麴の品質に及ぼす諸条件の影響

1 麴, 2 酀, 3 造りといわれるように麴の品質は酒質に大きく影響するとされてきた。昔から様々な製造条件と麴品質との関係については多くの研究がなされてきたが、今だに判然としない部分もある。最近の計測・制御技術の発展により実験機器も精度の高い条件設定が可能になってきた。ここでは、それらの技術を用いた麴品質に及ぼす諸条件の影響についての研究結果について解説していただいた。

柳 内 敏 靖

はじめに

清酒醸造における麴の役割は、その生産する酵素によって蒸米を溶解、糖化することと、生産物そのものの製成酒の香味への寄与がある。そのため製麴管理はこの両面を考えて行う必要がある。また麴は固体培養のため、一定の均一な製麴条件を得ることは困難であり、製麴条件と麴の品質との関係を知るためには、詳細な検討が必要であると考えられる。

麴に関する研究は現在までに数多く発表されており、布川、鈴木らにより蒸米上における麴菌の酵素生産に関する幅広い研究が行われた¹⁻³⁾。その後、岡崎、菅間ら⁴⁻⁶⁾は、麴菌の増殖の自動測定装置を開発し、酵素の生産条件を麴菌の増殖と関連づけて詳細に検討している。

一方、製麴装置についても電子機器の発達や各種センサーの充実により、これまでの ON-OFF 制御に比べ、精度の高い制御が可能となった。また、プログラムコントローラとプログラム設定器の採用により、製麴期間全体をあらかじめ設定した製麴条件通りに制御ができるようになり、製麴装置の自動運転が可能となった。現在ではインターフェースとしてパソコンが導入され、ファジィ制御などさらに高度な制御が研究されている。これらの進歩は試験規模での製麴装置の開発にもおおいに役立ち、実地の製麴とほぼ同様の条件下で各種の要因の検討が可能となった。

ここでは、コンピューター制御の自動テスト製麴装置を用い、製麴中に蓄積される炭酸ガスの影響や、種もやしおよび原料米品種の違いによる麴の品質、特に酵素活性、酵素バランス、麴の呈味、麴の色調などに与える影響について検討した結果を述べる。

I. 自動テスト製麴装置⁷⁾

永田醸造機械(株)製の自動テスト製麴装置を第1図に示した。製麴室には 5 kg の蒸米(第1図の(4))が入り、プログラムコントローラを通して、温度、湿度、炭酸ガス濃度条件が設定制御可能である。製麴槽は上下2層に別れており、下から上への通風式になっており、室温は冷水(6)とヒーター(7)により制御した。室温は品温設定より、1°C 低く設定しており、麴の品温が設定温度より上昇した場合、ダンパー(5)が閉まり、麴の層を空気が通過することによって品温を制御した。炭酸ガスは液化炭酸ガスボンベ(2)より導入し、設定濃度を超えた場合外気導入口(8)より、外気の導入を行い調節した。製麴槽内の相対湿度の調節は加湿機(1)によった。

II. 麴の生育および酵素生産に及ぼす炭酸ガスの影響⁷⁾

製麴中においては、製麴槽中に麴菌の発生する炭酸ガスが一定濃度蓄積し、麴菌の増殖および酵素生産に影響を与えと考えられる。ここでは自動テスト製麴装置を用い、実地の製麴とほぼ同様の条件下で炭酸ガスの影響について検討した。

1. 製麴中の炭酸ガス濃度の変化

当社製造場における製麴中の炭酸ガス濃度の経時変化を第2図に示した。使用した製麴機は(株)ハクヨー製薄盛三段交互通風式自動製麴装置(引込量白米 750 kg)で切り返し以降、経時的に製麴槽中の気中ガスをオンラインでサンプリングし、富士電機製造(株)製赤外線ガス分析計で測定した。製麴前半には温度の上昇を目的とし、

Influences of Various Conditions on the Making Process of Sake Koji
Toshiyasu YANAGIUCHI (Kizakura Sake Brewing Co., Ltd.)

(1) 加湿機 (2) 炭酸ガス (3) 製麹室 (4) 蒸米 (5) ダンパー
(6) 冷水 (7) ヒーター (8) 空気 (9) ファン
第1図 自動テスト製麹装置

第2図 製麹中の炭酸ガス濃度の変化
(切返し以降測定)

第3図 麹菌の生育および酵素生産に及ぼす
炭酸ガスの影響

炭酸ガスの導入は切返し以降出麹まで行い、導入のない区分を100%とした相対量で示した。

製麹槽を密閉しているため、炭酸ガス濃度も急増し、5時間目には7.5%に達した。その後品温調節のために外気の導入を行うことによって炭酸ガス濃度は低下したが、外気導入と密閉の繰り返しにより、4%から2%の間を上下した。同様にして、吟醸用の蓋麹(引込量白米1.3kg)製麹中の炭酸ガス濃度の測定を行ったが、この場合にも麹蓋気中には、最高4%程度まで炭酸ガス濃度の増加が見られた。

2. 炭酸ガス濃度、導入時期による違い

福井県産五百万石66%精白米を用い、床から切り返し(引き込みから22時間目)までは敷田式製麹機で行い、切り返し以降、自動テスト製麹装置へ入れ、出麹まで品温制御を行いながら、炭酸ガスの導入試験を行った。

第3図に炭酸ガスを2, 5, 7, 10%の濃度で導入した場合の麹の生育、酵素生成に及ぼす影響について示し

た。炭酸ガスを導入しない対照区を、100%とした相対量で示した。菌体量については10%濃度まではほぼ対照と変わらず、影響は少なかった。酸性カルボキシペプチダーゼ(ACPase)活性は2%導入時で最も高く、5%, 7%でも対照区に比べやや高く、10%ではやや低くなった。α-アミラーゼ活性、グルコアミラーゼ(GAase)活性は導入炭酸ガス濃度が高くなるに従い低下し、炭酸ガスによる阻害効果がみられた。この傾向はGAaseで強く、10%の導入では約30%の活性の低下が見られた。太田ら⁸⁾は *Staphylococcus aureus* において炭酸ガスの影響が嫌気状態による生育阻害だけでなく、解糖系前半の酵素活性を阻害することを報告している。麹菌においても、生育に与える影響は小さく、酵素の種類によっても影響が異なることから、単に嫌気状態による生育阻害ではないことが示唆された。

第4図 麹菌の生育および酵素生産に及ぼす炭酸ガスの影響（導入時期の違い）
（導入炭酸ガス濃度は5%とした。）

次に、切り返しから出麹までの間の19.5時間を9時間目までを前半、それ以降を後半とし、炭酸ガス導入の期間を全区間、前半区、後半区の3通りで行い、導入時期による影響の違いを見た（第4図）。菌体量は全区間、前半導入区分ではほぼ対照と変わらず、後半導入区では低くなった。GAase、α-アミラーゼ活性は全区間、前半、後半いずれの区分の導入によっても阻害が見られ、その程度は前半に比べ後半の導入で大きくなった。これに対し、ACPase 活性は全区間、前半導入区では活性はやや高く促進効果がみられ、後半導入区では逆に少し低くなった。菌相の違いにより、炭酸ガスによる影響に違いがあること、また、前半導入することで炭酸ガスに対する適応や耐性の獲得があると予想される。

3. 麹粗脂肪に及ぼす炭酸ガスの影響

炭酸ガスの導入が麹中の粗脂肪に与える影響を第1表に示した。導入炭酸ガス濃度10%において、リノール酸の比率が導入区で高く、脂肪酸の飽和度も導入区で低くなり、炭酸ガス導入が麹の脂肪酸組成に影響を与えた。石川と吉沢⁹⁾は麹の脂肪酸組成を変動させる要因として、製麹中の酸素濃度の影響が大きいことを指摘している。今回の脂肪酸組成の変化が嫌気状態によるもの

か、あるいは炭酸ガスそのものによるかは今後検討を要する。

4. 麹抽出液中の成分に及ぼす炭酸ガスの影響

麹の品質は味をみることで経験的に判定されることが多い。そこで麹の呈味の指標として、麹抽出液成分の比較を行った。抽出は麹20gとpH5.0、0.01Mの酢酸緩衝液50mlで20℃、3時間とした。結果を第2表に示した。導入炭酸ガス濃度が増加するに従い、ブドウ糖、グルコース、UV260が減少した。アミノ酸度、UV280の吸収には大きな差は見られなかった。これはアミラーゼ系の酵素活性が減少することによると考えられ、炭酸ガス導入麹は呈味の点で甘味に欠けると考えられた。

第2表 麹抽出液成分に及ぼす炭酸ガスの影響

炭酸ガス濃度	ブドウ糖 (%)	グルコース (%)	UV* 260	UV* 280	アミノ酸度 (mg/ml)	タンパク (mg/ml)
0%	4.5	1.20	6.30	4.09	6.41	0.77
2%	4.5	1.20	6.07	3.84	6.26	0.68
5%	4.4	1.30	6.08	3.96	5.89	0.56
10%	4.1	1.15	5.89	4.13	5.60	0.66

* UV 260: 260 nm での吸収値
UV 280: 280 nm での吸収値

第1表 麹粗脂肪中の脂肪酸組成に及ぼす炭酸ガスの影響

炭酸ガス濃度	脂 肪 酸 組 成 (%)						
	C _{14:0} *	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	ΣS/ΣU**
0%	1.8	28.3	10.8	20.9	36.8	0.9	0.706
10%	1.7	26.9	10.6	19.8	39.5	0.9	0.659

* C_{14:0}: ミリスチン酸, C_{16:0}: パルミチン酸, C_{18:0}: ステアリン酸, C_{18:1}: オレイン酸, C_{18:2}: リノール酸, C_{18:3}: リノレン酸, C_{20:0}: アラキジン酸

** ΣS/ΣU=(飽和脂肪酸の総量)/(不飽和脂肪酸の総量)

第5図 麴の色彩に及ぼす炭酸ガスの影響

5. 麴の色彩に及ぼす炭酸ガスの影響

麴の色彩は官能評価にとって重要な項目である。東角と佐々木は¹⁰⁾酸素通気麴では二酸化炭素通気麴に比べ色調が濃く、使用した清酒の着色の可能性があることを報告している。また、酸素要求性の大きい好気的生育型の菌株は、嫌気的生育型の菌株に比べ、栗香を生成し褐変する傾向があることが報告されている^{11,12)}。第5図には、ミノルタ社製色彩色差計を用いた麴の色彩の測定結果を示した。炭酸ガス導入により麴は白さ、緑っぽさが増し、黄色味は少なくなった。これは炭酸ガスの導入により、麴の色調が白くなったことや、麴菌の褐変性が関与していることが示唆された。また麴菌の破精込みや、胞子着生の差異による影響も予想される。

6. 炭酸ガス導入麴による小仕込試験

炭酸ガス導入麴を用い、総米 170 g の小仕込試験を行い、製成酒成分の比較を行った結果を第3表に示した。導入炭酸ガス濃度が高くなるに従い、導入麴使用区で対照に比べ、醪経過が遅くなり、清酒液量は少なく、粕重量が多くなり、グルコース濃度は低くなった。炭酸ガス導入麴での α -アミラーゼ、GAase 活性の低下が醪経

第3表 炭酸ガス導入麴による小仕込試験

炭酸ガス濃度	日本酒度	酸度 (ml)	アミノ酸 (ml)	グルコース (%)	炭酸ガス発生量 (g)	清酒量 (ml)	粕重量 (g)	酢酸イソアミル (ppm)
0%	-3.0	2.90	2.00	1.12	47.2	253	120	10.7
2%	-4.0	2.80	1.90	1.18	46.8	251	122	9.8
5%	-4.5	2.95	2.05	0.85	45.5	251	125	9.6
7%	-6.0	2.90	2.00	0.90	45.7	247	129	9.1
10%	-8.0	3.00	1.70	0.68	43.8	241	133	9.0

総米 170g、三段仕込み。炭酸ガス発生量は発酵速度に対応する。

酵母は協会 701 号を使用し、醪日数は 17 日とした。

過、清酒成分に影響を与えていることが明らかである。

清酒の重要な香気成分である酢酸イソアミル含量は、導入炭酸ガス濃度の増加に従いやや減少する傾向が見られた。この原因として、酢酸イソアミル合成酵素であるアルコールアセチルトランスフェラーゼ (AATFase) はグルコース濃度 1% 以下では活性が低下すること¹³⁾、不飽和脂肪酸により強い阻害を受けること¹⁴⁾が報告されており、炭酸ガス導入麴において GAase 活性の低下に伴い、醪中のグルコース含量が低下すること、麴の脂肪酸組成でリノール酸が増加し、飽和度が低下することによると考えられる。

III. 製麴における種もやしおよび原料米品種の差異¹⁵⁾

麴の品質は種菌として用いられる種もやしによっても左右されると予想される。このため種もやしの選択には、原料白米に適していること、目標とする酒質に合致していることなどを考慮する必要がある。ここでは 12 種類の種もやしを用い、3 品種の原料米で製麴試験を行い、酵素活性、酵素バランスの差異について検討した。ここでの製麴試験は 300 g の蒸米を用いシャーレ法¹⁶⁾によって行い、温度制御には自動テスト製麴装置を用いた。

1. 麴菌の生育および酵素活性

第4～6表に今野もやし株式会社より分譲された 12 種類の種もやし（すべて単菌）を使用し、3 品種の白米（福井産五百萬石、滋賀産日本晴、福岡産ツクシホマレ（精米歩合 68%））について製麴した麴の菌体量、酵素活性を示した。

第4表 種々の種もやして製麴した五百萬石使用麴の菌体量、酵素活性

種もやし No.	菌体量 (mg/g)	GAase (U/g)	ACPase (U/g)	GAase/ACPase
1	15.4	180	3653	0.49
2	17.4	185	4488	0.41
3	17.7	172	4898	0.35
4	15.7	164	4189	0.39
5	15.1	155	2444	0.64
6	18.1	144	3747	0.38
7	20.7	192	5156	0.37
8	17.1	237	6932	0.34
9	17.2	167	2765	0.60
10	17.7	180	3074	0.59
11	15.4	180	5850	0.31
12	17.1	160	2938	0.54
平均	17.1	176	4178	0.45
変動係数 (%)	8.7	12.8	31.0	24.4

第5表 種々の種もやしで製麴した日本晴使用
麴の菌体量, 酵素活性

種もやし No.	菌体量 (mg/g)	GAase (U/g)	ACPase (U/g)	GAase/ ACPase
1	13.0	105	3810	0.27
2	13.0	109	4362	0.25
3	14.2	118	3980	0.30
4	12.6	99	3364	0.29
5	14.2	138	2866	0.48
6	17.4	152	4107	0.37
7	17.2	253	9430	0.27
8	15.9	194	6543	0.30
9	15.2	162	3263	0.50
10	17.4	137	3279	0.42
11	14.6	144	6065	0.24
12	14.7	107	3449	0.31
平均	15.0	143	4543	0.33
変動係数 (%)	11.1	29.7	40.1	24.2

第6表 種々の種もやしで製麴したツクシホマレ
使用麴の菌体量, 酵素活性

種もやし No.	菌体量 (mg/g)	GAase (U/g)	ACPase (U/g)	GAase/ ACPase
1	14.2	115	4350	0.26
2	15.2	133	4781	0.28
3	16.3	127	4759	0.27
4	14.8	118	4461	0.26
5	15.4	144	3077	0.47
6	20.1	116	4302	0.27
7	19.8	162	5744	0.28
8	16.6	159	6766	0.24
9	17.0	169	3913	0.43
10	19.3	150	4025	0.37
11	15.2	127	6010	0.21
12	16.6	113	3812	0.30
平均	16.7	136	4659	0.30
変動係数 (%)	11.5	14.1	21.0	25.0

使用白米品種の違いにより酵素活性, 酵素バランスに差が見られ, 五百万石に比べ日本晴, ツクシホマレでは GAase 活性が低く, ACPase が高くなった。このため GAase/ACPase は五百万石で高く, 日本晴, ツクシホマレの一般米で低い値となった。

種もやし間でも酵素活性, 酵素バランスに違いがあり, GAase, ACPase と他種もやしに比べ高いもの(7, 8 番), GAase/ACPase が高いもの(5 番, 9 番, 10 番)がみられた。

清酒麴では, 高い GAase 活性を有することとともに, GAase/ACPase が高いことが良質の麴であると考えられる。五百万石は製麴適性が高く, 今回検討した種もや

第6図 種々の原料米品種と種もやしで製麴した麴
の菌体分布

しのいずれを使用した場合でも, GAase/ACPase の高い良質の麴が得られるが, 日本晴, ツクシホマレの一般米では 5, 9, 10 番の種もやしを使用した場合に比較的良好の麴が得られた。

2. 麴内部の菌体量分布の差異

1. で製麴した麴の, 麴内部の菌体量分布を原田ら¹⁷⁾の方法に従って測定した(第6図)。五百万石で日本晴, ツクシホマレに比べ麴内部での菌体の分布量が多く, また種もやし間でも麴内部の菌体の分布に差があり, 破精込みの程度が異なると考えられた。原田ら¹⁷⁾は麴の表面付近では菌体量当たりの酵素活性が麴内部に比べて低いことを報告しており, また, Ito ら¹⁸⁾は破精込みの悪い麴では酸性プロテアーゼ, ACPase が高い傾向にあることを報告している。種もやしや原料米品種間で酵素活性, 酵素バランスに違いが見られる要因の1つとして破精込みの違いがあると考えられる。

3. 種もやしの違いによる麴粗脂肪の差異

第7表に各種種もやしを用いた麴の, 粗脂肪含量および脂肪酸組成の測定結果を示した。2, 3, 7 番の種もやしは麴当たりの粗脂肪含量が多く, このうち2, 3 番は菌体量当たりの粗脂肪含量も他の種もやしに比べて多い。またオレイン酸とリノール酸の比が2, 3, 7 のグループと 5, 8, 9, 12 番のグループでは異なっており, 脂肪酸の飽和度も種もやしによってやや異なっていた。これら粗脂肪含量, 脂肪酸組成, 飽和度の違いは製成酒の香気エステル生成に影響を与えることが予想される。

4. 麴の色彩に及ぼす種もやしの影響

種もやしによる麴の色彩の差異を測定した(第7図)。全般的に麴の色の白いものは黄色味が少ない傾向にあるが, 種もやしの種類によって, 麴の白さ, 黄色っぽさに差が見られ, 8 番の種もやし使用麴では黒っぽく, 12 番では白っぽい麴となった。また, 五百万石使用では白っ

第7表 種々の種もやしで製麹した麴の粗脂肪中の脂肪酸組成

種もやし No.	粗脂肪 (mg/g 麴)	粗脂肪/菌体量 (mg/mg)	脂 肪 酸 組 成 (%)					$\Sigma S/\Sigma U$
			C _{16:0} *	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	
2	6.66	0.439	28.0	4.4	37.0	28.3	0.9	0.51
3	7.47	0.457	28.7	4.4	36.0	26.6	0.9	0.53
7	5.87	0.297	28.8	7.2	29.6	31.0	1.9	0.60
5	3.85	0.248	26.8	4.4	22.3	41.7	2.7	0.50
8	4.33	0.261	29.0	4.0	18.6	45.0	1.9	0.53
9	5.17	0.304	28.1	3.8	26.3	38.9	1.5	0.50
12	4.61	0.279	28.0	3.0	28.6	37.4	1.5	0.48

* C_{16:0}~C_{18:3} および $\Sigma S/\Sigma U$ は第1表と同じ。

第7図 種々の種もやしで製麹した麴の色彩

ばく、黄色の少ない麴となり、ツクシホマレでは黒っぽく、黄色の多い麴となった。日本晴ではその中間となった。以上の差異は、菌体の繁殖や胞子の着生の程度、種もやしの胞子の色彩や褐変性などが関係していると考えられる。

5. 麴糖化液および小仕込み製成酒中のアミノ酸組成の差異

種もやしの異なる麴 10 点の糖化液中のアミノ酸組成を第8表に示した。糖化は麴 10 g に 10 倍希釈の乳酸 0.6 ml、水 20 ml を加え、15°C、7 日間で行った。アミノ酸の多くが変動係数 10% を越えており、特にアルギニン、グルタミンは量も多く、変動係数が 40% 以上あった。アミノ酸は種もやしの種類によって変動しやすい成分と考えられる。清酒麴には基質特異性の異なる数種の ACPase が存在することが報告されており¹⁰⁾、種もやしの種類による ACPase アイソザイムの分布の違いが示唆された。製成酒中のアミノ酸は、麴の他に蒸米からの生成や酵母の関与があると考えられるが、これらの麴を使用した仕込試験の製成酒中においても変動の大きいアミノ酸が見られ、特にアルギニン量は両者の間で 1%

第8表 麴糖化液のアミノ酸組成

アミノ酸	平均値 (ppm)	最大値 (ppm)	最小値 (ppm)	変動係数 (%)
Arg	651	999	0	41.9
Asp	505	564	396	9.5
Leu	491	597	371	14.9
Lys	455	550	325	16.8
Glu	445	554	336	17.0
Gln	439	680	41	44.4
Ala	361	449	300	15.7
Val	310	374	275	8.5
Ser	291	374	224	17.3
Phe	287	364	189	19.8
Tyr	280	345	203	19.0
Ile	253	289	197	11.6
Gly	233	282	194	12.9
Thr	196	241	156	13.0
His	185	241	158	36.5
Met	137	190	93	25.0
Asn	69	140	0	72.8
合 計	5588	7032	3770	17.3

の危険率が有意な相関関係が認められた¹⁰⁾。種もやしの違いにより製成酒のアミノ酸組成が異なり、呈味にも影響を与えることが予想された。

お わ り に

炭酸ガスの製麴に及ぼす影響は広範囲にわたり、酵素活性、酵素バランス、脂肪酸組成、色彩に影響を与え、さらに導入の時期により影響の違いが見られた。また、その麴を使用した製成酒成分にも差異が見られた。このことより、製麴中の炭酸ガス濃度の管理は重要であるとともに、炭酸ガスの効果をより詳細に検討することによって、酵素活性、脂肪酸組成、色彩などの麴の品質管理や、醗の発酵管理への利用も可能と考えられる。

一方、種もやしの種類や原料米品種によっても、酵素活性、酵素バランスは大きく変動し、このため原料米品種、特に好適米と一般米の違いによって、それぞれに適

した種もやしを選択することが重要と考えられる。また、種もやしの違いは製成酒の香気エステル生成、呈味に影響を与えることが予想される。

＜黄桜酒造(株)＞

文 献

- 1) 鈴木明治, 布川弥太郎, 今宿市郎, 照内 豊, 漆間正夫: 醸協, 51, (5) 318 (1956)
- 2) 鈴木明治, 布川弥太郎, 広島吾郎: 醸協, 52, (6) 477 (1957)
- 3) 高橋健二, 杏掛徹也, 布川弥太郎, 鈴木明治: 醸協, 57, (9) 813 (1962)
- 4) 岡崎直人, 竹内啓修, 菅間誠之助: 醸協, 74, (10) 683 (1979)
- 5) 岡崎直人, 深谷伊和男, 菅間誠之助, 田中利雄: 醸酵工学, 59, 491 (1981)
- 6) 岡崎直人, 福田典雄, 菅間誠之助: 醸協, 74, (10) 687 (1979)
- 7) 柳内敏靖, 福田 潔, 清川良文, 若井芳則: 醸協, 88, (6) 475 (1993)
- 8) 太田安英, 成島裕之, 岩田雅之, 養田泰治: 醸酵工学, 60, 101 (1982)
- 9) 石川雄章, 吉沢 淑: 醸酵工学, 56, 24 (1978)
- 10) 東角治雄, 佐々木幹二: 醸協, 56, (3) 294 (1961)
- 11) 村上英也: 農化, 31, 715 (1957)
- 12) 村上英也, 大脇京子, 山本友厚: 醸協, 59, (3) 261 (1964)
- 13) 石川雄章, 百瀬洋夫, 吉沢 淑: 醸協, 79, (1) 62 (1984)
- 14) K. YOSHIOKA, N. HASHIMOTO: *Agric. Biol. Chem.*, 45, 2183 (1981)
- 15) 柳内敏靖, 福田 潔, 長野知子, 中村智美, 宮脇美津子, 清川良文, 若井芳則: 醸協, 88, (7) 559 (1993)
- 16) 岡崎直人, 弘中吉雄, 嶋崎順一, 菅間誠之助: 醸協, 73, (5) 402 (1978)
- 17) 原田祥司, 瀬頭一平, 吉田 肇, 若林邦宏, 伊藤清, 蓮尾徹夫, 宮野信之: 醸協, 83, (7) 485 (1988)
- 18) K. ITO, A. KIMIZUKA, N. OKAZAKI, S. KOBAYASHI: *J. Ferment. Technol.*, 68, 7 (1989)
- 19) 三上重明, 三浦 治, 渡辺高年, 渡辺健一, 岩野君夫, 椎木 敏, 島田豊明, 布川弥太郎: 醸酵工学, 65, 37 (1987)