

乾燥麴を使用した清酒製造試験 (第1報)

加熱処理白米の液化仕込試験

戸谷精一・深谷伊和男・西田淑男・大倉鎮夫・武次潤一[※]・吉田政次

清酒の製造は、伝統的な作業の継承と積み重ねにより得られた最良の技法に基づき、改善、応用化されて今日に至った特異な発酵技術産業といえる。また、古くから製造期間が主に冬期に限られていたため、農村の農閑期の季節労働力、すなわち、杜氏の労働力や技能に頼った製造が行われてきた。昨今、これら酒造技術者の高齢化、後継者不足が問題となり、酒造りは大きな転換期に来ている。そのため、新時代に対応した清酒製造技術の開発と製造工程の合理化がより一層願望されている。特に、小規模の清酒メーカーにおいては、製麴工程を機械製麴よりも手づくりで行っているところが多く、夜間作業を伴うため、就労対策においても大きなネックになっている。このような状況のなか、低温下で保存性のある乾燥麴が開発され市販されるようになった。乾燥麴についての研究は、尾関ら^{1) 2) 3) 4)}により検討されている。また、村上ら⁵⁾は、長期枯らし麴について、大脇ら⁶⁾は麴を熱風乾燥したときの麴の品質について検討している。今回、筆者らは、市販乾燥麴を使用し、熱風加熱処理した白米の液化処理仕込試験を行い、もろみの発酵経過、製造歩合、酒質に及ぼす影響について検討した。また、酒粕の成分分析を行い、在来仕込粕との比較検討をした。

実験方法

1. 原料米および前処理法

乾燥麴は、粒状乾燥麴（福岡県産 ニシホマレ精米歩合70%徳島精工製）を使用した。掛米は、初星（精米歩合70%、愛知県産）を使用した。白米の前処理は、130℃の熱風乾燥器中で2.5時間加熱した後、室温に放冷した後使用した。加熱後の重量変化はほとんど無かったので白米水分は変化しないものとして使用した。

2. 液化および糖化方法

掛米の液化および糖化は、白米に170%相当量の仕込水と白米の3,000分の1量の α -アミラーゼ製剤（天野製薬製 アミラーゼK）を加え、攪拌しながら30分間吸水を行った。その後、15分間で70℃まで升温し、70℃で15分間保持した。その後、5分間で85℃まで升温後冷却した。糖化の場合は、液化物を60℃まで冷却後、白米の2,000分の1量のグルコアミラーゼ製剤（天野製薬製 グルクS）を加えて、55℃で3時間糖化を行い、一夜かけて仕込温度まで冷却した。なお、初添、仲添、留添-1については液化だけ、留添-2については糖化まで行った。

3. 仕込方法

仕込は、低生酸性泡なし酵母（FIA1：当センター開発酵母）を使用し、短期速醸酵母を調製し、第1表に示す仕込配合により、麴歩合18.2%で仕込を行った。

第1表 仕込配合

仕込	区分	酒母	初添	仲添	留添 ₁	留添 ₂	追水	四段	アル添	計
1号	総米 (kg)	6	14	30	30	25		5		110
	掛米 (kg)	4	(10)	(24)	(26)	((21))		5		90
2号	麴米 (kg)	2	4	6	4	4				20
	汲水 (l)	7	20	45	50	40	10	8		180
	36%アルコール (l)								45	45

() 液化, (()) 液化糖化

仕込1号を対照液化仕込、仕込2号を加熱処理白米液化仕込とした。

4. もろみの成分分析

固形分率（6,000rpm, 15min, 遠心分離）、ポーメータ（日本酒度）、アルコール（EtOH）、酸度（Acid）、アミノ酸度（A. Acid）は国税庁所定分析法⁷⁾により分析した。紫外外部吸収値（UV260nm）は、もろみ汁液の25倍希釈液の260nmにおける吸光度、可視部吸収値（OD. 420nm）はもろみ汁液の420nmにおける吸光度を測定した。全糖（T. S）はフェノール硫酸法により、グルコース（Glu.）はグルコスタット法により、ピルビン酸（Pyr.）はFキット法により測定した。また、残存酵素力価の α -アミラーゼ（AAase）及び酸性プロテアーゼ（APase）は、国税庁所定分析法⁷⁾、グルコアミラーゼ（GAase）は岩野の方法⁸⁾により、香気成分のイソアミルアルコール（iAmOH）、酢酸イソアミル（iAmOAc）、カブロン酸エチル（Et. Cap）は吉沢の方法⁹⁾に従って測定した。

5. 酒粕の成分分析

水分、灰分、たんぱく質、脂質、でん粉、粗繊維は、国税庁所定分析法⁷⁾、食物繊維は、酵素重量法（Prosky変法）によった。リン類は、全訂食品分析法¹⁰⁾（柴田書店）および加藤の方法¹¹⁾に従って分析した。

実験結果および考察

仕込1号（対照液化仕込）のもろみ成分変化を第2表に、仕込2号（加熱白米液化仕込）のもろみ成分変化を第3表に示した。各もろみには次のような特徴が認められた。

1. もろみの状ぼう

仕込1号は、留一2仕込直後から急激に粘りのある泡が上昇し、直ちに消泡機を使用した。仕込2号は、留一2仕込直後は高泡にはならず、シャボン玉のような薄い膜状の泡で安定していた。しかし、2日目には高泡になった。高泡の期間は、仕込1、2号とも6日目まで続き7日目で落ち泡、8日目で引き泡となり、9日目で地となった。また、もろみの中の米の溶けぐあいを示す固形分率は、1号、2号とも大きな差は認められなかった。

2. ポーメ・日本酒度・アルコール

もろみ初期のポーメは、仕込2号が仕込1号に比べやや高く、加熱処理により白米の溶解性が良くなった

ものと思われる。もろみ後半では、仕込2号の日本酒度の低下が速くなるとともに酵母の活性も維持できた。以上の結果から、白米を熱風加熱処理後液化処理する仕込では、もろみ前半にポーメの低下がやや遅れるが、もろみ後半においても酵母の生育は良好であった。また、仕込1号は、仕込2号に比べもろみ前半にアルコールの生成が速かったが、もろみ後半は仕込2号の方がアルコールの生成が旺盛であった。このことは、日本酒度の変化にも大きく影響している。

3. 酸度およびアミノ酸度

酸度、アミノ酸度は、仕込2号のもろみが高い値となった。酸度はもろみ中のピルビン酸量が影響しているものと思われる。また、アミノ酸は、酵母の活性の差が影響しているものと思われる。

4. 紫外外部吸収値

紫外外部吸収値は、米、麹、酵母からもろみ液中への各種成分の溶出状況を示す指標である。もろみ前半においては仕込1号の方が吸収値が高く、もろみ後半では、仕込2号の方が高くなった。これは、酵母の代謝状態の違いによるものと推察された。

5. 全糖およびグルコース

全糖およびグルコースは、仕込2号がもろみ全期間を通して高い値を示した。これは、白米の熱風加熱処理により、米中のでん粉が液化酵素の作用を受け易い構造になるものと推察された。

6. ピルビン酸

ピルビン酸は、仕込2号がもろみ初期においてかなり高い値となった。酸度、日本酒度の変化、エタノールの生成状況からも深谷ら¹²⁾が報告しているように酵母の増殖がかなり盛んであったものと推察された。

7. もろみ液中の残存酵素活性

残存 α -アミラーゼ活性、残存グルコアミラーゼ活性は、仕込2号の方がやや高い値となり、特にもろみ初期においてこの傾向が顕著であった。これは、 α -アミラーゼの白米への無効吸着現象が、加熱処理により抑制されるものと思われる。酸性プロテアーゼ活性については、大きな差は認められなかった。

8. 香気成分

仕込2号の方がイソアミルアルコール値が高く酢酸イソアミル値が低かったためE/A比（酢酸イソアミル÷イソアミルアルコール×100）が低くなった。この結果は、白米の加熱処理により米中の不飽和脂肪酸が酢酸イソアミルの生成を抑制するためではないかと推察された。カブロン酸エチル値には大きな差は認め

第2表 仕込1号 (対照液化仕込)

日数 日	温度 ℃	状態	操作	固形分率 %	ボータ	EtOH %	Acid ml	A-Acid ml	U.V. 00260	T.S mg/ml	Glu. mg/ml	Pyf. μg/ml	AAase U/ml	GAase U/ml	αGase U/ml	AFase U/ml	iAmOH ppm	iAmOAc ppm	E/A	Et-Cap ppm	00420nm	
1	12.3																					
2	14.7				11.4		2.40	0.95	0.328	248.5	132.6	497.0	121.0	17.6	252.6						0.056	
3	13.6																					
4	11.8																					
5	12.9																					
6	12.9	高泡		51.0	11.8		1.80	0.40	0.204	252.5	96.1	380.6	60.7	15.2	161.6						0.039	
7	14.1	高泡																				
8	15.3	高泡		49.2	9.2	7.2	2.00	0.75	0.304	220.5	69.7	400.7	66.2	19.6	167.4						0.039	
9	16.1	高泡																				
10	15.8	高泡		44.3	7.2	8.9	2.30	1.10	0.352	163.1	45.9	472.2	58.2	20.9	160.1						0.043	
11	16.1	泡落																				
12	15.9	引泡		42.5	4.8	12.5	2.50	1.40	0.368	109.1	28.4	459.1	58.6	21.7	196.8						0.042	
13	16.0	泡	追水 5 l																			
14	15.5			40.4	-29.0		2.30	1.50	0.384	80.4	18.2	322.2	40.3	20.9	143.9						0.041	
15	14.5																					
16	15.2			39.1	-15.0	16.1	2.30	1.40	0.412	70.0	11.5	252.4	30.7	16.3	189.5	213.1	3.58	1.68	0.16		0.040	
17	15.0		追水 5 l																			
18	15.1			33.9	-9.0	16.4	2.20	1.70	0.428	54.5	7.9	187.5	17.5	17.9	76.4	189.6	3.72	1.96	0.41		0.043	
19	14.5																					
20	15.3			30.9	+0.0	17.2	2.20	2.00	0.424	38.5	5.1	115.2	16.2	15.0	94.0	193.6	3.30	1.70	0.41		0.045	
21	14.6		四段	26.7	+1.0	17.8	2.30	2.20	0.464	37.4	4.7	70.6	7.7	15.8	91.0	214.7	3.12	1.45	0.35		0.050	
22		36% アル添	45 l																			
23			検定		+4.0	19.6	1.60	1.90	0.400	37.5	11.5	16.6	3.2	11.3	45.5	165.2	1.89	1.14	0.26		0.042	

使用器具：FIAI
 EtOH：アルコール, Acid：酸度, A-Acid：アミノ酸度, UV：紫外線吸収値, T.S：全糖, Glu.：グルコース, Pyf.：ピルビン酸
 A-Ase：α-アミラーゼ, G-Ase：グルコアミラーゼ, iAmOH：イソアミルアルコール, iAmOAc：酢酸イソアミル, Et-Cap：γ-ブチロラクトン

第3表 仕込2号（熱風加熱白米液化仕込）

日数 日	温度 ℃	状態	操作	固形分率 %	ボーマ スター	EtOH %	Acid ml	A. Acid ml	UV 00260	T. S mg/ml	Gluc. mg/ml	Pyr. μg/ml	A.ase U/ml	G.ase U/ml	αGase U/ml	APase U/ml	iAmOH ppm	iAmOAc ppm	E/A	Et. Cap ppm	00420nm	
12.6																						
14.8					12.0		2.5	0.90	0.356	226.6	124.1	529.3	109.2	34.1		307.0					0.070	
13.6																						
11.3																						
12.5																						
2	12.3	高泡		49.4	12.6		1.8	0.60	0.208	285.9	104.0	493.6	75.9	32.1		151.3					0.042	
3	13.0	高泡																				
4	13.9	高泡		49.7	10.1	6.8	2.1	0.80	0.288	212.4	73.1	494.4	73.3	22.6		174.8					0.042	
5	14.8	高泡		46.4	7.7	8.5	2.3	1.10	0.324	171.2	50.1	547.2	74.0	23.5		207.1					0.048	
6	15.7	高泡		45.5	5.3	11.9	2.5	1.30	0.336	121.9	29.4	453.4	56.1	21.6		193.9					0.051	
7	15.3	泡落						1.85														
8	15.2	引泡		41.3	3.5	14.0	2.4	1.40	0.356	81.0	20.7	345.3	49.8	20.1		167.4					0.047	
9	15.3	地	追水 5 l																			
10	15.0																					
11	15.0																					
12	14.4			39.4	-21.0	15.0	2.4	1.60	0.392	81.3	13.4	285.1	37.6	19.3		146.9	211.6	3.02	1.43	0.32	0.044	
13	14.4																					
14	15.1			35.8	-13.0	16.0	2.4	1.90	0.408	56.7	9.4	218.0	25.9	18.4		108.7	201.8	3.35	1.66	0.39	0.053	
15	15.1																					
16	15.0		追水 5 l	31.6	-4.5	17.2	2.5	2.20	0.440	46.5	6.3	175.7	23.0	16.8		99.9	207.7	3.01	1.45	0.44	0.056	
17	14.3																					
18	14.5			24.6	+0.0	18.5	2.5	2.20	0.456	39.6	5.2	119.0	15.5	16.6		88.1	222.5	2.71	1.22	0.40	0.058	
19	14.5				+2.0																	
20			四段前	22.6	+5.0	18.1	2.3	2.20	0.488	32.1	3.9	46.2	10.8	17.9		85.2	210.7	2.46	1.17	0.45	0.057	
			四段後		-4.0	16.8	2.4	2.20	0.432	40.4	13.6	40.5	14.7	16.5		88.1	187.6	2.37	1.26	0.41	0.059	
			36% アル派 45 l																			
21			検定		+6.0	19.8	1.8	1.70														

使用酵母：FIA1
 EtOH：アルコール、Acid：酸度、UV：紫外線吸光度、T. S：全糖、Gluc.：グルコース、Pyr.：ピルゼン酸
 A.ase：α-アミラーゼ、G.ase：グルコアミラーゼ、iAmOH：イソアミルアルコール、iAmOAc：酢酸イソアミル、Et.Cap：カプロン酸エチル

られなかった。

9. 可視部吸収値

可視部吸収値 (OD. 420nm) は、仕込 2 号がやや高い値となった。これは、白米の加熱処理による褐変化の影響によるものと思われる。

10. 製造歩合

製造歩合を第 4 表に示した。仕込 1 号は仕込 2 号に比べもろみ熟成歩合 (単位米量からできたもろみ数量)、肉垂れ歩合 (単位米量からできた清酒数量)、粕歩合 (単位米量からできた酒粕重量) が高くなった。仕込 2 号は、もろみたれ歩合 (上槽前単位もろみ量からできた清酒量)、アルコール取得率が高く粕歩合は

第 4 表 製 造 歩 合

項 目	仕込番号および仕込種類	
	仕込 1 号	仕込 2 号
	対 照	熱風加熱処理
もろみ熟成歩合 (%)	63.6	62.7
もろみたれ歩合 (%)	92.5	93.5
肉 た れ歩合 (%)	48.0	45.4
アルコール取得率 (%)	33.9	34.7
粕 歩 合 (%)	16.8	16.0

低くなった。

11. 酒 質

乾燥麴を使用し、白米を加熱処理して液化仕込を行った酒は、官能的には対照仕込に比べ味の幅が広く、やや膨らみのある良好な酒となった。

12. 酒粕の成分について

仕込 1, 2 号および在来仕込の酒粕の成分分析結果を第 5 表に示した。液化仕込と在来仕込では成分値に大きな差が認められた。特に、たんぱく質、食物繊維、および無機成分として全リン、フィチン態リン、無機リン、リン脂質態リンが液化仕込粕に多く存在していることが確認できた。また、でん粉は、在来仕込粕に多く残存し、アルコールの取得率の結果からも液化仕込法が原料米の有効利用に寄与していることが確認できた。また、たんぱく質、食物繊維、リン類が液化仕込粕に多く存在していることは、酵母菌体量に由来するものと思われ、酵母の増殖が在来仕込に比べ旺盛なためと推察された。

要 約

市販乾燥麴を使用して熱風加熱処理した白米の液化処理仕込試験を行い、もろみの発酵経過、製造歩合、酒質に及ぼす影響について検討した。また、在来仕込

第 5 表 液化仕込と在来仕込酒粕の成分分析値

	1号 (液)	2号 (液)	3号 (在)
水 分 (%)	51.7	52.7	52.0
灰 分 (%)	0.7	0.8	0.3
たんぱく質 (%)	21.0 (43.5)	21.3 (45.0)	12.7 (26.5)
脂 質 (%)	3.9	4.7	2.7
でん粉 (%)	20.5 (42.4)	17.6 (37.2)	30.1 (62.7)
粗 織 維 (%)	1.7	2.3	1.3
食物繊維 (%)	5.4 (11.2)	6.1 (12.9)	2.8 (5.8)
全 リ ン (mg/100g)	182	219	75
フィチン態リン (mg/100g)	70	135	28
無 機 リ ン (mg/100g)	104	81	44
リン脂質態リン (mg/100g)	8	13	4

() : 無水分換算値

法と液化仕込法による酒粕の各種成分について検討した。

1) 熱風加熱処理白米を液化処理した仕込では、白米の溶解性が良く、もろみ後半でも日本酒度の低下が速くなり、酵母の活性が維持できた。

2) もろみ液中の全糖およびグルコースは、白米の熱風加熱処理試験区で高い値となり、米中のでん粉が麵の酵素作用を受け易い構造になっているものと推察された。

3) 官能審査では、白米の熱風加熱処理法では対照仕込に比べ味の幅が広くやや膨らみのある良好な酒となった。製造歩合では、アルコール取得率が高く、粕歩合の低い清酒製造ができることが確認できた。

4) 在来仕込と液化仕込の酒粕の成分分析の結果、液化仕込粕は、たんぱく質、食物繊維、リン類が多く、でん粉の残存量は少なくなった。

文 献

- 1) 尾関健二・山本忠行・浜地正昭・本馬健光：日醸協誌，83，47—51（1988）
- 2) 尾関健二・山本忠行・浜地正昭・本馬健光：日醸協誌，83，131—135（1988）
- 3) 尾関健二・山本忠行・浜地正昭・本馬健光：日醸協誌，83，496—500（1988）
- 4) 尾関健二・本馬健光：日醸協誌，84，447—452（1989）
- 5) 村上英也・秋山裕一・吉川敏郎・大脇京子・伊藤勝・山本友厚・橋本行弘：日醸協誌，58，65—68（1963）
- 6) 大脇京子・角田篤弘・高瀬澄夫・桑原健二・野坂宣昭・福井良之・村上英也：日醸協誌，61，1178—1182（1966）
- 7) 国税庁所定分析法注解，第4回改正，13—24，139—168（1993）
- 8) 岩野君夫・風間敬夫・布川弥太郎：日醸協誌，71，383—386，792—795（1976）
- 9) 吉沢 淑：日醸協誌，68，59—61（1977）
- 10) 永原太郎・岩尾裕之・久保彰治：全訂食品分析法，柴田書店，p159（1964）
- 11) 加藤 熙・鬼頭幸男・清水裕幸：本誌，35，6—13（1994）
- 12) 深谷伊和男・西田淑男・戸谷精一・大倉鎮夫・岡田安司：本誌，34，1—6（1993）