

(57) 甘藷焼酎蒸留粕を利用した高付加価値きのこ (エリンギ)の実用化に関する研究

山内 正仁^{1*}・今屋 竜一²・山田 真義³・増田 純雄⁴
木原 正人¹・米山兼二郎⁵・原田 秀樹⁶

¹鹿児島工業高等専門学校 土木工学科 (〒899-5193 鹿児島県霧島市隼人町真孝1460-1)

E-mail:yamauti@kagoshima-ct.ac.jp

²株式会社 ガイアテック (〒895-0027 鹿児島県薩摩川内市西向田町5-11)

³長岡技術科学大学大学院 環境・建設系 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1)

⁴宮崎大学工学部土木環境工学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

⁵株式会社 ゼノクロス (〒890-0061 鹿児島県鹿児島市天保山14-3)

⁶東北大学大学院 土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6)

焼酎粕に含まれる固形画分は、乾燥後、家畜飼料や肥料として有効利用されているだけで用途が少なく、十分な市場確保が困難な状況にある。本研究では、甘藷焼酎粕乾燥固形物を栄養材としたきのこ(エリンギ)栽培試験を試みた。その結果、米糠、フスマ等を栄養材とした慣行培地に比べ、栽培期間を短縮でき、子実体収量が増加することから、甘藷焼酎粕乾燥固形物は栄養材として適していることがわかった。特に焼酎粕添加率60%の試験区では、栽培期間は5日間程度短縮され、子実体収量は約1.6倍になった。また、焼酎粕培地で栽培したエリンギは慣行培地で栽培したものと比較して旨味、甘味が強く、菌ごたえのある特徴を持つことが明らかになった。さらに培地材料費を慣行培地の3/5~4/5程度に抑制でき、経済的であることが示唆された。

Key words : sweet potato dried shochu lees, *Pleurotus eryngii*, value added food, recycling

1. はじめに

本格焼酎の生産量が全国第一位である鹿児島県では、その製造過程で発生する食品産業廃棄物の焼酎蒸留粕(以下、焼酎粕)量も年間48万1千トン(2005酒造年度)に達し、このうち、15万9千トンが海洋投棄処分されている¹⁾。しかし、2004年4月に「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律(海防法)」が一部改正され、2007年4月から、焼酎粕の海洋投棄が原則全面禁止となり、例外的に投棄するためには「環境大臣の許可」及び「海上保安庁長官の確認」が必要となった^{2,3)}。

現在の焼酎粕の陸上処理法の主流は、焼酎粕を固液分離装置で固形画分、液画分に分離し、固形画分については、乾燥後、肥料、飼料として有効利用している^{4,5,6)}。一方、液画分については、生物処理、濃縮操作を施し、メタンやアルコールを回収後、これらを固形画分の乾燥の熱源として利用している^{4,5)}。しかし、この従来の処理システムによると、乾燥させた固形画分(以下、焼酎

粕乾燥固形物)を肥料・飼料として有効利用するだけでは用途が限られてしまい、十分な消費市場の確保が困難な状況にある。焼酎粕の陸上処理システムを経済循環と併せて構築するためには、焼酎粕乾燥固形物の消費市場形成が急務である。

筆者等は、焼酎粕が農作物由来の副産物であり、栄養価、安全性の高い食品産業廃棄物であることから、これを原料に付加価値のある食品を新たに作り出すことが食品リサイクル法上、最も高度な有効利用法であり、かつ新規用途開発につながると考えるに至った。この研究方針のもと、焼酎粕にはアミノ酸類、ミネラル、食物繊維、ビタミン等の成分が多く含まれており⁷⁾、これらと同様な成分が食用きのこに多く含まれている点⁸⁾に着目し、焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地の栄養材として用いることによって、焼酎粕中の栄養分をきのこへ吸収させる栽培方法を考えた。

これまでも焼酎粕原液をきのこ培地の栄養材に利用した研究はあったが、原液そのものを利用するため、焼酎

粕中のアルコール分により菌糸の生長が阻害されること、水分が多く、焼酎粕を十分に活用した培地調製は困難であること、粘性が高いため培地を均一に混合できないこと、増収効果が見られないこと、長期保存が難しいこと等の問題により、栄養材として不適であると報告されている⁹⁾。しかし、筆者等が考えるような焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地の栄養材として活用する試みは行われていない。筆者等は焼酎粕乾燥固形物の場合、アルコールや攪拌の問題を解決でき、さらに焼酎粕成分を大量に利用することが可能であると考え、この仮説の正当性を検証した。

最初に、甘藷焼酎粕乾燥固形物を栄養材とする焼酎粕培地を調製し、生育管理のしやすいヒラタケ(*Pleurotus ostreatus*)を用いて栽培試験を実施した。その結果、従来品に比べ高タンパク質のニュータイプのきのこを収量性の高い状態で生産でき、焼酎粕の高度利用が可能であることを明らかにした¹⁰⁾。この結果を踏まえて、本研究では、他の食用きのこについてもヒラタケ栽培と同様、甘藷焼酎粕乾燥固形物の利用が可能であるか、また、従来品と比較して付加価値の高いきのこを栽培可能かを知るために、国内生産量、消費量が急激に増加しているエリンギ(*Pleurotus eryngii*)を用いて栽培試験を実施した。併せて、事業化の可能性を検討するために、本技術が普及した場合の焼酎粕消費量、従来の培地材料費(栄養源として米糠、フスマなど)との比較等、経済評価を行った。

鹿児島県は2006年3月に「食と農の先進県づくり大綱」を策定し、産地づくりの一環で「かごしまブランド」の再構築を行っている。焼酎粕を原料としたきのこ栽培技術が確立されれば、新規の鹿児島ブランドとして市場効果も高いと考えられる。

2. 材料及び方法

(1) 甘藷焼酎粕乾燥固形物の最適添加率の検討

a) 供試菌株

本試験では、(株)かつらぎ産業のエリンギ KE-106号を用いた。

b) 培地の調製

焼酎粕培地は、培地基材の針葉樹おが屑(鹿児島県大

口市産; 約6ヶ月間加水堆積したスギおが屑、水分率68.8%)に甘藷焼酎粕乾燥固形物(S酒造組合産; 粗タンパク質27.0%, 粗脂肪2.6%, 粗繊維17.2%, 粗灰分4.6%, 可溶性無窒素物, 37.6%, 水分率11.0%)を培地乾重量の20, 40, 60, 80%添加した。次にエリンギ栽培の適正pHである5.5~6.5前後に培地を調製するために、貝化石(鹿児島県吉田町産; 未凝結の貝砂状のアラゴナイト系石灰)を培地乾重量の4%添加し、これらの材料をミキサーで30分攪拌した。さらに、培地の含水率が63%程度になるように水道水を加えて攪拌し、調製した。最後にこれらの試料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)にそれぞれ475g, 540g, 600g, 650g充填した(表-1参照)。

一方、基本培地(BL1)は培地基材に針葉樹おが屑、栄養材に米糠を用いた。米糠のみを栄養材として用いる場合、1ビンあたりの添加量は80~100gが適当と考えられているため¹¹⁾、本研究では米糠を培地乾重量の46%添加し、針葉樹おが屑と混合した。その後、水道水を加えて含水率を65%程度に調製したものをポリプロピレン製のビン容器に600g充填した(表-1参照)。

充填後、高圧滅菌釜を121℃にセットし、3時間、ビンの滅菌処理を行った。その後、ビンの温度を室温まで下げ、クリーンルームで供試菌をビンあたり約8g接種した。なお、各試験区の供試ビン数は32本とした。

c) 栽培条件

接種したビンは、温度21±2℃、相対湿度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、菌掻き・注水(2時間)による発生処理をした後、温度16±2℃、湿度95±5%に制御した発生室にビンに移し、子実体(きのこ本体)の形成を促した^{8,11,12)}。なお、光の照射条件は品種により著しく異なるが、本研究では100lux程度の光を1日8時間照射することとした。

d) 調査方法

エリンギ菌糸の生長過程を調査するために、菌まわり日数を調査した。また、栽培開始35日目に菌糸の張り具合(密度)を定性的に評価した。

子実体については菌傘が8分開きの時点で収穫を行い、子実体の生重量を測定し、栽培所要日数を求めた。また、菌傘の最大直径が20mm以上の子実体を有効茎とし、個数を求めた。さらに、長さ、柄の太さ、形状、重量感から子実体の品質を定性的に評価した。

(2) 最適培地詰め量と水分率の検討

2. (1)で得られた甘藷焼酎粕乾燥固形物の最適添加率(培地組成)を用いてエリンギ栽培における最適培地詰め量と水分率を検討した。培地詰め量は850mLビンあ

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
	おが屑 針葉樹	栄養材		その他			
		甘藷粕	米糠	貝化石			
焼酎粕培地	添加率80%	16	80	4	650	63.0	5.5
	添加率60%	36	60	4	600	63.1	5.6
	添加率40%	56	40	4	540	62.9	5.9
	添加率20%	76	20	4	475	62.0	6.8
基本培地 BL1	54		46		600	64.6	6.2

たり、630 g、600 g、570 g、540 g、510 g とし、水分率は 65%、63%、60%、58%、55% とした。これらの条件を組み合わせ、栽培試験を 2. (1) c) の栽培条件で実施し、菌まわり日数、総栽培日数、収量性及び作業効率等の面から最適培地詰め量と水分率を明らかにした。なお、子実体は傘の上面が水平になる前に収穫し、収量（生重量）を測定した。基本培地（BL2）については、より生産現場に近い配合にするために、針葉樹おが屑 40%、米糠 20%、フスマ 20%、コーンコブミール 20%（乾物%）の割合で混合したものに水道水を加え、水分率を 65% に調製し、詰め量を焼酎粕培地と同様に 510 g ～ 630 g まで変化させた¹³⁾。各試験区の供試ビン数は 16 本とした。

(3) 子実体成分分析

2. (2) の最適条件で栽培したエリンギ子実体（以下、焼酎粕エリンギ）の一般成分（タンパク質；ケルダール法（窒素・タンパク質換算係数 6.25）、脂質；酸分解法、灰分；直接灰化法、炭水化物；100 -（水分+タンパク質+脂質+灰分））を定量し、その結果を基本培地（BL2）で栽培したエリンギと比較した。また、無機成分（Na、K；原子吸光光度法（Varian Technologies Japan Ltd.；AA-240FS）、Ca、P、Fe；ICP 発光分析法（Varian Technologies Japan Ltd.；VISTA PRO））およびアミノ酸含有量（高速液体クロマトグラフ法（SHIMADZU、LC-20A）、自動分析法（日本電子、JLC-500/V））についても同様に定量した。さらに、両エリンギの柄の中心部分を電子顕微鏡（SEM）（日本電子、JSM840）で撮影し、菌糸の状態を観察した。

(4) 官能評価

2. (2) の最適条件で栽培した焼酎粕エリンギと基本培地（BL2）で栽培したエリンギを用いて官能評価を行った。パネリストは 20～50 代の A 会社の社員および A ホテルの料理関係者 20 名である。まず、エリンギ独特の臭いについて定性的評価をした。つぎに試料を以下のように調製した。1) 子実体を軽く水洗い後、縦方向に 8 等分し、サラダオイル 2mL をひいたフライパンで強火で水分が無くなるまで炒めた。2) 子実体 100 g あたり塩こしょう 0.6 g を加えて、さらに炒めた。調製した

試料は室温で冷ましたのち、供試された。評価項目としては、旨味の強さ、甘味の強さ、苦味の強さ、歯ごたえの 4 項目とした。

(5) 甘藷焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地に使用することによる焼酎粕消費量と慣行培地との経済評価

甘藷焼酎粕乾燥固形物は、焼酎粕 1 トン当たり 50～80 kg 発生する。

2. (1)、2. (2) によりビン当たりの甘藷焼酎粕乾燥固形物の使用量が明らかになると、一工場における甘藷焼酎粕消費量が計算できる。また、甘藷焼酎粕乾燥固形物の現在の市場価格が明らかになると、焼酎粕培地の栄養材費が計算できる。このことから、鹿児島県内で甘藷焼酎粕乾燥固形物を製造している 4 社を対象に甘藷焼酎粕乾燥固形物のトン当たりの市場価格の聞き取り調査を行った。さらに従来の米糠、フスマ等を用いた慣行培地との培地資材経費を比較し、焼酎粕培地によるエリンギの低コスト生産が可能か経済比較を行った。

3. 実験結果と考察

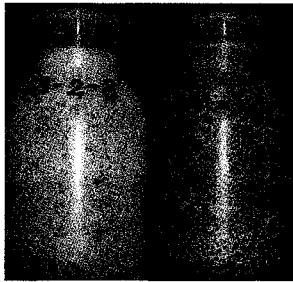
(1) 甘藷焼酎粕乾燥固形物の最適添加率の検討

表-2 に栽培試験結果を示す。菌まわり日数は添加率 20% 区が 28.2 ± 0.7 日と最も短く、ついで基本培地（BL1）、40% 区、60% 区の順であった。基本培地（BL1）と添加率 60% 区は培地詰め量が 600 g と同量であったが、菌まわり日数に 5 日間程度の時間差が見られた。これは、1) 栄養材として用いた甘藷焼酎粕乾燥固形物に含まれる甘藷細胞片が収縮し易い構造¹⁴⁾ になっているため、時間経過に伴う水分率の減少により、培地内部の間隙が少なくなり、菌糸の生長が抑えられたため、2) 培地水分率が基本培地に比べ 1.5% 低かったためと考えられる。また、焼酎粕培地において菌まわり日数に時間差が生じた理由についても培地内部の間隙が影響していると考えられる。つまり、甘藷焼酎粕乾燥固形物の添加率が増加するにつれておが屑の全培地重量に占める割合が減少し、培地内部の間隙が少なくなったこととこれに時間経過に伴う焼酎粕の収縮が加わったためと推察される。

表-2 エリンギの栽培試験結果

試験区	菌まわり日数	菌抜き・注水	菌抜き・注水 から収穫まで の日数	収穫までの日数	菌糸密度*	収量（生）	発生本数	子実体特性		栄養材10g当 たりの収量性	
	（日）	（日）	（日）	（日）		（平均値±標準偏差） （g/瓶）	（本/瓶）	長さ （cm）	柄の太さ 最大周長（cm）	（g）	
焼酎粕培地	添加率80%	40.1±2.0	44	15.2±1.8	59.2±1.8	Ⅲ	180.6±18.4	4.0±0.8	9.3±1.4	10.7±2.4	9.4
	添加率60%	34.4±1.6	43	15.8±1.6	58.8±1.6	Ⅲ	196.0±20.2	4.3±1.4	8.6±2.0	8.9±2.2	14.7
	添加率40%	33.3±1.2	43	15.7±1.6	58.7±1.6	Ⅱ	150.5±17.0	3.3±1.1	8.1±2.1	8.1±2.5	18.8
	添加率20%	28.2±0.7	43	14.9±0.6	57.9±0.6	Ⅰ	72.3±4.6	2.1±0.3	7.5±2.0	6.6±1.7	20.0
基本培地	BL1	29.5±0.5	43	19.1±1.0	62.1±1.0	Ⅰ	119.9±10.9	2.7±1.2	8.2±1.9	6.9±1.5	12.3

* 菌糸密度は栽培35日目に定性的に評価した。
菌糸密度：I：低い II：普通 III：高い



焼酎粕培地 基本培地 (BL1)
(添加率 60%)
図-1 栽培 35 日目の菌糸の生育状況

本試験では菌まわり完了後、4～15 日間程度熟成を行い、栽培開始後 43 日目 (80%区については 44 日目) に菌掻き・注水の作業を行った。焼酎粕培地では菌掻き・注水から収穫までの日数は $14.9 \pm 0.6 \sim 15.8 \pm 1.6$ 日であり、添加率による日数差はあまり見られなかった。一方、基本培地 (BL1) では 19.1 ± 1.0 日であり、焼酎粕培地と比較してやや遅くなる傾向にあった。菌糸密度は、焼酎粕培地では栄養材の添加量が多いほど培地表面は白く、菌糸密度が高くなる傾向にあった。また、全体的に焼酎粕培地は基本培地よりも菌糸の白さが明瞭で、培地基材表面を全て覆うような菌まわりが見られた (図-1 参照)。焼酎粕培地における子実体の収量は添加率 60% 区が 196.0 ± 20.2 g/ビンと最も多く、ついで 80% 区、40% 区、20% 区の順であった。次にこれらの結果を基本培地と比較すると 60% 区では、基本培地の 1.6 倍、80% 区で 1.5 倍、40% 区で 1.3 倍の収量を得ることができた。焼酎粕添加率 20% 区については基本培地の 0.6 倍であった。米糠のみを栄養材として用いた場合、1 ビンあたりの添加量を 100 g 以上にすると、菌まわりや生育に遅れが生じ、増収効果もないことが報告されている¹¹⁾。甘藷焼酎粕乾燥固形物の場合、添加率 80% でこのような傾向が見られた。

次に収穫した子実体の品質をみると、焼酎粕添加率が高いものほど柄が長く太く全体的に重量感があり、高品質であった (図-2 参照)。発生本数は焼酎粕培地では焼酎粕添加率が増加するほど多くなる傾向にあった。特に添加率 60% 区が 4.3 ± 1.4 本と多く、基本培地 ($2.7 \pm$



焼酎粕培地 (添加率 60%) 基本培地 (BL1)
図-2 収穫後の子実体

1.2 本) の約 1.6 倍であった。

大賀等^{15,16)} は食用きのこの菌糸生長に及ぼす核酸関連物質の影響を調査するためにトルラ酵母を熱水抽出して調製したリボ核酸 (RNA-M) と、それを酵素分解した 5'-ヌクレオチドの混合物 (RNA-Nt) を培地に添加し、核酸物質が菌糸の生育促進、子実体収量増加、形質向上をもたらすことを報告している。この報告を受け、筆者等は同様な方法で本試験に用いた甘藷焼酎粕乾燥固形物と米糠中に含まれる核酸関連物質について調査した。その結果、甘藷焼酎粕乾燥固形物中には麹菌や酵母菌由来の核酸物質が米糠に比べ約 1.5 倍多く含まれていることが明らかになった。以上のことから、栄養材として甘藷焼酎粕乾燥固形物を使用すると、栽培日数が短縮でき、かつ収量増加が見られたのは甘藷焼酎粕乾燥固形物に含まれる核酸物質が影響したためと推察される。

栄養材 10 g あたりの収量性は、焼酎粕培地では添加率が低いほど高くなり、添加率 20% で 20.0 g であった。これは、培地基材と栄養材の混合割合と、ビンあたりの詰め量が影響していると考えられる。基本培地 (米糠を培地乾重量の 46% 添加) の収量性は 12.3 g であり、焼酎粕添加率 60% 区よりも低かった。

以上のことから、甘藷焼酎粕乾燥固形物はエリンギ栽培においても効果的な栄養材であると結論した。また、その最適添加率は、収量性、子実体の品質から判断して、60% であった。

エリンギ栽培では一般的に収量を増加させるために米糠やフスマ、コーンコブミール、コーンブランなどを組み合わせて利用している。しかし、甘藷焼酎粕乾燥固形物の場合、単一の栄養材でエリンギを収量性の高い状態で栽培できることがわかった。

(2) 最適培地詰め量と水分率の検討

3. (1) の試験結果から甘藷焼酎粕乾燥固形物の最適添加率は 60% であることが明らかになったので、つぎに焼酎粕培地における最適培地詰め量と水分率を検討した。なお、エリンギ栽培の場合、米糠、フスマなどを栄養材とする培地では含水率 64～66%、培地詰め量 510～540 g が最適とされている^{8,13)}。しかし、培地詰め量は培地基材 (おが屑) の粒度の大きさが影響すると考え、本試験では、基本培地 (BL2) についても焼酎粕培地と同様、詰め量を 510～630 g まで変化させた。

表-3 に各培地詰め量及び各水分率におけるエリンギの栽培試験結果を示す。

焼酎粕培地の場合、菌まわり日数は培地詰め量に関係なく含水率 65% 区が、29～30 日程度と最も速く、ついで含水率 63% 区、60% 区の順であった。全体的に含水率が高いほど短くなる傾向にあった。一方、基本培地の

表-3 各培地詰め量、水分率におけるエリンギの栽培試験結果 (焼酎粕添加率 60%の場合)

培地	培地詰め量	水分率	菌まわり日数	菌掻き・注水	菌掻き・注水	総栽培日数	収量（生）	発生本数
					から収穫までの			
					日数			
（平均値±標準偏差）								
	（g）	（％）	（日）	（日）	（日）	（日）	（g／瓶）	（本／瓶）
焼酎粕培地	630	65	30.6±1.4	42.0±1.0	13.2±1.4	55.2±0.8	150.4±22.6	2.3±1.0
		63	34.6±1.7	45.4±2.0	12.8±0.4	58.2±2.2	117.1±23.2	2.4±0.9
		60	41.4±2.3	51.8±2.4	14.1±1.0	66.2±2.6	96.6±18.0	2.2±0.7
		58	53.1±3.8	63.3±3.6	13.6±1.2	76.9±4.3	95.7±16.4	2.6±1.0
		55	—	—	—	—	—	—
基本培地（BL2）		65	32.2±0.4	43	15.5±1.3	58.4±1.4	92.9±19.3	1.4±0.5
焼酎粕培地	600	65	29.4±0.5	41	13.6±1.0	54.6±1.0	136.4±17.6	2.4±1.1
		63	32.1±0.3	43	13.4±0.9	56.4±0.9	126.3±20.3	1.9±0.7
		60	41.8±1.7	52.0±1.4	12.4±1.0	64.2±1.1	97.7±16.2	2.5±0.9
		58	43.1±1.3	53.9±1.8	15.4±2.1	69.3±3.6	96.0±18.0	1.9±0.7
		55	55.1±2.9	65.4±2.8	12.8±1.5	77.1±2.8	91.3±21.8	2.7±0.7
基本培地（BL2）		65	30.2±1.2	41.6±0.8	18.6±0.8	60.2±1.3	83.1±10.2	1.3±0.4
焼酎粕培地	570	65	30.5±1.4	41.6±0.9	12.3±1.3	53.9±0.9	145.4±23.7	2.1±0.6
		63	35.2±1.7	46.2±1.6	14.4±1.9	60.6±2.9	116.1±23.4	1.9±0.8
		60	37.2±1.2	48.1±1.4	13.4±1.4	61.5±1.9	96.1±21.4	1.9±0.7
		58	45.4±3.5	55.5±3.7	13.5±1.6	69±2.6	97.3±25.0	2.0±1.1
		55	53.3±4.4	63.4±4.3	14.3±1.4	79±2.2	84.2±20.4	1.9±0.6
基本培地（BL2）		65	29	41	17.8±1.6	58.8±1.6	93.2±8.2	1.3±0.5
焼酎粕培地	540	65	29	41	12.8±1.2	53.8±1.2	137.9±33.2	1.6±0.9
		63	35.3±1.7	46.2±1.6	13.8±0.8	60.4±1.6	131.1±26.0	2.2±0.7
		60	41.5±1.7	52.3±1.3	12.0±0.6	64.3±0.8	86.6±26.6	1.5±0.6
		58	40.4±3.2	50.7±3.4	13.3±0.9	63.7±4.1	86.9±15.3	2.2±0.8
		55	48.4±3.3	59±3.8	14.2±2.7	73.1±5.5	62.8±21.1	1.9±0.6
基本培地（BL2）		65	29.1±0.3	41	18.6±1.0	59.6±1.0	93.1±23.4	1.1±0.3
焼酎粕培地	510	65	29.9±1.8	41.6±1.8	12.3±0.8	53.9±1.5	106.9±23.1	1.8±0.7
		63	32.8±2.8	44.0±2.7	12.8±1.6	56.8±3.4	108.8±21.2	2.1±0.9
		60	42.8±2.2	53.0±1.9	11.4±3.7	62.7±4.8	76.4±17.7	1.5±0.7
		58	48.0±8.3	58.5±10.1	—	—	—	—
		55	63.3±5.3	74.0±4.9	—	—	—	—
基本培地（BL2）		65	29	41	18.5±2.1	59.5±2.1	86.8±21.5	1.3±0.4

場合、培地詰め量 510 g～570 g において菌まわり日数は 29 日と焼酎粕培地に比べ若干短く、それ以上では詰め量が増加するにしがいが長くなる傾向にあった。今回は菌まわり完了後、熟成期間を 10 日～12 日間設け、その後、菌掻き・注水の作業を行い、子実体の形成を促した。

総栽培日数は焼酎粕培地では水分率 65%、培地詰め量 510～570 g で 54 日間程度と最も短く、ついで、水分率 65%、培地詰め量 600 g、水分率 65%、培地詰め量 630 g の順であった。一方、基本培地では、58 日～60 日程度であり、焼酎粕培地の水分率 65%、培地詰め量 510～570 g と比較して 4～6 日間長かった。これは菌掻き・注水から収穫までの日数が焼酎粕培地では 12～13 日程度であるのに対し、基本培地では 16 日～19 日程度を要したためである。焼酎粕培地における子実体収量は、水分率 65%、培地詰め量 630 g で 150.4±22.6 g と最も多く、ついで水分率 65%、培地詰め量 570 g、水分率 65%、培地詰め量 540 g の順であった。このように水分率が高い培地では子実体収量は多くなる傾向にあった。つぎに

各培地詰め量ごとに水分率 65%の焼酎粕培地と基本培地で子実体収量を比較すると、培地詰め量 630 g、600 g、570 g では基本培地の 1.6 倍、540 g では 1.5 倍、510 g では 1.2 倍といずれの培地詰め量においても焼酎粕培地における子実体の収量が基本培地を上回った。発生本数についても焼酎粕培地が基本培地よりも多くなる傾向にあった。

また本試験では、培地のビン詰め作業を手作業で行ったため、ビン詰め量が 600g を超えると全ての含水率において培地の充填作業に手間がかかり、作業効率が低下した。

以上の結果から、焼酎粕培地における本試験の検討範囲では、最適水分率、培地詰め量は菌まわり日数、総栽培日数、収量性及び作業効率から総合的に判断して水分率 65%、培地詰め量 570 g であると判断した。また、米糠、フスマを栄養材とする基本培地 (BL2) の最適培地詰め量は 570 g であり、焼酎粕培地と同じであった。なお、培地詰め量 630 g、水分率 55%の栽培条件では培養瓶に試料を詰め込むことができなかったこと、また、培

表-4 エリンギの一般成分

試験区	タンパク質	脂質	灰分	炭水化物
	g/100g 乾物			
焼酎粕培地	26.1	2.7	5.8	65.4
基本培地 (BL2)	23.1	3.8	5.8	67.3

表-5 エリンギのミネラル含有量

試験区	P	Ca	Na	K
	mg/100g 乾物			
焼酎粕培地	620	9.4	45.3	3,113
基本培地 (BL2)	791	9.8	16.1	2,848

地詰め量 510 g, 水分率 58%, 55%の栽培条件では, 培地の乾燥が激しく, 栽培が困難であったことから, 表中に結果を表示できなかった。

(3) 子実体成分分析

表-4 に最適条件 (焼酎粕培地; 添加率 60%, 水分率 65%, 培地詰め量 570 g, 基本培地 (BL2); 水分率 65%, 培地詰め量 570 g) で栽培したエリンギの一般成分の分析結果を示す。焼酎粕培地で栽培したエリンギは基本培地のものと比較してタンパク質がやや多く, 脂質がやや少なくなる傾向を示した。これは, 栄養材として用いた甘藷焼酎粕乾燥固形物が高タンパク質, 低脂肪であることが影響していると考えられる¹⁰⁾。

つぎに表-5 にエリンギ子実体のミネラル含有量を示す。両子実体共にカリウムが最も多く含まれ, ついで P>Na>Ca の順であった。焼酎粕培地で栽培したエリンギと基本培地のものとの間に, ミネラルの組成と含有量に著しい差は認められなかった。澤田¹⁷⁾や岩出等¹⁸⁾はきのこのこの灰分中の各元素の含有率を調査し, 全てのきのこにおいてカリウムとリンの含有率は非常に高く, 特にカリウムは灰分の 60~65%を占めることを報告している。本試験においても同様な結果が得られた。また, 関谷等¹⁹⁾や高島等²⁰⁾はカリウム含有量の少ない醸造廃棄物のビール粕を利用し, きのこと (ヒラタケ) の栽培試験を行い, 培地中のカリウム含有量が少なく子実体は発生しないことを明らかにしている。このように, 子実体を発生させるためには, 栄養材中にカリウムが多く含まれることが必要である。甘藷焼酎粕乾燥固形物にはカリウムが 970mg/100 g 乾物¹⁰⁾と無機成分の中では最も多く含まれていることから, 甘藷焼酎粕乾燥固形物では, 子実体を得ることができたと考える。

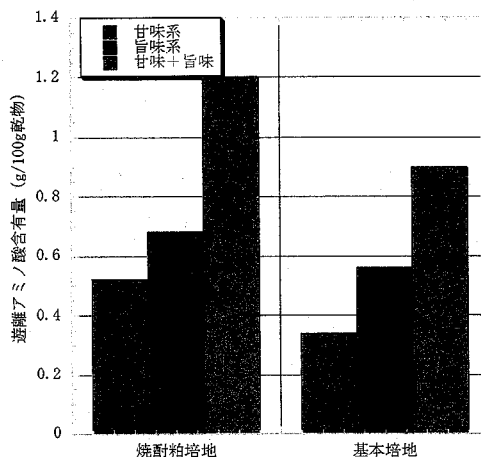


図-3 エリンギ子実体に含まれる遊離アミノ酸中の旨味, 甘味を呈するアミノ酸含有量

表-6 に両子実体中に含まれるアミノ酸の測定結果を示す。焼酎粕培地で栽培したエリンギ子実体中のアミノ酸総量は, 18.2 g/100 g 乾物であり, 基本培地 (17.0 g/100 g 乾物) で栽培したものよりやや多いことがわかった。各アミノ酸量を比較すると, 両子実体共にグルタミン酸 (Glu) が最も多かった。その他のアミノ酸では, 両子実体共にアスパラギン酸 (Asp), アルギニン (Arg), アラニン (Ala), リジン (Lys), ロイシン (Leu) が多く含まれた。このように, アミノ酸組成については大きな違いは見られなかった。つぎに遊離アミノ酸量を比較した。遊離アミノ酸総量は焼酎粕培地で栽培したエリンギで 2.50 g/100 g 乾物, 基本培地で栽培したエリンギで 1.65 g/100 g 乾物であり, 基本培地で栽培したエリンギの約 1.5 倍であった。

図-3 に遊離アミノ酸の中で旨味 (アスパラギン酸; Asp, グルタミン酸; Glu), 甘味 (アラニン; Ala, グリシン Gly, プロリン; Pro, セリン; Ser, スレオニン Thr) を呈するアミノ酸含有量を比較した結果を示す。焼酎粕培地で栽培したエリンギは旨味, 甘味共に基本培地で栽培したエリンギよりもそれぞれ 1.2 倍, 1.5 倍多かった。

以上の結果から, 栄養材として甘藷焼酎粕乾燥固形物を単独で使用しても, 基本培地で栽培したエリンギと成分特性は同等, それ以上の成果が得られることが明らかになった。

表-6 エリンギに含まれるアミノ酸

		(g/100g 乾物)																	
試験区		必須								準必須		非必須							
		Leu	Ile	Val	Met	Thr	Trp	Phe	Lys	His	Arg	Gly	Ser	Glu	Pro	Tyr	Cys	Ala	Asp
総アミノ酸	焼酎粕培地	1.28	0.76	0.99	0.29	0.99	0.36	0.84	1.30	0.45	1.43	0.95	1.07	2.57	0.82	0.60	0.23	1.31	2.01
	基本培地 (BL2)	1.24	0.75	0.95	0.32	0.92	0.33	0.79	1.21	0.41	1.18	0.90	0.98	2.23	0.80	0.61	0.24	1.26	1.83
遊離アミノ酸	焼酎粕培地	0.09	0.05	0.08	0.01	0.10	0.05	0.12	0.13	0.06	0.63	0.06	0.13	0.30	0.07	0.10	0.00	0.16	0.38
	基本培地 (BL2)	0.07	0.03	0.05	0.01	0.06	0.02	0.08	0.06	0.04	0.36	0.04	0.07	0.19	0.04	0.07	0.00	0.13	0.37

(4) 官能評価

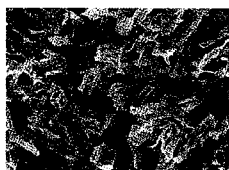
基本培地 (BI2; 水分率 65%, 培地詰め量 570 g) で得られたエリンギの官能評価点数を 3.0 (普通) とし、これを基準にパネリストが定性的に 5 段階で評価した。その結果を表-7 に示す。焼酎粕培地で栽培したエリンギは基本培地のものと比較してエリンギ独特の臭さが弱いことがわかった (1.9 ± 0.3)。これは表-4 で示したように焼酎粕エリンギは基本培地のものより脂質量が少ないことに起因していると考えられる。従来、栄養材として脂質を多く含む米糠を多く使用すると臭気が強くなることが知られており、脂質がエリンギの独特に臭いに関係していると考えられる。旨味、甘味については基本培地で栽培したものよりも強くなる傾向にあった。これは旨味 (3.3 ± 0.2)、甘味 (3.4 ± 0.2) に関係する遊離アミノ酸量が基本培地で栽培したものよりも高いことと一致した。また、苦味 (2.8 ± 0.2) については基本培地で栽培したものと変わらなかった。歯ごたえ (4.0 ± 0.4) については、特に両子実体に顕著な差が見られた。エリンギは食感を楽しむ食材であることから、この項目は特に重要と考える。図-4 に焼酎粕エリンギと基本培地で栽培したエリンギの電子顕微鏡写真を示す。焼酎粕エリンギは基本培地で栽培したものよりも菌糸が太く、菌糸間が密であり、菌糸密度が高いことがわかる。これは図-1 で示したように焼酎粕培地における菌糸の濃さ、密度の高さが影響していると考えられる。つまり、子実体は菌糸の集合体であることから、培地を覆っている菌糸密度が高いと子実体の菌糸密度も高くなると推察される。焼酎粕エリンギの歯ごたえの良さは菌糸の密度及び太さが影響していると考えられる。

以上の結果から焼酎粕エリンギは対照区と比べ旨味、甘味が強く、歯ごたえのある特徴を持つことが明らかになった。

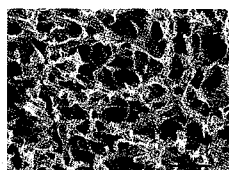
表-7 焼酎粕培地で栽培したエリンギの官能評価
(1.0:非常に弱い~5.0:非常に強い)

臭気	旨味	甘味	苦味	歯ごたえ
1.9 ± 0.3	3.3 ± 0.2	3.5 ± 0.2	2.8 ± 0.2	4.0 ± 0.4

3.0 = 基本培地で栽培したエリンギの点数



焼酎粕エリンギ



基本培地で栽培したエリンギ

図-4 エリンギの柄の中心部分のSEM写真 (500倍)

(5) 甘藷焼酎粕乾燥固形物をきこの培地に使用することによる焼酎粕消費量と慣行培地との経済評価

表-8 に鹿児島県内で焼酎粕乾燥固形物を製造している 4 社を対象にトン当たりの市場価格を調査した結果を示す。A 社、B 社については、固液分離後の固形画分の乾燥方法は異なるが、焼酎粕乾燥固形物そのものが得られる。C 社、D 社では焼酎粕にそれぞれフスマ、乾燥おからを添加し、焼酎粕全て (固形画分+液画分) を乾燥させて有効活用している。販売価格は A 社ではトン当たり 5,000 円~20,000 円程度であり、年間引取量、流通経路により異なった。B 社については、焼酎粕乾燥固形物の飼料原料としての品質評価がまだ定着していないことから、トン当たり 5,000 円で取り引きされている。C 社、D 社については焼酎粕にフスマやおからを添加しているため、価格が高み、C 社でトン当たり 16,000 円、D 社でトン当たり 20,000 円であった。本試験では、甘藷焼酎粕乾燥固形物そのものを利用しているため、A 社、B 社の聞き取り価格を利用し、甘藷焼酎粕乾燥固形物をきこの培地に使用することによる甘藷焼酎粕消費量と慣行培地との経済評価を行うこととした。なお原料の違い (甘藷、麦) による価格の差は無かった。

表-9 にエリンギ栽培における材料費を示す。2004 年度版きのこ年鑑に記載されている経営指標⁸⁾、及び長野県野菜花き試験場の成果報告書²⁾によると、エリンギ栽培の場合、栄養材として米糠、フスマを利用した慣行培地では、栄養材費はビン 10,000 本当たり、米糠 (31.7 円/kg) 15,850 円、フスマ (31.5 円/kg) 14,175 円、計 30,025 円である。また、培地基材費 (おが屑 1m³: 4,500 円 (15.3 円/kg)、コーンコブミール: 40 円/kg) はそれぞれ 31,581 円、18,000 円である。このことから、慣行培地でエリンギを栽培した場合、材料費はビン 10,000 本当たり 79,606 円となった。一方、栄養材として甘藷焼酎粕乾燥固形物を利用した場合、培地詰め量 570 g (甘藷焼酎粕乾燥固形物を培地乾重量の 60% 添加: 119.7 g/ビン)、水分率 65% で培地を作製すると、ビン 10,000 本当たり、1,197kg (乾物) 必要となる。この使用量から焼酎粕乾燥固形物の栄養材費を算出すると、6,725 円~26,898 円となる。また、10,000 本当たり針葉樹おが屑を 7.8m³ 必要とすることから、培地基材費は

表-8 焼酎粕乾燥固形物の市場価格

焼酎粕乾燥固形物製造会社	販売価格 (円/トン)
A社	5,000~20,000円
B社	5,000円
C社	16,000円
D社	20,000円

表-9 エリンギ栽培における材料費（ビン10,000本当たり）

培地	栄養材費			培地基材費		その他	計
	米糠 ¹⁾	フスマ ²⁾	甘藷焼酎粕 乾燥固形物 ³⁾	針葉樹 おが屑 ⁴⁾	コーンコブ ミール ⁵⁾	貝化石 ⁶⁾	
	円						
焼酎粕培地			6,725～26,898	35,219		2,873	44,817～64,990
慣行培地	15,850	14,175		31,581	18,000		79,606

*培地資材kg単価；1) 31.7円/kg, 2) 31.5円/kg, 3) 5～20円/kg, 4) 15.3円/kg (4,500円/m³), 5) 40円/kg, 6) 36円/kg

**米糠, フスマ, コーンコブミール, 甘藷焼酎粕乾燥固形物の水分率を11.0%とする。

***針葉樹おが屑の水分率を68.8%とする。

****焼酎粕培地の培地詰め量570 g, 水分率65%, 慣行培地の培地詰め量540 g, 含水率65%で算出した。

35,219 円となる。さらに pH コントロール材として貝化石 (36 円/kg) を添加しているため、10,000 本当たり 2,873 円必要である。これらを合計すると、焼酎粕培地でエリンギを栽培した場合、材料費はビン 10,000 本当たり 44,817 円～64,990 円となった。

以上の結果から、甘藷焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地の栄養材として利用すると、慣行培地よりも材料費を 3/5～4/5 程度に抑えることが可能である。また、きのこ栽培業者の一日当たりの培地調製本数は中規模工場では 5,000 本程度であることから、甘藷焼酎粕乾燥固形物の消費量は 598.5kg/日となる。これを甘藷焼酎粕現物（水分率 94.6%）に換算すると、約 11.1 トンとなり、中規模の焼酎工場から排出される甘藷焼酎粕量に相当する。以上のことから、中規模の焼酎工場から排出される甘藷焼酎粕の固形画分を中規模のきのこ生産工場で全て消費することができると考えられる。

甘藷焼酎粕乾燥固形物を利用したエリンギ栽培は慣行培地よりも低コスト化が可能であり、収量性、品質向上に有効であることから、実用化は可能と考えられる。

4. おわりに

本研究の最終目的は、焼酎粕をきのこ栽培用の栄養材に利用し、高付加価値きのこを生産すると同時に、その過程で発生する使用済み菌床（廃菌床）を家畜飼料・敷料、肥料と段階的に利用していくことで焼酎粕の物質循環、経済循環を合致させる環境保全・資源循環型の新規システムを開発することである（図-5 参照）。ここでは甘藷焼酎粕乾燥固形物を栄養材とする培地（菌床）で国内生産量、消費量が急激に増加しているエリンギ（*Pleurotus eryngii*）栽培試験を実施し、高付加価値き

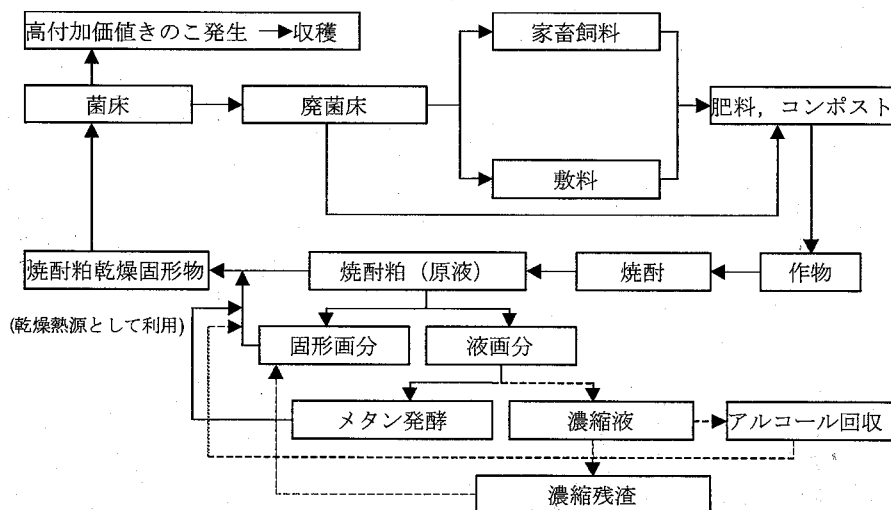


図-5 焼酎粕の環境保全・資源循環型システム

のこの生産を試みた。また、甘藷焼酎粕乾燥固形物をきのこ（エリンギ）培地に使用することによる甘藷焼酎粕消費量と慣行培地（栄養源として米糠、フスマなど）との経済評価を行った。以下に本研究で得られた知見を示す。

- 1) 甘藷焼酎粕乾燥固形物はヒラタケ栽培と同様にエリンギ栽培においても効果的な栄養材であると結論した。また、その最適添加率は、収量性、子実体の品質から判断して、60%であった。
- 2) 焼酎粕培地における本試験の検討範囲では、最適水分率、培地詰め量は菌まわり日数、総栽培日数、収量性及び作業効率の面から総合的に判断して水分率65%、培地詰め量570 gであると判断した。
- 3) 焼酎粕培地（甘藷焼酎粕添加率60%、水分率65%、培地詰め量570g）における子実体の収量は基本培地の約1.6倍であった。また、栽培日数も5日程度短縮できることがわかった。
- 4) エリンギ栽培における主要技術指標に本試験で得られた結果を照合すると、焼酎粕添加率40%以上で条件（一作60日、1ビンあたりの収量90～130 g）をクリアすることがわかった。
- 5) 焼酎粕培地で栽培したエリンギは基本培地で栽培したものとは比べ旨味、甘味が強く、歯ごたえのある特徴を持つことが子実体の成分分析、官能評価及び電子顕微鏡の写真より明らかとなった。
- 6) 甘藷焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地の栄養材として利用すると、慣行培地よりも材料費を最大で40%程度削減できることが示唆された。また、中規模の焼酎工場から排出される甘藷焼酎粕の固形画分を中規模のきのこ生産工場ですべて消費することができると考えられた。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金（基盤研究（C））、課題番号 18560539）の助成を受けて遂行したものである。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 鹿児島県酒造組合連合会：平成 17 酒造年度本格焼酎原料別製成数量と蒸留粕の処理別・月別数量（2005）
- 2) 情報データベース：廃棄物の海洋投棄の規制強化へ 改正海防法が成立、http://www.japanfs.org/index_j.html, Japan for Sustainability. (2004)
- 3) 木場信人：鹿児島県における焼酎粕の現状と今後の課題、鹿児島大学水産学部紀要 特別号, pp. 1-5. (2007)
- 4) 鮫島吉廣：焼酎副産物資源化システムの構築, 日本醸造協会誌, 98 巻, 7 号, pp. 481-490. (2003)

- 5) 三井造船（株）：プレスリリース,
<http://www.mes.co.jp/press/2003/index.html> (2003, 2004)
- 6) 川内酒造協同組合：稼働 1 年余, 24 時間フル操業で 1 日 130 トンを処理, 環境施設, No. 97, pp. 30-35. (2004)
- 7) 廣瀬茂, 田上修, 家藤治幸, 松本陽子, 上岡龍一：焼酎蒸留粕（廃液）を利用した新素材転換システムに関する基礎研究, 化学工学論文集, 第 28 巻第 5 号, pp. 621-625. (2002)
- 8) 株式会社特産情報きのこ年鑑編集部：2004 年度版きのこ年鑑, pp. 147-150. pp. 206-209. p. 251. pp. 263-265. (2004)
- 9) 石原宏基, 野上友美, 佐伯知勇：きのこ生産における食品加工副産物の利用に関する研究(II), 業務年報, pp. 48-51. (2002)
- 10) 山内正仁, 今屋竜一, 増田純雄, 山田真義, 木原正人, 米山兼二郎, 原田秀樹：甘藷焼酎粕乾燥固形物を利用したきのこ栽培技術の開発に関する研究, 土木学会環境工学論文集, Vol. 42 pp. 545-553. (2005)
- 11) 長野県, 長野県農業協同組合中央会, 長野県経済事業農業協同組合連合会, 長野県森林組合連合会：きのこ栽培指標, pp. 166-172. (2002)
- 12) 小島靖：エリンギの生産技術, 農耕と園芸, 7 月号, pp. 56-58. (2005)
- 13) 小島靖：エリンギ (*Pleurotus eryngii*) の菌株特性について, 奈良県林試林業資料 No. 15, pp. 5-8. (2000)
- 14) 長濱伴紀, 藤本滋生, 菅沼俊彦：甘藷焼酎蒸留廃液の物理・化学的性質と固液分離に関する要因, 地域システム技術開発事業研究成果報告書, 鹿児島県, pp. 92-107. (1991)
- 15) 大賀祥治, 阿部正範, 眞計勝弘, 寺下隆夫：食用きのこの菌糸成長に及ぼす核酸関連物質の影響, 日本応用きのこ学会誌 Vol. 11 No. 3, pp. 119-122. (2003)
- 16) 大賀祥治：担子菌の子実体発生に関与する遺伝子制御因子, 科学研究費補助金研究実績報告（基盤研究 C, 研究課題番号 12660153）, pp. 1-40. (2002)
- 17) 澤田満喜：本邦産キノコの成分に関する研究, 演習林報告 59 号, 33 (1965)
- 18) 岩出玄之助：キノコ類の培養法, (株) 地球社, pp. 61-66. (1985)
- 19) 関谷敦：ビール粕を主成分とする培地におけるヒラタケ子実体の発生に及ぼすカリウムの添加効果, 日本応用きのこ学会誌 7, pp. 65-69. (1999)
- 20) 高島幸司：菌床栽培用きのこの育種と栽培技術の改良, 平成 6 年度富山県林業センター業務報告, p. 19. (1995)
- 21) 野菜花き試験場・菌茸部：エリンギ栽培用に開発した YK-E 培地は収量・品質の向上に有効である, 新しく普及に移す農業技術, 長野県野菜花き試験場, pp. 23-1-23-5. (2004)
<http://www.alps.pref.nagano.jp/hukyu/03-2index.htm>

(2007. 5. 25 受付)

Practicality of a High Value-Added Edible Mushroom (Eringi, *Pleurotus eryngii*) Using Sweet Potato *Shochu* Lees

Masahito YAMAUCHI¹, Ryuichi IMAYA², Masayoshi YAMADA³, Sumio MASUDA⁴,
Masato KIHARA¹, Kenjiro YONEYAMA⁵ and Hideki HARADA⁶

¹Dept. of Civil Engineering, Kagoshima National College of Technology

²Uemura Co. Ltd.

³Dept. of Environmental Systems Engineering, Nagaoka University of Technology

⁴Dept. of Civil and Environmental Engineering, Miyazaki University

⁵Xenocross Co. Ltd.

⁶Dept. of Civil Engineering, Tohoku University

The solid fraction of *shochu* lees emitted from *shochu* production is dried and used effectively as a livestock feed and a fertilizer. In this study, we took note that *shochu* lees are a byproduct derived from agricultural produce and safe industrial food waste with high nutritional value, developed a mushroom bed made from the dried solid of sweet potato *shochu* lees (dried solid of *shochu* lees, hereafter), and ran a mushroom (eringi, *Pleurotus eryngii*) culture test. The dried solid of *shochu* lees cut culture time and improved the yield and quality of the fruiting body; it was found suitable as a nutritional material for mushroom culture. Especially in a test plot with the *shochu* lees added at 60%, the culture time was about five days shorter and the yield of the fruiting body 60% greater than in a test plot with a control medium (BL) containing rice bran and wheat bran as nutritional materials. Moreover, eringi cultured with the dried solid of *shochu* lees was tastier, sweeter, and better in texture than eringi grown with the control medium.

The dried solid of *shochu* lees used as a nutritional material was also indicated to be economical in that it reduced material cost to three to four fifths that of conventional media.

As described above, eringi culture using the dried solid of *shochu* lees is less costly and more effective for improving the yield and quality. Therefore, it is considered practically applicable.