

きのこ菌糸による焼酎粕・でん粉粕培地中の臭気成分除去機構の解明

鹿児島高専 (学) 松元皓隆 松里大樹 山田真義 山内正仁
 鹿児島大学 八木史郎 宮崎大学 増田純雄

1. はじめに

鹿児島県内では焼酎の製造の際に副産物として焼酎粕が年間44万トン程度発生しており、肥料・家畜飼料として利用されている。一方、でん粉を製造する際にも副産物としてでん粉粕が年間2万6千トン程度発生しており、クエン酸原料や飼料、肥料（農地還元）、ボイラーの燃料などに利用されている。しかし、これらの副産物は臭い（悪臭）が強く、その臭いは時間の経過（腐敗の進行につれ）とともにさらに強くなるため、周辺環境へ悪影響を及ぼしている。

筆者等は、これまでに焼酎粕・でん粉粕を原料とした食用きのこ栽培用培地を作製し、食用きのこ（エリンギ、ヒラタケ、シイタケ、ヤマブシタケ等）を発生させることに成功している。その際、栽培過程で培地及び子実体にこれらの食品廃棄物由来の臭気を全く感じなくなる。そこで、本研究では、1) 培養開始直後、2) きのこ菌糸が培地にまん延し、発生処理を施した培養 25 日目、3) 子実体（きのこ）収穫後、それぞれの培地と子実体（きのこ）の悪臭に関係する成分を調査し、臭気成分の除去機構の解明を試みた。

2. 材料および方法

(1) 供試菌株：本試験では、培養菌糸体および子実体に、免疫賦活、抗腫瘍作用および神経成長因子合成促進作用など、人体に対する機能性を示す成分を含有し、かつ、栽培期間が短いヤマブシタケ（(株) キノックス）を用いた。

(2) 培地の調製：焼酎粕・でん粉粕培地と標準培地の培地条件を表-1 に示した。本試験では、これらの材料をミキサーで 30 分間攪拌後、培地の水分率が 64% 程度になるように水道水を加え、さらに攪拌した。その後、この培地をポリプロピレン製のビン容器（容量：850mL、口径 58mm、ウレタン無し）に 580 g 充填した。充填後、121℃で 3 時間高圧滅菌処理を行ったビンに、クリーンルーム内で供試菌をビン当たり約 10 g 接種した。なお、供試ビン数は 32 本とした。

(3) 栽培条件：接種したビンは、温度 22±2℃、湿度 75±5% に制御した室内で培養し、作業時のみ蛍光灯を点灯した。培養期間終了後、発生処理として菌掻きを行い、再びキャップを付け、温度 13±2℃、湿度 85～90% に制御した発生室にビンを移し、子実体（きのこ本体）の形成を促した。なお、本試験では 100 ルクス（lux）程度の光を 1 日 8 時間照射することとした。

(4) 調査方法：きのこ菌糸の臭気除去機構を明らかにするために、まず 1) 培養開始直後、2) きのこ菌糸が培地にまん延し、発生処理を行った培養 25 日目、3) 子実体（きのこ）を収穫した培養 45 日目に各培地を回収した。つぎに各培地から検体 1g を 20mL のバイアル瓶に採取し密封後、ヘッドスペースサンプラー（機種：7694 (HEWLETT-PACKARD Company) で検体をガス化し、ガスクロマトグラフ-質量分析計 (6890/5973 (HEWLETT-PACKARD Company) を用いて、全イオンクロマトグラムを得た（ヘッドスペース法）。また、検体 7.5g に精製水 20mL、ジエチルエーテル 100mL を加え 10 分間振とうし、この検体を遠心分離後、ジエチルエーテル層を脱水濾過し、5mL まで濃縮後、溶液 1μℓ をガスクロマトグラフに注入し、ガスクロマトグラムを得た（溶媒抽出法）。これらの方法で得られた結果を比較し、検体 1) と差のあるピークについてマススペクトル（機種：6890N/5975B inertXL(Agilent Technologies, Inc) を得て、物質の推定を行った。さらにこれらの物質をガスクロマトグラフ-質量分析法、ガスクロマトグラフ法及び高速液体クロマトグラフ法で定量した。子実体についても同様な分析を行った。

3. 試験結果と考察

図-1 に検体 1)、2)、3) の全イオンクロマトグラムとガスクロマトグラムの結果を示す。ヘッドスペース法により得られた全イオンクロマトグラム上で検体 1) と検体 2)、3) の比較を行ったところ、検体 1) にピーク（矢印 a、b）が認められた。また、溶媒抽出法で得られたガスクロマトグラム上で同様な比較を行ったところ、検体 1) にピーク（矢印 c～n）が認められた。つぎにこれらのピークについて物質の推定と濃度を測定した。その結果を表 2 に示す。焼酎粕・でん粉粕培地中には、a) ジアセチル、c) アセトイン、f) 酪酸のように単独でも強烈な臭気を持つ物質や、d) 酢酸、e) プロピオン酸等の揮発性脂肪酸が含まれていることが明らかになった。またこれらの臭気物質の濃度はジアセチル 27ppm、アセトイン 580ppm、酪酸 0.03%、酢酸 0.06%、プロピオン酸 0.02% であった。特にアセトインの濃度は 580ppm と非常に高かったことから、この物質が悪臭の核になり、さらに他の臭気成分と混ざり合うことで独特の強烈な悪臭を生じさせていると考えられる。しかしながら、これらの臭気物質は、培地にきのこ菌糸がまん延するにつれて減少し、培地を培養室から発生室に移す段階（菌周り完了後）で消失していることや臭気物質の分子量が小さいこと等から、きのこ菌糸はこれらの物質を直接基質として取り込み、栄養生長すると同時に、悪臭を分解するものと考えられる。また、本培地にはきのこ菌糸の伸長を阻害する脂肪酸エステル類¹⁾ も含まれていた。これは、米や甘藷原料中に含まれる成分が発酵や蒸留工程でアルコールと結合した脂肪酸エステルと考えられる。脂肪酸

表-1 培地条件

試験区	培地組成（乾物重量%）				瓶詰め重量 (g)	水分率* (%)	pH*
	培地基材	栄養材		その他			
	でん粉粕	広葉樹	甘藷粕	コーンブラン	貝化石		
焼酎粕・でん粉粕培地	36		60		4	580	64.5
標準培地		64		32	4	580	63.4

* 滅菌後の水分率、pH

エステル類についても検体 2)、3) では検出されなかったこと。このことから、きのこ培地の栄養材として焼酎粕を利用したときの特徴である発生処理後の子実体形成までの日数短縮は、これらの脂肪酸エステルの分解・消失が影響していると考えられる。

つぎに子実体中に含まれる臭気成分を測定した。その結果、臭気(悪臭)成分としては、酢酸が 0.07% 検出されたが、その他の成分は検出されなかった。また、酢酸は標準培地で栽培した子実体にも 0.03% 含有されており、官能的にも両培地(焼酎粕・でん粉粕培地、標準培地)で栽培した子実体の臭気に顕著な差が見られなかったことから、酢酸の焼酎粕・でん粉粕の子実体への影響はないと考えられた。

以上のことから、きのこ菌糸は、焼酎粕・でん粉粕由来の臭気成分の除去に有効であること

が明らかになった。また、既往の研究より、臭気成分の除去を目的にきのこ菌糸を活用するのであれば、菌糸伸長の速い、ヒラタケも非常に有効であると考えられた。

4. おわりに

本試験では、焼酎粕・でん粉粕培地に含まれる臭気成分の除去機構を明らかにするために、1) 培養開始直後、2) きのこ菌糸が培地にまん延し、発生処理を施した培養 25 日目、3) 収穫後、のそれぞれの培地と子実体(きのこ)の悪臭に関する臭気成分を分析した。その結果、きのこ菌糸は、焼酎粕・でん粉粕由来の臭気成分を栄養基質として利用し、子実体の形成を促す操作(発生処理)を施すまでに全て培地中から消失することが明らかになった。また、この試験により、焼酎粕・でん粉粕由来の臭気成分が子実体に影響を及ぼすことはないことがわかった。以上のことから、鹿児島県の基幹産業である焼酎製造業、でん粉製造業において問題となっている臭い(悪臭)の問題にきのこ菌糸を有効に活用できる可能性があると思われる。

参考文献：1) 馬替由美：きのこ栽培における乳化剤の培地添加の検討、森林総合研究所所報 No. 129、
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/shoho/n129-99/129-8.htm> (1999)

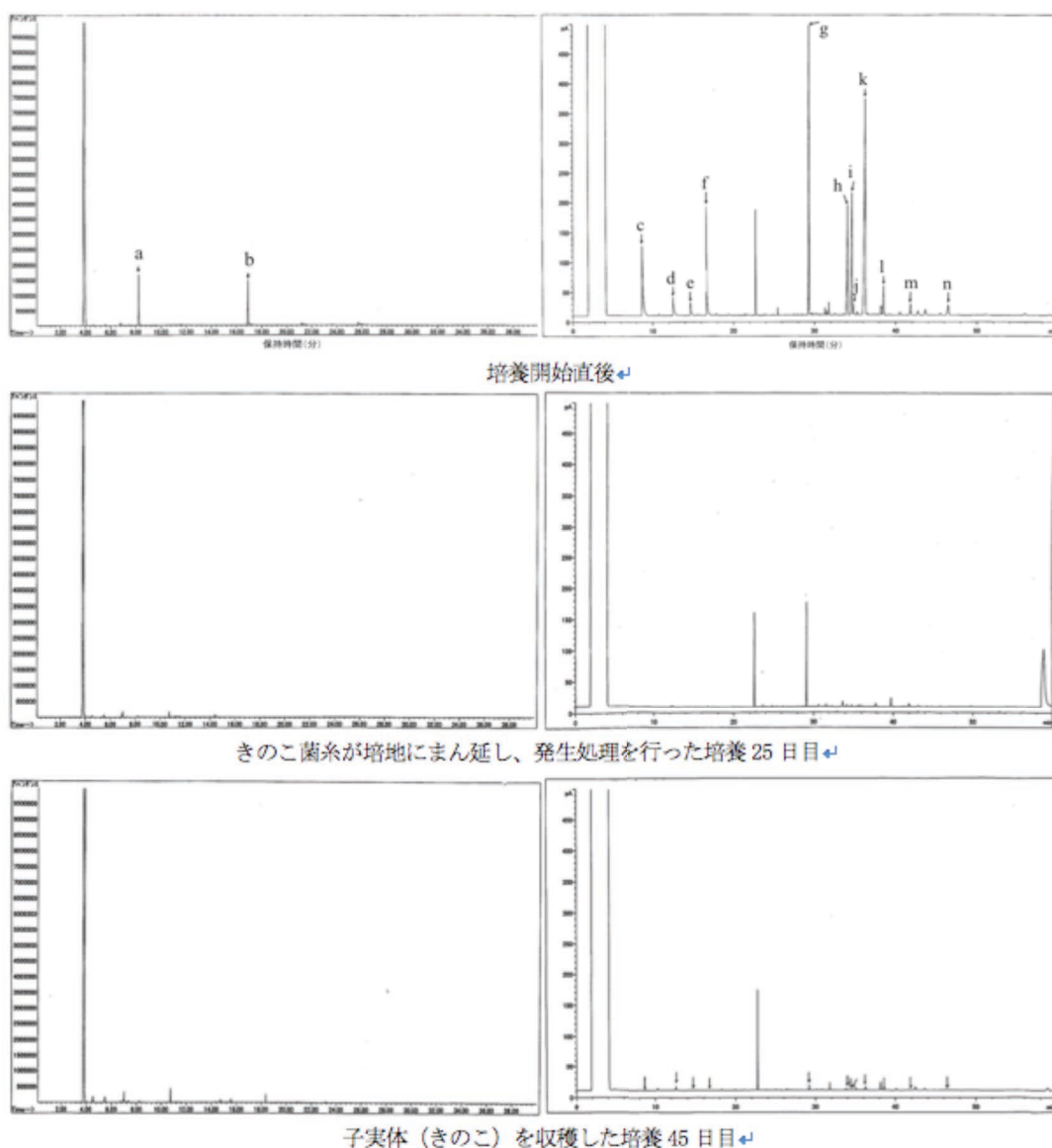


図1 全イオンクロマトグラム(ヘッドスペース法)とガスクロマトグラム(溶媒抽出法)の結果
 (左：ヘッドスペース法、右：溶媒抽出法)

表-2 推定物質と濃度

ピーク番号	推定物質	結果	検出限界
a	ジアセチル	27ppm	
b	不明	-	
c	アセトイン	580ppm	
d	酢酸	0.06%	
e	プロピオン酸	0.02%	
f	酪酸	0.03%	
g	パルミチン酸エチル	0.04%	
h	ステアリン酸エチル	0.04%	
i	オレイン酸エチル	0.02%	
j	ラウリン酸	検出せず	0.01%
k	リノール酸エチル	0.05%	
l	リノレン酸エチル*	検出せず	0.01%
m	アラキジン酸エチル	検出せず	0.01%
n	不明	-	

*ライブラリーサーチによる。