焙炒処理を利用したみりん麴の製造法(第1報) 糯米麴の製造について

高倉 裕・河辺達也・鳥居数敏・川北貞夫・高橋康次郎
(宝酒造㈱)

平成13年12月25日受理

Studies on rice *Koji* for mirin produced by Heat-Blasting treatment (Part 1).

The production of glutinous rice *koji*.

Yutaka TAKAKURA, Tatsuya KAWABE, Kazutoshi TORII, Sadao KAWAKITA, Kojiro TAKAHASHI
(Takara Shuzo CO., LTD., Shijyo-karasuma higashiiru, Shimogyo-ku, kyoto-shi, 600-8688, Japan)

Glutinous rice which is steamed by a conventional method is highly sticky and becomes clumped during the *koji* making process. Thus, a new method was studied. We applied the heat-blasting method to the glutinous rice treatment. A new method for making mirin *koji* was constructed as follows: After the heat-blasting treatment, glutinous rice was soaked and steamed. This method is very effective for making glutinous rice *koji*. The glutinous rice *koji* using this heat-blasting method shows good disentangling ability and no excessive stickiness. In addition, its characteristics included the facts that mycelia of the *koji* mold grew over the whole surface of the rice grains, mycelia easily entered into the internal area of rice grains, and that the resulting *koji* is far better. Furthermore, it showed good solubility during the maturation of mirin, and increased the yield of the hydrolytic products.

Key words: 糯米, 麴, みりん

緒 言

みりんは主に、糯米、米麴、及び焼酎（アルコール）を原料として醸造されるが、みりんの特長は、この3原料に由来するところが多い。特に主原料である糯米は、みりん特有の重厚な香味の生成に重要な役割を果たしている。糯米は老化し難いデンプンであるアミロペクチンよりなるため、アルコール中で糖化されやすいのでみりん原料として最適である¹⁾。従って、糯米のみでみりんを製造すれば差別化が図れるが、そのためには糯米で麴を製造する必要がある。しかしながら、糯米を常法通りに製麴すると、製麴中に米が溶解したり、米同士がくっつき団塊を形成したりして、実用的な糯米麴とはなり難いなど現状の技術では問題

が多いので、焙炒技術の応用を試みた。すなわち、糯米を熱風で加熱する焙炒処理を蒸きょう前に行えば、蒸きょう後や製麴中の糯米表面の上粘りを抑制でき、品質のよい糯米麴が得られるのではないかと考えた。

本研究では、焙炒処理により品質のよい糯米麴を得るための製麴方法を検討し、得られた糯米麴の品質を評価した。また、走査型電子顕微鏡を用いて、製麴時の糯米の破精込みを観察した。さらに、得られた糯米麴でみりんを試醸したので報告する。

実 験 方 法

1. 糯米

掛米及び麴米は、精米歩合90%の糯米を使用した。

2. 焙炒方法

熱風発生機 TSK-60 (竹綱製作所) を使用して、糯米が焦げない程度に 240°C、70 秒間焙炒後、自然放冷した。

3. 硬度測定

硬度計 KHT-20 N 型 (藤原製作所) を用いて、米粒を 1 粒ずつ直径 5 mm の平面で 1 mm/sec の速度で圧縮し、米粒が破砕する時点の圧縮力を破砕硬度として測定した。

4. 糯米の浸漬方法

市販のステンレス製のざるに糯米 200 g を投入し、糯米の水分が所定量になるまで 10~20°C の水に浸漬して引き上げ、約 3 時間水切りを行った。

5. 糯米の蒸きょう方法

市販のステンレス製の蒸し器で、沸騰後 60 分間蒸きょうした。

6. 糯米の製麴方法

恒温恒湿槽 LH-30-14 P (ナガノ科学機械製作所) で製麴を行った。常法に従って蒸米に種麴を接種後 (50 mg / 白米 300 g)、相対湿度 97% で 43 時間培養後出麴を行った。出麴後さらに枯らしを約 3 時間行い糯米麴を得た。

7. 蒸米水分の算出方法

蒸米水分 (%) = { (蒸米重量 - 105°C、24 時間乾燥後の蒸米重量) / 蒸米重量 } × 100

8. 酵素活性測定法

α-アミラーゼ及び酸性プロテアーゼの酵素活性は、第四回改正国税庁所定分析法注解²⁾に従って測定した。

9. 菌体量測定方法

Yatalase 法³⁾に従って測定した。

10. 自己消化率の算出方法

100 ml 容のガラスビンに糯米麴 10.0 g 及び水 50 ml

を加え密封し、55°C で 24 時間放置した。No. 2 濾紙 (東洋濾紙) でこの自己消化液を濾過し、濾紙上に残った残渣をさらに水洗後、105°C で 24 時間乾燥した。
自己消化率 (%) = { 1 - (自己消化後の残渣の乾燥重量 / 麴の乾燥重量) } × 100

11. 上槽方法

小型圧搾機 (徳島精工株式会社) を使用し、得られた醪を布袋に入れ、6 kg/cm² の圧力で一昼夜圧搾した。

12. 垂れ歩合、粕歩合の算出方法

垂れ歩合 (%) = { 上槽液量 (ml) / 醪容量 (ml) } × 100

粕歩合 (%) = { 粕重量 (g) / 総米量 (g) } × 100

13. 電子顕微鏡写真撮影

撮影はクールステージ付き走査型電子顕微鏡 S-3500 N (日立製作所) を使用し、クールステージ温度が -10°C、加速電圧 15 kV、真空度 40 pa の条件で観察した。断面は、糯米の中心付近で短軸に垂直な方向にかみそりの刃を軽くあて割って得た。なお、電子顕微鏡撮影するための検体の表面処理は一切行わなかった。

実験結果及び考察

1. 原料米の処理方法

最初に従来法により糯米を水洗・浸漬し、蒸きょうして糯米麴の製麴を試みた。しかしながら、糯米は粘着性が強く、種麴接種時や製麴手入れ時に団塊状となり、実用的な糯米麴を製麴することは困難であった (以下非焙炒法と呼ぶ)。そこで、蒸米表面の粘着性を軽減させることを目的として、糯米の焙炒処理を検討した (以下焙炒法と呼ぶ)。

糯米を加水せずに焙炒した場合及び加水後焙炒した

Table 1 Hardness of glutinous rice without addition of water (a) and with addition of water before heat-blasting.

Heat-blasting Time (sec)	(a) without addition of water						(b) with addition of water			
	0	30	60	90	120	180	60	120	150	180
Sample numbers	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Average Value	7.12	6.14	5.12	3.62	2.55	2.41	1.03	1.20	1.09	1.25
Standard deviation	1.07	1.69	1.76	1.04	0.57	0.56	0.39	0.47	0.44	0.41
Central Value	7.15	6.45	5.30	3.45	2.45	2.30	1.00	1.10	0.95	1.40
Maximum Value	9.00	8.45	8.90	5.95	3.65	3.35	1.95	2.30	1.85	1.80
Minimum Value	4.75	3.15	2.50	2.05	1.55	1.20	0.50	0.55	0.50	0.50

場合の糯米の硬度を Table 1 に示した。未処理の糯米の硬度は約 7.1kgf であったが、焙炒時間が長くなるに従い低下し、焙炒 180 秒後の平均値は 2.4kgf 程度となった。一方、焙炒前に加水した糯米の硬度は、焙炒時間にかかわらず 1kgf 程度と低く砕けやすくなっていた。従って、糯米の加水処理を焙炒前に行うと、焙炒中あるいは焙炒後の取り扱い中に米が破砕してしまい、原料米の形状を維持した糯米とならないことが分かった。このため、加水処理は焙炒後に行うのが好

適であると考えられた。糯米を焙炒後加水し、糯米の破砕を防止しながら蒸きょう処理を行うこと (Fig. 1) で、丸米のまま糯米を製麴することが可能となった。また、焙炒時間は、得られた糯米の硬度及び焦げ臭等の官能評価から 70 秒に設定した。

2. 蒸米水分と製麴特性

加水量を変えて糯米を蒸きょう後製麴した時の糯米麴の性状及び性能を比較するために、蒸米水分を約 30, 32 及び 35% に調整し製麴を行った。Fig. 2 に製麴中の水分の経時変化を示した。但し、糯米を焙炒処理せずに蒸きょうし、蒸米水分を 35% に調整した試験区 (Fig. 2c) は、製麴時に一部団塊化し良好な麴にならなかったため、図には表示しなかった。

各蒸米水分において、焙炒法の糯米は、非焙炒法の糯米より水分の蒸発速度が速いことが分かった。これは、糯米を焙炒すると糯米内部に空隙が生成し表面積が大きくなるため、製麴中に糯米表面が乾燥するのに従い糯米内部の水分が表層部に移行しやすくなり、糯米全体の乾燥が促進されることによるものと考えられた。さらに、焙炒処理により糯米に空隙が生成したことで麴菌糸が破精込みやすくなり、この破精込みによる発熱から乾燥が促進され、より乾燥しやすくなることも考えられた。つまり、この水分の蒸発速度の速さ

Fig. 1 Production process of the glutinous rice koji for making mirin.

Fig. 2 Changes in moisture content on cultivation. Initial moisture content (a) 30% (b) 32% (c) 35%. ●: Heat-blasting method, □: Conventional method

が、製麴中の上粘りを製麴初期から抑制し、さらに麴菌の破精込みを促進させるものと推察された。

3. 自己消化率

各糯米麴の自己消化率を Fig. 3 に示した。蒸米水分が30% (出麴水分は約20%) の場合には、自己消化率に差は認められなかったが (Fig. 3a), 蒸米水分が32% (出麴水分は約24%) の場合には、焙炒法の糯米麴の自己消化率が非焙炒法を6% 上回った (Fig. 3b)。出麴水分が20% 以下となるような麴米は全く溶けず、原形に近い状態で粕に移行することが多いため⁴⁾, 自己消化率に差が生じ難く、出麴水分が約24% と高い場合、麴米が比較的溶けやすく粕への移行が少なくなるため、両者に差が生じやすかったのではないかと推測された。焙炒法については、蒸米水分35% の場合でも、蒸米水分が32% の場合と同程度の自己

消化率であった (Fig. 3c)。水分の多い麴米を使用すると、醗中での麴米の溶解がよいこと⁴⁾や、蒸米の消化性は、その水分含量、すなわち白米の吸水性に大きく依存する⁵⁾, と報告されていることから、糯米の蒸米水分が高いほど、または吸水性がよいほど自己消化率、すなわち利用率が高くなったものと考えられた。また、小島ら⁶⁾によると、麴菌糸が米胚乳細胞壁に沿って伸長し、 α -アミラーゼが麴菌糸の伸長初期から生産され、麴菌糸の増殖とともに増加し、麴菌糸叢周辺より広く分布することが報告されている。従って、焙炒により生じた胚乳細胞間の空隙から米内部にまで麴菌糸が破精込み、 α -アミラーゼが米中心部でも高生産されたために、米全体の自己消化率がさらに高まり、焙炒法の糯米の方がより溶解しやすいのではないかと推測された。

Fig. 3 Dissolution rate of rice koji.

Table 2 α -amylase activity or acid protease activity/mycelia. Initial moisture content was 32%.

Cultivation time (hr)	α -amylase activity/Mycelia (U/mg)		Acid protease activity/Mycelia (U/mg)	
	H.B.M.	C.M.	H.B.M.	C.M.
19	120	88	609	453
28	156	117	766	559
39	186	132	1,068	707
43	165	132	1,143	844

4. 酵素活性及び菌体量

蒸米水分32%の糯米を製麴した時の糯米麴の菌体量当たりの各酵素活性値をTable 2に示した。製麴中、常に焙炒法の方が、菌体量当たりの各酵素活性値が高いことが分かった。これは、蒸米水分が30%の時も同様であった。また、非焙炒法の糯米の製麴時の菌体量は、焙炒法より常に高く推移していた。つまり、非焙炒法で得られた糯米麴は、後述するように、塗り破精になっているものと推定される。なお、焙炒法で43時間製麴した糯米麴の α -アミラーゼ/菌体量が39時間目低くなった理由は不明である。

5. 電子顕微鏡観察

糯米麴の菌体量及びその酵素生産量から、焙炒法は突き破精、非焙炒法は塗り破精となっているものと推定された。そこで、製麴中の糯米を走査型電子顕微鏡で経時的に観察した。

① 蒸し直後

(a)

(b)

Fig. 4 Micrographs of the surface of heat-blasted rice (a) and rice (b) after steaming. ($\times 500$)

焙炒処理した糯米と処理しない糯米各々を、水分が30%程度になるまで浸漬し、約3時間水切りした後、1時間蒸きょうし、冷却後、蒸米水分が32%に調整された糯米表面の電子顕微鏡写真をFig. 4に示した。焙炒法の糯米の表面は無数の空孔が確認されたが(Fig. 4a)、非焙炒法の糯米表面にはほとんど空孔は存在しなかった(Fig. 4b)。これは焙炒による加熱効果で糯米内部に空隙が出来たために、蒸きょう後の糯米の表面に空孔が出来たことによると考えられる。

② 製麴10時間目

製麴10時間目の焙炒法による糯米表面は、蒸米直後より空孔が大きく開いていた。吉井ら⁷⁾は、麴菌は種付けされてから約10時間、蒸米表面に麴菌糸を覗かせたり潜ったりしながら伸長を続けることを報告している。焙炒法の糯米表層部には空孔が多く存在するため、麴菌糸が糯米表層部に伸長しやすく、加えて麴菌糸の分泌した酵素により糯米表面を溶解しやすい

(a)

(b)

Fig. 5 Micrographs of a cross section of heat-blasted rice (a) and rice (b). Cultivation time was 27 hours. ($\times 70$)

ことから、蒸米直後より空孔がさらに大きくなったものと考えられた。表層部に麴菌糸が成長していたのは焙炒法の糯米だけで、非焙炒法の糯米表面の形状に大きな変化は認められなかった。

③ 製麴 27 及び 39 時間目

製麴 27 時間目の焙炒法の糯米切断面は、麴菌糸が糯米中心部まで破精込んでいる様子が確認されたが (Fig. 5a)、非焙炒法の糯米は、糯米中心部までの破精込みはほとんど確認できなかった (Fig. 5b)。また、製麴 39 時間目もほぼ同様であった。従って、焙炒により麴菌糸の糯米内部への伸張、すなわち破精込みがよくなっているものと考えられた。

④ 出麴後

出麴後の糯米表面の電子顕微鏡写真を Fig. 6 に、糯米切断面の電子顕微鏡写真を Fig. 7 に示した。焙炒法の糯米及び非焙炒法の糯米表面はともに麴菌糸で覆われていた。特に、焙炒法の糯米表面の麴菌糸は太く発達していたのに対して (Fig. 6a)、非焙炒法の糯

米表面は麴菌糸が細かった (Fig. 6b)。さらに、焙炒法による糯米の切断面は、中心部まで麴菌糸による破精が多く認められたが (Fig. 7a)、非焙炒法の糯米は、麴菌糸の破精込みがわずかに確認できた程度であった (Fig. 7b)。つまり、先の酵素活性と菌体量でも示唆されたように、焙炒法は突き破精、非焙炒法は塗り破精になっているものと考えられた。

以上より、焙炒処理を行うことによって、後の蒸きよう、製麴等でのべたつき、団塊化が防がれるとともに、製麴時の麴菌糸の破精込みがよくなることが明らかとなった。また、蒸米水分が高いほど糯米の自己消化率が高いため、焙炒処理は糯米麴に非常に有用な処理方法といえることができる。

6. みりんの試醸

常法に従い、Table 3 の仕込み配合でみりんを試醸した。なお、使用した糯米麴の分析値を Table 4 に、室温 30°C で 35 日間熟成後上槽したみりんの分析値を

Fig. 6 Micrographs of the surface of heat-blasted rice koji (a) and rice koji (b). ($\times 500$)

Fig. 7 Micrographs of a cross section of heat-blasted rice koji (a) and rice koji (b). ($\times 70$)

Table 5 に示した。焙炒法の糯米麴は非焙炒法の糯米麴と比較して、 α -アミラーゼ活性及び自己消化率が高かった。さらに、焙炒法で製麴された糯米麴を使用したみりんは、垂れ歩合が約10%高く、かつ、粕歩合が10%程度低かった。これは、糯米麴の α -アミラーゼ活性が高く、自己消化率が高いことと一致していた。また、一般分析値では、焙炒法で製麴された糯米

米麴で仕込んだみりんの TS, DS 値は高く、糖化がよく進行していた。

要 約

- (1) 糯米を焙炒後加水し、糯米の破碎を防止しながら蒸きょう処理を行うことで、丸米のまま糯米を製麴でき、かつ、糯米に焙炒処理を施すことにより、蒸米水分が高く、その結果原料利用率の向上した糯米麴の製麴が可能となった。
- (2) 蒸米水分が30%の場合、焙炒法及び非焙炒法の糯米麴の自己消化率に差は認められなかったが、蒸米水分が32%の場合は、焙炒法の糯米麴の自己消化率が非焙炒法を6%上回った。さらに、蒸米水分が35%になると、非焙炒法の糯米には上粘りが発生し、これ以上の水分では団塊化を引き起こすため製麴できなかった。

Table 3 Proportion of materials used in small-quantity mirin making.

Item	H.B.M.	C.M.
Glutinous rice <i>koji</i> (g) made with H.B.M.	113	—
Glutinous rice <i>koji</i> (g) made with C.M.	—	108
Glutinous rice (g)	785	785

Table 4 Properties of glutinous rice *koji*.

Item	H.B.M.	C.M.
Moisture Content of steamed rice(%)	35.2	29.5
Moisture Content of Glutinous rice <i>koji</i> (%)	21.0	17.7
α -amylase (U/g dry <i>koji</i>)	2,300	1,700
Acid protease (U/g dry <i>koji</i>)	14,800	15,300
Dissolution rate (%)	79.3	55.2

Table 5 Mass balance and composition of mirin made by glutinous rice *koji*.

Item	H.B.M.	C.M.
Volume of mash (ml) ^a	1,080	1,120
Volume of mirin obtained (ml) ^b	863	786
b/a × 100 (%)	79.9	70.2
Total rice (g) ^c	639.6	663.3
Weight of cake (g) ^d	311.4	385.8
d/c × 100 (%)	48.7	58.2
Moisture of cake (%)	42.0	49.7
pH	5.93	5.95
Acidity (ml)	0.60	0.58
Formol nitrogen (mg %)	59.5	57.1
Total nitrogen (mg %)	139.8	130.7
Direct reducing sugar (%)	44.4	41.9
Total sugar (%)	50.1	48.3

- (3) 非焙炒法の糯米麴は塗り破精であったが、焙炒法の糯米麴は突き破精で、麴菌糸の破精込みもよく酵素活性が高かった。
- (4) 焙炒法による糯米麴を使用したみりんは、非焙炒法と比較して、上槽液量が多く、糖化がよく進行したみりんであった。

文 献

- 1) 河辺達也，森田日出男：醸協，**93**(10)，799-806 (1998).
- 2) 第四回改正国税庁所定分析法注解：日本醸造協会 (1993).
- 3) 藤井史子，尾関健二，神田晃敬，浜地正昭，布川弥太郎：醸協，**87**(10)，757-759 (1992).
- 4) 村上英也編：麴学，p. 252 (1986) 日本醸造協会.
- 5) 伊藤清：醸協，**87**(1)，497-502 (1992).
- 6) 小島弘栄，長谷川浩，曲淵哲郎，福田秀雄：生物工学，77，339-344 (1999).
- 7) 吉井美華：生物工学，77，199 (1999).