焼酎粕の乳酸発酵による飼料化

近年、飼料価格は高止まり傾向にあり、栄養分豊富な焼酎粕の飼料化が注目されている。しかし、水分含量が高いことから常温での保存期間が短いことが利用の障害となっていた。そこで、焼酎粕に乳酸菌と廃糖蜜を添加して乳酸発酵することで長期保管が可能となった。また、乳酸発酵焼酎粕は飼料として適性があり効果も確認された。筆者らは本研究で平成 26 年度日本醸造協会技術賞を受賞されている。今回はこの技術の概要と実用化に向けた取組について解説いただいた。

水谷政美¹・高山清子¹・山本英樹¹・越智 洋²
加藤 聡³・黒木邦彦³

1. はじめに

ロンドン条約議定書により平成 19 年 4 月以降の焼酎粕の海洋投棄が原則禁止され、この措置に対応すべく焼酎粕の処理技術や有効利用について研究がなされてきた¹⁻³⁾。宮崎県においては、これまでに焼酎粕をメタン発酵、焼却、活性汚泥法による処理の他、濃縮・乾燥飼料化等による有効利用法が採用されてきた。宮崎県食品開発センターでは、メタン発酵、コンポスト化技術の開発、ペレット飼料製造技術の開発など様々な焼酎粕の処理について研究を行ってきた⁴⁻⁷⁾。しかしながら、水分が多く腐敗しやすい焼酎粕をさらに低コストで有効に活用することが求められていた。また、バイオエタノール向けの需要増加で輸入トウモロコシ等の畜産飼料価格が H19 年以降高騰化しており、配合飼料は現在過去最高価格となっている。そのため、栄養分豊富な焼酎粕の飼料化が注目されている⁸⁾。また、家畜へのプロバイオティクスとしての乳酸菌の利用や機能性等の付加による飼料価値の向上についても注目されているところである⁹⁻¹⁰⁾。

本稿では、焼酎粕を家畜の飼料とすることを目的に、焼酎粕の乳酸発酵性や家畜への給与適性の検討結果¹¹⁾

に加えて、焼酎粕の飼料化の実際について紹介する。

2. 焼酎粕の乳酸発酵特性の検討

とうもろこし等の飼料用作物及びビール粕やバガス等の食品製造副産物については乳酸発酵させることにより、品質が安定化し保存性も向上する飼料化技術が報告されている¹²⁻¹³⁾。そこで、ここでは焼酎粕をできるだけ簡易な方法で乳酸発酵させ、保存性向上と飼料化の可能性を探ることとした。

焼酎粕は、第 1 表に示すとおり原料により多少の差はあるもののほとんど水分であり、さらに腐敗しやすいことが利用の障害となっている。

宮崎県内焼酎製造場より生じた芋、麦及びソバ製焼酎粕を、雪印種苗（株）製サイレージ用顆粒状乳酸菌製剤アクレモコンク（*Lactobacillus rhamnosus* + アク

第 1 表 焼酎粕の一般成分

焼酎粕	pH	水分 (%)	蛋白質 (%)	糖質 (%)	脂肪 (%)	繊維 (%)
芋製	4.17	95.2	1.42	0.72	0.07	1.33
麦製	3.94	91.9	3.56	1.64	0.28	0.57
米製	3.90	92.4	3.21	0.80	0.07	0.60
ソバ製	4.28	90.6	4.73	2.21	0.31	0.81

Study on the Suitability as Feed of Shochu Distilled Residue Fermented by Lactic Acid Bacteria
Masami MIZUTANI¹, Kiyoko TAKAYAMA¹, Hideki YAMAMOTO¹, Hiroshi OCHI², Satoshi KATO³ and Kunihiro KUROKI³ (¹Miyazaki Prefectural Food Research and Development Center, ²Miyazaki Prefectural Institute for Public Health and Environment, ³Miyazaki Agricultural Junior College)

レモザイム), スノーラクト-L (*Lactobacillus rhamnosus*) 及び畜草1号 (*Lactobacillus plantarum*) と焼酎もろみより分離した乳酸菌 *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus acidilactici* を用いて乳酸発酵させた。乳酸発酵試験は, 糖蜜を添加しない条件で, 30℃で5日間静置培養後それぞれについて, pH, 有機酸生成量, 遊離アミノ酸量及びトコフェロール量並びに固液分離性を測定し検討した。

2.1 pHと有機酸

芋, 麦及びソバ製焼酎粕の乳酸発酵前後の pH (第2表) と有機酸量 (第1図) を示した。有機酸分析は, 発酵焼酎粕の上清を液体クロマトグラフにより測定した。炭素源の補充なしでの発酵では, pH がいずれの乳酸菌においても芋と麦製では低下したがソバ製では一部が逆に上昇することが認められた。一方, 有機酸は, いずれの試験区でも発酵前にはほとんど無かった

第2表 乳酸発酵後の pH

	芋製	麦製	ソバ製
乳酸発酵前	4.72	4.34	4.68
アクレモコンク *	3.73	3.78	4.04
スノーラクト-L *	4.28	4.06	4.55
畜草1号 *	4.50	3.90	4.57
<i>Lb.paracasei</i>	4.34	4.02	4.62
<i>Lb.brevis</i>	4.73	4.14	5.23
<i>P.acidilactici</i>	4.54	4.15	5.12

*雪印種苗 (株) 製

乳酸が生成するが, 乳酸菌の発酵タイプによりクエン酸が消失したり酢酸量が増加したりしており, このことが pH の低下や上昇に影響していると考えられた。また, サイレージ用アクレモコンク製剤の使用により他の乳酸菌に比較して pH の低下が大きく乳酸生成量が多くなった原因については, 併せて添加されている繊維分解酵素アクレモザイムが焼酎粕中のセルロースを分解することにより生成したグルコースが乳酸菌の栄養源として利用されたためであると推察された (第2図)。

2.2 固液分離性

乳酸発酵前後の焼酎粕を 10℃で 100G から 4000G まで遠心力を変えて遠心分離した後, 固体部の体積を測定しその比率を第3図に示した。

芋製では, アクレモコンク製剤を用いることにより固液分離性が非常に良くなるが, 他の乳酸菌では乳酸発酵前と差はなく効果を認めなかった。これは, アクレモコンク製剤に含まれるアクレモザイムが働き芋製焼酎粕中の繊維分を分解することにより粘度が低下したものと考えられた。粘度低下により, 乳酸発酵した芋製焼酎粕の流動性が高まりポンプ等による移送が容易になることが期待された。一方, 麦とソバ製では, どの試験区でもほとんど差はなかった。これらのことから, 乳酸発酵だけでは固液分離性の向上は期待できないが, 繊維分解酵素を併用することにより芋製では

第1図 焼酎粕の乳酸発酵による有機酸生成量

(a): 芋製, (b): 麦製, (c): ソバ製

第2図 繊維分解酵素添加区の乳酸とグルコース濃度

第3図 焼酎粕の乳酸発酵と固液分離性

(a)：芋製, (b)：麦製, (c)：ソバ製

●：アクレモコク, □：スノラクト-L, ■：畜草1号, △：*Lb.paracasei*
▲：*Lb.brevis*, ◇：*P.acidilactici*, ○：対照

固液分離性を向上させることができると考えられた。

2.3 アミノ酸及びトコフェロール

遊離アミノ酸を、高速アミノ酸分析計を用いてニンヒドリン発色法により測定した結果を第3表に示した。

乳酸発酵前の焼酎粕の遊離アミノ酸総量は、麦 (736mg/100ml) が最も多く、ついでソバ (597.7mg/100ml), 芋 (263.2mg/100ml) の順であった。乳酸発酵により遊離アミノ酸総量は増加する傾向を示し、乳酸菌では *P.acidilactici*, 原料別ではソバ製で顕著に増加し、また、焼酎粕の原料にかかわらず、畜草1号では Ser が減少、*Lb.brevis* では Tyr と Arg が減少するとともに Orn が増加、*P.acidilactici* では

Thr, Ser 及び Arg が減少するとともに Ala と Orn が増加する現象が認められた。特に、*Lb.brevis* 及び *P.acidilactici* での Arg が消滅し Orn が顕著に増加していたのは、これらの乳酸菌が生産するアルギナーゼにより Arg が Orn に変換されたため生じたと推定された。Orn は、尿素サイクル¹⁴⁾の構成成分であり、体内のアモニア解毒に寄与することが知られ、さらに新機能性成分として注目を浴びているシトルリンの前駆体であることから、これらの乳酸菌による Orn の生成は重要であると考えられた。このように乳酸菌によりアミノ酸の組成比等を変化させることは他の分野にも応用が可能であると考えられた。

第3表 芋焼酎粕の乳酸発酵後の遊離アミノ酸(mg/100ml)

		遊離アミノ酸 (mg/100ml)					
		Thr	Ser	Ala	Tyr	Orn	Arg 計*
芋製	対照	7.7	8.9	26.3	11.2	4.8	263.2
	アクレモコンク	9.4	10.1	27.6	13.9	4.7	291.5
	スノーラクト-L	9.5	11.7	31.3	14.4	4.8	312.4
	畜草1号	11.6	2.7	31.4	16.6	4.8	315.9
	<i>Lb.paracasei</i>	8.9	8.2	29.8	13.7	4.7	294.7
	<i>Lb.brevis</i>	10.8	14.6	29.2	0.8	28.3	279.6
	<i>P.acidilactici</i>	1.8	5.0	45.2	13.9	31.4	338.7
麦製	対照	15.5	20.8	101.2	38.8	5.2	736.0
	アクレモコンク	16.5	22.0	101.3	38.7	5.2	771.8
	スノーラクト-L	17.2	23.3	104.9	39.5	5.3	786.1
	畜草1号	16.1	0.7	100.4	39.3	5.2	742.5
	<i>Lb.paracasei</i>	18.0	21.5	105.0	39.2	5.3	778.3
	<i>Lb.brevis</i>	19.0	30.7	107.7	1.7	71.4	795.9
	<i>P.acidilactici</i>	2.8	6.9	142.4	43.6	71.6	887.0
ソバ製	対照	8.7	16.6	55.7	13.4	18.6	597.7
	アクレモコンク	13.0	21.1	62.5	17.8	18.5	691.6
	スノーラクト-L	12.4	20.2	62.9	16.8	18.7	681.2
	畜草1号	16.1	2.2	64.0	21.1	18.3	700.1
	<i>Lb.paracasei</i>	13.4	17.0	63.5	16.0	18.4	665.8
	<i>Lb.brevis</i>	18.0	30.3	68.0	2.5	126.3	719.3
	<i>P.acidilactici</i>	1.1	1.9	110.5	26.4	130.3	852.8

* Asp, Thr, Ser, Glu, Gly, Ala, Val, Met, Ile, Leu, Tyr, Phe, Orn, Lys, His, Arg 及び Pro の総和である。

トコフェロールの定量は、食品の機能性評価マニュアル集¹⁵⁾に従い行った。なお、分析は高速液体クロマトグラフで行い、検出には蛍光検出器を用いた。第4表に示したように、トコフェロール(ビタミンE)には、 α 、 β 、 γ 及び δ の4種の異性体があるが、焼酎の原料の種類により焼酎粕に含まれるそれらの量の割合が異なっていた。発酵前のトコフェロール総量で比較すると、芋製が228 μ g/100gと最も多く、麦とソバ製は芋製の1/10以下であり、それぞれ21.3 μ g/100gと13.4 μ g/100gであった。食品成分表¹⁶⁾では、芋(生)で1,300 μ g/100g、ソバで500 μ g/100g、麦で200

μ g/100gと報告されており、焼酎の原料比率等から計算すると原料のおおよそ1/2のトコフェロールが焼酎粕に残っていると考えられた。また、これら焼酎粕を乳酸発酵させても、第4表に示すとおりトコフェロールは乳酸菌により消費されないと判断された。

3. 乳酸発酵焼酎粕飼料の検討

焼酎粕の乳酸発酵による保存性、飼料としての評価及び給与試験を1ton規模で行った。芋製焼酎粕1tonを35℃位まで冷却した後、乳酸発酵が十分進行するように炭素源として廃糖蜜9Lと乳酸菌製剤アクレモ

第4表 焼酎粕の乳酸発酵後のトコフェロール含量

処理区	トコフェロール (μ g/100g)														
	芋製					麦製					ソバ製				
	α	β	γ	δ	計	α	β	γ	δ	計	α	β	γ	δ	計
対照	221	1.3	5.6	0	227.9	9.2	0	12.1	0	21.3	6.1	0.1	7.2	0	13.4
アクレモコンク	328	5.1	21.4	0	354.5	7.9	0	13.2	0	21.1	2.6	0	39.0	2.4	44.0
スノーラクト-L	224	1.7	5.8	0	231.5	5.5	0	10.1	0	15.6	0.4	0	11.1	0	11.5
畜草1号	225	1.3	4.4	0	230.7	3.4	0	5.6	0	9.0	11.0	0	22.3	0	33.3
<i>Lb.paracasei</i>	226	2.0	6.2	0	234.2	3.7	0	6.7	0	10.4	11.7	0	12.8	0	24.5
<i>Lb.brevis</i>	226	12.4	7.0	0	245.4	4.5	0	8.5	0	13.0	12.4	0	38.2	0	50.6
<i>P.acidilactici</i>	228	1.6	6.7	0	236.3	8.8	0	9.8	0	18.6	6.1	0	29.9	0	36.0

コンク 17g (0.0017%) を添加し、定期的に攪拌しながら屋外にて静置培養を行ったものについて検討した。

3.1 乳酸発酵焼酎粕の保存性の検討

乳酸発酵焼酎粕タンクから4日目までは1日ごとに、それ以降は14, 28, 49, 70, 119日後にサンプリングし、pH、酸度、乳酸及び酢酸量を測定した(第5表)。pHは、1日目で3.5に下がりその後は3.4で安定し49日目から上昇していた。酸度と乳酸量は1日目から急増し4日後から14日目をピークにその後は減少しており、pHと逆の関係をよく示していた。一方、酢酸はデータにばらつきは見られたものの乳酸とは異なった変化を示し、1日目から急増したが、49日目以降はほぼ一定となり減少しなかった。このことは、乳酸菌の代謝において酸素存在下で乳酸から酢酸に変換される経路が報告されていることから¹⁷⁾、焼酎粕中の栄

養分の不足により生成した乳酸が代謝されこのような現象が生じたと考えられた。

次にガスクロマトグラフ質量分析計にて揮発成分の定性分析を行った(第4図)。乳酸発酵直後は酢酸エチル、エタノール、酢酸、 β -フェネチルアルコール等焼酎酵母の発酵生成物が主に検出されたが、保存日数が経過するにつれ揮発成分は増加し、119日経過後では発酵直後にはほとんど無かった2-ブタノールやプロピオン酸が検出された。しかし、焼酎粕は栄養分が豊富であるためカビが生えやすく腐りやすいということが問題であったが、乳酸発酵させた焼酎粕は119日経過後もカビは発生しなかった上に、腐敗を示す酪酸も検出されなかった。また、官能的には、28日後まではほとんど臭いの変化は感じられなかったが、49日後以降に酸臭がわずかに感じられる程度であった。

第5表 市販乳酸菌製剤アクレモコンクによる芋製焼酎粕の乳酸発酵前後のpH、酸度、乳酸量及び酢酸量

	発酵経過日数(日)									
	0	1	2	3	4	14	28	49	70	119
pH	4.1	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.6	3.6	3.7
酸度	6.3	17.2	19.3	21.7	23.2	24.4	23.2	21.4	19.6	18.4
乳酸量(mg/l)	2,900	9,600	11,000	13,000	14,000	14,000	12,000	9,200	7,400	6,700
酢酸量(mg/l)	2,100	6,600	6,500	6,600	6,700	5,200	5,900	7,600	7,100	7,300

第4図 アクレモコンクによる焼酎粕の乳酸発酵前後の揮発成分
(a)：発酵開始直後 (b)：119日経過後
(1)SPME ファイバー：65 μ m Carbowax-divinylbenzene(SUPELCO)
(2)GCMS：GCMS-QP5050A, 分析カラム：ZB-WAX(0.25mm $\times$ 60m)

以上の結果から、焼酎粕を乳酸発酵させることにより長期保存が可能となり腐敗を心配することなく飼料として利用できると判断された。

3.2 乳酸発酵焼酎粕の飼料としての評価

アクレモコンク製剤による乳酸発酵6日目の芋製焼酎粕の飼料としての成分分析を行った(第6表)。今回使用した芋焼酎粕は、日本標準飼料成分表(2001)¹⁸⁾で示されている飼料成分とはほぼ同じであった。一方、乳酸菌添加後6日目の焼酎粕はアクレモコンクに含まれる繊維分解酵素の働きにより流動性が向上したが、粗繊維(CF)は半減していた。しかし、乳酸発酵焼酎粕は乾物換算で、市販の繁殖雌牛用濃厚飼料と比較して可消化養分総量(TDN)はやや低い値を示したものの、粗蛋白質(CP)に関しては豊富に含まれていることが確認された。

3.3 乳酸発酵焼酎粕の給与試験

栄養的に飼料として十分利用できると判断されたことから、黒毛和種繁殖牛7頭に対して1日当たり10リットルの給与を4ヶ月間行い、1ヶ月ごとに血液成

分の分析を行った(第7表)。総蛋白、総コレステロール、GOT、 γ -GTP及びBUNの各血液成分を対照区と比較しても異常値は認められず、生体への影響はないと推察された。また、嗜好性も良いことから、飼料設計によりバランスのとれた給与を行えば濃厚飼料の代替として十分活用できると考えられた。

また、4ヶ月齢の子牛に乳酸発酵芋焼酎粕3.5リットルの給与を40週齢まで実施した(第8表)。その結果、去勢子牛では焼酎粕給与区の発育が良好であり有意な差が認められた。なお、血液検査でも異常値は認められなかった。

第8表 子牛への給餌における体重の変化¹⁹⁾

試験区	試験開始時 (kg)	40週齢時 (kg)	増体量 (kg)
焼酎粕給餌区			
去勢	96.8	307.2	210.4
雌	80.6	242.0	161.4
対照区			
去勢	99.0	290.7	191.7
雌	82.3	232.5	150.2

去勢：各n=4, 雌：各n=2

第6表 芋製焼酎粕の飼料としての成分比較(%)

	水分 (M)	粗蛋白質 (CP)	粗脂肪 (EE)	可溶性無窒素物 (NFE)	粗繊維 (CF)	可消化養分総量 (TDN)
焼酎粕*	94.5	1.3	0.5	2.7	0.6	3.6
乾物換算	—	23.6	9.1	49.1	10.9	65.9
乳酸発酵焼酎粕	94.2	1.3	0.1	3.6	0.5	3.7**
乾物換算	—	21.5	1.0	61.3	7.7	63.8**
市販濃厚飼料***	20.3	14.0	2.5	—	10.0	69.0
水分10%換算	10.0	15.6	2.8	—	11.1	76.7
焼酎粕消化率(%)	—	60	46	75	50	—

*：日本標準飼料成分表(2001)¹⁸⁾

**：日本標準飼料成分表(2001)による推定値

***：メーカー公表値

第7表 乳酸発酵焼酎粕を給与した繁殖雌牛の血液成分の比較

血液成分	試験区	経過月数(月)				
		1	2	3	4	平均
総蛋白 (g/dl)	給与区	7.7 ± 0.61	7.9 ± 0.41	8.0 ± 0.63	7.7 ± 0.63	7.8 ± 0.53
	対照区	7.3 ± 0.61	7.4 ± 0.53	7.2 ± 0.31	7.2 ± 0.55	7.3 ± 0.47
総コレステロール (mg/dl)	給与区	92.3 ± 14.83	99.7 ± 16.29	99.1 ± 10.70	90.1 ± 13.42	95.3 ± 12.92
	対照区	85.9 ± 15.60	92.1 ± 10.76	88.0 ± 16.26	87.7 ± 17.80	88.4 ± 14.05
GOT (IU/l)	給与区	53.0 ± 11.11	46.9 ± 3.89	49.9 ± 5.64	47.3 ± 5.56	49.3 ± 4.63
	対照区	47.9 ± 8.15	42.0 ± 9.57	40.3 ± 4.72	43.3 ± 8.44	43.4 ± 7.10
γ -GTP (IU/l)	給与区	23.9 ± 7.95	22.1 ± 4.26	21.6 ± 5.06	21.0 ± 5.69	22.1 ± 4.92
	対照区	18.6 ± 4.79	19.0 ± 5.10	16.9 ± 4.78	17.9 ± 5.34	18.1 ± 4.06
BUN (mg/dl)	給与区	7.7 ± 1.98	11.6 ± 1.29	9.5 ± 2.36	8.7 ± 1.49	9.5 ± 0.31
	対照区	9.4 ± 2.62	11.6 ± 1.05	12.2 ± 3.32	8.7 ± 1.43	9.6 ± 0.52

各試験区：繁殖雌牛7頭

4. 乳酸発酵焼酎粕の飼料化の実際

4.1 乳酸発酵焼酎粕の給与の効果

これらの結果を基に、畜産を担当する機関が協力し明確な給与基準を畜産農家に示すとともに、焼酎メーカーとともに乳酸発酵焼酎粕を安定して供給できる体制を確立した。一方、乳酸発酵焼酎粕を利用している畜産農家は、嗜好性が良い、牛の毛艶が良くなった、繁殖成績にも問題ない、飼料コストの削減ができたなどの効果を挙げている。

また、乳酸発酵焼酎粕は魚の養殖場で餌としても活用されている。そのまま散布するのではなく、練り餌を製造する際に水に替えて使用している。養殖業者は、魚肉の臭みが少なく甘みや色艶が良くなったと高く評価している。

4.2 焼酎粕の乳酸発酵における諸問題

焼酎粕の乳酸発酵により保存性が向上し飼料としての有効活用が可能となったが、焼酎工場での乳酸発酵が正常に進まなかった事例を2件紹介する。

まず、1件目は、乳酸発酵タンクが雑菌に汚染された場合である。焼酎粕の乳酸発酵が正常に進めば第5図に示したようにA工場及びB工場でも乳酸が大部分を占めている。しかし、雑菌汚染されると第6図の洗浄前で示したように酢酸が非常に多くなり乳酸が少なくなり酸臭が発生する状態となった。そこで、この乳酸発酵タンクを塩素系殺菌剤で洗浄したところ、洗

浄後の有機酸組成になり正常化した。なお、このタンクはFRP製であり、今後も再発することが考えられリスク削減のためステンレス製に変更している。

続いて、2件目は、減圧蒸留焼酎粕で正常に乳酸発酵が進まなかった事例である。第7図に示したように、乳酸発酵0日目ではクエン酸と乳酸が大部分であったが、発酵9日目では酢酸が非常に多くなっていた。原因を調査したところ、減圧蒸留であるため蒸留温度が低くもろみ由来の微生物 (*Lb. fermentum* など) が生き残りアルコール濃度の低下とともに増殖しこのような状態を引き起こしたと推定された。そこで、減圧蒸留の場合は、乳酸発酵を安定して行うために、蒸留が終了した時点でもろみを80℃以上に加熱して殺菌を行うよう工場に勧めている。

5. まとめ

焼酎粕はほとんどが水分であり保存が困難である。しかし、乳酸発酵させることにより保存性が向上した。そこで、市販の乳酸菌製剤や焼酎もろみより分離した乳酸菌を用いて芋、麦及びソバ焼酎粕を乳酸発酵させ、pH、有機酸、遊離アミノ酸、トコフェロール等を分析しその特性を調べた。また、サイレージ用乳酸菌製剤を用いて1 ton規模で乳酸発酵した焼酎粕の飼料としての適性と効果を評価したところ、繁殖雌牛への給与試験では血液検査などから健康上問題のないこと、子牛への給与試験により肥育効果が高いことを確認し

第5図 安定した乳酸発酵状態での麦焼酎粕の有機酸組成

第 6 図 発酵タンク洗浄前後の麦焼酎粕の有機酸組成

第 7 図 減圧蒸留焼酎粕の乳酸発酵の 0 及び 9 日目の有機酸組成

た。これらの結果をもとに乳酸発酵焼酎粕の飼料化がスタートし、現在は畜産農家だけでなく養魚場でも活用が広がっている。一方、焼酎工場で焼酎粕の乳酸発酵が正常に進まない事例が発生し、発酵タンクのステンレス化や減圧蒸留焼酎粕の高温加熱など乳酸発酵を安定して行うための改良を行った。

〈¹ 宮崎県食品開発センター, ² 宮崎県衛生環境研究所, ³ 宮崎県立農業大学校〉

参考文献

- 1) 菅沼俊彦, 沖園清忠: 食品と開発, **43**, 14-16 (2008)
- 2) 菅沼俊彦, 瀬口ひろみ, 沖園清忠: New Food Industry, **49**, 6-12 (2007)
- 3) 古田吉史, 丸岡生行, 中村彰宏, 大森俊郎, 園元謙二: 生物工学会誌, **87**, 16-19 (2009)
- 4) 工藤哲三, 甲斐邦熙, 高橋勝南, 森山和之, 柏田雅徳: 醸協, **94**, 721-725 (1999)

- 5) 工藤哲三, 日高照利, 水谷政美, 柏田雅徳: 宮崎県工業試験場・宮崎県食品加工研究開発センター研究報告, **42**, 155-160 (1997)
- 6) 上原剛, 森下敏朗, 里岡嘉宏, 小玉誠: 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, **45**, 137-143 (2000)
- 7) 工藤哲三, 横山朝明, 小玉誠, 水谷政美, 今野次雄: 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, **45**, 159-163 (2000)
- 8) 大塚舞, 大森英之, 田島清, 川島知之: 日畜会報, **78**, 349-354 (2007)
- 9) 乳酸菌研究集談会編, 乳酸菌の科学と技術, 336-341 (2003)
- 10) 中村尚夫, 藪本佳予子, 横山定治, 平松順一, 高橋康次郎, 吉澤みな子: 醸協, **98**, 221-224 (2003)
- 11) 水谷政美, 高山清子, 山本英樹, 越智洋, 加藤聡, 黒木邦彦: 醸協, **106**, 785-790 (2011)
- 12) 三浦俊治: 牧草と園芸, **49**, 14-16 (2001)
- 13) 岡田卓士: 牧草と園芸, **53**, 6-8 (2005)
- 14) 西塚泰美編集, 代謝マップ, 33 (1982)
- 15) 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編, 食品の機能性評価マニュアル集, 3-4 (1999)
- 16) 香川芳子監修, 五訂増補食品成分表 2009, 24-25 (2008)
- 17) Murphy, M.G., O'Connor L., Walsh D., Condon S.: Arch. Microbial., **141**, 75-79 (1985)
- 18) 独立行政法人農業技術研究機構編, 日本飼料標準成分表 (2001 年版) (2003)
- 19) 宮崎県営農支援課監修, 地域エコフィードを活用した飼料化技術及び給与技術の確立, 17-19 (2015)

執筆者紹介 (順不同・敬称略)

水谷政美 < Masami MIZUTANI >

昭和 32 年 8 月 18 日生まれ<勤務先と所在地>宮崎県食品開発センター 〒 880-0303 宮崎県佐土原町東上那珂 16500-2 <略歴>昭和 57 年九州大学大学院理学研究科修士課程修了, 同年宮崎県工業試験場工芸支場, 59 年宮崎県工業試験場食品部, 平成 2 年宮崎県環境

保健部公害課, 5 年 (財) 宮崎県産業技術情報センター, 9 年宮崎県食品加工研究開発センター微生物応用科, 10 年宮崎県食品開発センター応用微生物部, 23 年同部部長, 現在に至る。<抱負>本県発酵食品が地域特産品となることを目指したい。<趣味>草取りがメインの家庭菜園