

论著

基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱鉴定食品真菌影响因素的探讨

李凤琴¹ 吴多加¹ 武淑真² 李玉伟¹

(1. 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所,北京 100021;

2. 中国医学科学院基础医学研究所,北京 100730)

摘要:目的 探讨培养基成分、培养时间对基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱(MALDI-TOF-MS)分析真菌的影响以及该法鉴别产毒和非产毒真菌的可能性。方法 (1)实验模式菌株红曲菌分别接种于查氏酵母提取琼脂培养基(CYA)和麦芽提取琼脂培养基(MEA),曲霉属分别接种于CYA、查氏琼脂培养基(CA)、马铃薯-葡萄糖-琼脂培养基(PDA)和麦芽汁琼脂培养基(MA),青霉属分别接种于CA、CYA和MA培养基,镰孢菌属分别接种于CA、MA和PDA培养基,培养10 d(红曲菌)和7 d后进行MALDI-TOF-MS分析;(2)模式菌株寄生曲霉接种于PDA培养基,在培养5、7、10和14 d时进行MALDI-TOF-MS分析;(3)产毒和非产毒(或低产毒)红曲菌和黄曲霉分别接种于MEA和PDA培养基,培养7 d后进行MALDI-TOF-MS分析。结果 CYA、PDA、CA和MA分别是红曲菌、曲霉属黄绿组和镰孢菌属、曲霉属黑色组、青霉属进行MALDI-TOF-MS分析的最适培养基;真菌进行MALDI-TOF-MS分析的最佳培养时间为7 d;从MALDI-TOF-MS质谱图上尚不能区分红曲菌高产毒株和低产毒株;黄曲霉产毒株和非产毒株的质谱图各异。结论 MALDI-TOF-MS进行真菌鉴定时必须对培养基、培养时间进行标化。

关键词:真菌;光谱法;质量;基质辅助激光解吸电离;生物学鉴定法;因素分析;统计学

Study on Factors Influencing Identification of Fungi by Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight Mass Spectrometry

LI Feng-qin, WU Duo-jia, WU Shu-zhen, LI Yu-wei

(National Institute for Nutrition and Food Safety, Chinese CDC, Beijing 100021, China)

Abstract: Objective To study the effect of medium composition and cultivation time on identification of fungi by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF-MS). To explore the possibility of differentiating toxigenic fungus from nontoxigenic one by MALDI-TOF-MS. **Methods** (1) *Monascus ruber* was inoculated on czapek yeast agar (CYA) and malt extract agar (MEA) media, *Aspergillus* species on czapek agar (CA), potato dextrose agar (PDA), malt agar (MA) and CYA media, *Penicillium* species on CA, CYA and MA media, *Fusarium* species on CA, MA and PDA media, respectively. *M. ruber* was incubated for 10 days and others for 7 days, respectively and analyzed by MALDI-TOF-MS. (2) *A. parasiticus* was inoculated on PDA media, incubated for 14 days and analyzed by MALDI-TOF-MS at day 5, day 7, day 10 and day 14, respectively. (3) Toxigenic *M. ruber* and *A. flavus* with high and low levels of toxin production as well as nontoxigenic one were inoculated on MEA and PDA media, respectively, incubated for 7 days and analyzed by MALDI-TOF-MS. **Results** CYA, PDA, CA as well as MA are the optimum media for identification of *Monascus*, both *Aspergillus* olivine group and *Fusarium* species, *Aspergillus* black group and *Penicillium* species, respectively by MALDI-TOF-MS. The optimum cultivation time for fungi analysis by MALDI-TOF-MS is day 7. It is not easy to differentiate the toxigenic *Monascus* strains with high levels of citrinin production from those with low levels of citrinin production. But it is quite different in MALDI-TOF-MS spectrum between toxigenic and nontoxigenic *A. flavus*. **Conclusion** It is essential to standardize the media and cultivation time in fungal identification by MALDI-TOF-MS.

Key word: Fungi; Spectrometry, Mass, Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization; Biological Assay; Factor Analysis, Statistical

基金项目:国家自然科学基金资助课题(30471456);国家“十一五”科技支撑计划资助课题(2006BAK02A27)。

作者简介:李凤琴 女 研究员

用 MALDI - TOF - MS 进行食品真菌检测与鉴定时受诸多因素的影响。对真菌形态学的研究表明,同一菌株的形态特性、显微镜下特征、生长速度和代谢产物等在不同培养基、不同培养时间段各异,究其原因,可能是真菌从不同培养基中获取的营养成分不一,从而影响其细胞壁组成、细胞内成分和新陈代谢速度,因此其表型和蛋白质谱图各不相同。此外,真菌在不同培养基中的产毒素能力不同,预示其产毒基因所表达蛋白的质和量各异。通过对其细胞壁组成成分变化规律和表征产毒菌株特征性蛋白质谱的研究,可以揭示不同毒素的产毒基因所表达蛋白种类和数量的差异和在细胞壁上的分布规律,有助于探讨细胞壁在真菌毒素合成过程中的作用等细胞活动规律。本实验就培养基成分、培养时间、菌株产毒与否等因素对真菌 MALDI - TOF - MS 质谱检测结果的影响进行研究。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 菌株

1.1.1.1 培养基成分影响真菌 MALDI - TOF - MS 分析的模式菌株

红曲霉属 (*Monascus species*) 红曲菌 (*Monascus ruber*) SJS - 24、SJS - 8 和 SJS - 21 由江西中德联合研究院许杨教授惠赠。

曲霉属黄绿组 (*Aspergillus olivine group*) 黄曲霉 (*A. flavus*) 3.4408、黄曲霉 3.951、米曲霉 (*A. oryzae*) 3.2792、寄生曲霉 (*A. parasiticus*) 3.6155、寄生曲霉 (*A. parasiticus*) 3.124 均购自中国科学院微生物研究所,寄生曲霉 (*A. parasiticus*) ATCC2999 由美国菌种保藏中心惠赠。

曲霉属黑色组 (*Aspergillus black group*) 黑曲霉 (*A. niger*) 3.4309 和碳黑曲霉 (*A. carbonarius*) 3.35583 购自中国科学院微生物研究所。

青霉属 (*Penicillium species*) 纯绿青霉 (*P. verrucosum*) 3.4024、扩张青霉 (*P. expansum*) 3.3703、荨麻青霉 (*P. urticae*) 3.833 购自中国科学院微生物研究所;产黄青霉 (*P. chysogenum*)、产紫青霉 (*P. purpurogenum*)、岛青霉 (*P. islandicum*) 和皱褶青霉 (*P. rugulosum*) 为本实验室保藏菌株。

镰孢菌属 (*Fusarium species*) 禾谷镰孢 (*F. graminearum*) 3.3488、禾谷镰孢 (*F. graminearum*) 3.4521、串珠镰孢 (*F. moniliforme*) 3.1756、增殖镰孢 (*F. proliferatum*) 3.4726、三线镰孢 (*F. tritinctum*) 3.4731、尖孢镰孢 (*F. oxysporum*) 3.1781 和黄色镰孢 (*F. culmorum*) 3.4283 均购自中国科学院微生物研究所。

1.1.1.2 培养时间影响真菌 MALDI - TOF - MS 分析的模式菌株

寄生曲霉 3.6155、寄生曲霉 3.124、寄生曲霉 ATCC2999。

1.1.1.3 产毒与非产毒真菌 MALDI - TOF - MS 比较实验的模式菌株

红曲霉属 桔青霉素高产毒株红曲菌 (*Monascus ruber*) SJS - 33、SJS - 24、SJS - 8、SJS - 18、SJS - 26 和桔青霉素低产毒株红曲菌 SJS - 10、SJS - 22、SJS - 6、SJS - 21、SJS - 28 由江西中德联合研究院许杨教授惠赠。

黄曲霉 黄曲霉 (*A. flavus*) 78 - 465、78 - 490、78 - 478、78 - 484、78 - 509、78 - 145、78 - 178、78 - 399、78 - 334、78 - 339、78 - 116、78 - 363、78 - 368、78 - 385、78 - 386、78 - 394、78 - 400、78 - 238、78 - 231、78 - 218 为本实验室从玉米样品中分离的菌株;黄曲霉 (*A. flavus*) 3.4408、黄曲霉 (*A. flavus*) 3.951。

1.1.2 培养基

查氏琼脂培养基 (Czapek Agar, CA)、马铃薯 - 葡萄糖 - 琼脂培养基 (Potato Dextrose Agar, PDA)、麦芽汁琼脂培养基 (Malt Agar, MA)、查氏酵母提取粉琼脂培养基 (Czapek Yeast Agar, CYA) 和麦芽提取粉琼脂培养基 (Malt Extract Agar, MEA) 均按中华人民共和国国家标准 (GB/T 4789.28—2003)《食品卫生微生物学检验》规定制备^[1]

1.1.3 基质

反式 - 3 - 吲哚丙烯酸 (*trans* - 3 - indoleacrylic acid, IAA)。

2 - 巯基苯并噻唑 (2 - mercaptobenzothiazole, MBT)。

1.1.4 溶剂

乙腈 + 0.1% 三氟乙酸水溶液 (Trifluoroacetic acid, TFA) (70 + 30, 体积分数)。MALDI - TOF - MS 基质溶液是用溶剂分别将基质配成饱和溶液,基质溶液现用现配。

1.1.5 仪器

本研究所用仪器为美国应用生物系统公司 MALDI - TOF - MS 生物质谱工作站 (Voyager DETM PRO BiospectrometryTM Workstation), 仪器参数同文献[2]。

1.2 方法

1.2.1 培养基成分影响真菌 MALDI - TOF - MS 分析的研究

将用于该部分研究的 3 株红曲菌分别接种于 MEA 和 CYA 培养基,曲霉属 8 种分别接种于 CA、CYA、MA 和 PDA 培养基,青霉属 7 种分别接种于 CA、CYA 和 MA 培养基,镰孢菌属 7 种分别接种于

CA、MA 和 PDA 培养基斜面,分别于 30 (红曲菌) 和 28 培养 10 d(红曲菌)和 7 d,制备孢子悬液后按文献[2]优化的条件分别以 MBT(红曲菌和镰孢菌)、IAA(曲霉属和青霉属)为基质,采用混合液滴干燥法点样进行 MALDI-TOF-MS 分析。

1.2.2 培养时间影响真菌 MALDI-TOF-MS 分析的研究

将 3 株寄生曲霉模式菌株分别接种于 PDA 培养基斜面,每株菌株接种 4 支斜面,于 28 培养,在培养 5、7、10 和 14 d 时各分别取出 1 支斜面制备孢子悬液进行 MALDI-TOF-MS 分析。

1.2.3 产毒与非产毒真菌 MALDI-TOF-MS 研究

将用于该部分研究的 10 株红曲菌分别接种于 MEA 培养基斜面,于 30 培养 10 d;22 株黄曲霉分别接种于 PDA 培养基斜面,于 28 培养 7 d,制备孢子悬液后进行 MALDI-TOF-MS 分析。

2 结果

2.1 培养基成分对真菌孢子 MALDI-TOF-MS 分析结果的影响

2.1.1 红曲菌

3 株红曲菌在不同培养基上的 MALDI-TOF-MS 质谱图见图 1。由图 1 可见,同一菌株在不同培养基、相同培养时间的 MALDI-TOF-MS 质谱图谱

型、谱峰数量及丰度均不相同,因此用 MALDI-TOF-MS 进行真菌鉴定时,应对培养基进行标化。 m/z 4030 是 3 株红曲菌在 MEA 和 CYA 二种培养基上的特征性共有离子峰,可作为红曲菌鉴定的依据。 m/z 4143 是这 3 株菌株在 CYA 培养基上的共有离子峰,且红曲菌在 CYA 培养基上的质谱图质量和数量优于 MEA,因此 CYA 是 MALDI-TOF-MS 直接分析红曲菌的首选培养基。实际工作中在对可疑为红曲菌的菌种进行鉴别时,可对其在 CYA 培养基上获得的质谱图与已知菌种配比,对获得的相关信息分析后进行鉴定。

2.1.2 曲霉属

曲霉属黄绿组中的黄曲霉、米曲霉和寄生曲霉在不同培养基上的 MALDI-TOF-MS 分析结果见表 1、表 2 和表 3。由表可见,两株黄曲霉在 PDA 培养基上均在 m/z 4056、 m/z 4671、 m/z 6059 和 m/z 6095 附近出现 4 个共有离子峰,CA 培养基上在 m/z 4671 附近出现共有离子峰,CYA 和 MA 培养基上的共有离子峰出现在 m/z 4425 和 m/z 6059 附近。共有离子峰的出现表明 2 株黄曲霉在标化培养基上的质谱图具有共同特性,可作为黄曲霉在优化的 MALDI-TOF-MS 实验条件下种水平鉴定的特征性离子峰。其他散在出现的离子峰反映了黄曲霉不同株间的差异蛋白质。此外,黄曲霉在 PDA 培养基上

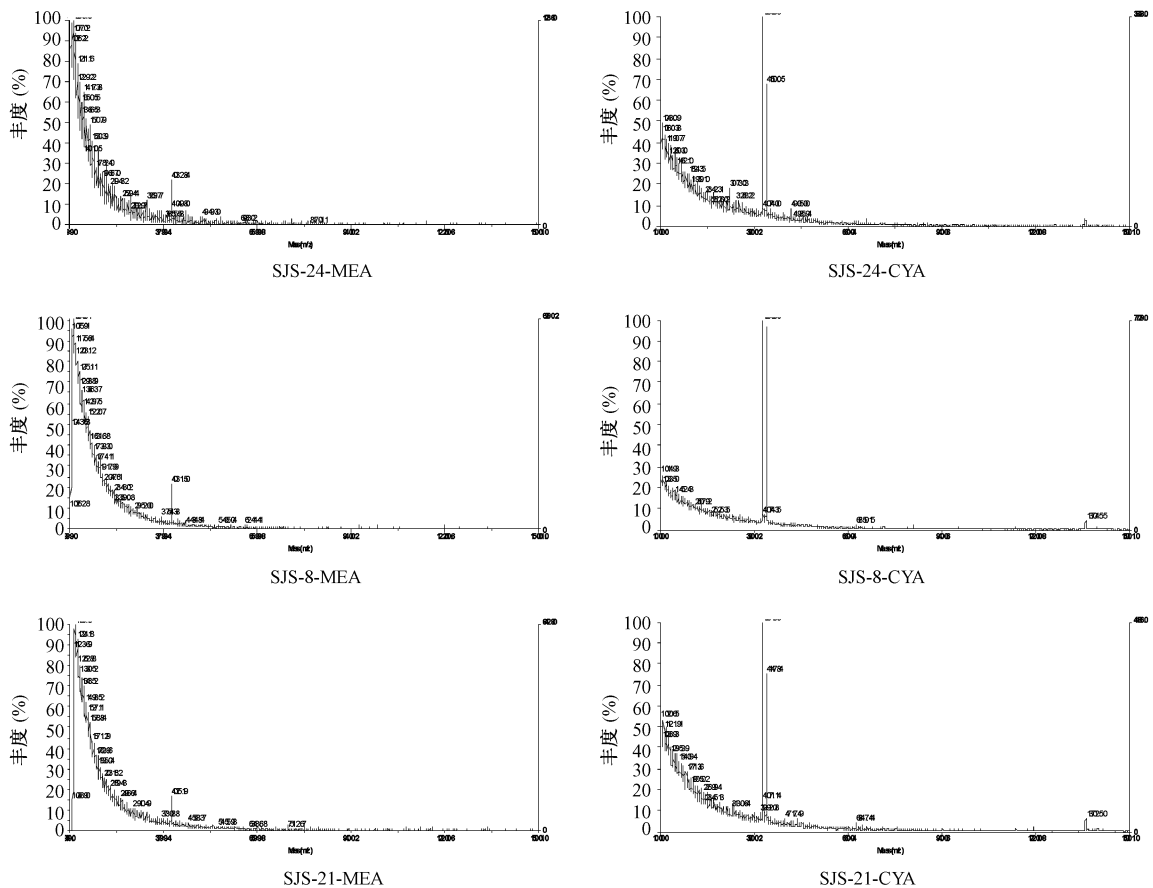


表 1 黄曲霉 MALDI- TOF- MS 特异性离子峰分布

菌号	培养基	特异性质谱峰位置(m/z)																
		3378	4056	4209	4425	4512	4671	4986	5715	6059	6095	6142	6202	6303	6602	7112	7297	8428
3.4408	PDA	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+				+	+
	CA				+	+	+											
	CYA				+		+	+		+				+	+	+		+
	MA				+		+			+								
3.951	PDA		+				+		+	+	+							
	CA		+				+			+								+
	CYA				+					+								
	MA			+	+					+								

注：“+”表示在该质荷比处出现质谱峰

表 2 米曲霉 3.2792 MALDI- TOF- MS 特异性离子峰分布

培养基	特异性质谱峰位置(m/z)														
	4425	4671	4874	5341	5715	6059	6095	6202	6303	6767	6937	7080	7244	8026	8428
PDA		+		+		+	+	+				+	+	+	
CA		+	+		+	+				+	+		+		+
CYA	+					+	+	+	+				+		
MA	+		+		+	+	+						+		

注：“+”表示在该质荷比处出现质谱峰

表 3 寄生曲霉 MALDI- TOF- MS 特异性离子峰分布

菌号	培养基	特异性质谱峰位置(m/z)																
		4425	4512	4632	4671	4692	4986	5021	5787	6059	6095	6335	6422	7112	7297	7664	8351	9165
3.6155	PDA				+	+			+	+					+			
	CA		+		+				+						+			
	CYA				+		+		+				+					
	MA	+							+	+								
3.124	PDA	+		+							+	+						
	CA				+				+	+				+				
	CYA				+				+									
	MA	+																
ATCC2999	PDA	+				+					+	+						
	CA								+								+	
	CYA																	+
	MA	+							+		+				+		+	

注：“+”表示在该质荷比处出现质谱峰

的离子峰数量和质量均优于其他培养基,因此 PDA 是 MALDI- TOF- MS 鉴定黄曲霉的首选培养基。

比较黄曲霉和米曲霉的 MALDI- TOF- MS 质谱图发现,除 PDA 培养基上 m/z 4056 离子峰以外,2 株黄曲霉在每种培养基上的共有离子峰均在米曲霉 3.2792 中出现,说明两者高度同源;且 m/z 6059 和 m/z 7244 是米曲霉在 4 种培养基上的共有离子峰,而 m/z 7244 是黄曲霉所不具备的,因此该离子峰是鉴别黄曲霉和米曲霉的主要依据。

3 株寄生曲霉菌株在每种培养基中出现的共有离子峰较黄曲霉和米曲霉少,仅在 MA 培养基上于 m/z 4425、PDA 培养基上于 m/z 6095 处出现了与上述两个菌种相同的共有离子峰,而黄曲霉和米曲霉共有的其他离子峰如 CYA 培养基上的 m/z 4425、PDA 和 CA 培养基上的 m/z 4671 以及米曲霉特有的 m/z 7244 在寄生曲霉中未出现,借此可以将寄生曲霉与黄曲霉和米曲霉鉴别开。此外 4 种培养基上的

m/z 6059 在寄生曲霉各菌株中出现几率不稳定,不能作为种水平鉴定的依据。

黑曲霉 3.4309 和碳黑曲霉 3.3558 的离子峰出现位置和数量见表 4。由表 4 可见, m/z 6369 是黑曲霉在 CA 和 CYA 培养基上的共有离子峰,而 m/z 9345 则是该菌在 CA 和 MA 上的共有离子峰。这两个离子峰可以作为黑曲霉在上述特定培养基中的特征性离子峰。而 m/z 5951 和 m/z 8257 均是碳黑曲霉 3.3558 在 CA 和 MA 上的共有离子峰, m/z 12532 则是 CA 和 PDA 上的共有离子峰。此外,黑曲霉和碳黑曲霉在 4 种培养基上均无共有离子峰,且与黄曲霉、米曲霉和寄生曲霉的 MALDI- TOF- MS 质谱图完全不同,其最适培养基也有较大差异,通过对离子峰出峰位置、数量、信噪比等结果的比较, MALDI- TOF- MS 鉴定黑曲霉和碳黑曲霉的最适培养基均为 CA。

2.1.3 青霉属

表7 3株寄生曲霉在不同培养时间的特异性离子峰分布

菌株号	培养时间 (d)	特异性离子峰位置(m/z)								
		4425	4632	4671	4692	6059	6095	6335	6422	7297
3.6155	7			+	+	+	+			+
	10					+	+			+
	14					+	+			+
3.124	7	+	+						+	
	10		+				+		+	
	14		+				+		+	
ATCC 2999	7	+			+			+		
	10				+			+	+	
	14						+	+		

注：“+”表示在该质荷比处出现质谱峰

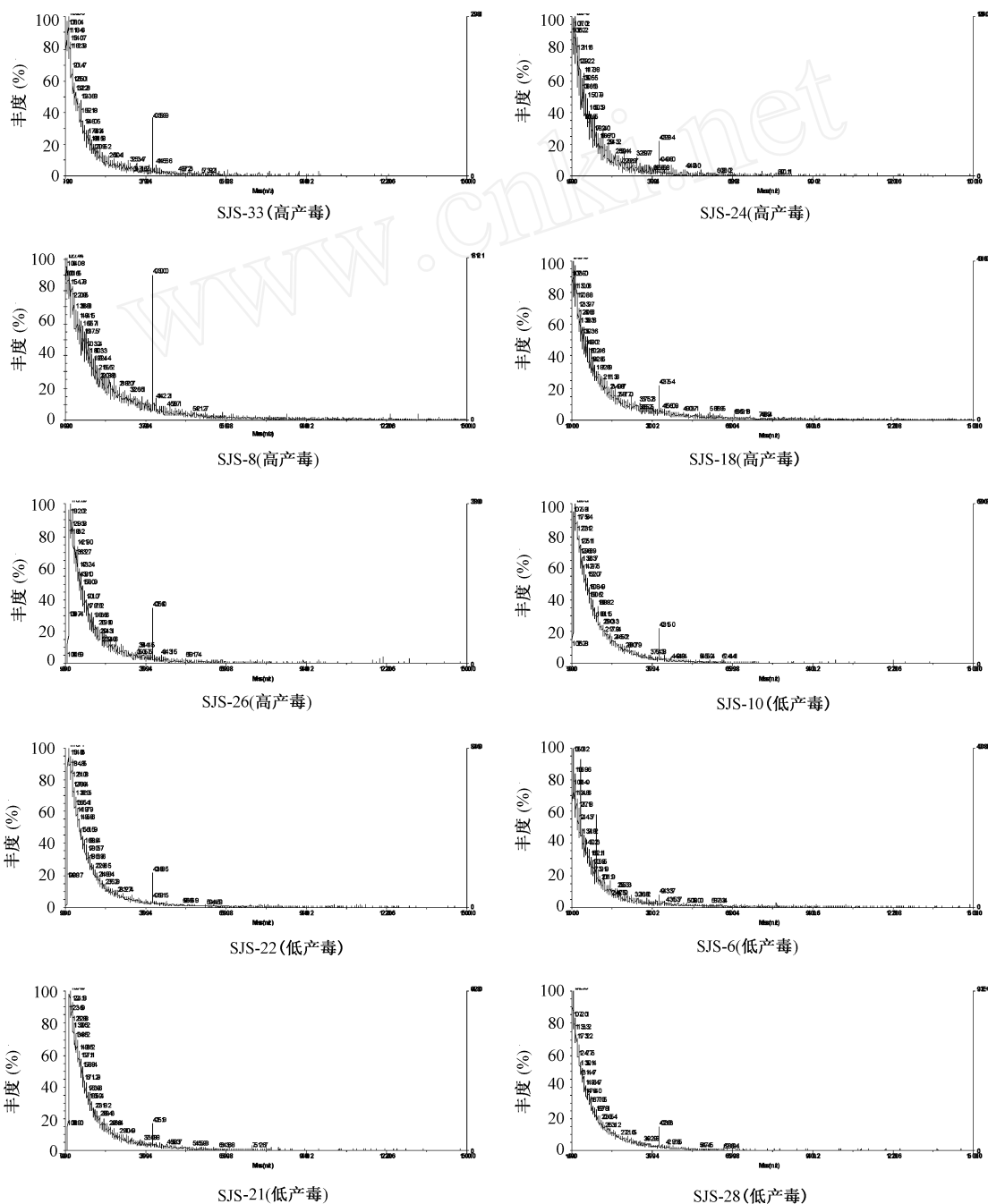


图2 产毒与非产毒红曲菌在MEA上培养的质谱图

2.3.1 红曲菌

按文献[3]筛选出的桔青霉素高产毒株红曲菌 SJS - 33、SJS - 24、SJS - 8、SJS - 18、SJS - 26 与桔青霉素低产毒株红曲菌 SJS - 10、SJS - 22、SJS - 6、SJS - 21、SJS - 28 的 MALDI - TOF - MS 分析结果见图 2。由图 2 可见,无论高产毒株或低产毒株,均在 m/z 4030 附近出现唯一的特征性离子峰,因此从质谱图

上尚不能区分红曲菌高产毒株与低产毒株。

2.3.2 曲霉属

黄曲霉 21 株黄曲霉产毒株[经国家标准检测方法薄层层析色谱法(GB/T 5009.22—2003)测定产毒水平为 50~300 mg/kg]和非产毒株 3.951(经国家标准检测方法薄层层析色谱法和 ELISA 法确认)的 MALDI - TOF - MS 分析结果见表 8。

表 8 产毒与非产毒黄曲霉在 PDA 上的 MALDI - TOF - MS 特异性离子峰分布

菌号	特异性离子峰位置 (m/z)													
	3378	4056	4209	4425	4512	4671	5715	6059	6095	6142	6202	6263	7297	8428
3.4408	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+
3.951		+				+	+	+	+					
78 - 465								+	+			+		
78 - 490								+	+					
78 - 478								+	+				+	
78 - 484								+	+					
78 - 509								+	+				+	
78 - 145								+	+					
78 - 178				+				+	+					
78 - 399				+		+		+	+				+	
78 - 334						+		+	+				+	
78 - 339								+	+				+	
78 - 116						+		+	+				+	
78 - 363								+	+				+	
78 - 368				+				+	+				+	
78 - 385						+		+	+				+	
78 - 386								+	+				+	
78 - 394						+		+	+				+	
78 - 400								+	+				+	
78 - 238								+	+				+	
78 - 231								+	+				+	
78 - 218						+		+	+				+	

注:“+”表示在该质荷比处出现质谱峰

由表 8 可见,所有 22 株黄曲霉均在 m/z 6059 和 m/z 6095 出现丰度较高的特异性离子峰, m/z 4671 和 m/z 7297 虽然出现频率也高,但产毒株和非产毒株中均有出现且无规律可循; m/z 5715 仅出现于非产毒株中,有可能作为区别黄曲霉产毒与否的特征性差异离子峰用于黄曲霉产毒性的鉴定。

3 讨论

同一菌株在不同培养基经相同时间培养后,得到的 MALDI - TOF - MS 质谱图不同的原因可能是培养基成分不同,真菌从中获取的营养成分各异,从而影响菌株细胞蛋白表达的种类和数量所致。此

外,红曲菌在各种培养基上离子峰出峰数明显少于其他丝状真菌,这可能与红曲菌在有性繁殖过程中产生闭囊壳有关。由于闭囊壳外壁较厚,每个闭囊壳内包有多个球形子囊,子囊内含 8 个子囊孢子,故当红曲菌的孢子悬液与基质液混合时,基质接触不到包被于闭囊壳内的孢子,不能形成共结晶,也就检测不到孢子细胞壁上的蛋白,这可能是红曲菌进行 MALDI - TOF - MS 分析时产生离子峰少的原因。可以考虑使用物理或化学的方法破碎闭囊壳,使孢子释放出来再进行质谱分析,有关这方面的研究尚需进一步探讨。

真菌在特定培养基上生长时,其细胞内蛋白表

论著

大豆异黄酮对新生儿期大鼠子宫发育和雌激素受体表达的影响

刘兆平¹ 李 丽² 张晓鹏¹ 张文众¹ 宋 雁¹ 王 伟¹ 崔文明¹ 贾旭东¹ 李 宁¹ 严卫星¹

(1. 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所,北京 100050; 2. 北京市药品检验所,北京 100035)

摘要:目的 研究母鼠暴露于大豆异黄酮对新生儿期大鼠子宫发育及雌激素受体表达的影响。方法 将母鼠及其仔鼠随机分至 6 组,母鼠的大豆异黄酮暴露剂量分别为 0、10、50、100、150、200 mg/kg BW(i. g.),暴露时间为产后第 5 至 10 天(PND 5~10)。在 PND 11 处死雌性仔鼠,称量子宫重量并进行病理学检查,利用 ELISA 方法测定血清雌二醇(E2)和孕酮(P)浓度,利用 RT-PCR 方法测定子宫中雌激素受体(ER)mRNA 的表达。结果 与对照组比较,大豆异黄酮 150、200 mg/kg BW 剂量组仔鼠的子宫/体重比显著增加,子宫内膜增厚的差异有统计学意义($P < 0.05$);血清 E2 浓度明显高于对照组,SIF 150 组升高幅度最大,但各处理组血清 P 浓度呈下降趋势;100、150、200 mg/kg BW 剂量组仔鼠的子宫 ER mRNA 表达降低的差异有统计学意义($P < 0.05$)。结论 大豆异黄酮经母鼠暴露,可刺激雌性仔鼠的子宫发育,这种雌激素样效应至少与该物质对血液性激素和子宫 ER mRNA 表达的调节作用有关。

关键词:异黄酮类;大鼠;动物;新生;子宫;受体;雌激素

Effects of Lactational Exposure to Soy Isoflavones on Uterine Development and Estrogen Receptor Expression in Neonate Rat

LIU Zhao-ping, LI Li, ZHANG Xiao-peng, ZHANG Wen-zhong, SONG Yan, WANG Wei, CUI Wen-ming, JIA Xu-dong, LI Ning, YAN Wei-xing

(National Institute for Nutrition and Food Safety, Chinese CDC, Beijing 100050, China)

达的数量和种类随培养时间的变化呈现出连续动态的变化过程,因此 MALDI-TOF-MS 图谱中离子峰的数量及丰度也随之发生改变。形态学研究中真菌培养观察的最佳时间为 7 d,本实验结果显示,模式菌株在 PDA 培养基上培养 7 d 时质谱图质量最好,由此验证形态学研究结果的可靠性。

红曲霉是我国传统的食品发酵用菌,已有上千年的使用历史,但研究发现几乎所有的红曲霉均有产桔青霉素的能力,且同一菌株在不同实验条件下产桔青霉素毒的能力和水平不一^[4,5],从形态学上尚无法将高产毒株与低产毒株区分开。由于到目前为止尚未筛查到非桔青霉素产毒株,因此本研究所有的红曲菌 MALDI-TOF-MS 质谱图代表的是桔青霉素产毒株,这也是从质谱图上不能区分桔青霉素高产毒株与低产毒株的原因所在。对黄曲霉产毒株与非产毒株质谱结果的对比发现,产毒与非产毒株的离子峰分布不同,既有共有离子峰,也有产毒株特

有的离子峰,但每个离子峰代表的蛋白与产毒素能力的相关关系尚需进一步研究证实,这需要借助相关的实验工具和统计软件,对更多的产毒与非产毒株的 MALDI-TOF-MS 图谱进行综合分析评价。

参考文献

- [1] GB/T 4789.28—2003. 食品微生物学检验 染色法、培养基和试剂[S].
- [2] 李凤琴,吴多加,武淑真,等. 基质辅助激光解析电离飞行时间质谱检测与鉴定食品真菌的研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2007, 19(5): 385-393.
- [3] 李凤琴,许赣荣,李玉伟,等. 食品工业用红曲菌株产桔青霉素能力的研究[J]. 卫生研究, 2003, 32(6): 602-606.
- [4] 顾玉梅,许赣荣,陈蕴. 红曲霉菌 9903 发酵工艺条件对色素及桔霉素产生的影响[J]. 食品与生物技术, 2002, 21(1): 43-47.
- [5] 许赣荣,卢晨,穆晓青. 部分红曲菌菌株产桔霉素的研究[J]. 无锡轻工业大学学报, 2000, 19(1): 58-61.

[收稿日期:2007-09-02]

中图分类号:R15;Q949.32;R379 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2007)06-0481-08

基金项目:国家自然科学基金项目(30400350);十一五国家科技支撑计划重大项目(2006BAK02A07)。

作者简介:刘兆平 男 副研究员

