

焼酎粕に含まれる固形画分の高度有効利用に関する研究 —焼酎蒸留粕乾燥固形物を用いたきのこ菌床の開発—

山内正仁¹, 今屋竜一², 増田純雄³, 山田真義⁴, 木原正人¹, 米山兼二郎⁵, 原田秀樹⁶

1. はじめに

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、乾燥させた後、肥料、飼料として有効利用している。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し、これらを固形画分の乾燥の熱源として利用している^{1,2,3)}。しかし、上述の処理システムにより、固形画分を肥料・飼料として有効利用するだけでは用途が少ない状況にある。

筆者らは、焼酎粕が穀類、諸類等の栄養価、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は最も高度な有効利用法であるとの見地に立ち、焼酎粕に含まれる有機酸やアミノ酸類、ミネラル、食物繊維、ビタミン等の成分を効率良く吸収した「きのこ」の栽培技術の開発に取り組んだ。

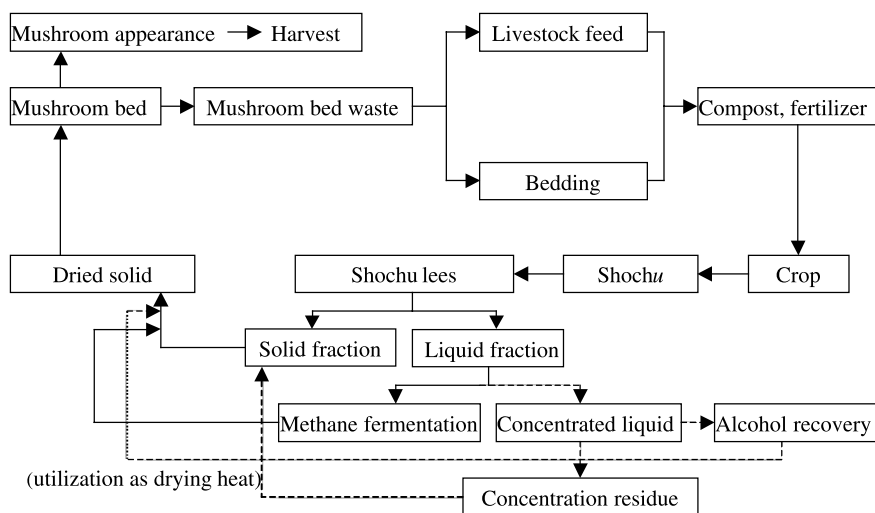
これまでに焼酎粕からきのこを栽培する研究は行われ

たことはあったが、焼酎粕そのもの（現物）を利用した場合、焼酎粕には数パーセントのアルコールが含まれていることから菌糸の生長を阻害すること、水分が多いことから培地を均一に混合することは困難であり、かつ大量に焼酎粕を利用できないこと、焼酎粕（現物）の長期保存が難しいこと等の問題により、きのこ栽培の栄養材として焼酎粕は不適であると報告されている⁴⁾。しかし、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こなかった。

そこで本研究では、焼酎粕乾燥固形物を、食用きのこ培地の栄養材として活用することによる環境保全型・高度循環システムを構築することを目的とし、ここでは焼酎粕乾燥固形物がヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) 菌床栽培における培地材料として有効か否かを検討した。

2. 焼酎蒸留粕の資源循環システム

焼酎粕をきのこ菌床に活用することで肥料・飼料より



図－1 焼酎粕の資源循環システム

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)

² 株式会社植村組 (〒 895-0027 鹿児島県薩摩川内市西向田町 5-11)

³ 宮崎大学工学部土木環境工学科 (〒 889-2155 宮崎県宮崎市学園木花台西 1-1)

⁴ 長岡技術科学大学環境システム系 (〒 940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

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)

も高度な利用が可能と考えられる。図-1 に焼酎粕の資源循環システムのフローを示す。固液分離後の焼酎粕（固形画分）はメタンガスやアルコールを燃焼させることで得られる熱源等で乾燥され、いずれも粉末の固形物となる。その固形物をまず、きのこ菌床に利用し、有価物（きのこ）を得る。また、その過程で発生する廃菌床は家畜の飼料や敷料として活用後、肥料化（堆肥化）する。この肥料を甘藷や麦の栽培に利用し、焼酎を製造する。その製造過程で生じた焼酎粕が再び、きのこ菌床として生まれ変わる。このような資源循環システムを構築することが可能と考えられる。

3. 材料および方法

3.1 供試菌株

本研究では、加川椎茸（株）のヒラタケ KM 早生を用いた。

3.2 培地の調製

まず、焼酎粕乾燥固形物の栄養材としての適応性を検討するために、培地基材の針葉樹おが屑（約 6 ヶ月間加水堆積）に S 酒造組合産の甘藷焼酎粕乾燥固形物（水分率 11%）を培地乾重量の 20, 40, 60, 80% 添加した。次にヒラタケ培地の最適 pH である 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；約 10 万年前の比較的新しい時代に生成された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、供試培地（以下、焼酎粕培地）を調製した。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）。

基本培地（BL）は、針葉樹、広葉樹おが屑を重量比（乾物）で 1:1 に混合したものを培地基材とし、栄養材としては米糠を用いた。培地基材と栄養材の混合割合は文献^{5,6,7,8,9)}により様々であるが、本研究では重量比（乾物）

で 10:9（ビンあたり 100g（乾物）程度になるように添加）に混合し、水道水を加えて含水率を 63% 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 10g 接種した。

3.3 栽培条件

培養は設定温度 21℃ の培養室で行った。培養期間終了後、菌掻き・注水（2 時間）を行い、設定温度 16℃、湿度 95%、照度 100lux の発生室にビンを移し、子実体（きのこ本体）の形成を促した^{7,8)}。

3.4 調査・分析方法

(1) 栄養材の分析

甘藷焼酎粕乾燥固形物の栄養材としての利用可能性を検討するために、一般成分（粗タンパク質；ケルダール法（窒素・タンパク質換算係数 6.25）、粗脂肪；ジエチルエーテル抽出法、粗繊維；静置法、粗灰分；直接灰化法、可溶性無窒素物；100 - （水分 + 粗タンパク質 + 粗脂肪 + 粗灰分））、無機成分（Na, K；原子吸光光度法、Ca, P, Fe；ICP 発光分析法）、及びチアミン（高速液体クロマトグラフ法）を定量した。また、焼酎粕はアミノ酸を多く含んでいることが報告されているため、甘藷焼酎粕乾燥固形物についてもアミノ酸量（自動分析法、高速液体クロマトグラフ法）を結合型と遊離型に分けて定量した。

(2) 菌糸体の生長

ヒラタケ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、栽培開始後 24 日目に菌床の写真を撮影し、菌糸密度を定性的に評価した。

(3) 子実体調査と成分分析方法

菌傘が 8 分開きの時点で子実体を収穫し、子実体の生重量を測定し、栽培所用日数を求めた。また、菌傘の径が 5mm 以上の子実体個数を求めた。さらに、傘厚、傘色

表-1 培地組成

Test group		Medium composition (wt %)					Wt filled into bottle (g)	Moisture ratio (%)	pH
		Sawdust		Nutrient material		Other			
		Conifer	broad-leaved tree	Sweet potato lees	Rice bran	Lime sand			
Shochu lees media	Addition ratio 80%	16		80		4	650	62.5	5.5
	Addition ratio 60%	36		60		4	600	62.7	5.6
	Addition ratio 40%	56		40		4	540	62.5	5.9
	Addition ratio 20%	76		20		4	475	62.2	6.8
Base medium	BL	27	27		46		600	63.6	6.2

(Note) Moisture ratio and pH are values after autoclaving.

から子実体の品質を定性的に評価した。子実体成分としては、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、五訂日本食品標準成分表¹⁰⁾ と結果を比較した。また、基本培地 (BL) と焼酎粕培地の中で最も子実体の生長が良好であった試験区については、無機成分 (Na, K；原子吸光光度法, Ca, P, Fe；ICP 発光分析法) 及びのアミノ酸含有量（自動分析法, 高速液体クロマトグラフ法）を定量した。なお、各試験区の供試ビン数は 16 本とした。

4. 結果と考察

4.1 栄養材の分析

表-2 に甘藷焼酎粕乾燥固形物（乾物）の成分分析結果およびきのこ栽培に利用されている主な栄養材の成分を示す。甘藷焼酎粕乾燥固形物は澱粉、糖質、ヘミセルロース、ペクチン等の可溶性無窒素物が 51.3% と最も多く、ついで粗タンパク質 27.7%、粗繊維 12.6% の順であった。つぎに、甘藷焼酎粕乾燥固形物の成分を他の培地栄養材と比較すると、粗タンパク質は豆腐粕と同程度含まれていることから栄養材としては高タンパク質であることがわかった。また、粗脂肪、粗繊維はフスマと、粗灰分は豆皮、豆腐粕と同程度含まれていた。可溶性無窒素物については米糠より多く、コーンコブミールより少ない量が含まれていた。これらの結果から、甘藷焼酎粕乾燥固形物は、従来の培地栄養材とは全く異なる成分割合を持つことがわかった。

表-3 に甘藷焼酎粕乾燥固形物に含まれる無機成分とビタミン成分の分析結果を示す。甘藷焼酎粕乾燥固形物に含まれるカリウム含有量は乾物 100g あたり 970mg と無機成分の中では最も多く含まれており、ついでカルシウム 634mg、リン 271mg が比較的多く含まれていた。ナトリウム、鉄分については乾物 100g あたりそれぞれ 49.7mg、11.8mg であった。岩出等¹²⁾ は 112 種類のきのこ類の平均灰分組成を調査している。その結果、きのこ類の灰分中にはカリウムが最も多く含まれ、全灰分の約

表-3 甘藷焼酎粕乾燥固形物に含まれる無機成分とビタミン成分

(mg/100g on dry basis)	
Mineral and Thiamin Content	
K	970
P	271
Ca	634
Na	49.7
Fe	11.8
Thiamin	0.085

60% を占めると報告している。また、関谷等¹³⁾ はビール粕を主成分とする培地でヒラタケ子実体に及ぼすカリウムの添加効果を検討している。その結果、カリウムが極端に少ないビール粕だけでは子実体の発生が見られなかったが、ビール粕にカリウム (KCl) を添加したところ子実体が発生したと報告している。さらに、筆者が五訂日本食品標準成分表¹⁰⁾ に記載されている 16 種類のきのこの可食部 100g 乾物あたりのカリウム含有量を計算した結果でも、 $3,413 \pm 778\text{mg}$ (現物では $314 \pm 71.6\text{mg}$) であった。これらのことから、甘藷焼酎粕乾燥固形物は、子実体形成に関与するカリウムを多く含むため、きのこの栄養材としては適していると考えられる。また、甘藷焼酎粕乾燥固形物は、他の栄養材（米糠、フスマ等）と同様、菌糸生長に必須なビタミン B1（チアミン）を含有することから、培地にビタミン B1 を添加する必要がないことがわかった。

表-4 に甘藷焼酎粕乾燥固形物に含まれるアミノ酸（結合型、遊離型）の分析結果を示す。アミノ酸総量は 100g 乾物あたり 23.4g であり、分析したアミノ酸 18 種全てが検出された。この量は米糠（100g 乾物中 8.5g）の約 2.8 倍、フスマ（100g 乾物中 15.8g）の約 1.5 倍、豆腐粕（100g 乾物中 16.6g）の約 1.4 倍であった²²⁾。このことから、甘藷焼酎粕乾燥固形物には多くのアミノ酸が含まれていることがわかった。甘藷焼酎粕乾燥固形物に含まれる各遊離アミノの総量は 100g 乾物あたり 1,097mg であった。各遊離アミノ酸を比較すると、プロリンが 165.6mg と最

表-2 甘藷焼酎粕乾燥固形物の成分分析結果と主な栄養材の成分割合¹¹⁾

	Crude Protein	Ether Extract	Crude Fiber	Crude Ash	(Dry basis %) Nitrogen Free Extracts
Dried <i>shochu</i> lees	27.7	3.8	12.6	4.6	51.3
Rice bran	16.8	21.0	8.8	10.0	43.4
Wheat bran	17.7	4.5	10.5	5.8	61.5
Corn cob meal	2.8	0.5	35.9	3.5	57.3
Soybean curd lees	28.6	14.3	16.1	4.6	36.4

(dry weight)

	(dry weight)																	
	Essential								Semiessential		Nonessential							
	Leu	Ile	Val	Met	Thr	Trp	Phe	Lys	His	Arg	Gly	Ser	Glu	Pro	Tyr	Cys	Ala	Asp
Total amino acids (g/100g)	1.92	1.19	1.51	0.57	1.14	0.36	1.28	0.98	0.64	1.12	1.11	1.27	3.61	1.23	0.98	0.53	1.45	2.47
Free amino acids(mg/100g)	83.3	27.8	51.3	12.8	23.5	7.48	60.9	52.4	24.6	137.8	52.4	32.1	55.6	165.6	60.9	N. D.	161.3	87.6

焼酎粕培地における子実体の収量は添加率 60% 区が 137.3g/ビンと最も多く、ついで 80% 区、40% 区、20%

Test group		No. of days for complete colonization	Quality*		No. of days up to harvest	Mycelial density**	Yield (raw)	No. of fruiting bodies	Yield per 10g of nutrient material	Appearance ratio
			Pileus thickness	Pileus color			(Mean value±standard deviation) (g/bottle)	(no./bottle)	(g)	(%)
Shochu lees media	Addition ratio 80%	28±1	Very thick	Dark gray	36±2	IV	123.7±15.8	41.3±6.1	6.3	100
	Addition ratio 60%	24±1	Thick	Dark gray	32±0	III	137.3±9.4	40.6±4.6	10.2	100
	Addition ratio 40%	19±1	Intermediate	Gray	32±0	II	98.0±3.7	29.2±4.0	12.1	100
	Addition ratio 20%	18±1	Thin	Light gray	35±0	I	50.2±4.4	21.1±5.0	14.0	100
Base medium	BL	18±1	Intermediate	Light gray	40±2	II	88.2±3.8	33.5±4.8	8.8	100

Mycelial density : I : low II : intermediate III : high IV : very high

46%添加)の収量性は8.8gであり、焼酎粕添加率60%区よりも低かった。このことから、甘藷焼酎粕乾燥固形物は米糠よりも効果的な栄養材であると結論した。次に収穫した子実体の品質をみると、添加量が多いものほど傘色は濃く、傘厚は厚く、柄は太く全体的に重量感があり、高品質であった。子実体個数は子実体収量と同様に焼酎粕添加率が増加するにつれて多くなり、焼酎粕添加率60%区、80%区では40本程度となった。この個数は基本培地(BL)の1.2倍程度であった(図-3参照)。



図-3 収穫時の子実体の発生状況

子実体の収量性を高めるためには、菌まわり後、熟成期間を設ける必要があることが報告されている¹⁴⁾。しかし、焼酎粕添加率 60% の試験区では菌まわりがほぼ完了すると同時に原基が形成されたため、熟成を行わず、子実体発生を促したが、収量は最も多かった。子実体は、菌糸の栄養生長時に菌糸内に蓄積された栄養分と、培地内から新たに分解吸収される栄養によって形成されると考えられている。このことから、焼酎粕添加率 60% の試験区では、栄養生長と熟成が同時に行われたのではないかと考えられる。ヒラタケ栽培では、一作 45 日、1 ビンあたりの収量 85g 以上、ロスビン率 5% を主要技術指標としている⁸⁾。本試験で得られた結果をこの指標に照合すると焼酎粕添加率 40% 以上でこの条件をクリアすることがわかった。次に栄養材 10g あたりの収量性をみると、焼酎粕培地では添加率が低いほど、収量性は高くなり、添加率 20% で 14.0g 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 (BL; 米糠を培地乾重量の

以上の結果から、ヒラタケ栽培に甘藷焼酎粕乾燥固形物を栄養材として利用した場合、従来法より栽培日数を4~8日短縮でき、かつ収量性も高まることから、甘藷焼酎粕乾燥固形物は培地栄養材として優れていると結論した。また、その最適添加率は、栽培日数、収量性、子実体の品質から総合的に判断して、60%であった。

表6に五訂日本食品標準成分表¹⁰⁾(以下、五訂表)に記載されているヒラタケと基本培地(BL)、および最適栄養材添加率60%で栽培されたヒラタケの一般成分の分析結果を示す。五訂表に記載されているヒラタケと比較して焼酎粕培地で栽培したヒラタケは、タンパク質が1.6倍多く、炭水化物が少ないことがわかった。川井等¹⁵⁾はヒラタケでは培地窒素量と子実体タンパク質量との間に有意な相関性が認められたことを報告している。また、高タンパク質の栄養材を使用すると、子実体のタンパク質量が増加するという報告もある¹⁶⁾。甘藷焼酎粕乾燥固形物は表2で示したようにタンパク質含有率が豆腐粕と同様に高い。これらのことから、焼酎粕培地では、焼酎粕に含まれるタンパク質がアミノ酸に分解され、過剰に吸収されたため、相対的に炭水化物量が減少したと考えられる。基本培地(BL)についても五訂表に記載されている値よりもタンパク質がやや多かった。これは、米糠を栄養材として単独で使用したためである。脂質、灰分については基本培地(BL)、五訂表とさほど大きな差はみられなかった。無機成分は両子実体ともにカリウムとリンが多く、両者に顕著な差はなかった。

次に、タンパク質の成分を明らかにするためにアミノ

(dry weight)

Test group		Protein	Lipid	Ash	Carbohydrate	Na	K	Fe	P	Ca	
		g /100 g					mg/100g				
Shochu	lees medium	Addition ratio 60%	47.1	3.5	7.7	41.7	26.2	3,200	7.9	1,117	9.7
Base medium		BL	38.6	3.7	7.9	49.8	9.0	3,030	7.0	1,181	9.2
		Table version 5	31.1	2.8	7.5	58.6	18.9	3,208	6.6	943	9.4

表－7 ヒラタケに含まれるアミノ酸組成

																			(g /100 g dry weight)					
Test group			Essential							Semiessential		Nonessential												
			Leu	Ile	Val	Met	Thr	Trp	Phe	Lys	His	Arg	Gly	Ser	Glu	Pro	Tyr	Cys	Ala	Asp				
Total amino acids	Addition ratio of shochu lees 60%		2.31	1.39	1.81	0.51	1.79	0.57	1.52	2.03	0.96	2.42	1.70	1.83	6.01	1.40	1.27	0.46	3.26	3.00				
	BL		1.93	1.11	1.43	0.41	1.39	0.44	1.26	1.63	0.68	2.23	1.38	1.48	4.57	1.18	0.97	0.37	2.25	2.48				
Free amino acids	Addition ratio of shochu lees 60%		0.40	0.18	0.25	0.07	0.28	0.07	0.35	0.25	0.25	0.95	0.23	0.40	1.21	0.15	0.33	0.09	1.08	0.12				
	BL		0.24	0.14	0.19	0.04	0.24	0.07	0.31	0.15	0.17	0.89	0.17	0.33	0.87	0.12	0.30	0.09	0.95	0.09				

酸類を分析した。その結果を表-7に示す。焼酎粕添加率60%の培地から発生した子実体中のアミノ酸の総和量は、乾物換算で100gあたり34.2gであり、基本培地（BL）から発生した子実体中のアミノ酸より1.3倍多かった。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、アラニン（Ala）、アスパラギン酸（Asp）、アルギニン（Arg）が多く含まれた。このように、アミノ酸総量については差がみられたが、アミノ酸組成については、大きな違いは見られなかった。

焼酎粕添加率60%の培地から発生した子実体中の遊離アミノ酸の総和量は、乾物換算で100gあたり6.7gであり、基本培地（BL）から発生した子実体中の遊離アミノ酸より1.2倍多かった。次に各遊離アミノ酸量を比較すると、焼酎粕培地から発生した子実体は旨味成分のグルタミン酸（Glu）を1.21g含んでおり、この量は基本培地（BL）から発生した子実体の1.4倍であった。その他の遊離アミノ酸では、甘味成分のアラニン（Ala）、苦味成分のアルギニン（Arg）を多く含んでいることがわかった。菅原等¹⁷⁾は166種類の食用きのこ類について遊離アミノ酸の分析を行い、食用きのこにはグルタミン酸とアルギニンが多く含まれていることを報告している。本試験で得られたヒラタケも同様な傾向がみられた。

ヒラタケはきのこ類の中でもタンパク質量が多く、アミノ酸を多量に含んでいるきのこである。栄養材として甘藷焼酎粕乾燥固形物を使用した場合、従来のもの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がわかった。

5. おわりに

本研究では、食品産業廃棄物の高度利用技術として、焼酎粕乾燥固形物を食用きのこ生産の栄養源に利用する、食品循環資源の再生利用を考えた、環境保全型・資源循環型の新規システムを構築することを目的に研究を進めた。ここでは甘藷焼酎粕乾燥固形物の栄養材としての適応性を検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 甘藷焼酎乾燥固形物は一般成分では粗タンパク質、可溶性無窒素物が多く、無機成分ではカリウム、リンを多く含んでいることがわかった。また、菌糸生長に必須であるビタミンB1（チアミン）を含有することから、甘藷焼酎粕乾燥固形物はきのこ栽培の栄養材として適していることがわかった。
- 2) ヒラタケ栽培において焼酎粕培地を使用すると、栽培日数を4～8日程度短縮できることがわかった。
- 3) 焼酎粕培地における子実体の収量は60%区が137.3g/ビンと最も多かった。この収量は基本培地（BL）の1.6倍であった。
- 4) ヒラタケ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45日、1ビンあたりの収量85g以上、ロスビン率5%）をクリアすることがわかった。
- 5) 焼酎粕添加率60%で栽培したヒラタケは五訂日本食品標準成分表に記載されているものに比べ、タンパク質が1.6倍多く含まれていることがわかった。このことから、甘藷焼酎粕乾燥固形物を利用することでタンパク質の多い、ニュータイプのきのこを生産でき、焼酎粕の高度利用が可能であることがわかった。今後は他の食用きのこについても栽培の可能性を検討したい。

謝 辞

本研究は、財）九州産業技術センターが実施する「平成17年度産学連携次世代事業・委託研究事業」の助成を受けた（研究代表者：山内正仁）ことを付記し、ここに関係各位に深謝致します。

文 献

- 1) 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)
- 2) 鹿児島県本格焼酎技術開発研究システム：平成8年度研究成果報告書，pp.15-37. (1996)
- 3) 三井造船（株）：プレスリリース，<http://www.mes.co.jp/press/2003/index.html> (2003, 2004)

- 4) 石原宏基, 野上友美, 佐伯知勇: きのか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)
- 5) 農耕と園芸編集部: 図解キノコの栽培百科, 誠文堂新光社, pp.164-172. (1981)
- 6) 寺嶋芳江: きのか菌床栽培における培地基材の開発状況, 農業および園芸, 第 67 巻第 1 号, pp.37-45 (1992)
- 7) 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: きのか栽培指標, pp.140-149. (2002)
- 8) 株式会社特産情報きのか年鑑編集部: 2004 年度版きのか年鑑, pp.147-150. p.251. (2004)
- 9) 最新バイオテクノロジー全書編集委員会: きのかの増殖と育種, 農業図書株式会社, pp.195-205. (1992)
- 10) 第一出版編集部 編: 五訂食品標準成分表, 第一出版 (2001)
- 11) 独立行政法人農業技術研究機構 編: 日本標準飼料成分表 (2001 版), 社団法人中央畜産会 (2003)
- 12) 岩出亥之助: キノコ類の培養法, (株) 地球社, pp.61-66. (1985)
- 13) 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)
- 14) 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: きのか栽培指標, pp.85-104. (1998)
- 15) 川井英雄, 松沢睦子, 伝川祐子, 佐々木弘子, 春日敦子, 青柳康夫: 菌床栽培ヒラタケおよびマイタケの子実体成分と培地との関係, 日本食品工業学会誌, Vol.41, No.6, pp.419-424. (1994)
- 16) 内村睦男: 焼酎粕及び澱粉粕等の有機性廃棄物を利用したきのか菌床の開発, みやざき新技術共同研究推進事業成果報告書 (2004)
- 17) 菅原龍幸: FOOD Style 21, 食品化学新聞社編 (2003)