

(72) 食品廃棄物を培地材料に利用することによる きのこ（ヤマブシタケ）の機能性向上効果

山内 正仁^{1*}・八木 史郎²・山田 真義¹・山口 昭弘³
増田 純雄⁴・山口 隆司⁵

¹鹿児島工業高等専門学校 都市環境デザイン工学科 (〒899-5193 鹿児島県霧島市隼人町真孝1460-1)

²鹿児島大学農学部 生物資源化学科 (〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元1-21-24)

³日本食品分析センター 彩都研究所 (〒567-0085 大阪府茨木市彩都あさぎ7-4-41)

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

⁵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)

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

甘藷焼酎粕乾燥固形物、でん粉粕をきのこ栽培に利用することによる子実体、培地中の生理的機能性への影響についてヤマブシタケで検討した。その結果、ヤマブシタケの機能性は、焼酎粕培地で栽培した子実体で強く、特に発生室内の温度を低下させ、針の伸長を促進させることで高まることがわかった。また、SOD 活性、ACE 阻害活性は、子実体で高く、培地で低いことから、これらの機能性に関与する成分は、子実体で合成されるものと考えられた。さらに、培地、子実体抽出液の RAW264 細胞 NO 産生抑制作用の試験では、NO 産生率は滅菌後培地ではほとんど抑制されず、発生前培地>廃培地>子実体の順に低下する傾向にあることから、この場合も抗炎症性の成分が子実体で新たに合成されていると考えられた。P388 白血病細胞増殖抑制試験では、焼酎粕培地で栽培した子実体において増殖率 10%未満と他の試験区に比べ、より強い増殖抑制作用を示すことが確認された。

Key words : shochu lees, *Hericium erinaceum*, anti-inflammatory activity, growth inhibition of leukemia cell

1. はじめに

本格焼酎の生産量が全国一である鹿児島県では、その製造過程で 39 万 2 千トン（平成 19 酒造年度）¹⁾の焼酎粕が発生し、その 9 割が陸上処理されている。現在の焼酎粕の陸上処理法の主流は、肥料・飼料としての利用である^{2,3)}。しかし、これらの利用法だけでは、製品に十分な付加価値を付与できないなどの問題が残る。また、甘藷でん粉製造業界においても、その製造過程で発生するでん粉粕の利用法の開発が急務となっている。でん粉粕は年間 3 万 1 千トン⁴⁾発生し、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⁵⁾。しかし、これらの利用法においても焼酎粕と同様、経済的有用性および付加価値の高い利用法の開発が求められている。

また近年、様々な食品が栄養的側面だけでなく、三次機能として、生体機能の調節や成人病予防の機能性を求

められている。中でもきのこは消費者の健康志向を反映して、その機能性に関心が高まっている。一方、甘藷焼酎粕はクエン酸などの有機酸、アミノ酸、無機成分など多く含まれるため、血圧降下作用や抗酸化作用などがあり、その保健的機能性に着目して、高齢化や食生活に伴う様々な生活習慣病を抱える現代人の健康維持に役立つ機能性食品へ利用する研究が行われ、一部実用化されている^{6,7,8)}。でん粉粕についてもセルロースのみでなく、ペクチン、ヘミセルロース、リグニンなどの高分子成分を含み、複合的機能を持つ食物繊維として食品への応用が期待されている⁹⁾。

このような背景の中で、筆者らは、焼酎粕、でん粉粕の成分特性、でん粉粕の体積膨張性に着目し、これらをきのこ培地の原料として活用することにより、きのこの一次機能（栄養特性）、二次機能（嗜好特性）に加えて三次機能および生産性を向上させることが可能であれば、きのこ産業における産地間・生産者間での価格競争激化

による地方の厳しい経営状況を打開でき、さらにきのこの高付加価値化が可能になるものと考えた。

本研究では、中国で生薬の一つとして古くから利用され、抗腫瘍作用、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有し、栽培が比較的容易であり、かつ、エリンギ、ヒラタケ、ブナシメジなど主要品目より高値で販売されているヤマブシタケに着目し、栽培を試みた。ヤマブシタケは、一般的な食用きのこは異なり、傘が分化せず球塊状で、側面と下面から針を無数に垂らして子実体を形成するきのこであり、発生室内の温度、湿度などの室内環境により、子実体の針の形成、形状が異なる特徴がある。高畠⁹⁾や増野¹⁰⁾は、発生室内の温度を下げて、加湿器により、空中湿度を90%以上に保つと子実体の針が形成され易く、また、生理的機能性が高まることを報告している。そこで、本研究では、培地材料および子実体発生条件の違いから子実体、培地の生理的機能へ与える影響について検討した。

2 材料および方法

(1) 培地条件および子実体発生条件

表-1 に焼酎粕・でん粉粕培地、焼酎粕培地および標準培地の最適培地条件¹¹⁾を示す。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)に培地を充填後、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ヤマブシタケ(*Hericium erinaceum*; (株)キノックス)をビン当たり約10g接種した。接種後、各試験区の培養は設定温度22±1℃、湿度75±5%に制御した培養室で28日間行った。その後、発生処理を施し、各試験区とも、①ヤマブシタケを実際に生産販売しているきのこ生産工場(M会社;宮崎県小林市)の発生条件(温度16±2℃、湿度85±10%)、および②針の伸長が期待でき、機能性が高まると考えられる発生条件(温度12±2℃、湿度85±10%)^{9,10)}で子実体の発生を促した。培養室、発生室内の蛍光灯の点灯は栽培期間全体を通して作業時のみとした。キャップは原基形成を確認後、取り外した。

表-1 培地条件

試験区	培地組成(乾物重量%)				瓶詰め重量	水分率*	
	培地基材	栄養材	その他				
	でん粉粕	広葉樹おが屑	甘藷焼酎粕乾燥固形物	ホミニフィード	貝化石	(g)	(%)
焼酎粕・でん粉粕	46		50		4	540	63.5
焼酎粕培地		46	50		4	600	64.3
標準培地		62.7		33.3	4	580	63.9

*滅菌後の水分率

(2) 試料採取と分析方法

収穫は各試験区とも胞子の落下を確認後、発生条件①については子実層針の長さが17~20mm程度で、発生条件②については23~26mm程度で行った。各試験区の供試ビン数は32本とした。収穫後、生重量を測定し、栄養材10g当たりの収量性を乾物で算出した。つぎに、子実体の一般成分(水分;常圧加熱乾燥法、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))および食物繊維(酵素・重量法(prosky法))を新食品分析法¹²⁾に準じて定量し、成分を比較した。また、アミノ酸含有量(高速液体クロマトグラフ法(SHIMADZU, LC-20AD)、自動分析法(日本電子, JLC-500/V))についても同様に新食品分析法¹²⁾に準じた。さらにヤマブシタケ子実体および培地中の機能性を評価するためにスーパーオキシド消去(SOD)活性、血圧上昇抑制効果評価試験(ACE(アンジオテンシン変換酵素)阻害活性試験)を(財)日本食品分析センターに依頼した。これらの試験には、子実体および培地を凍結乾燥し、粉碎した粉末を用いた。スーパーオキシド消去活性は電子スピン共鳴(ESR)法で、アンジオテンシン変換酵素(ACE)阻害活性の測定は、Nakanoらの方法¹³⁾に基づき、試験溶液を調製し、ACE活性を測定後、試験溶液を加えない未処理区の活性を100%とした場合の相対ACE活性をもとに評価した。

さらに、上記試験において、機能性が高かった発生条件で栽培したヤマブシタケ子実体および培地については、RAW264細胞NO産生誘導・抑制試験¹⁴⁾、P388白血病細胞増殖抑制試験¹⁵⁾を実施した。RAW264細胞NO産生誘導・抑制試験では、免疫賦活作用に関与したマウスマクロファージ細胞に対する活性化(以下、マクロファージ活性化)の指標としてNO産生誘導能を、また抗炎症作用の評価としてリポ多糖(LPS)刺激により亢進したNO産生を抑制する作用を合わせて調べた。P388白血病細胞増殖抑制試験では、抗癌作用検定用の標準細胞株の一つであるマウス白血病細胞P388を用いて、試料成分に腫瘍細胞の増殖を抑える効果があるかどうか調べた。これらの細胞試験に対しては、100mg/mLの熱水抽出液(遠心上清ろ過液)を調製し、最終的に5mg/mLまたは2.5mg/mLの検体濃度に各細胞培養液で希釈して試験した。

3. 結果と考察

(1) 発生条件の違いによる子実体の収量、成分特性および機能性評価

表-2 にヤマブシタケの栽培試験結果を示す。発生条

表-2 ヤマブシタケの栽培試験結果

試験区		培養日数	菌掻きから収穫	総栽培日数	収量	栄養材10g当 たりの収量性
			までの日数			
			(平均値±標準偏差)			
			(日)	(g/瓶)	(g)	
焼酎粕・でん粉粕 培地	①	28	19.5±0.8	47.5±0.8	126.5±2.3	12.8
	②		31.0±0.2	59.0±0.2	112.8±11.6	11.4
焼酎粕培地	①	28	20.4±1.0	48.4±1.0	92.8±5.5	8.7
	②		30.0±0.6	58.0±0.6	78.7±7.4	7.3
標準培地	①	28	18.8±1.1	46.8±1.1	56.3±6.1	8.1
	②		29.3±1.0	57.3±1.0	49.8±5.9	7.1

* ①：発生温度16±2℃ 湿度85±10%，②：発生温度12±2℃ 湿度85±10%

**発生条件①については発表値¹¹⁾を使用。

件②では、発生条件①と比較して、菌掻きから収穫までの日数が10日程度長くなり、収量、栄養材10g当たりの収量性も10～15%程度減少した。高畠¹⁰⁾は、子実層針を伸長させ、老成させると子実体重量が減少することを報告している。本試験においても、子実層針を時間をかけて十分に発達させた状態であったため、子実体が老成し、子実体重量が減少したと考えられる。また、標準培地で栽培したヤマブシタケは、焼酎粕・でん粉粕培地、焼酎粕培地と比較して、子実体の生長が悪く、全体的に針の形成とともに子実体が褐色し、劣化が比較的短時間のうちに進行し易かった。

表-3にヤマブシタケ子実体の一般成分と食物繊維の分析結果を示す。ヤマブシタケ子実体の一般成分を比較すると、タンパク質量は焼酎粕培地>標準培地>焼酎粕・でん粉粕培地の順であった。また、炭水化物量は焼酎粕・でん粉粕培地>標準培地>焼酎粕培地となり、タンパク質の減少に伴い、炭水化物は増加傾向にあった。食物繊維については、全ての試験区において、発生条件②の方が高かった。これは、子実体の針を伸長させたことで細胞壁成分が増加したためと考えられる。なお、表-2、表-3に示した発生条件①の栽培試験結果および分析結果値は発表値¹¹⁾を使用した。

表-4にヤマブシタケ子実体の総アミノ酸量、遊離アミノ酸量の結果を示す。アミノ酸量はいずれの試験区においても、発生条件②の方が高い値を示した。特に、焼酎粕培地で栽培した子実体については、その値は顕著であった。この理由として、低温で子実体を栽培すると、菌糸体の代謝活性が低下し、これにより、子実体中のアミノ酸の呼吸基質としての利用が抑制されたためと考えられる。またこれらの結果のうち、焼酎粕・でん粉粕培地、標準培地で栽培した子実体のアミノ酸量と表-3のタンパク質量を比較すると、アミノ酸量は発生条件②で増加したが、タンパク質量は減少した。これはタンパク質アミノ酸以外の窒素化合物量が減少したことによると考えられる。なお、発生条件の違いによるアミノ酸組成への影響は見られず、全ての試験区でグルタミン酸(Glu)が最も多く含まれた。その他の成分では、アス

表-3 ヤマブシタケ子実体の一般成分と食物繊維

(g/100g乾物)					
試験区		タンパク質	脂質	炭水化物	灰分 食物繊維
焼酎粕・でん粉粕 培地	①	20.0	4.9	67.5	7.6 33.7
	②	19.5	5.7	66.3	8.5 37.4
焼酎粕 培地	①	29.9	7.1	52.8	10.2 28.3
	②	33.8	7.4	47.0	11.8 29.4
標準培地	①	23.8	6.9	59.3	10.0 32.3
	②	23.1	5.9	59.8	11.2 37.3

*発生条件①については発表値¹¹⁾を使用。

表-4 ヤマブシタケ子実体の総アミノ酸量、

遊離アミノ酸量

(mg/100g乾物)

試験区		発生条件①総量	発生条件②総量
総アミノ酸	焼酎粕・でん粉粕培地	12,269	13,121
	焼酎粕培地	18,512	23,093
	標準培地	15,708	16,379
遊離アミノ酸	焼酎粕・でん粉粕培地	1,966	2,674
	焼酎粕培地	2,740	3,573
	標準培地	1,985	2,823

表-5 ヤマブシタケ子実体のSOD活性

(単位/g)		
試験区	発生条件①	発生条件②
焼酎粕・でん粉粕培地	1,600	2,200
焼酎粕培地	4,400	6,100
標準培地	2,100	1,300

パラギン酸(Asp)，アラニン(Ala)，ロイシン(Leu)が多かった。

表-5にヤマブシタケ子実体のSOD活性の測定結果を示す。SOD活性は、活性酸素を消去する能力を示す指標であるが、焼酎粕培地で栽培した子実体で強く、特に発生条件②で6,100(単位/g)と高かった。これは子実体中のSOD様活性酸素消去能が増加したことが影響していると考えられる。

表-6 に発生条件②における滅菌後培地、発生前培地、廃培地の SOD 活性を示す。各培地の SOD 活性は全ての試験区で 50~290 (単位/g) と低かった。しかし、表-5 で示したように子実体では、非常に高くなった。また、各培地材料の SOD 活性は、焼酎粕乾燥固形物で 730 単位/g、ホーミニフィードで 90 単位/g、広葉樹おが屑で 160 単位/g、甘藷でん粉粕で 110 単位/g であり、子実体の SOD は 1~2 オーダー高い値になった。

表-6 発生条件②における培地の SOD 活性

試験区	(単位/g)		
	滅菌後培地	発生前培地	廃培地
焼酎粕・でん粉粕培地	120	180	290
焼酎粕培地	160	140	180
標準培地	50	50	60

表-7 にヤマブシタケ子実体抽出液の ACE 活性を示す。ACE 活性は全ての試験区において未処理区 (ACE 活性 100%) と比較して、針の伸長を促進させた発生条件②で低かった。特に焼酎粕培地では 40% となり、阻害活性は高くなった。このことから培地栄養材に甘藷焼酎粕乾燥固形物を利用した試験区では標準区と比較して、ヤマブシタケ子実体抽出液の ACE 阻害活性が高いことから、子実体中には ACE 阻害活性を高めるアミノ酸ペプチドが多く含まれ易くなることがわかった。

表-8 に発生条件②における培地抽出液の ACE 活性値を示す。ACE 活性は、全ての試験区において培地で高く、子実体で低かった。

以上の結果から、ヤマブシタケの機能性は、焼酎粕培地で栽培した子実体で強く、特に発生室内の温度を低下させ、針の伸長を促進させることで高まることがわかった。

表-7 ヤマブシタケ子実体の ACE 活性 (%)

試験区	発生条件①	発生条件②
焼酎粕・でん粉粕培地	60	50
焼酎粕培地	60	40
標準培地	70	60

*凍結乾燥後の試料 1g を 50% C.H.O. 溶液 20ml で抽出後、0.1mol/L HEPES 緩衝液 (pH8.3) にて 10 倍希釈して試験溶液 (5mg/ml) を調製。

表-8 発生条件②における培地抽出液の ACE 活性 (%)

試験区	滅菌後培地	発生前培地	廃培地
焼酎粕・でん粉粕培地	80	70	80
焼酎粕培地	80	70	90
標準培地	100	90	100

*凍結乾燥後の試料 1g を 50% C.H.O. 溶液 20ml で抽出後、0.1mol/L HEPES 緩衝液 (pH8.3) にて 10 倍希釈して試験溶液 (5mg/ml) を調製。

た。また、SOD 活性、ACE 阻害活性は、子実体で高く、培地で低いことから、これらの機能性成分は、子実体で合成されるものと考えられる。詳細については、今後検討が必要である。

(2) 培養細胞を用いた機能性評価

表-9 に発生条件②における培地、子実体抽出液のマクロファージ活性化能の試験結果を示す。NO 産生誘導は標準培地の滅菌後培地と発生前培地で認められたのみであった。このことは標準培地に特有な成分が関与することを示しているが、廃培地及び子実体では誘導能は認められないことから、子実体の形成過程でこの成分は消失している可能性が高い。いずれにしても β -グルカン等のきのこ由来の免疫賦活成分の作用を、今回のマクロファージ活性化を指標とした試験では確認することができなかった。

表-9 発生条件②における培地、子実体抽出液

の RAW264 細胞 NO 産生誘導能

試験区	NO 産生率 (%)*			
	滅菌後培地	発生前培地	廃培地	子実体
焼酎粕・でん粉粕培地	<10	<10	<10	<10
焼酎粕培地	<10	<10	<10	<10
標準培地	84 $\pm$ 4.4	23 $\pm$ 0.6	<10	<10

*各培地及び子実体からの抽出液を添加せず LPS のみを添加した比較対象区の NO 産生率に対する相対産生率を示す。
検体濃度: 5mg/ml (作用時濃度)。平均 $\pm$ 標準偏差。N=3

表-10 に発生条件②における培地、子実体抽出液の抗炎症作用の試験結果を示す。この試験は LPS 刺激により過剰産生させた NO を抑制する作用を調べるもので、いずれの試験区においても、NO 産生率は滅菌後培地ではほとんど抑制されず、発生前培地>廃培地>子実体の順に低下する傾向にあり、抗炎症性の成分が子実体で新たに合成されていると考えられる。また試験区間の比較においては、焼酎粕培地の子実体の NO 産生率は 11 $\pm$ 2.2% と他の試験区の 30% 程度に比べ明らかに強い抑制作用を示している点が特徴的である。廃培地の NO 産生抑制は他の試験区よりもむしろ弱いことから、より子実体内に関与成分が濃縮されている可能性も考えられる。なお、

表-10 発生条件②における培地、子実体抽出液

の RAW264 細胞 NO 産生抑制作用

試験区	NO 産生率 (%)*			
	滅菌後培地	発生前培地	廃培地	子実体
焼酎粕・でん粉粕培地	95 $\pm$ 2.4	46 $\pm$ 0.7	27 $\pm$ 0.9	33 $\pm$ 3.7
焼酎粕培地	89 $\pm$ 2.5	62 $\pm$ 1.0	55 $\pm$ 0.9	11 $\pm$ 2.2
標準培地	128 $\pm$ 2.3	82 $\pm$ 1.7	46 $\pm$ 2.9	29 $\pm$ 1.7

*各培地及び子実体からの抽出液を添加せず LPS のみを添加した比較対象区の NO 産生率に対する相対産生率を示す。
検体濃度: 5mg/ml (作用時濃度)。平均 $\pm$ 標準偏差。N=3

これらの試験区による抑制作用の差は、繰り返し試験による再現性及び試験液 1~5mg/mL の範囲での濃度依存性を示したことから確認されている。

表-11 に腫瘍細胞増殖抑制試験の結果を示す。いずれの試験区の培地、子実体においても、強い増殖抑制作用が認められ、特に廃培地と子実体ではほとんど完全に増殖を抑えていることから、培地組成成分に加え子実体で合成されてくる成分も関与していると考えられる。本試験においても、試験液濃度に依存的に抑制作用が増強したが、表-12 には試料の作用濃度を半分の 2.5 mg/mL としたときの各試験区における子実体の細胞増殖抑制作用を示した。この作用濃度では、焼酎粕培地は増殖率 10%未満と他の試験区の 50%程度に比べ、より強い増殖抑制作用を示すことが確認された。

以上、培養細胞を用いた試験系においても、SOD 値や ACE 活性阻害と同様に、子実体で新たな機能性成分が合成されること及び焼酎粕培地の試験区で栽培された子実体には最も強い効果を認めることが示された。これらの関与成分の特定は今後の課題ではあるが、本研究で示されたきのこの機能性を強化する作用は、焼酎粕の有効利用を導く上で重要な知見の一つと考えられる。

表-11 発生条件②における培地、子実体抽出液の P388 細胞増殖抑制作用

試験区	細胞増殖率 (%)*			
	滅菌後培地	発生前培地	廃培地	子実体
焼酎粕・でん粉粕培地	22±3.6	10±2.3	<10	<10
焼酎粕培地	17±1.9	14±2.4	<10	<10
標準培地	25±2.4	19±4.2	<10	<10

● 各培地及び子実体からの抽出液を添加しない未処理区の細胞増殖を 100%とした場合の相対増殖率を示す。
検体濃度：5mg/mL (作用時濃度)、平均±標準偏差、N=6

表-12 発生条件②における子実体抽出液の P388 細胞増殖抑制作用

試験区	細胞増殖率 (%)*
	子実体
焼酎粕・でん粉粕培地	48±5.0
焼酎粕培地	<10
標準培地	50±5.6

● 各培地及び子実体からの抽出液を添加しない未処理区の細胞増殖を 100%とした場合の相対増殖率を示す。
検体濃度：2.5mg/mL (作用時濃度)、平均±標準偏差、N=6

4. おわりに

本研究では、焼酎粕・でん粉粕培地、焼酎粕培地および標準培地の最適配合条件を用いて、ヤマブシタケの栽培試験を行い、子実体発生条件および培地材料の違いがきのこ子実体、培地中の機能性成分に与える影響を検討

した。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) ヤマブシタケの栽培において、発生室内の温度を低下させ、針を伸長させると全ての試験区で総栽培日数は長くなり、収量は低下した。しかし、食物繊維量、総アミノ酸量は増加し、さらに ACE 阻害活性、SOD 活性は高くなった。特に焼酎粕培地で栽培した子実体では強くなる傾向にあった。また、これらの機能性は、子実体で高く、培地で低いことから、菌体外に殆ど機能性成分は分泌されていないと考えられた。
- 2) 培養細胞を用いた試験系においても、全ての試験区において、子実体で高い抗炎症作用および抗腫瘍作用が認められた。特に、焼酎粕培地の試験区で栽培した子実体には最も強い効果が認められた。
- 3) 焼酎粕・でん粉粕培地でヤマブシタケを栽培すると、子実体収量は増加した。しかし、機能性については、標準培地で栽培したものと同程度かそれ以上であり、おが屑をでん粉粕に代替することによる更なる機能性向上効果は認められなかった。

焼酎粕乾燥固形物、でん粉粕は材料そのものに機能性が認められ、食品への利用が進んでいるが、これらの材料を直接利用するのではなく、きのこ菌糸の代謝を活用することで、その生産品の機能性は高まることが明らかになった。今後は、他の食用きのこについても機能性を調査すると同時に機能性向上のメカニズムを解明したい。

謝辞：本研究は、平成 21 年度環境省循環型社会形成推進科学研究費補助金研究事業（課題番号 K2175）の交付を受けて実施した。

参考文献

- 1) 鹿児島県酒造組合連合会：平成 19 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。2008。
- 2) 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(7)，pp. 481-490, 2003。
- 3) 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。
- 4) 鹿児島県：平成 20 年度環境と調和した農業の取組方針及び平成 19 年度取組状況，<http://www.pref.kagoshima.jp/sangyo-rodo/nogyo/gizyutu/kankyotaisei/torikumihousinn.html>, 2008。
- 5) 田之上隼雄：かんしょでん粉工場合理化への取り組み状況，でん粉情報，11 月号，No. 14，pp. 1-14, 2008。
- 6) 藤井力：焼酎粕の機能性及び焼酎粕利用処理技術の現状と課題，日本醸造協会誌，102(2)，pp. 111-118, 2009。
- 7) 瀬戸口眞治，渡悦美，亀澤浩幸，下野かおり，間世

- 田春作：焼酎粕の栄養成分評価と飲料への利用，鹿児島大学水産学部紀要（特別号），pp. 56-60, 2007.
- 8) Kouta FUNAMOTO, Yuji KOMIZU, Hideaki ICHIHARA, Osamu TANOE, Koichi GOTO, Ryuichi UEOKA: Antitumor and Immunostimulatory Effects of Residual Powder from Barley-Shochu Distillation Remnants, Journal of health science, 54(3), pp. 287-293, 2008.
- 9) 高畠幸司：ヤマブシタケの子実体生育に伴う数種生理的機能性の変化，富山技研報，18, pp. 16-21, 2005.
- 10) 増野和彦：ヤマブシタケの栽培法の検討—子実体発生温度—，第41回日林中支論，pp. 169-170, 1993.
- 11) 山内正仁，山田真義，八木史郎，増田純雄，山口隆司：食品廃棄物（焼酎粕・でん粉粕）を用いたヤマブシタケの栽培条件の確立とその成分特性，土木学会環境工学研究論文集，46, pp. 117-127, 2009.
- 12) 社団法人日本食品科学工学会 新食品分析法編集委員会：新・食品分析法，光琳，1997.
- 13) Daisuke NAKANO et al.: Antihypertensive Effect of Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides from a Sesame Protein Hydrolysate in Spontaneously Hypertensive Rats, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 70(5), pp. 1118-1126, 2006.
- 14) 宝寄山裕道，野田遊：マクロファージ系培養細胞を用いた鶏卵由来成分の免疫賦活機能評価法，北海道立畜産試験場研究報告，25, pp. 16-23, 2003.
- 15) 山口昭弘，堀籠悟，津田愛子，吉田泉，木船信行，神部武重，渡井正俊：in vitro 試験系による食品の生物学的活性評価について，健康・栄養食品研究，12(2), pp. 19-27, 2009.
- 16) 高畠幸司：ヤマブシタケの栽培指針—ヤマブシタケの栽培と利用—，富山県林業技術センター林業試験場，p. 7, pp. 26-27, 2005.

(2010. 5.21 受付)

Increase of Functional Substances in Fruit Bodies of *Hericium erinaceum* using Food Waste (Shochu Lees and Starch Waste) for Culture Media

Masahito YAMAUCHI¹, Fumio YAGI², Masayoshi YAMADA¹,
Akihiro YAMAGUCHI³, Sumio MASUDA⁴ and Takashi YAMAGUCHI⁵

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

²Biochemical Science and Technology, Kagoshima University

³Saito Laboratory, Japan Food Research Laboratories

⁴Dept. of Civil and Environmental Engineering, Miyazaki University

⁵Dept. of Environmental Systems Engineering, Nagaoka University of Technology

Effect of *shochu* lees and starch waste on culture of mushroom and contents of functional substances in fruit bodies and media depending on the culture condition were investigated. Content of some functional substances were higher in the fruit bodies with longer needles cultured on the media containing *shochu* lees, especially under lower temperature. SOD and inhibitory activity of ACE were higher in fruit bodies but lower in the media. The inhibition activity for NO production of RAW264 cells was in descending order of the fruit bodies, the media after harvest, and the media before harvest. Anti-inflammatory substances seemed to be produced in the fruit bodies. Growth inhibition test of P388 leukemia cells showed that inhibitory effect of fruit bodies cultured on the media containing *shochu* lees was stronger than other media.