酒造用原料米の無洗米化とその酒造適性

川上晃司・越智龍彦・三上隆司・藤井一嘉*・谷本昌太*

(株)サタケ・*広島県立食品工業技術センター)

平成 18 年 7 月 3 日受理

Making Wash-Free Rice and Its Suitability for Sake Brewing

Koji KAWAKAMI, Tatsuhiko OCHI, Takashi MIKAMI, Kazuyoshi FUJII*, and Shota TANIMOTO*

(Satake Co., Ltd, 2-30, Saijonishihonmachi, Higashihiroshima 739-8602 ;

*Hiroshima Prefectural Food Technology Research Center, 12-70,
Hijiyama Honmachi, Minami-ku, Hiroshima 732-0816)

Wash-free rice from *Nakateshinsenbon* as an edible rice cultivar, and *Senbonnishiki* and *Hattannishiki* as sake-brewing rice cultivars were compared with their respective ordinary polished rice to investigate their suitability for sake brewing. Wash-free and ordinary polished rice of the sake-brewing rice cultivar polished to 40-60% as well as the edible rice cultivar, which polished to 50-70%, all showing no significant differences in morphological properties. The rate of water absorption of the rice for sake brewing and the absorbed water content after 120 min soaking of every sample decreased with wash-free treatment. Digestibility of wash-free rice was almost unchanged compared with that of ordinary polished rice. Enzyme activities and mycelia content in koji from wash-free rice were almost the same as those from ordinary polished rice. Amino acidity and some organic acids in sake from wash-free rice were slightly higher than those of ordinary polished rice. From these results, it was found that the sake-brewing rice cultivar polished to 40-60% -- as well as the edible rice cultivar -- and could be treated for wash-free use, and that the treatment slightly affects the suitability for sake brewing in such ways as an increase in amino acidity and the organic acids in sake.

Key words : 無洗米, 酒造用原料米, 酒造適性

緒 言

清酒の製造工程の中では、洗米に多大な労力と時間を費やしている。特に、特定名称酒では現在でも手作業による洗米が行われており、低コストで高品質な清酒を大量に製造するための大きな妨げとなっている¹⁾。また、洗米に必要な水は、清酒製造で必要とする水の約 1/3 を占めており²⁾、工場周辺の都市化などで水道水の使用を余儀なくされている酒造場においてはコス

ト高の原因となっている。さらに、高い環境負荷を有する洗米排水の処理には多大なコストを要している。現在、飯米の一人当たりの消費量が年々減少している中、無洗米は洗米に必要な水、人件費および排水処理コストを低減できることから、給食センターや外食チェーンのような業務用を中心として年々増加しており、平成 16 年度には 53 万トンもの無洗米が全国で生産されている³⁾。

無洗米に関する研究報告は、これまで飯米における

成分測定や米飯での官能評価^{4)~6)}に関するものが中心である。一方、酒造用原料米については、古浦ら⁷⁾は洗米省略仕込、中村ら⁸⁾は研米機を用いた無洗米化、さらに手島ら⁹⁾は湿式精米機を用いた無洗米化について報告している。しかし、これらの報告は、精米歩合70%以上の低精米に限られている。また、洗米を省略した仕込において、蒸米の粘り、製麴時の品温の急昇、もろみ前半の品温の急昇など問題点が残されている。さらに、無洗米化処理後の外観および吸水性、消化性等の酒造適性について詳細な検討はなされていない。

そこで、本研究では、無洗米を高精白の酒造用原料米に応用する目的で、精米歩合40~70%の白米の無洗米化とそれらの酒造適性について詳細な検討を行ったので報告する。

実験方法

1. 原料米

一般米として平成16年産の精米歩合50, 60, 70%の「中生新千本」を、酒造好適米として平成15年産の精米歩合60%の「八反錦」および50%の「千本錦」、さらに平成16年産の精米歩合40%の「千本錦」を使用した。試料はすべて広島県産である。各試料は、㈱サタケ製酒造用精米機(SDB7A)で、各見掛けの精米歩合まで精米した。

2. 無洗米化処理

無洗米化処理は、㈱サタケ製小型無洗米化処理装置(SJR025A)を用いて実施した¹⁰⁾。本装置は、湿式精米部、除糠部および乾燥部で構成される(Fig.1)。処理条件として、まず米流量(250 kg/h)に対して50%の加水流量(125 kg/h)で湿式精米を行う。その後、除糠部で米表面に付着した糠層を除去し、乾燥部で除湿空気で乾燥する。本装置は飯米用として開発されたものであるため、上記の処理条件で酒造用原料米に使用した場合、仕様の米流量(250 kg/h)および加水流量(米流量:加水流量=2:1)では、米の粘りが大きくなるため十分な乾燥が不可能であった。そこで、米流量および加水流量を検討した結果、米流量を仕様の半分である125 kg/h、加水流量も同一の125 kg/h、すなわち米流量と加水流量を1:1として無洗米化処理を実施した。

3. 外観検査、成分分析および酒造適性試験

外観検査として、整粒、胴割粒、碎粒、千粒重およ

Fig. 1 The wash-free rice production process.

A, Wet type milling section. B, Bran-removing section. C, Drying section.

び精米歩合(真正、無効)の測定を行った。成分分析として、水分、タンパク質、粗脂肪およびカリウムの分析を行った。また、酒造適性試験として吸水性および消化性の試験を行った。粗脂肪以外の全ての分析および試験は、国税庁所定分析法¹¹⁾および全国酒造用原料米全国統一分析法¹²⁾に準じて行った。粗脂肪は、クロロホルム-メタノール混液抽出法で行った¹³⁾。なお、吸水性および消化性に用いる試料は、精米歩合60%および70%では水分13.5%に、精米歩合50%では水分12.5%¹⁴⁾にそれぞれ水分を調整した後、試験に用いた。

4. 製麴試験

試料は、吸水性および消化性の試験と同様、水分調整したものを用いた。製麴試験は、岩野らの方法¹⁵⁾を改変して行った。平成16年産米では、精米歩合70%の「中生新千本」を用いた。また、平成15年産米では、精米歩合60%の「八反錦」および50%の「千本錦」を用いた。

「中生新千本」および「八反錦」では、試料100gに対して225 mlの蒸留水で洗米し、450 mlの蒸留水で一晩吸水後、水切りした。50分間蒸煮、放冷後、蒸米をタッパーに入れて種麴100 mgを接種した。蒸

米をタッパーの半分に寄せ、ろ紙をかぶせ、さらに蓋をして相対湿度 90%、30°C で 20 時間保持した。切り返し後、米をタッパーの全面に広げ、ろ紙をかぶせて蓋を外した。以後、32°C で 3 時間、35°C で 12 時間、40°C で 8 時間（全て相対湿度は 90%）経過させた。なお、無洗米の場合は洗米を省略して試験を行った。

「千本錦」では、試料 100 g に対して 225 ml の蒸留水で洗米し、450 ml の蒸留水で吸水率が 33% になるように限定吸水した。50 分間蒸煮、放冷後、蒸米をタッパーに入れて種麴 20 mg を接種した。蒸米をタッパーの半分に寄せ、ろ紙をかぶせ、さらに蓋をして相対湿度 90%、30°C で 20 時間保持した。切り返し後、米をタッパーの全面に広げ、ろ紙をかぶせて蓋を外した。以後、32°C で 5 時間、35°C で 5 時間、38°C で 6 時間、40°C で 8 時間（相対湿度は 40°C で 85%、その他は 90%）経過させた。なお、無洗米の場合は洗米を省略して試験を行った。

麴の分析としては、水分、菌体量および酵素活性（ α -アミラーゼ、 α -グルコシダーゼ、グルコアミラーゼ、酸性プロテアーゼ、酸性カルボキシペプチダーゼ）の測定を行った。菌体量は菌体量測定キット、 α -アミラーゼは α -アミラーゼ測定キット、 α -グルコシダーゼおよびグルコアミラーゼは糖化力分別測定キット、酸性カルボキシペプチダーゼは酸性カルボキシペプチダーゼ測定キット（以上はすべてキッコーマン[®]製）をそれぞれ使用して測定した。酵素液の調整、

水分および酸性プロテアーゼは、国税庁所定分析法¹⁶⁾に準じて測定した。 α -グルコシダーゼ以外の酵素活性は、国税庁所定分析法の単位を用いて表した。 α -グルコシダーゼは、キットの単位をそのまま用いた。

5. 小仕込試験

平成 16 年産では精米歩合 70% の「中生新千本」、平成 15 年産では精米歩合 60% の「八反錦」および 50% の「千本錦」を用いて、総米約 200 g の小仕込試験を行った。仕込配合を Table 1 に示す。「中生新千本」および「八反錦」を用いた仕込は、酵母として協会 701 号を用いた普通もろみの品温経過とし、添および踊を 16°C、仲を 10°C、留を 9°C とし、その後 7 日目に最高品温 15°C となるように 1°C/日ずつ品温を上昇させ、その後上槽まで一定とした。一方、「千本錦」を用いた仕込は、酵母として協会 901 号を用いた吟醸もろみの品温経過とし、添を 13°C、踊を 15°C、仲を 8°C、留を 6°C とし、その後 6 日目に最高品温 11°C となるように 1°C/日ずつ品温を上昇させ、その後上槽まで一定とした。「中生新千本」は二試験、「八反錦」および「千本錦」は一試験のみ行った。浸漬については、一晚浸漬を行った。麴については、「中生新千本」および「八反錦」では精米歩合 70% 「日本晴」、千本錦」では精米歩合 50% 「山田錦」の乾燥麴（いずれも徳島精工[®]製）を用いた。発酵の終了は、もろみの重量が、「中生新千本」および「八反錦」では 57 g、「千本錦」では 55 g 減少した時とし、遠心分離により

Table 1 Proportion of raw materials for small scale Japanese sake brewing

	Addition			Total
	1 st	2 nd	3 rd	
Polishing rate 70% of <i>Nakateshinsenbon</i> and 60% of <i>Hattannishiki</i>				
Total rice (g)	41	60	102	203
Steamed rice (g)	30	45	85	160
<i>Koji</i> (g)	12	15	16	43
Water (l)	40	80	110	230
Yeast (Kyokai 701) (ml)	10			10
9% Lactic acid (ml)	1.5			1.5
Polishing rate 50% of <i>Senbonnishiki</i>				
Total rice (g)	42	63	97	202
Steamed rice (g)	30	50	80	160
<i>Koji</i> (g)	12	13	17	42
Water (l)	50	90	140	280
Yeast (Kyokai 901) (ml)	10			10
9% Lactic acid (ml)	1.5			1.5

上槽した。一般成分¹⁷⁾および香気成分¹⁸⁾は、国税庁所定分析法に準じて分析した。有機酸は、T. Soga and G. A. Ross の方法¹⁹⁾に準じてキャピラリー電気泳動により分析した。

6. 統計処理

Microsoft® Office Excel 2000 を用いて、t 検定により、無洗米と未処理の白米で平均値の差を検定した。

実験結果及び考察

1. 外観検査および成分分析

Table 2 に無洗米の外観検査の結果および水分を示した。無洗米は、未処理の白米と比較して胴割粒や碎粒が若干増加した。一方、無洗米化処理によって千粒重および無効精米歩合が減少する傾向がみられたが、これらは無洗米化処理によって外層がさらに削られながら、付着した糠が除去されたことによると考えられる。通常の洗米工程においても、米表面に付着している糠が除去されるとともに、米粒の接触により米表面が若干削られることが報告されている²⁰⁾。これらの結果は、一般米のみならず、精米歩合 40% の酒造好適米においても無洗米化の可能性を示している。

精米歩合 40% の「千本錦」は、無洗米化処理によ

り水分の上昇が認められた。一方、50%以上の精米歩合では、変化が小さかった。これは、精米歩合 50%以上の白米と比較して精米歩合 40%の白米は、白米水分が低いため無洗米化処理時の吸水がより進みやすく、十分に乾燥できなかったことが原因と考えられる。無洗米化処理により白米の調湿を行う場合は、水との接触時間および乾燥時間を調整する必要があると考えられる。

次に、Table 3 に無洗米の成分分析の結果を示した。無洗米のタンパク質は、未処理の白米と比較して有意に少なかった（危険率 5%）。また、無洗米の粗脂肪およびカリウムは、未処理の白米と比較して同等または少ない傾向にあった。これらは、無洗米化処理によって外層がさらに削られながら、付着した糠が除去されたことによると考えられる。

2. 酒造適性試験

Table 4 に無洗米の吸水性および消化性試験の結果を示した。吸水速度を示す 20 分後の吸水率は、「中生新千本」では無洗米と未処理の白米で大きな差は認められなかったが、「千本錦」および「八反錦」では無洗米化処理により吸水率の減少が認められた。一方、最終的な吸水率を示す 120 分後の吸水率は、無洗米は未処理の白米と比較して、有意に低かった（危険率 1

Table 2 Properties of wash-free rice

Variety name	Year produced	Polishing ratio (%)	Whole rice ratio (%)		Fissured rice ratio (%)		Broken rice ratio (%)		1000 Kernel weight (%)	
			wash-free	ordinary	wash-free	ordinary	wash-free	ordinary	wash-free	ordinary
			rice	polished rice	rice	polished rice	rice	polished rice	rice	polished rice
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	70	84.2	88.6	4.8	3.0	11.0	8.4	16.8	17.0
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	60	87.7	92.2	5.5	3.1	6.8	4.7	15.2	15.5
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	50	84.8	87.6	6.4	3.8	8.8	8.6	13.3	13.5
<i>Senbonnishiki</i>	2004	40	46.9	65.8	44.0	21.0	9.1	13.2	13.2	13.5
<i>Senbonnishiki</i>	2003	50	54.9	45.8	30.7	42.3	14.5	12.0	15.7	15.1
<i>Hattannishiki</i>	2003	60	60.2	61.7	29.5	28.8	10.3	9.5	16.9	17.0

Variety name	Year produced	Polishing ratio (%)	True polishing rate (%)		Loss in polishing (%)		Moisture content (%)	
			wash-free	ordinary	wash-free	ordinary	wash-free	ordinary
			rice	polished rice	rice	polished rice	rice	polished rice
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	70	70.7	71.9	0.7	1.9	13.5	13.3
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	60	64.3	65.5	4.3	5.5	12.5	11.8
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	50	56.2	57.1	6.2	7.1	11.8	11.3
<i>Senbonnishiki</i>	2004	40	50.5	51.3	10.5	11.3	11.2	9.8
<i>Senbonnishiki</i>	2003	50	62.0	60.0	12.0	10.0	11.0	11.8
<i>Hattannishiki</i>	2003	60	63.8	64.2	3.8	4.2	11.5	12.3

Table 3 Protein, crude fat and potassium content in wash-free rice

Variety name	Year produced	Polishing ratio (%)	Protein* (%)		Crude fat (%)		Potassium (ppm)	
			wash-free rice	ordinary polished rice	wash-free rice	ordinary polished rice	wash-free rice	ordinary polished rice
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	70	4.82	5.05	0.31	0.31	465	488
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	60	—	—	—	—	500	517
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	50	—	—	—	—	497	503
<i>Senbonnishiki</i>	2004	40	—	—	—	—	462	477
<i>Senbonnishiki</i>	2003	50	3.76	3.87	0.15	0.15	511	510
<i>Hattannishiki</i>	2003	60	4.52	4.76	0.16	0.22	648	644

— : Not measured.

* : A significant difference was observed between wash-free rice and ordinary polished rice. (5% level)

Table 4 Water absorption and digestibility of wash-free rice

Variety name	Year produced	Polishing ratio (%)	Water absorption					
			20 min (%)		120 min** (%)		Steamed rice** (%)	
			wash-free rice	ordinary polished rice	wash-free rice	ordinary polished rice	wash-free rice	ordinary polished rice
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	70	22.5	22.1	29.7	30.4	33.9	34.2
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	60	23.7	23.8	30.6	32.1	33.6	36.7
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	50	26.6	25.5	33.6	35.3	37.3	38.6
<i>Senbonnishiki</i>	2004	40	32.9	33.7	34.5	36.7	39.3	41.9
<i>Senbonnishiki</i>	2003	50	32.3	33.6	33.9	36.4	37.7	41.6
<i>Hattannishiki</i>	2003	60	29.6	30.0	30.5	31.2	34.1	36.7

Variety name	Year produced	Polishing ratio (%)	Digestibility			
			Brix (%)		F-N (ml)	
			wash-free rice	ordinary polished rice	wash-free rice	ordinary polished rice
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	70	8.8	8.6	0.73	0.72
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	60	9.3	9.2	0.62	0.66
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	50	9.6	9.6	0.64	0.63
<i>Senbonnishiki</i>	2004	40	10.3	10.5	0.66	0.63
<i>Senbonnishiki</i>	2003	50	10.5	10.6	0.71	0.61
<i>Hattannishiki</i>	2003	60	10.0	10.0	0.75	0.76

** : A significant difference was observed between wash-free rice and ordinary polished rice. (1% level)

%)。無洗米化処理による120分後の吸水率の減少は、一般米、酒造好適米のいずれも、精米歩合が低いほど顕著であった。吸水速度および吸水率の減少については、無洗米化処理時の吸水および乾燥による米中の可溶性成分の表面への移動および乾燥による表面組織構

造の変化、乾燥時のデンプンの α 化とその後の貯蔵時における老化等が考えられるが、今後の更なる検討を必要とする。

蒸米吸水率は120分後の吸水率と同様、無洗米化処理により有意な減少が認められた(危険率1%)。こ

の傾向は、一般米、酒造好適米のいずれも、精米歩合が低いほど顕著であった。これは、浸漬時点での吸水率が、無洗米において未処理の白米と比較して低かったことが原因であると考えられる。Brix およびアミノ酸度については、一般米、酒造好適米ともに無洗米化処理による大きな変化は認められなかった。これらの結果から、無洗米化処理は消化性には影響を与えないことが明らかとなった。すなわち、無洗米化処理は、もろみ中における米の溶解に影響しないことが推定された。

3. 製麹試験

Table 5 に無洗米の製麹試験の結果を示した。酵素活性、菌体量、水分ともに無洗米と未処理の白米で有意な差は認められなかった。しかしながら、データを詳細に観察すると、「中生新千本」および「八反錦」において、無洗米は未処理の白米と比べて α -グルコシダーゼを除く糖化系の酵素および酸性プロテアーゼが若干低い傾向が、一方、「千本錦」において、糖化系の酵素および酸性プロテアーゼが若干高い傾向が認められた。また、菌体量および水分は、「中生新千本」および「千本錦」において、未処理の白米と比べて無洗米で若干高い傾向が認められた。これらのことから、無洗米化処理は製麹特性には大きな影響を与えないものの、品種や精米歩合により挙動が変化することがあることが明らかとなった。

4. 小仕込試験

Fig. 2 に小仕込試験におけるもろみの重量減少を示

した。「中生新千本」、「八反錦」、「千本錦」のいずれの仕込においても、無洗米と未処理の白米の間に大きな重量減少の差は認められなかった。Table 6 に製成酒の一般成分、香氣成分および有機酸の分析結果を示した。一般成分では、「中生新千本」、「八反錦」において、無洗米は未処理の白米と比較して、僅かに日本酒度が低く、アミノ酸度が高くなった。酸度は、「中生新千本」および「八反錦」では無洗米化処理による変化は認められなかったが、「千本錦」では無洗米化処理によりやや高い値を示した。香氣成分については、無洗米と未処理の白米で若干の差が認められるものの、品種により挙動は異なっていた。有機酸については、無洗米は未処理の白米と比較して、リンゴ酸、コハク酸および酢酸が高い傾向にあった。特に、コハク酸および酢酸については、有意に高かった（危険率 5%）。

Table 7 に製成酒の液量、エキス分、原エキス分および粕歩合の結果を示した。「中生新千本」および「八反錦」において、無洗米は未処理の白米と比較して「エキス分」が高い傾向にあった。しかし、その他の項目では、無洗米と未処理の白米で大きな差は認められなかった。これは、消化性試験の結果と一致していた（Table 4）。したがって、無洗米化はもろみ中での米の溶解性に大きな影響を与えないことが示された。以上の結果から、無洗米は、僅かな性状変化が起こっており、酵母の発酵等に影響したため、日本酒度、有機酸およびアミノ酸度に若干の変化が認められたと考えられる。

Table 5 Enzyme activities and mycelia of koji from wash-free rice

Variety name	Year produced	Polishing ratio (%)	α -Amylase (U/g dry koji)		α -Glucosidase (U/g dry koji)		Glucoamylase (U/g dry koji)		Acid protease (U/g dry koji)	
			wash-free	ordinary	wash-free	ordinary	wash-free	ordinary	wash-free	ordinary
			rice	polished rice	rice	polished rice	rice	polished rice	rice	polished rice
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	70	1247	1336	0.196	0.195	126	133	2495	2591
<i>Senbonninishiki</i>	2003	50	828	698	0.200	0.182	180	167	2712	2662
<i>Hattannishiki</i>	2003	60	867	981	0.128	0.161	80	95	1999	2306

Variety name	Year produced	Polishing ratio (%)	Acid carboxy peptidase (U/g dry koji)		Mycelia of <i>koji</i> (mg/g dry koji)		Moisture content (%)	
			wash-free	ordinary	wash-free	ordinary	wash-free	ordinary
			rice	polished rice	rice	polished rice	rice	polished rice
<i>Nakateshinsenbon</i>	2004	70	5900	5841	11.7	11.1	28.8	28.5
<i>Senbonninishiki</i>	2003	50	7963	8028	9.4	8.7	30.6	29.6
<i>Hattannishiki</i>	2003	60	4024	5000	11.3	12.0	28.9	28.9

Fig. 2 Time course of small brewing test.
 A, *Nakateshinsenbon* (2004) polished to 70%; ● and ▲, run 1 and 2 from wash-free rice, respectively; ○ and △, run 1 and 2 from ordinary polished rice, respectively.
 B, *Hattannishiki* (2003) polished to 60%; ● from wash-free rice; ○ from ordinary polished rice.
 C, *Senbonnishiki* (2003) polished to 50%; ● from wash-free rice; ○ from ordinary polished rice. The rice was fully soaked with water for more than two hours.

要 約

無洗米の酒造適性を調べる目的で、一般米の「中生新千本」および酒造好適米の「千本錦」、「八反錦」を無洗米化処理し、それぞれの無洗米と未処理の白米を比較検討した。

1. 外観検査の結果、一般米、酒造好適米のいずれも、精米歩合 40%以上の白米で無洗米化が可能であることが明らかとなった。
2. 酒造適性試験の結果、無洗米は未処理の白米と比較して吸水速度、吸水率ともに僅かに小さかった。

一方、無洗米化は消化性に大きな影響を与えなかった。

3. 製麴試験の結果、無洗米は未処理の白米と比較して、酵素活性および菌体量に大きな差は認められないものの、品種や精米歩合により差異は生じた。
4. 小仕込試験の結果、無洗米は未処理の白米と比較して、僅かにアミノ酸度が高くなった。また、無洗米化によるいくつかの有機酸の僅かな増加が認められた。これは、消化性では判別不可能な僅かな性状変化が、酵母の発酵等に影響したためと考えられる。

以上の結果より、無洗米化は製成酒のアミノ酸度および有機酸の増加などに若干の影響を与えるものの、一般米と同様に高精白の酒造好適米についても、無洗米化が可能であることが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) 佐藤信, 川嶋宏: 増補改訂最新酒造講本, 日本醸造協会, p 202-205 (1996)
- 2) 難波康之祐編: 清酒製造技術, 日本醸造協会, p 40-41, p 78-99 (1978)
- 3) 全国無洗米協会ホームページ (<http://www.musenmai.com/topics.html>)
- 4) 深井洋一, 松澤恒友, 石谷孝佑: 食科工, **44**, 367-375 (1997)
- 5) 北尾敦子, 倉賀野妙子, 奥田和子: 日調科誌, **31**, 220-226 (1998)
- 6) 渡邊智子, 廣瀬理恵子, 安井明美: 食科工, **46**, 731-738 (1999)
- 7) 古浦二郎, 天道俊孝, 天島正行, 手島義春: 広島食工試研報, **12**, 26-31 (1972)
- 8) 中村欽一, 石川雄章, 佐野英二, 田中征二郎, 野村政助, 山下進, 野白喜久雄: 醸試報, **144**, 33-37 (1972)
- 9) 手島義春, 玉井正弘, 五反田晃, 和高等: 広島食工試研報, **16**, 35-40 (1982)
- 10) 柴田恒彦, 河野征弘: ジャパンフードサイエンス, **37** (8), 39-43 (1998)
- 11) 注解編集委員会編: 第四回改正国税庁所定分析法注解, 日本醸造協会, p 139-168 (1983)
- 12) 酒造用原料米全国統一分析法, 酒米研究会 (1996)
- 13) 分析実務者が書いた五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの解説, 中央法規出版, p 50-

Table 6 The measurements of general, flavor components and organic acids of brewed sake on a small scale

Variety name	<i>Nakateshinsenbon</i>				<i>Hattannishiki</i>		<i>Senbonnishiki</i>	
Year produced	2004				2003		2003	
Polishing ratio(%)	70				60		50	
Treatment	wash-free rice		ordinary polished rice		wash-free rice	ordinary polished rice	wash-free rice	ordinary polished rice
Experiment	Run 1	Run 2	Run 1	Run 2	Run 1	Run 1	Run 1	Run 1
Sake meter	-16.1	-16.8	-13.6	-13.6	-18.0	-14.8	-3.8	-4.6
Alcohol(%)	18.6	18.8	18.8	18.9	18.3	18.3	17.1	16.6
Acidity(ml)	2.74	2.79	2.78	2.79	2.73	2.72	2.11	1.94
Amino acidity(ml)	1.89	1.92	1.73	1.82	2.20	1.84	0.95	0.84
Ethyl acetate(ppm)	135	132	151	144	124	122	96	86
Isoamyl acetate(ppm)	7.2	7.1	8.8	8.1	7.3	6.4	5.3	4.4
Isoamyl alcohol(ppm)	241	237	240	231	244	233	157	149
Ethyl caproate(ppm)	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	2.0	1.8	1.9
Malate(ppm)	368	398	397	388	381	343	242	236
Citrate(ppm)	71	78	58	57	47	45	27	28
Succinate*(ppm)	661	642	597	616	676	626	520	499
Pyruvate(ppm)	trace	23	41	trace	18	31	110	138
Acetate*(ppm)	38	40	22	30	51	39	30	25
Lactate(ppm)	536	544	540	538	550	579	515	508

The rice was fully soaked with water for more than two hours.

* : A significant difference was observed between wash-free rice and ordinary polished rice.(5% level)

Table 7 The measurements of yields of brewed sake on a small scale

Variety name	<i>Nakateshinsenbon</i>				<i>Hattannishiki</i>		<i>Senbonnishiki</i>	
Year produced	2004				2003		2003	
Polishing ratio(%)	70				60		50	
Treatment	wash-free rice		ordinary polished rice		wash-free rice	ordinary polished rice	wash-free rice	ordinary polished rice
Experiment	Run 1	Run 2	Run 1	Run 2	Run 1	Run 1	Run 1	Run 1
Volume of produced sake(ml)	234	228	249	232	211	211	252	252
Extract(%)	9.0	9.1	8.5	8.6	9.2	8.6	6.3	6.4
Total extract(%)	38.5	39.0	38.5	38.5	38.3	37.8	33.4	32.8
Sake cake ratio(%)	103	105	96	104	104	104	124	124

The rice was fully soaked with water for more than two hours.

52 (2001)

- 14) 伊藤彰敏, 深谷伊和男, 西田淑男, 鳥居貴佳, 工藤悟, 杉浦和彦, 井上正勝：醸協, **99** (5), 355-364 (2004)

- 15) 岩野君夫, 伊藤俊彦, 長谷川恵美子, 高橋和弘, 高橋 仁, 中沢 伸重：醸協, **99** (1), 55-

63 (2004)

- 16) 注解編集委員会編：第四回改正国税庁所定分析法注解, 日本醸造協会, p 212-228 (1983)
- 17) 注解編集委員会編：第四回改正国税庁所定分析法注解, 日本醸造協会, p 14-25 (1983)
- 18) 注解編集委員会編：第四回改正国税庁所定分析

- 法注解，日本醸造協会，p 273 (1983)
- 19) T. Soga, G. A. Ross : *J. Chromatr. A*, **767**, 223-230 (1997)
- 20) 石川雄章編：増補改訂清酒製造技術，日本醸造協会，p 114-115 (1998)
-