和脂肪酸增加, 有研究者

认为这些综合因素可能最终抑制黄曲霉产毒。

有研究者发现当两种挥发油合用或与抗生素联用时, 往往具有联合增效的作用。Srivastava B 等^[4]报道樟树和红豆蔻挥发油在浓度分别为 $750 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 和 $500 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 时均可完全抑制菌株 *A. flavus* saktiman 3Nst 产 AFT。当二者合用时, 混合挥发油浓度只需要在 $250 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 时就可以达到完全抑制效果。Shin S 等^[5]研究发现, *P. Graveolens* 挥发油及其主成分香叶醇 (geraniol) 和香茅醇 (citronellol) 可以提高两性霉素 B 或酮康唑抑制黄曲霉生长的作用。

2 挥发油来源及抑菌成分

挥发油 (Volatile oil) 又称精油 (Essential oil), 是由天然芳香性植物所产生的具有挥发性的小分子次生代谢产物, 常于中药制剂、化妆品、清洁剂中。挥发油通常采用蒸馏的方式提取, 一般含有 20 ~ 60 种成分, 主要包括醛、醇、酮、萜、萜烯及其衍生物, 但往往有 2 ~ 3 种主成分含量可以占到 20% ~ 70%。

虽然挥发油成分非常复杂, 但挥发油中主要单体可能决定了其生物活性, 已经报道的对黄曲霉和寄生曲霉的生长、孢子萌发及其产毒有影响的挥发油中的化学成分有丁香酚 (存在于丁香、九里香、樟等植物中)、肉桂醛 (存在于肉桂、藿香、风信子等植物中)、香叶醛 (存在于玫瑰中)、橙花醛、麝香草酚、香芹酚等 (表 2)。

表 2 挥发油中活性单体成分对黄曲霉或寄生曲霉生长和产毒的影响

Table 2 The effect of active components in essential oil on mycelia growth and aflatoxin production of *A. flavus* and *A. parasiticus*

活性成分	靶标菌株	抑制真菌生长浓度		抑制产毒浓度
		MIC	MFC	
丁香酚 ^[23]	黄曲霉 (<i>A. flavus</i> NKDHV8)	$0.2 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$		$0.1 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$ A
肉桂醛 ^[24]	黄曲霉 (<i>A. flavus</i>)	$0.022 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$		—
香叶醛 ^[25]	黄曲霉 (<i>A. flavus</i>)	$1.03 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$,	$1.13 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$	—
橙花醛 ^[25]	黄曲霉 (<i>A. flavus</i>)	$1.58 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$	$2.13 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$	—
香芹酚 ^[8,26]	黄曲霉 (<i>A. flavus</i> F44)	$0.32 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$	$0.32 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$	0.69mM B
	寄生曲霉 (<i>A. parasiticus</i> NRRL 2999)	0.79mM		0.55mM C
麝香草酚 ^[8,26]	黄曲霉 (<i>A. flavus</i> F44)	$0.32 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$	$0.64 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$	0.50mM B
	寄生曲霉 (<i>A. parasiticus</i> NRRL 2999)	0.86mM		0.06mM C
蒈罗子洋芹醛 ^[27]	寄生曲霉 (<i>A. Parasiticus</i> NRRL 2999)	—	$0.15 \mu\text{M}$ B	

注: 根据对曲霉生长的抑制率数据分为, MIC 最低抑菌浓度, MFC 最低杀菌浓度; 根据对曲霉产毒的数据分为, A 完全抑制曲霉产 AFB₁, B 抑制曲霉产 AFB₁ 的 IC₅₀, C 抑制曲霉产 AFG₁ 的 IC₅₀; — 未做相关实验研究; [] 中的数字为参考文献顺序号。

丁香酚和肉桂醛主要是通过破坏细胞器而达到抗菌作用。Kumar A 等^[23]报道丁香酚主要作用于真菌的细胞膜, 可以有效抑制黄曲霉的生长和黄曲霉毒素 B₁ 的产生, 最低抑菌浓度为 $0.2 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$, 抑制黄曲霉毒素产生的浓度为 $0.1 \mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$ 。肉桂醛主要通过破坏真菌的细胞壁, 渗入到细胞内而起

作用。Lopez P 等^[24]采用蒸汽扩散法, 考察肉桂醛对常见真菌的抑制作用, 结果显示, 肉桂醛对黄曲霉生长具有很强的抑制作用。

挥发油中有的异构体抗菌作用相似, 例如, 香叶醛和橙花醛是柠檬醛的顺反异构体, Shukla R 等^[25]发现这对异构体对黄曲霉均具有抑制作用, 但

抗菌活性不同。 $1.0 \mu\text{l}\cdot\text{ml}^{-1}$ 的香叶醛和橙花醛对黄曲霉生长抑制率分别为 $(96.6 \pm 1.6)\%$ 和 $(68.7 \pm 3.1)\%$,香叶醛和橙花醛对黄曲霉的 MIC 分别为 $1.03/1.58 \mu\text{l}\cdot\text{ml}^{-1}$,对黄曲霉的 MFC 分别为 $1.13/2.13 \mu\text{l}\cdot\text{ml}^{-1}$ 。挥发油中有的化合物并不是对真菌合成各毒素的作用都相同。例如 Razzaghi M 等^[27]发现莪薊子洋芹醚可以抑制寄生曲霉产生 AFG₁, IC₅₀为 $0.15 \mu\text{m}$,但对寄生曲霉生长和合成 AFB₁ 均无抑制作用。

麝香草酚和香芹酚为香味薄荷挥发油中的主要成分。实验表明^[28],麝香草酚和香芹酚剂量依赖性地抑制真菌生长,并抑制寄生曲霉合成 AFB₁ 和 AFG₁。据上述实验结果推测,同一种植物挥发油中不同单体化合物的抑菌作用可能不同。

3 挥发油在抑制黄曲霉毒素方面的应用

目前虽然已经有化学杀菌剂(如扑海因和乙磷铝等)可以有效抑制农作物在储存过程中的真菌污染^[28],但是这些化学杀菌剂可能会导致其耐药菌群仍然在作物中大量繁殖,并且毒性残留物会对环境和人们身体健康带来危害。而植物挥发油及其所含单体成分毒性低或无毒,可自然降解,且对黄曲霉或寄生曲霉具有较强的抑制作用,具有较好的开发前景,目前已有挥发油在粮农作物、食品、水果等中的相关应用研究报道。

3.1 混合于粮食种子中

在民间人们积累了许多应用挥发油来抗菌的经验,例如在尼日利亚,农民将香茅和瓜子混合储存,用于预防瓜子被真菌污染。随后的研究发现,香茅挥发油与瓜子混合后密闭,室温培养 14 天,在剂量 $5 \mu\text{l}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $100 \mu\text{l}\cdot\text{g}^{-1}$ 种子中,可以完全抑制黄曲霉产毒^[28]。在农作物方面,一些挥发油可以应用于瓜子、玉米、豆类等预防 AFT 污染。Bankole S A 等^[2]报道,将两种尼日利亚药用植物印楝和巴戟天挥发油与表面灭菌的玉米种子混合,21 h 后接种黄曲霉,结果发现印楝挥发油在浓度为 500 ppm、巴戟天挥发油在 1000 ppm 时可以完全抑制玉米上黄曲霉产毒。Shukla R 等^[29]发现 *Lippia alba* 挥发油及其两种单萜类成分(香叶醛和卡比吗唑)可以抑制种子被黄曲霉污染,并且对种子的萌发和生长均无影响,研究者认为此挥发油可以用于预防黄曲霉及黄曲霉毒素污染食用豆类。

3.2 涂布在食品表面

Gandomi H 等^[30]报道,何首乌挥发油可以抑制黄曲霉在奶酪上的生长、产孢和产黄曲霉毒素。研究者将切割均匀的奶酪在紫外线下表面灭菌 30

min,涂布不同浓度的何首乌挥发油,然后接种黄曲霉孢子悬液,发现当何首乌挥发油浓度在最大剂量 $1000 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 时对真菌产 AFB₁、AFB₂、AFG₁和 AFG₂的抑制率分别为 72.3%、81.4%、76% 和 83%。

3.3 填充于食品包装中

挥发油在食品包装中的应用性研究刚刚起步。Gutierrez L 等^[30]利用各种挥发油的抑菌作用(如黄曲霉强抑制剂麝香草酚),研究了其在食品包装中的应用。研究者认为虽然一些挥发油具有良好的抑菌作用,但是由于其气味不适,如芥子油^[19],所以需要与其他芳香性挥发油合用以达到即抑菌又气味宜人的效果。研究者提出诸如热狗等食品包装可以将抗真菌的活性物质(如挥发油)作为食品包装材料的添加剂。

4 展望

虽然目前已有物理、化学及生物学的方法用于预防食品和饲料中黄曲霉毒素的污染,例如通过乳酸菌吸附黄曲霉毒素^[31],但是这些方法的安全性仍有待探讨。因此,在作物收获期农产品储存期内使用更为安全的措施预防黄曲霉毒素污染显得更为重要。天然植物成分作为抗菌剂用于粮食防霉及食品保鲜具有易降解、低毒、低残留的优势,虽然芳香植物用于粮食防霉在我国已有悠久的历史,但近二十年才明确挥发油对产毒霉菌及其产生毒素的抑制作用。目前研究发现的具有抑制黄曲霉或寄生曲霉生长和产毒的植物挥发油约 30 种,其中明确活性化学成分的只有 10 余种。为了更好地开发和利用我国植物挥发油资源,今后需要从以下几方面进行深入研究。

4.1 加强抗 AFT 挥发油资源的调查研究

国外目前发现的具有抗真菌毒素活性的挥发油较多,而我国在此方面的研究较少,以往报道其抑菌活性主要在病原细菌、病原真菌方面。我国含挥发油的植物资源丰富、种类繁多且成分多样,但是针对有抗真菌毒素活性的挥发油的资源调查研究不足,有待于进一步加强。在研究初期,可以首先选择以往报道有抑菌作用并且挥发油含量较高的植物,提高筛选效率。

4.2 开展挥发油抗产毒曲霉与抗 AFT 的相关机制研究

从目前的研究结果看,多数植物挥发油对黄曲霉和寄生曲霉都具有抑制作用,但是同一种挥发油对不同曲霉菌的抑制程度有差异,造成这种差异的原因目前尚不清楚。另外,同种曲霉菌对不同挥发油的敏感性也不尽相同,挥发油对不同菌的作用靶

点可能不同,而不同菌对挥发油的解毒机制是否存在差异也是值得深入研究的课题。挥发油抑制某个菌株产毒的浓度往往低于抑制该菌生长的浓度,此现象说明挥发油的抑毒与抑菌可能存在两种机制。目前,对于一些挥发油抑制 AFT 合成的机制多是从曲霉的孢子或菌丝体的形态学变化进行研究,利用生理生化及基因分子生物学技术将有助于这些机制的阐明;利用差异显示反转录聚合酶链式反应(DDRT-PCR)技术可以分析挥发油或其单体成分作用下菌株黄曲霉合成途径中关键酶基因的差异表达,从而阐明该挥发油作用的基因靶位点。挥发油抗 AFT 的分子生物学机制研究将为其开发应用提供可靠的理论基础。

4.3 抗 AFT 挥发油在农产品及食品中的应用研究

虽然目前已有抗 AFT 挥发油的应用性研究,如混合在种子中,涂布在食物表面及填充于食品包装中,但这些仅仅是实验性研究,尚未形成产业化技术应用于市场。植物挥发油作为防霉剂开发,主要优势在于其具有低毒且容易降解的特性。但由于成本相对较高,不适宜用在粮食、饲料等经济附加值低的领域;而在食品加工保藏、水果保鲜等方面可能具有较好的应用前景。选择挥发油中安全无毒的抗 AFT 活性成分进行大量的人工合成,也可大幅度降低其应用成本。而且目前,丁香酚和肉桂醛这两种明确具有抗 AFT 活性成分已经可以人工合成。一般认为,具有抑菌活性的挥发油都具有强烈的气味,在实际应用过程中也需要考虑将活性挥发油与芳香的挥发油混合使用以提高食品的适口性。在应用研究方面重要的是要针对使用对象,从挥发油种类的选择、制成工艺、质量标准、使用方法及成本核算等方面综合考虑。利用我国丰富的挥发油资源,从中筛选抗 AFT 及其产生菌的高活性成分,将为解决食品中 AFT 污染问题提供新的技术和途径。

参考文献

- [1] NOGUEIRA J H, GONCALEZ E, GALLETI S R, et al. Ageratum conyzoides essential oil as aflatoxin suppressor of *Aspergillus flavus* [J]. Int J Food Microbiol, 2010, 137: 55-60.
- [2] BANKOLE S A. Effect of essential oils from two Nigerian medicinal plants (*Azadirachta indica* and *Morinda lucida*) on growth and aflatoxin B1 production in maize grain by a toxigenic *Aspergillus flavus* [J]. Letters in Applied Microbiology, 1997, 24: 190-192.
- [3] ZERINGUE H J, SHIH B Y, BHATNAGAR D. Effects of clarified neem oil on growth and aflatoxin B1 formation in submerged and plate cultures of aflatoxigenic *Aspergillus* spp [J]. Phytoparasitica, 2001, 29: 361-366.
- [4] SRIVASTAVA B, SINGH P, SHUKLA R, et al. A novel combination of the essential oils of *Cinnamomum camphora* and *Alpinia galanga* in checking aflatoxin B1 production by a toxigenic strain of *Aspergillus flavus* [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2008, 24: 693-697.
- [5] SHIN S. Anti-*Aspergillus* activities of plant essential oils and their combination effects with ketoconazole or amphotericin B [J]. Arch Pharm Res, 2003, 26: 389-393.
- [6] SINGH P, SHUKLA R, PRAKASH B, et al. Chemical profile, antifungal, antiaflatoxigenic and antioxidant activity of *Citrus maxima* Burm and *Citrus sinensis* (L.) Osbeck essential oils and their cyclic monoterpene, DL-limonene [J]. Food and Chemical Toxicology, 2010, 48(6): 1734-1740.
- [7] GANDOMI H, MISAGHI A, BASTI AA, et al. Effect of *Zataria multiflora* Boiss. essential oil on growth and aflatoxin formation by *Aspergillus flavus* in culture media and cheese [J]. Food Chem Toxicol, 2009, 47: 2397-2400.
- [8] PINTO E, PINA-VAZ C, SALGUEIRO L, et al. Antifungal activity of the essential oil of *Thymus pulegioides* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species [J]. J Med Microbiol, 2006, 55: 1367-1373.
- [9] RASOOLI I, OWLIA P. Chemoprevention by thyme oils of *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin production [J]. Phytochemistry, 2005, 66: 2851-2856.
- [10] SOLIMAN K M, BADEAA R I. Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi [J]. Food Chem Toxicol, 2002, 40: 1669-1675.
- [11] HELAL G A, SARHAN M M, ABU-SHAHLA A N, et al. Effects of *Cymbopogon citratus* L. essential oil on the growth, morphogenesis and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* ML2-strain [J]. J Basic Microbiol, 2007, 47: 5-15.
- [12] DAW Z Y, EL-BAROT G E, MAHMOUD E A. Inhibition of *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin production by some essential oils [J]. African Crop Science Journal, 1995, 3(4): 511-518.
- [13] PARANAGAMA P A, ABEYSEKERA K, ABEYWICKRAMA K, et al. Fungicidal and anti-aflatoxigenic effects of the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. (lemongrass) against *Aspergillus flavus* Link. isolated from stored rice [J]. Lett Appl Microbiol, 2003, 37: 86-90.
- [14] ATANDA OO, AKPAN I, OLUWAFEMI F. The potential of some spice essential oils in the control of *A. parasiticus* CFR 223 and aflatoxin production [J]. Food control, 2007, 18: 601-607.
- [15] DIKBAS N, KOTAN R, DADASOGLU F, et al. Control of *Aspergillus flavus* with essential oil and methanol extract of *Satureja hortensis* [J]. Int J Food Microbiol, 2008, 124: 179-182.
- [16] KUMAR R, MISHRA A K, DUBEY N K, et al. Evaluation of *Chenopodium ambrosioides* oil as a potential source of antifungal, antiaflatoxigenic and antioxidant activity [J]. Int J Food Microbiol, 2007, 115: 159-164.
- [17] RASOOLI I, FAKOOR M H, YADEGARINIA D, et al. Antimycotoxigenic characteristics of *Rosmarinus officinalis* and *Trachyspermum copticum* L. essential oils [J]. Int J Food Microbiol, 2008, 122: 135-139.
- [18] BLUMA R V, ETCHEVERRY M G. Application of essential oils

- in maize grain: impact on *Aspergillus* section Flavi growth parameters and aflatoxin accumulation[J]. Food Microbiol, 2008, 25:324-334.
- [19] NIELSEN P V, RIOS R. Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil[J]. Int J Food Microbiol, 2000, 60:219-229.
- [20] CARDENAS-ORTEGA N C, ZAVALA-SANCHEZ M A, AGUIRRE-RIVERA J R, et al. Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Chrysactinia mexicana* gray [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53:4347-4349.
- [21] MAGWA M L, GUNDIDZA M, GWERU N, et al. Chemical composition and biological activities of essential oil from the leaves of *Sesuvium portulacastrum* [J]. J Ethnopharmacol, 2006, 103:85-89.
- [22] SHAKYA A K, SALLAL A. Effect of *Nigella sativa* extract and oil on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* [J]. Turk J Biol, 2007, 31:155-159.
- [23] KUMAR A, SHUKLA R, SINGH P, et al. Chemical composition, antifungal and antiaflatoxic activities of *Ocimum sanctum* L. essential oil and its safety assessment as plant based antimicrobial [J]. Food Chem Toxicol, 2010, 48:539-543.
- [24] LOPEZ P, SANCHEZ C, BATLLE R, et al. Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms [J]. J Agric Food Chem, 2007, 55:4348-4356.
- [25] SHUKLA R, KUMAR A, SINGH P, et al. Efficacy of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown essential oil and its monoterpene aldehyde constituents against fungi isolated from some edible legume seeds and aflatoxin B1 production [J]. Int J Food Microbiol, 2009, 135:165-170.
- [26] RAZZAGHI-ABYANEH M, SHAMS-GHAHFAROKHI M, YOSHINARI T, et al. Inhibitory effects of *Satureja hortensis* L. essential oil on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* [J]. Int J Food Microbiol, 2008, 123:228-233.
- [27] RAZZAGHI-ABYANEH M, YOSHINARI T, SHAMS-GHAHFAROKHI M, et al. Dillapiol and Apiol as specific inhibitors of the biosynthesis of aflatoxin G1 in *Aspergillus parasiticus* [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2007, 71:2329-2332.
- [28] BANKOLE S A, JODA A O, ASHIDI J. S. The use of powder and essential oil of *Cymbopogon citratus* against mould deterioration and aflatoxin contamination of 'egusi' melon seeds [J]. Basic Microbiol, 2005, 45:20-30.
- [29] SHUKLA R, KUMAR A, SINGH P, et al. Efficacy of *Lippia alba* (Mill.) NE Brown essential oil and its monoterpene aldehyde constituents against fungi isolated from some edible legume seeds and aflatoxin B1 production [J]. Int J Food Microbiol, 2009, 135:165-170.
- [30] GUTIERREZ L, ESCUDERO A, BATLLE R, et al. Effect of mixed antimicrobial agents and flavors in active packaging films [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57:8564-8571.
- [31] 刘畅, 刘阳, 邢福国. 黄曲霉毒素生物学脱毒方法研究进展 [J]. 食品科技, 2010(5):290-293.

欢迎订阅 2013 年中国酿造杂志

《中国酿造》由中国商业联合会主管,由中国调味品协会与北京食品科学研究院主办,由中国酿造编辑部编辑。自 1982 年创刊以来,见证着我国改革开放酿造行业的发展,书写着过去和未来的篇章,传播着我国酿造行业的基础研究和应用研究方面的科研成果,探讨着酿造行业关注的热点话题。一直是酿造同仁们学术交流的重要平台。

本刊历次入选为中文核心期刊,中国科技核心期刊,学位与研究生教育的中文重要期刊,早已被美国《化学文摘》(CA)列入重点收录期刊,并且是“中国知网”的重点收录期刊。

本刊为月刊,大 16 开,每期 200 页。

订阅方式

向本社订阅(最快捷方式):电话:010-83152738\2308 传真:010-83152738

在当地邮局订阅:邮发代号:2-124 国外发行代号:BM 1437 国际刊号:ISSN 0254-5071 国内刊号:CN 11-1818/TS

网上订阅:登陆《中国酿造》主页 www.chinabrewing.net.cn 进行订阅

银行转帐:建行北京兴融支行 帐户:北京中酿杂志社 帐号:11001028300056017499

邮局汇款:北京市西城区禄长街头条 4 号《中国酿造》编辑部 邮编:100050

定价:15.00 元/期 180.00 元/年(12 期)均含邮费