

## 焼酎粕リサイクル技術の開発\*

水谷 政美<sup>\*1</sup>・山本 英樹<sup>\*1</sup>・越智 洋<sup>\*1</sup>・黒木 加奈子<sup>\*1</sup>・工藤 哲三<sup>\*1</sup>

Development of Recycling Technology of Distilled *Shochu* Residue

Masami MIZUTANI, Hideki YAMAMOTO, Hiroshi OCHI,  
Kanao KUROKI and Tetsuzo KUDO

焼酎粕の乳酸発酵による付加価値向上を目指して、焼酎粕の乳酸発酵に適した乳酸菌を選抜し、芋焼酎粕に6種の酵素および麹菌を併用した乳酸発酵 (*Lb. rhamnosus*と*P. acidilactici*) を行い、固液分離性、有機酸、遊離アミノ酸、トコフェロールおよびDPPH消去活性等について調査検討した。その結果、焼酎粕の乳酸発酵にはセルラーゼ (*Aspergillus*由来) とプロテアーゼを添加し焼酎もろみから分離した乳酸菌である*P. acidilactici*を用いることが有効であると考えられた。

キーワード：焼酎粕，リサイクル，乳酸菌

### 1 はじめに

当県の焼酎生産量は10万kLを超え、それに伴う焼酎粕の排出量も増加の傾向にある。そこで、昨年度より家畜飼料等への焼酎粕の再利用の必須条件である腐敗防止のため、ギ酸等<sup>1)</sup>の添加を行わない乳酸発酵による保存技術について研究を行ってきた。昨年度の結果より<sup>2)</sup>、焼酎粕の固液分離性や保存性の向上、オルニチン等の有用物質の生成およびDPPHラジカル消去活性の増加等の効果を得るためには、焼酎粕と微生物の組み合わせが重要であると考えられた。

本年度は、焼酎粕の乳酸発酵に適した乳酸菌の選抜と酵素類の併用による処理効果と付加価値向上について検討を行ったので報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 供試試料

芋焼酎粕(コガネセンガン製)は食品開発センターで発生したものを4で保存し、必要に応じ使用した。

用いた微生物は、乳酸菌6種と黒麹2種(おからおよび米製)を用いた。乳酸菌は、乳酸菌製剤

(雪印種苗株)のアクレモコク (*Lb. rhamnosus*, セルラーゼ配合), スノーラクト-L (*Lb. rhamnosus*) および畜草1号 (*Lb. plantarum*) と焼酎もろみから分離した*Lb. paracasei*, *Lb. brevis*および*P. acidilactici*を用いた<sup>3-5)</sup>。黒麹は、*Aspergillus awamori*を用いて凍結乾燥したおからおよび米を原料にして調製した麹を用いた(以下おから麹および米麹と記す)。

酵素は、セルラーゼ2種 (*Trichoderma* および*Aspergillus*由来, 以下セルラーゼ(T) およびセルラーゼ(A)と記す.), プルラナーゼ (*Aerobacter*由来), デキストラナーゼ (*Penicillium*由来), 酸性プロテアーゼ (*Aspergillus*由来), キチナーゼ (*Bacillus*由来) および $\beta$ -1,3グルカナーゼ (*Arthrobacter*由来, 以下グルカナーゼと記す.)を用いた。

その他、培地や分析用試薬類は市販のものを用いた。

#### 2-2 焼酎粕の乳酸発酵と乳酸菌の選抜

乳酸菌による処理は、次のように行った。芋製焼酎粕をよく攪拌して均一にした後、200mLずつ三角フラスコに分注し121で20minオートクレーブ滅菌した。滅菌後冷却した焼酎粕に、乳酸菌製

\* 焼酎粕リサイクル技術の開発(第2報)

\*1 応用微生物部

剤を滅菌水に懸濁させたものと焼酎もろみより分離した乳酸菌をMRS培地で30℃で48時間前培養したものをそれぞれ1mL添加し、30℃で5日間静置培養した。

培養終了直後および4ヶ月で10ヶ月間保存後の発酵液を生理食塩水で適宜希釈し、MRS培地（炭酸カルシウム添加）に0.1ml塗抹し28℃で2日間培養後乳酸菌数を測定し、菌数および入手の容易さを考慮して2種の乳酸菌を選抜した。

選抜した乳酸菌を用いて、前述の方法により、芋焼酎粕に酵素および麹を添加して乳酸発酵を行い、以下の固液分離性等の検討を行った。なお、酵素および麹の添加量は焼酎粕100ml当たり、セルラーゼ(T)100mg、セルラーゼ(A)100mg、プルナーゼ100mg、デキストラナーゼ50mg、酸性プロテアーゼ100mg、キチナーゼ10mg、グルカナーゼ1mg、おから麹1g、米麹1gとした。

### 2-3 焼酎粕の固液分離性

乳酸発酵した焼酎粕40mLを50mLの遠沈管に入れ、500Gで遠心分離した後、固液の体積から分離性を判断した。

### 2-4 焼酎粕の成分

乳酸発酵した芋焼酎粕の有機酸は、遠心分離した焼酎粕の上清を10倍希釈した後、0.45μmのフィルターでろ過後、有機酸分析システム(LC-10A(島津製作所製))を用いて測定した。分析条件は次のとおりである。カラム：Shim-packSCR-102H(8mm×300mm,2本直列)、移動相：5mM p-トルエンスルホン酸、緩衝液：20mM Bis-tris(100μM EDTAを含む)、流速：0.8mL/min、カラム温度：40℃、検出器：電気伝導度検出計

アミノ酸は、遠心分離した焼酎粕の上清を0.02NHClで10又は20倍に希釈し0.45μmのフィルターでろ過後、高速アミノ酸分析計(L-8900(日立製作所製))を用いてニンヒドリン発色法により測定した。

トコフェロールは、均一化した焼酎粕10gを食品の機能性評価マニュアル集<sup>7)</sup>に従い抽出を行った。なお、分析は高速液体クロマトグラフィー(PU-980(日本分光製))により、流速1.0mL、カラム温度50℃で行い、検出には蛍光検出器(Ex:296nm,Em:323nm)を用いた。

可溶性蛋白のGPCによる分子量分布状態については、焼酎粕の上清を0.45μmのフィルターでろ過後、高速液体クロマトグラフィー(ChromNAV PU-2089(日本分光製))により分析した。分析には、カラムにShodex PROTEIN KW-803(4.6×250mm,昭和電工製)、移動相に水で流速1.0mL/min、カラム温度30℃で行い、検出を280nmで行った。

### 2-5 焼酎粕のDPPHラジカル消去活性

遠心分離した焼酎粕の上清を0.45μmのフィルターでろ過後、DPPHラジカル消去活性を測定した。DPPH(1,1-diphenyl-1-2-picrylhydrazyl,和光純薬製)溶液の520nmにおける吸光度を96マイクロプレート法(マイクロプレートリーダー:Immuno Mini NJ-2300)にて測定した。DPPHラジカル消去活性は、試料溶液1mL当たりのTrolox相当量として求めた。

## 3 結果および考察

### 3-1 焼酎粕の乳酸発酵と乳酸菌の選抜

乳酸菌製剤および焼酎もろみ由来乳酸菌は、焼酎粕のpHを調整しなくとも順調に増殖し $10^7$ から $10^8$ CFU/mlオーダーに達した。しかし、4ヶ月、10ヶ月保存後は、アクレモコンク $1.0 \times 10^5$ 、スノーラクト-L $6.0 \times 10^5$ 、畜草1号 $1.2 \times 10^3$ 、*Lb. paracasei* $3.0 \times 10^4$ 、*Lb. brevis* 0、*P. acidilactici* $1.8 \times 10^6$ CFU/mlと減少した。そこで、今後は、製剤化され入手が容易で酵素が添加されていないスノーラクト-Lと生存能力の高い焼酎もろみ由来の*P. acidilactici*を用いて、酵素等を併用した乳酸発酵試験を行うことにした。

酵素等を併用し焼酎粕を乳酸発酵させた後のpHと乳酸菌数の測定結果を、表1に示した。発酵前のpHは無添加で4.15、酵素等の添加区でも4.15前後であったが、発酵後はほとんどの試験区でpHが低下していた。発酵後の乳酸菌数は、米麹-スノーラクト-Lの試験区以外は、酵素の種類を問わず $10^7$ から $10^9$ と順調に増殖していた。このことから、酵素類の添加は乳酸菌の増殖に悪影響を及ぼさないことがわかった。ただし、麹については乳酸菌の増殖を阻害する可能性もあると考えられた。

表 1 乳酸発酵後のpHと乳酸菌数

	スノーラクト-L		<i>P. acidilactici</i>	
	pH	乳酸菌数 (CFU/ml)	pH	乳酸菌数 (CFU/ml)
酵素なし	3.8	$4.3 \times 10^8$	4.0	$8.0 \times 10^7$
セルラーゼ(T)	3.5	$4.9 \times 10^8$	3.5	$5.9 \times 10^8$
セルラーゼ(A)	3.6	$3.0 \times 10^8$	3.4	$4.4 \times 10^8$
ブルナーゼ	3.8	$4.6 \times 10^8$	4.0	$1.1 \times 10^8$
デキストラナーゼ	3.7	$3.6 \times 10^8$	3.9	$4.4 \times 10^8$
プロテアーゼ	3.6	$7.3 \times 10^8$	3.6	$7.0 \times 10^8$
キチナーゼ	3.8	$5.0 \times 10^8$	4.0	$1.1 \times 10^8$
グルカナナーゼ	3.8	$4.2 \times 10^8$	4.0	$8.0 \times 10^8$
おから麹	4.4	$1.0 \times 10^8$	3.9	$4.0 \times 10^8$
米麹	3.8	$1.1 \times 10^4$	3.6	$2.1 \times 10^8$

3-2 焼酎粕の固液分離性

酵素処理したものと酵素処理併用による乳酸発酵処理した焼酎粕を500Gの遠心力で分離し、その固体部分の比率を図1に示した。固液分離性は、無発酵時ではセルラーゼ(T)とセルラーゼ(A)の試験区のみが向上していた。また、乳酸発酵してもその傾向は全く同じであった。このことから、セルラーゼの併用は焼酎粕の固液分離性の向上に有効であることが確認された。

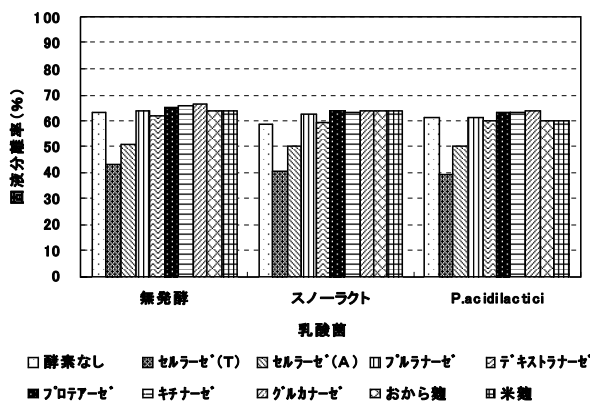


図 1 芋焼酎粕の酵素処理および乳酸発酵が固液分離性に及ぼす影響

3-3 焼酎粕の成分

酵素処理したものと酵素処理併用による乳酸発酵処理した焼酎粕の有機酸組成を図2に示した。

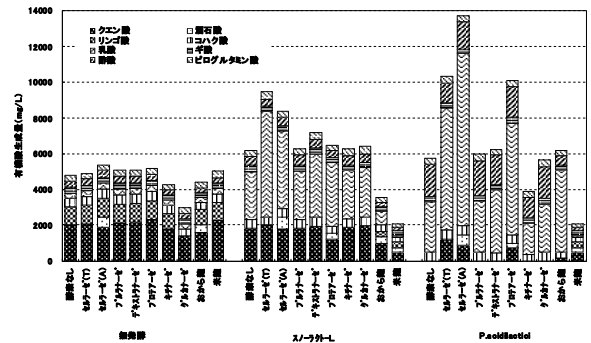


図 2 芋焼酎粕の酵素処理および乳酸発酵による有機酸生成量

図のとおり酵素処理だけでは、乳酸は生成されないが、乳酸発酵により増加した。スノーラクト-Lはクエン酸を資化しない発酵タイプであり、セルラーゼ(T)又はセルラーゼ(A)を併用することにより乳酸量が増加し、酵素なしの約1.5倍まで総有機酸量が増加した。一方、*P. acidilactici*はクエン酸を資化する発酵タイプであり、総有機酸量が酵素なしに比較してセルラーゼ(A)で2.3倍、セルラーゼ(T)で1.8倍、プロテアーゼで1.7倍に増加し、スノーラクト-Lを大きく上回っていた。なお、おから麹や米麹を併用することは、乳酸発酵による有機酸生成をどちらの乳酸菌においても抑制する傾向が認められた。以上のことから、芋焼酎粕の乳酸発酵において有機酸生成量を増加させるには、*P. acidilactici*を用い、セルラーゼとプロテアーゼを併用することが有効であると考えられた。

酵素処理したものと酵素処理併用による乳酸発酵処理した焼酎粕の遊離アミノ酸量を測定した結果を表2、3、4に示した。

酵素処理後の芋焼酎粕の遊離アミノ酸の総量は、セルラーゼ(A)、プロテアーゼとおから麹で増加し、その他の酵素と米麹では酵素なしとほぼ同じであった。プロテアーゼとおから麹では、焼酎粕中の蛋白質が分解されて増加したと考えられるが、セルラーゼ(A)については粗酵素であることから含まれているプロテアーゼにより増加したと推定された。アミノ酸を個別に見ると、特に増加したり減少したりする現象は認められなかった。

表2 芋焼酎粕の酵素処理後の遊離アミノ酸 (mg/100mL)

アミノ酸	酵素なし	セルラーゼ(T)	セルラーゼ(A)	フルラーゼ	デキストラーゼ	プロテアーゼ	キチナーゼ	グルカナーゼ	おから麴	米麴
Asp	14.7	15.3	19.4	16.0	15.3	18.9	15.4	15.2	20.0	16.6
Thr	5.1	5.3	7.2	5.3	5.2	6.5	5.3	5.2	6.7	5.6
Ser	6.6	6.8	9.5	6.8	6.7	8.4	6.8	6.7	8.7	7.2
Asn	13.1	13.4	14.6	13.0	13.5	14.5	13.6	13.4	13.3	13.4
Glu	25.4	25.6	30.8	27.8	25.6	30.5	25.5	25.3	27.7	25.9
Gly	16.5	16.9	17.7	17.5	16.7	17.6	16.8	16.7	16.5	16.4
Ala	33.4	33.9	36.5	35.0	33.9	36.4	34.0	33.7	33.9	33.5
Val	7.4	7.5	12.6	7.7	7.4	11.5	7.5	7.4	10.1	8.3
Met	2.8	2.8	5.1	2.9	2.9	4.9	2.9	2.8	5.0	3.5
Ile	4.6	4.7	7.0	4.8	4.6	6.3	4.6	4.7	6.7	5.2
Leu	12.4	12.7	20.6	12.8	12.6	20.4	12.5	12.5	20.5	15.0
Tyr	8.9	9.3	13.6	9.3	9.3	13.3	9.2	9.2	13.8	10.7
Phe	10.7	10.7	16.0	10.8	10.7	16.6	10.6	10.8	16.4	13.0
Trp	1.9	1.8	2.7	1.9	2.0	3.0	1.3	2.1	3.4	2.8
Orn	3.6	3.8	3.8	3.7	3.6	4.1	3.7	3.6	4.0	3.8
Lys	12.1	12.4	19.3	12.6	12.1	17.8	12.7	12.2	18.6	14.3
His	6.7	6.9	9.6	6.9	6.8	8.7	7.1	7.1	9.6	7.8
Arg	19.5	19.8	27.2	20.0	19.6	26.0	19.9	19.6	26.4	22.1
Pro	23.6	23.4	24.8	23.5	23.1	24.0	23.0	21.7	21.3	22.1
Total	229.0	233.0	298.0	238.2	231.5	289.5	232.4	229.8	282.6	247.2

表3 芋焼酎粕の酵素併用乳酸発酵後の遊離アミノ酸 (スノーラクト-L) (mg/100mL)

アミノ酸	酵素なし	セルラーゼ(T)	セルラーゼ(A)	フルラーゼ	デキストラーゼ	プロテアーゼ	キチナーゼ	グルカナーゼ	おから麴	米麴
Asp	19.3	19.3	26.9	21.0	19.8	28.0	19.2	19.3	20.7	4.3
Thr	6.0	5.8	9.7	6.2	6.2	8.4	5.9	6.0	5.0	1.2
Ser	7.4	7.9	13.2	7.5	7.7	11.3	7.4	7.5	5.9	1.3
Asn	12.8	11.7	15.1	11.8	12.9	14.7	13.1	13.0	8.8	7.5
Glu	26.8	24.6	40.0	29.7	26.8	39.7	26.7	27.2	21.4	6.0
Gly	17.1	16.9	19.5	17.8	17.4	18.5	17.1	17.2	9.7	1.6
Ala	34.6	32.8	40.9	35.9	34.7	39.9	34.7	34.9	13.2	2.9
Val	10.8	10.8	19.3	11.3	11.1	17.8	11.0	11.1	9.6	1.7
Met	2.6	2.5	6.4	2.7	2.7	6.6	2.7	2.8	3.3	0.5
Ile	5.8	6.0	10.3	6.3	6.2	9.7	6.0	6.1	6.8	1.2
Leu	12.8	12.1	27.9	13.1	13.1	28.4	13.0	13.1	17.2	3.9
Tyr	9.6	9.0	17.6	10.1	10.0	18.6	9.8	10.2	13.7	3.3
Phe	10.5	10.3	20.6	10.9	10.8	21.8	11.0	10.9	14.0	3.4
Trp	1.3	1.3	3.0	1.8	1.7	3.6	1.9	1.9	3.1	1.0
Orn	3.5	3.7	3.9	3.6	3.6	4.2	3.5	3.5	3.0	1.1
Lys	10.2	7.6	20.7	10.4	9.8	17.6	10.0	10.3	13.8	5.1
His	6.3	6.1	10.4	6.5	6.2	9.0	6.3	6.4	6.9	2.5
Arg	18.8	18.5	30.6	18.8	18.9	27.5	18.8	18.7	14.5	5.2
Pro	23.2	24.0	26.8	23.5	23.4	25.8	23.8	23.4	13.1	5.1
Total	239.4	230.9	362.7	248.7	243.0	351.1	242.0	243.4	203.6	58.8

表4 芋焼酎粕の酵素併用乳酸発酵後の遊離アミノ酸 (*P. acidilactici*) (mg/100mL)

アミノ酸	酵素なし	セルラーゼ(T)	セルラーゼ(A)	フルラーゼ	デキストラーゼ	プロテアーゼ	キチナーゼ	グルカナーゼ	おから麴	米麴
Asp	19.6	20.4	33.5	20.9	19.8	32.6	19.3	19.6	28.3	13.7
Thr	2.4	8.8	20.5	1.8	1.3	12.4	2.2	2.3	1.2	4.2
Ser	4.9	12.0	24.4	3.8	2.9	17.3	4.5	4.7	2.6	4.8
Asn	12.4	11.9	16.2	11.4	12.7	15.9	12.4	12.6	10.1	8.9
Glu	26.3	26.5	50.0	28.4	26.6	49.5	26.1	26.7	31.8	14.7
Gly	19.5	19.6	26.3	19.8	19.8	24.5	19.3	19.5	14.5	6.8
Ala	40.7	37.2	53.1	41.7	42.3	51.4	40.5	40.9	28.5	13.3
Val	15.0	15.7	31.1	14.9	15.6	29.5	14.9	15.1	22.7	9.7
Met	2.5	2.7	7.5	2.5	2.7	7.5	2.5	2.5	4.4	1.8
Ile	9.5	10.1	22.4	9.5	10.0	22.3	9.5	9.7	16.5	7.1
Leu	14.4	15.8	35.5	14.3	15.3	36.0	14.4	14.6	25.6	10.4
Tyr	7.5	6.3	15.2	7.8	7.4	15.9	7.5	7.6	14.4	6.4
Phe	9.0	8.2	15.4	9.2	9.2	17.8	9.3	9.2	13.1	5.7
Trp	1.5	1.5	2.9	1.8	1.9	3.2	1.7	1.7	3.0	1.6
Orn	16.7	16.9	26.8	15.5	16.4	26.5	16.5	16.7	24.2	14.3
Lys	11.4	9.6	24.4	11.0	11.0	23.3	11.1	11.6	17.0	7.7
His	6.4	6.4	11.3	6.2	6.4	9.4	6.6	6.6	8.0	4.3
Arg	0.2	0.3	1.3	0.2	0.1	1.1	0.2	0.4	0.5	0.5
Pro	25.0	25.5	30.7	24.7	24.4	27.8	23.6	24.1	16.9	13.0
Total	244.7	255.6	448.6	245.4	245.9	424.0	242.3	246.1	283.4	148.9

酵素併用による乳酸発酵後の総遊離アミノ酸量は、スノーラクト-Lと*P. acidilactici*ともにセルラーゼ(A)とプロテアーゼ使用区で大幅に増加し、特に*P. acidilactici*を用いるとさらに増加していた。しかし、米麴と併用すると総遊離アミノ酸量が大きく減少した。米麴だけでは減少が認められないのに、乳酸菌が存在すると減少する理由の解明には今後の検討が必要である。

個別のアミノ酸では前報で報告した*P. acidilactici*はArgをOrnに変換しており<sup>8)</sup>、発酵焼酎粕には少量のArgが残り多量のOrnが生成していた。Ornは、アンモニア解毒を行う尿素回路の重要な成分であり、また成長ホルモンの分泌促進効果も報告<sup>9)</sup>されていることから、飼料としての付加価値を高めるアミノ酸と考えられた。

トコフェロール(ビタミンE)には、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ および $\delta$ の4種の異性体があるが、芋焼酎粕はほとんど $\alpha$ であったので、 $\alpha$ -トコフェロールのみの抽出量を表5に示した。セルラーゼ(T)、セルラーゼ(A)、プロテアーゼおよびグルカナーゼを焼酎粕に添加することにより $\alpha$ -トコフェロールの抽出量が増加し、乳酸発酵後もその傾向は変わらなかった。また、おから麴および米麴については、有機酸やアミノ酸と同様に乳酸菌が存在しない時は酵素なしとほぼ同じであるのに、乳酸菌が同時に存在することにより減少する傾向が認められた。

表5 芋焼酎粕の $\alpha$ -トコフェロール( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )

処理区	無発酵	スノーラクト-L	<i>P. acidilactici</i>
酵素なし	163.7	117.9	152.2
セルラーゼ(T)	320.1	309.7	312.1
セルラーゼ(A)	282.9	272.5	264.6
ブルナーゼ	166.9	136.9	119.4
デキストラナーゼ	177.5	168.1	182.0
プロテアーゼ	217.8	167.2	203.9
キチナーゼ	121.8	137.5	117.9
グルカナーゼ	217.3	170.2	204.0
おから麴	149.3	130.9	69.0
米麴	152.2	80.0	93.9

酵素処理したものと酵素処理併用による乳酸発酵した焼酎粕の上清のGPC分析を行い、蛋白質

の分子量の変化について調べた。無発酵でのセルラーゼ(A)、プロテアーゼおよびおから麴の添加により、焼酎粕に含まれる蛋白質が低分子化することが確認された。さらに、乳酸発酵により、蛋白質の低分子化が進む傾向が認められた。図3にプロテアーゼを併用し乳酸発酵した焼酎粕のGPC分析チャートを示した。プロテアーゼ併用乳酸発酵により、酵素なし・無発酵と比較してピークの溶出時間が遅い方にシフトするとともに、遅い時間にピークが新たに生じており、焼酎粕中の蛋白質が低分子化していることを確認できた。また、この結果から、スノーラクトよりも*P. acidilactici*の方がより低分子化する効果の高いことが推定された。さらに、遊離アミノ酸総量との関係を見てみると、低分子化が進んでいるセルラーゼ(A)とプロテアーゼは発酵後も増加したが、おから麴では無発酵と比較して増加が認められなかった。この原因として、発酵液中に麴菌が生きた状態で存在することにより、生成されたアミノ酸が麴菌の増殖により消費されるためと推定された。

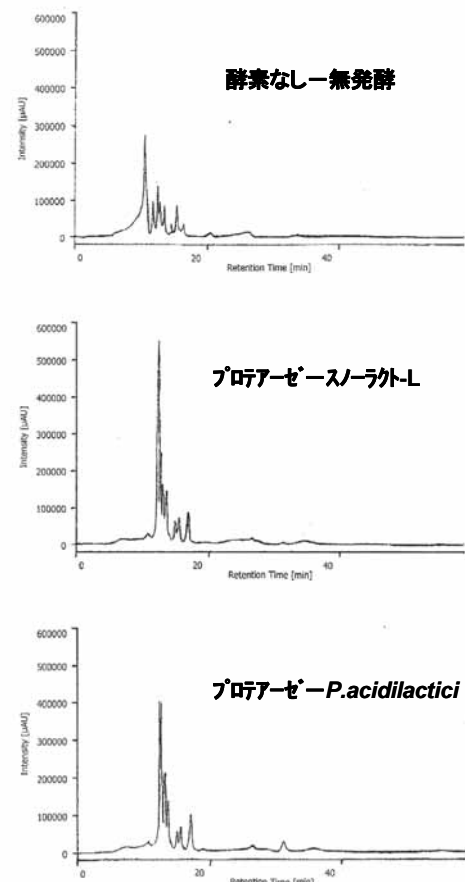


図3 焼酎粕のGPC分析

### 3-4 焼酎粕のDPPH消去活性

酵素処理したものと酵素を併用した乳酸発酵焼酎粕のDPPH消去活性の測定結果を図4に示した。酵素処理のみの焼酎粕のDPPH消去活性は、プロテアーゼ、キチナーゼおよび米麹を添加することにより酵素処理していない焼酎粕に比べて40から50%増加していた。酵素処理を併用した乳酸発酵後の焼酎粕のDPPHラジカル消去活性も同様の増加傾向を示したが、乳酸発酵したことによる上乗せ的增加は認められなかった。このことから、焼酎粕にDPPH消去活性を付加するには、プロテアーゼ等の酵素処理が必要であると判断された。

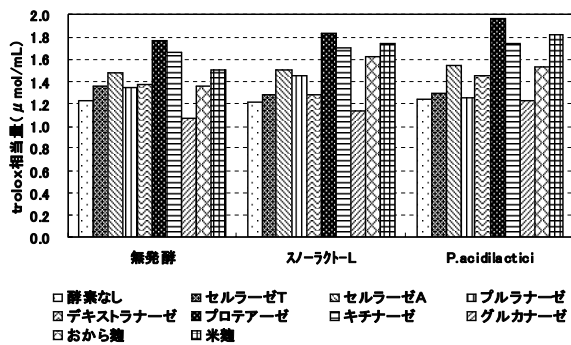


図4 芋焼酎粕の酵素処理および乳酸発酵によるDPPHラジカル消去活性

### 4 まとめ

乳酸菌の増殖性、発酵保存後の乳酸菌の生存率および入手の容易性から、製剤化されたスノーラクトと焼酎もろみから分離した*P. acidilactici*を選抜し、焼酎粕を酵素を併用した乳酸発酵を行い、付加価値向上につながる以下の知見を得た。

酵素添加は乳酸発酵に影響しないが、米麹添加は乳酸菌の増殖を抑制する場合が認められた。焼酎粕の固液分離性の向上は、セルラーゼの作用によるものであり、乳酸発酵によるものでないことが確認された。

焼酎粕の有機酸は、セルラーゼ(T, A)やプロテアーゼを併用した乳酸発酵により大幅に増加することが認められた。

セルラーゼ(A)、プロテアーゼおよびおから麹を焼酎粕に添加することにより遊離アミノ酸量が増加し、乳酸発酵することによりセルラーゼ(A)やプロテアーゼ併用区ではさらに増加していた。

焼酎粕中のトコフェロールの抽出率が、セルラーゼ(T, A)とグルカナーゼを用いることにより向上した。

焼酎粕中の蛋白質が、セルラーゼ(A)、プロテアーゼ又はおから麹を用いることにより低分子化することが確認された。セルラーゼ(A)とプロテアーゼの使用による低分子化は、遊離アミノ酸総量の増加と相関が認められた。

焼酎粕のDPPH消去活性の向上は、プロテアーゼ、キチナーゼおよび米麹によるものであり、乳酸発酵によるものでないことが確認された。

以上のことから、焼酎粕の乳酸発酵にはセルラーゼ(A)とプロテアーゼを添加し焼酎もろみから分離した乳酸菌である*P. acidilactici*を用いることが有効であると考えられた。

### 5 参考文献

- 1) 大塚舞他, 日本畜産学会報, 78-3, 349 (2007)
- 2) 水谷政美他, 宮崎県工業技術センター・食品開発センター研究報告, 52, 95 (2007)
- 3) 竹下淳子他, 宮崎県工業技術センター・食品開発センター研究報告, 49, 119 (2004)
- 4) 竹下淳子他, 宮崎県工業技術センター・食品開発センター研究報告, 49, 127 (2004)
- 5) 高山清子他, 宮崎県工業技術センター・食品開発センター研究報告, 50, 117 (2005)
- 6) 高山清子他, 宮崎県工業技術センター・食品開発センター研究報告, 51, 107 (2006)
- 7) 農林水産省農林水産技術会議事務局・農林水産省食品総合研究所, 食品の機能性評価マニュアル集, 3 (1999)
- 8) 西塚泰美編集, 代謝マップ, 33 (1982)
- 9) 柴崎剛, 食品と容器, 50-3, 140 (2009)