

貯蔵中における無洗米の成分および酒造適性の変化

川上晃司*・越智龍彦*・三上隆司*・藤井一嘉・谷本昌太

Changes in components and sake brewing properties of wash-free rice during storage

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

The changes in components and sake brewing properties of wash-free rice were compared with those of ordinary polished rice to investigate the influence of wash-free rice on the storage quality. Wash-free and ordinary polished rice of the sake-brewing rice cultivar as well as an eating rice cultivar showed no significant differences in protein, crude fat, potassium, the rate of water absorption or the absorbed water content after 120 min of soaking during storage. Hexanal increased in every sample during storage. However, wash-free slightly depressed the increasing rate of hexanal compared with ordinary polished rice. On digestibility, brix and amino acidity of wash-free and ordinary polished rice hardly changed during storage. Koji making properties of wash-free rice and ordinary polished rice after 3-months of storage were almost the same. These results indicate that the treatment did not affect the components or the brewing properties during storage. Therefore, it is suggested that the use of wash-free rice for sake brewing process can not only save labor for rice-washing process but also produce sake at the same quality as by conventional methods.

緒 言

清酒製造工程の中で、洗米は精白米に付着する糠を除去する目的で行われ、酒質に影響を与える重要な工程の一つである。高級酒の製造では、手作業による洗米が行われ、多大な労力と時間を要している¹⁾。また、洗米には大量の水が必要とされ、その使用量は清酒製造で使用する全水量の約1/3を占める²⁾。洗米排水は環境負荷量が大きく、地域や排出規模によっては、自社内での排水処理が必要とされ、それらにかかる費用は製造コスト高の一因となっている。無洗米の清酒製造への使用は、洗米に必要な水と人件費また排水処理にかかる費用

の低減を可能とすることから、これらの問題を解決する手段であると考えられる。

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炊飯後の官能評価^{3)~5)}に関するものが中心である。酒造用原料米については、古浦ら⁶⁾により洗米省略仕込、中村ら⁷⁾により研米機を用いた無洗米、さらに手島ら⁸⁾により湿式精米機を用いた無洗米について報告されている。しかし、これらの報告は、精米歩合70%の精米に限られている。また、洗米を省略した仕込みにおいては、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報告されている。

我々は、これまで無洗米を清酒醸造に適用する目的で、無洗米の成分および酒造適性を未処理の精白米のそ

* (株)サタケ、東広島市西条本町2-30

* Satake Co., Ltd, 2-30, Saijonishihonmachi, Higashihiroshima

れらと比較検討し、清酒製造における無洗米使用の可能性を示した⁹⁾。清酒製造において、精白米は、一定期間貯蔵（からし）して水分を平衡化させた後に仕込みに用いられる。また、仕込みごとではなく、複数の仕込みに用いる精白米を一度に無洗米処理する場合、無洗米はある程度の期間貯蔵された後に用いられる可能性がある。さらに、我々が用いた処理方法は、少量の水で洗米を行うため、精白米の貯蔵性に影響を与える可能性がある。米の貯蔵性に関して、玄米あるいは精白米の貯蔵中の変化^{10) - 13)}、古米化の米飯への影響^{14), 15)} および玄米の貯蔵中における酒造適性の変化¹⁶⁾ については報告されているが、無洗米についての報告例は見当たらない。

そこで、本研究では、無洗米の貯蔵中の変化を明らかにする目的で、成分（たんぱく質、脂質、カリウムおよびヘキサナール）、酒造適性（吸水性、消化性および製麴特性）の変化を通常の精白米を対照として比較検討したので報告する。

実験方法

1. 原料米

供試した米は、すべて広島県産であり、(株)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。酒造好適米としては、平成15年産の精米歩合50%の「千本錦」および60%の「八反錦」、平成16年産の精米歩合50%の「千本錦」を使用した。また、一般米としては、平成16年産の精米歩合70%の「中生新千本」を用いた。

2. 無洗米処理

無洗米処理は、(株)サタケ製小型無洗米処理装置(SJR025A)を用いて実施した^{9), 17)}。本装置は、湿式精米部、除糠部および乾燥部で構成されている。米流量(125kg/h)に対して加水流量(125kg/h)で湿式精米を行った。続いて、除糠部で米表面に付着した糠層を除去し、乾燥部で除湿空気により乾燥した。

3. 貯蔵条件

精白米を紙袋に入れ、最も過酷な夏期の貯蔵条件を想定して30℃で3ヶ月間貯蔵した。

4. 成分分析

成分分析として、たんぱく質、脂質、カリウムおよび

ヘキサナールの分析を行った。たんぱく質およびカリウムの分析は、全国酒造用原料米全国統一分析法¹⁸⁾ に準じて行った。脂質は、クロロホルム-メタノール混液抽出法¹⁹⁾ で行った。ヘキサナールは、ヘッドスペース法により香気成分の捕集を行い、ガスクロマトグラム(以下GCと略記する。)を用いて分析した²⁰⁾。すなわち、精白米1gを水1mlとともにバイアルに封入し、100℃で30分間加熱後、ヘッドスペースをGCに供した。GCは以下の条件で行った。検出器はFID、カラムはJ&W Scientific製DB-WAX(内径0.53mm、長さ30m、膜厚1μm)、カラム温度は50℃で5分間保持後、10℃/minで200℃まで昇温、注入口温度は230℃、検出器温度は230℃、キャリアーガスはN₂、流速は30ml/min、注入量は0.8mlとした。ヘキサナール含量の算出は、標準添加法によって行った。

5. 酒造適性試験

酒造適性試験として吸水性、消化性および製麴試験を行った。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%²¹⁾ にそれぞれ水分を調整したものとした。なお、無洗米の場合はすべての品種で洗米を省略して試験を行った。吸水性および消化性試験は、全国酒造用原料米全国統一分析法¹⁸⁾ に準じて行った。製麴試験は、前報⁷⁾と同様の方法で行った。すなわち、「中生新千本」および「八反錦」については、試料100gに対して225mlの蒸留水で洗米し、450mlの蒸留水で一晩吸水後、水切りをした。続いて、50分間蒸煮後、放冷し、蒸米をタッパーに入れて種麴100mg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℃の条件で20時間保持した。切り返し後、蒸米をタッパーの全面に広げ、ろ紙をかぶせて蓋を外した。さらに、32℃で3時間、35℃で12時間、40℃で8時間(全て相対湿度は90%)保持した。一方、「千本錦」については、「中生新千本」および「八反錦」と同様に洗米、浸漬を行い、吸水率が33%になるように限定吸水した。続いて、50分間蒸煮後、放冷し、蒸米をタッパーに入れて種麴20mgを接種した。盛までは、「中生新千本」および「八反錦」と同様の方法で経過させた。その後、32℃で5時間、35℃で5時間、38℃で6時間、40℃で8時間(相対湿度は40℃で85%、その他は90%)保持した。

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

れらと比較検討し、清酒製造における無洗米使用の可能性を示した⁹⁾。清酒製造において、精白米は、一定期間貯蔵（からし）して水分を平衡化させた後に仕込みに用いられる。また、仕込みごとではなく、複数の仕込みに用いる精白米を一度に無洗米処理する場合、無洗米はある程度の期間貯蔵された後に用いられる可能性がある。さらに、我々が用いた処理方法は、少量の水で洗米を行うため、精白米の貯蔵性に影響を与える可能性がある。米の貯蔵性に関して、玄米あるいは精白米の貯蔵中の変化^{10)~13)}、古米化の米飯への影響^{14), 15)} および玄米の貯蔵中における酒造適性の変化¹⁶⁾ については報告されているが、無洗米についての報告例は見当たらない。

そこで、本研究では、無洗米の貯蔵中の変化を明らかにする目的で、成分（たんぱく質、脂質、カリウムおよびヘキサナール）、酒造適性（吸水性、消化性および製麴特性）の変化を通常の精白米を対照として比較検討したので報告する。

実験方法

1. 原料米

供試した米は、すべて広島県産であり、(株)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。酒造好適米としては、平成15年産の精米歩合50%の「千本錦」および60%の「八反錦」、平成16年産の精米歩合50%の「千本錦」を使用した。また、一般米としては、平成16年産の精米歩合70%の「中生新千本」を用いた。

2. 無洗米処理

無洗米処理は、(株)サタケ製小型無洗米処理装置(SJR025A)を用いて実施した^{9), 17)}。本装置は、湿式精米部、除糠部および乾燥部で構成されている。米流量(125kg/h)に対して加水流量(125kg/h)で湿式精米を行った。続いて、除糠部で米表面に付着した糠層を除去し、乾燥部で除湿空気により乾燥した。

3. 貯蔵条件

精白米を紙袋に入れ、最も過酷な夏期の貯蔵条件を想定して30℃で3ヶ月間貯蔵した。

4. 成分分析

成分分析として、たんぱく質、脂質、カリウムおよび

ヘキサナールの分析を行った。たんぱく質およびカリウムの分析は、全国酒造用原料米全国統一分析法¹⁸⁾に準じて行った。脂質は、クロロホルム-メタノール混液抽出法¹⁹⁾で行った。ヘキサナールは、ヘッドスペース法により香气成分の捕集を行い、ガスクロマトグラム(以下GCと略記する。)を用いて分析した²⁰⁾。すなわち、精白米1gを水1mlとともにバイアルに封入し、100℃で30分間加熱後、ヘッドスペースをGCに供した。GCは以下の条件で行った。検出器はFID、カラムはJ&W Scientific製DB-WAX(内径0.53mm、長さ30m、膜厚1μm)、カラム温度は50℃で5分間保持後、10℃/minで200℃まで昇温。注入口温度は230℃、検出器温度は230℃、キャリアーガスはN₂、流速は30ml/min、注入量は0.8mlとした。ヘキサナール含量の算出は、標準添加法によって行った。

5. 酒造適性試験

酒造適性試験として吸水性、消化性および製麴試験を行った。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%²¹⁾にそれぞれ水分を調整したものとした。なお、無洗米の場合はすべての品種で洗米を省略して試験を行った。吸水性および消化性試験は、全国酒造用原料米全国統一分析法¹⁸⁾に準じて行った。製麴試験は、前報⁷⁾と同様の方法で行った。すなわち、「中生新千本」および「八反錦」については、試料100gに対して225mlの蒸留水で洗米し、450mlの蒸留水で一晩吸水後、水切りをした。続いて、50分間蒸煮後、放冷し、蒸米をタッパーに入れて種麴100mg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℃の条件で20時間保持した。切り返し後、蒸米をタッパーの全面に広げ、ろ紙をかぶせて蓋を外した。さらに、32℃で3時間、35℃で12時間、40℃で8時間(全て相対湿度は90%)保持した。一方、「千本錦」については、「中生新千本」および「八反錦」と同様に洗米、浸漬を行い、吸水率が33%になるように限定吸水した。続いて、50分間蒸煮後、放冷し、蒸米をタッパーに入れて種麴20mgを接種した。盛までは、「中生新千本」および「八反錦」と同様の方法で経過させた。その後、32℃で5時間、35℃で5時間、38℃で6時間、40℃で8時間(相対湿度は40℃で85%、その他は90%)保持した。

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(株)製)をそれぞれ使用して測定した。酵素液の調製、水分および酸性プロテアーゼは、国税庁所定分析法²²⁾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。

実験結果および考察

1. 成分分析

試料の貯蔵中におけるたんぱく質および脂質の変化を表1に示した。いずれの試料についてもたんぱく質は、貯蔵中にほとんど変化が認められなかった。しかし、脂質については、いずれの試料も貯蔵中に減少し、特に、開始時に脂質含量が高い試料で大きく減少する傾向を示

した。これら脂質の減少は、酸化による脂肪酸の分解²³⁾が原因と考えられる。

貯蔵中におけるカリウムの変化を図1に示した。いずれの試料中のカリウムも、貯蔵中に大きな変化は認められなかった。この傾向は平成15年度産米においても同様であった(データ省略)。精白米中のカリウムおよび脂質は、玄米で貯蔵した場合に増加することが報告されているが¹⁶⁾、精白米で貯蔵を行った場合は、無洗米、未処理の精白米ともにこれらの成分の増加が認められなかった。

貯蔵中におけるヘキサナールの変化を図2に示した。いずれの試料中のヘキサナールも、貯蔵中に増加した。この傾向は平成15年度産米においても同様であった(データ省略)。貯蔵開始時に対する3ヶ月貯蔵後のヘキサナールの相対値を表2に示した。無洗米の相対値は、未処理の精白米と比べて、若干ではあるが低い傾向を示した。ヘキサナールは古米臭の原因物質で脂質酸化により生じ、金属等の要因で促進されることが知られている²³⁾。したがって、無洗米処理により脂質酸化を促進する成分が白米から溶出し、その結果として脂質酸化を抑

表1 貯蔵中におけるたんぱく質および脂質の変化

品種	収穫年	精米歩合	処理	たんぱく質 (%)		脂質 (%)	
				開始時	3ヶ月後	開始時	3ヶ月後
中生新千本	平成16年	70%	無洗米	4.82	4.84	0.31	0.21
中生新千本	平成16年	70%	未処理	5.05	5.04	0.31	0.21
千本錦	平成16年	50%	無洗米	4.30	4.08	0.19	0.14
千本錦	平成16年	50%	未処理	3.67	3.81	0.15	0.13
八反錦	平成15年	60%	無洗米	4.52	4.59	0.16	0.16
八反錦	平成15年	60%	未処理	4.76	4.41	0.22	0.17
千本錦	平成15年	50%	無洗米	3.76	3.95	0.16	0.15
千本錦	平成15年	50%	未処理	3.87	3.73	0.16	0.14

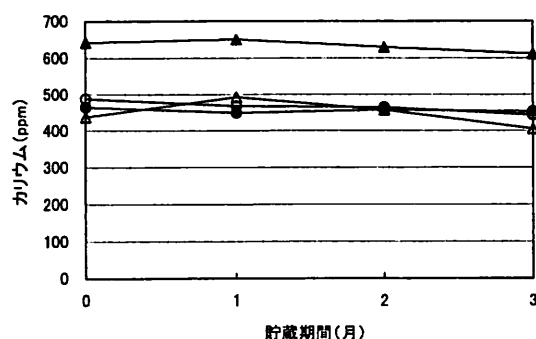


図1 貯蔵中におけるカリウムの変化(平成16年産)
 ●—, 精米歩合70% 中生新千本 無洗米, ○—, 精米歩合70% 中生新千本 未処理, ▲—, 精米歩合50% 千本錦 無洗米, △—, 精米歩合50% 千本錦 未処理。

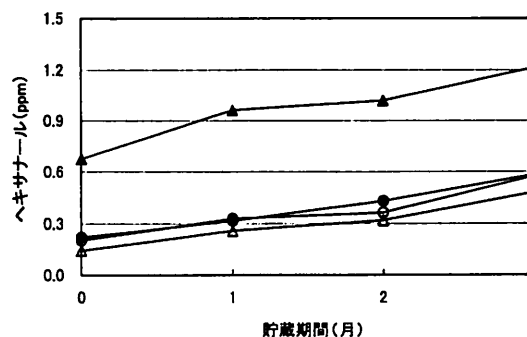


図2 貯蔵中におけるヘキサナールの変化(平成16年産)
 ●—, 精米歩合70% 中生新千本 無洗米, ○—, 精米歩合70% 中生新千本 未処理, ▲—, 精米歩合50% 千本錦 無洗米, △—, 精米歩合50% 千本錦 未処理。

制した可能性が考えられる。しかし、詳細については今後の検討を要する。

表2 精白米中のヘキサナールの貯蔵開始時に対する3ヶ月貯蔵後の相対値

品種	収穫年	精米歩合	処理	貯蔵後/ 貯蔵開始時
中生新千本	平成16年	70%	無洗米	2.6
中生新千本	平成16年	70%	未処理	2.8
千本錦	平成16年	50%	無洗米	1.8
千本錦	平成16年	50%	未処理	3.3
八反錦	平成15年	60%	無洗米	1.6
八反錦	平成15年	60%	未処理	1.8
千本錦	平成15年	50%	無洗米	2.8
千本錦	平成15年	50%	未処理	2.9

2. 酒造適性試験

貯蔵中における吸水率の変化を図3に示した。吸水速度を示す20分後、最終的な吸水率を示す120分後の吸水率は、無洗米と未処理の精白米のいずれの場合も、貯蔵期間に大きな変化は認められなかった。また、平成15年度産米においても同様の結果を示した(データ省略)。このことから、無洗米処理は貯蔵中の吸水率に影響を及ぼさないことが示された。

貯蔵中における消化性の変化を図4に示した。貯蔵中のBrixおよびアミノ酸度の変化は、無洗米と未処理の精白米で大きな差異は認められなかった。また、平成15年度産米においても同様な傾向であった(データ省略)。このことから、無洗米処理は貯蔵中における精白米の溶解性の変化に影響しないことが示唆された。吉沢らは、玄米を常温および10℃で貯蔵した場合、貯蔵中に吸水性

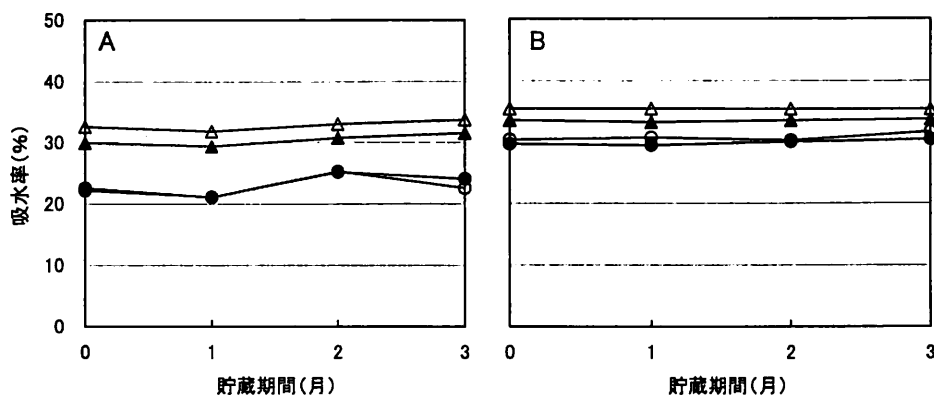


図3 貯蔵中における吸水率の変化(平成16年産)

A, 20分後の吸水率; B, 120分後の吸水率;

—●—, 精米歩合70% 中生新千本 無洗米, —○—, 精米歩合70% 中生新千本 未処理; —▲—, 精米歩合50% 千本錦 無洗米; —△—, 精米歩合50% 千本錦 未処理。

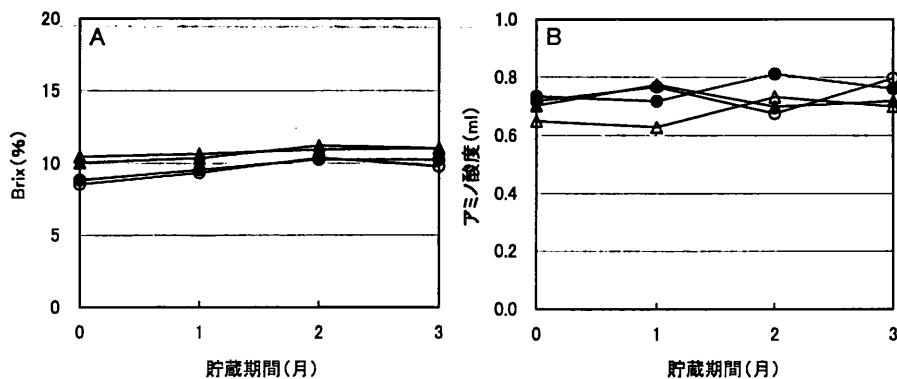


図4 貯蔵中における消化性の変化(平成16年産)

A, Brix; B, アミノ酸度;

—●—, 精米歩合70% 中生新千本 無洗米, —○—, 精米歩合70% 中生新千本 未処理, —▲—, 精米歩合50% 千本錦 無洗米, —△—, 精米歩合50% 千本錦 未処理。

表3 30℃で3ヶ月間貯蔵した白米を用いた麴の酵素活性

品種	収穫年	精米歩合	処理	AA	AG	GA	AP	ACP	菌体量 (mg/g・dry)	水分 (%)
中生新千本	平成16年	70%	無洗米	1033	0.160	141	2366	6052	8.8	30.3
中生新千本	平成16年	70%	未処理	1116	0.161	147	2527	5755	9.0	31.1
千本錦	平成16年	50%	無洗米	733	0.204	216	2529	7266	8.7	25.7
千本錦	平成16年	50%	未処理	631	0.155	172	2361	6916	8.0	26.6
八反錦	平成15年	60%	無洗米	783	0.147	133	2374	7070	10.4	32.4
八反錦	平成15年	60%	未処理	782	0.139	127	2184	5632	9.0	32.1
千本錦	平成15年	50%	無洗米	693	0.157	179	2301	6712	7.9	27.1
千本錦	平成15年	50%	未処理	644	0.161	184	2253	6974	8.2	26.7

酵素活性の単位：units/g・dry, AA： α -アミラーゼ, AG： α -グルコシダーゼ, GA：グルコアミラーゼ, AP：酸性プロテアーゼ, ACP：酸性カルボキシペプチダーゼ

および消化性が低下することを報告している¹⁶⁾。しかし、今回の試験においては、いずれの試料も貯蔵中にこれらについて大きな変化は認められなかった。吉沢らの報告と今回の報告における相違は、貯蔵条件（玄米と精白米の違い、貯蔵温度、貯蔵期間等）の違いによると考えられる。

30℃で3ヶ月間貯蔵した精白米の製麴試験の結果を表3に示した。酵素活性、菌体量、水分すべてにおいて、無洗米と未処理の精白米で大きな差は認められなかった。このことから、無洗米処理は貯蔵後の製麴特性に影響しないと考えられる。

前報告⁹⁾において、清酒製造に無洗米が使用可能なことを示した。また、今回の結果は、無洗米処理が、精白米の貯蔵性に大きな影響を与えないことを示している。これらのことから、清酒製造への無洗米の使用は、製造工程を省力化し、環境負荷を低減すると同時に高品質な清酒の醸造を可能とすることが示唆された。さらに、無洗米の有用性を検証するため、現在、パイロットスケールでの醸造試験を実施している。

要 約

無洗米の貯蔵性を調べる目的で、一般米の「中生新千本」および酒造好適米の「千本錦」、「八反錦」を無洗米処理し、無洗米の貯蔵中における成分および酒造特性の変化を未処理の精白米と比較検討した。

- たんぱく質、脂質およびカリウムにおいて、無洗米と未処理の精白米で貯蔵中の変化に大きな差異は認められなかった。
- ヘキサナールは、無洗米、未処理の精白米ともに貯

蔵により増加が認められたが、それらの増加割合は、無洗米においてわずかに低い傾向が認められた。

- 酒造適性試験の結果、貯蔵後の無洗米と未処理の精白米の吸水率、消化性および製麴特性に大きな差異は認められなかった。

以上の結果より、無洗米処理は精白米の貯蔵中の成分および酒造適性の変化に影響を及ぼさないことが明らかとなった。したがって、無洗米の使用は、清酒製造において製造工程を省力化し、環境負荷を低減すると同時に高品質な清酒の醸造を可能とする手段となりうるということが示唆された。

文 献

- 佐藤信, 川嶋宏: 増補改訂最新酒造講本, 日本醸造協会, p202-205 (1996)
- 難波康之祐編: 清酒製造技術, 日本醸造協会, p40-41, p78-99 (1978)
- 深井洋一, 松澤恒友, 石谷孝佑: 食科工, 44, 367-375 (1997)
- 北尾敦子, 倉賀野妙子, 奥田和子: 日調科誌, 31, 220-226 (1998)
- 渡邊智子, 廣瀬理恵子, 安井明美: 食科工, 46, 731-738 (1999)
- 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)
- 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)
- 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)
- 9) 川上晃司, 越智龍彦, 三上隆司, 藤井一嘉, 谷本昌太: 醸協, 102, 146-154 (2007)
- 10) 渋谷直人, 岩崎哲也, 柳瀬肇, 竹生新治郎: 日食工誌, 21, 597-603 (1974)
- 11) Yasumatsu, K., Moritaka, S. and Wada, S.: *Agric. Biol. Chem.*, 30, 483-486 (1966)
- 12) Yasumatsu, K. and Moritaka, S.: *Agric. Biol. Chem.*, 28, 257-264 (1964)
- 13) 深井洋一, 松澤恒友, 石谷孝佑: 食科工, 50, 243-253 (2003)
- 14) 貝沼やす子: 家政誌, 30, 672-678 (1979)
- 15) 渋谷直人, 岩崎哲也, 竹生新治郎: 澱粉科学, 24, 131-132 (1977)
- 16) 吉沢淑, 石川雄章, 木下実, 武田荘一, 藤江勇: 醸協, 625-626 (1974)
- 17) 柴田恒彦, 河野征弘: ジャパンフードサイエンス, 37, 39-43 (1998)
- 18) 酒造用原料米全国統一分析法, 酒米研究会 (1996)
- 19) 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, p50-52 (2001)
- 20) 島津アプリケーションニュース, (株) 島津製作所, No.G196 (2000)
- 21) 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, 355-364 (2004)
- 22) 第四回改正国税庁所定分析法注解, 注解編集委員会編, 日本醸造協会, p212-228 (1983)
- 23) 現代の食品化学 (第2版), 並木満夫, 中村良, 川岸舜朗, 渡邊乾二, 三共出版, p142-143 (1992)