低精白パフ米による清酒醸造

高橋康次郎・松本英資・谷 克比古

桜井邦夫・柴田秀和・吉沢 淑

(国税庁醸造試験所)

昭和62年3月28日受理

Making of Sake Using Puffed Low Polished Rice

Studies on Brewing of Alcoholic Beverages Using Puffed Cereals (Part 4)

Kojiro TAKAHASHI, Eiji MATSUMOTO, Katsuhiko TANI, Kunio SAKURAI,
Hidekazu SHIBATA and Kiyoshi YOSHIZAWA

(National Research Institute of Brewing, 2-6-30 Takinogawa,
Kita-ku, Tokyo 114)

The most suitable puffing condition of 85% polished rice for both well dissolution by *koji*-enzyme and avoiding off-flavor production at sake making using it was studied, and then pilot scale brewing (total amount of 100 kg of rice) using puffed rice (test sample) was carried out for 3 times.

The most appropriate puffing condition was determined as follows: pressure; 3.0 kg/cm², temperature; 200°C, time; 7 sec.

The yields of *sake* of the test samples were almost the same as those of control (75% polished rice).

Amino acid contents in *moromi* mash and sake of the samples were below half of those of the control, and optical density at 430 nm of them were almost the same as those of the control.

Sake obtained from the test samples had light and thin tastes, and had a weak off-flavor caused by puffing treatment.

Treatment of the sake with activated carbon fiber (FW-500) decreased off-flavor in the sake.

Key words: 低精白パフ米・清酒醸造・異臭の除去法

緒 言

筆者ら^{1,2)}はこれまで、気流式瞬間連続膨化装置により玄米及び白糠(85~75% 精白区分)の膨化处理(以下パフ化と呼ぶ)を行ない、その消化性や清酒製造を行なった場合の製成酒への影響等について検討してきた。

家村ら³⁾は、85% 及び 90% の低精白米についてのパフ化の条件を検討し、最も消化性の良い条件(6.0 kg/cm², 218°C)でパフ化した原料を用いて仕込試験を実施した結果、原エキス取得量は無処理米よりすぐれているが、香味の点でやや問題があることを報告している。

筆者らも、パフ処理によって白米の蛋白質が変性するため醪中であまり溶解しないこと及び粗脂肪が減少することから、85% 程度の精米歩合でも十分酒造適性があると考え、85% 精白米について、まず、消化性が良く

しかもパフ処理によって発生する異臭(発酵によって初めて認められる)の最も少ないパフ化条件を検討した。

次に、最適条件下でパフ化した白米を醪掛米として総米 100 kg の試験仕込を3年間(3回)実施したので、これらの結果について報告する。

実 験 方 法

1. 試料白米

75% 及び 85% 精白米(兵庫県産日本晴)を用いた。

2. パフ処理

キッコーマン(株)の気流式瞬間連続膨化装置を用い、ゲージ圧 2.0~3.0 kg/cm², 温度 200~230°C, 処理時間 7 sec で行なった。

3. 白米の分析

白米の水分及び消化性は酒造用原料米統一分析法⁴⁾によった。

パフ穀類による酒類醸造(第4報)

第1表 仕込配合（小仕込）

総米 (g)	200	淡水 (mI)	280
掛米 (g)	160	乳酸 (mI)	1.3
麴米 (g)	40	(10倍稀釈)	

酵母：協会 701 (1×10⁶/mI 添加)

4. 仕込試験

(1) 小仕込試験

仕込配合を第1表に示した。総米 200 g で掛米にパフ米を使用し、麴米には 75% 精白米を用いた。

仕込みは一段とし、品温も 15℃ 一定とした。なお、対照は、掛米に 75% 精白米を用いた。

上槽は、炭酸ガスの揮散による重量の減少が 60 g に達した時点で 8,000 rpm, 10 min の遠心分離により行なった。

なお、官能検査はパネル 10 名により 3 点法（1 良い、2 普通、3 悪い）で行ない、平均値で示した。

(2) 本仕込試験

第2表に示した仕込配合により総米 100 kg の仕込みを昭和 59 BY から 61 BY まで3年間にわたり 1 回ずつ行なった。なお、60 BY のみ 30% アルコールを 30 l 添加した。

酒母は、毎年両仕込みとも同じ高温糖化酒母を分けて用い、酵母は 61 BY のみ協会 701 号を、他は協会 7 号を用いた。

(3) 成分の分析

すべて前報¹⁾の方法によった。

(4) 官能検査

製成酒の総合品質は、褐色グラスを用い 5 点法（1：特に良い、5：特に悪い）で行ない、活性炭素繊維による処理酒の異臭の強さについては、未処理酒の強さを 3（強い）とし、2（やや強い）、1（かすかに感じる）、0（無い）の 4 点法で、蛇の目チョコで行なった。

5. 製成酒の異臭の除去法

活性炭素繊維²⁾（東邦レーヨン(株)、ポリアクリルニトリル製 FW-500) 0.5 g を内径 18 mm のガラスカラムに充填し、61 BY のパフ白米製成酒を SV 181 の流速で、10 g ずつ分取し、炭素重量の 2,000 倍（清酒 1 l）まで処理した。

実験結果と考察

1. 85% 精白米のパフ化条件の検討

(1) パフ白米の消化性

パフ処理における圧力と温度を種々変えて加工したパフ白米の消化性試験結果を第3表に示した。

この結果、処理 No. 4, 5 及び 6 の 2.5 kg/cm²-230℃, 3.0 kg/cm²-200~230℃ の条件が直糖生成も多く、対照

第2表 仕込配合（本仕込）

	酒母	添	伸	留	計
総米 (kg)	7	14	26	53	100
掛米 (kg)	4	10	20	44	78
麴米 (kg)	3	4	6	9	22
淡水 (l)	10	14	36	72	132

60BY のみ 30% アルコールを 30 l 添加した。

第3表 パフ化条件と消化性との関係

処理 No.	処理条件 圧力 (kg/cm ²)	温度 (℃)	水分 (%)	消化性 直糖 (%)	F-N (mI)
1	2.0	200	12.6	6.8	2.49
2	2.0	230	11.2	9.9	2.74
3	2.5	200	11.7	8.2	2.66
4	2.5	230	8.8	10.6	2.81
5	3.0	200	9.3	10.1	2.74
6	3.0	230	8.5	10.3	2.66
対 照 (75% 白米)			13.5	9.9	2.61

の 75% 白米よりも消化性にすぐれていた。

一方、F-N（アミノ酸度）の生成量はいずれの条件でも変らなかったが、これは、消化性の良いものは、蛋白質がかなり変性していても澱粉の分解と共に、液中に分解され、消化性の悪いものは蛋白質の変性が少なく分解されやすい状態になっているが澱粉の溶解が悪いためアミノ酸に分解されず、これらが丁度同じ程度になったと考えられる。

(2) 小仕込試験結果

各種条件で処理したパフ白米の酒造適性をみるために更に、小仕込試験を実施し、パフ白米の溶解性及び製成酒の酒質について検討した。

イ. 原料利用率等

小仕込試験での清酒量、原料利用率⁶⁾等を第4表に示した。

ここで、処理 No. 1 及び 3 は他よりかなり発酵が遅れたので、重量減少が 60 g に達する前（それぞれ 51 g, 58 g）に上槽した。

原エキス及び原料利用率は、やはり消化性の良好であった処理 No. 4, 5 及び 6 が高い値を示し、消化性試験の結果と醪における溶解性の結果が同じ傾向にあること

第4表 原料利用率等

処理 No.	清酒量 (g)	原エキス (%)	原料利用率 (%)	粕歩合 (推定, %)
1	292.4	25.58	55.0	69
2	329.4	31.87	69.0	36
3	324.2	29.54	62.5	49
4	319.5	33.12	71.5	31
5	290.4	33.23	72.0	30
6	286.3	33.12	71.5	30
対 照 (75% 白米)	325.2	31.50	67.5	39

第5表 製成酒の一般成分と官能検査結果

処 理 No.	Alc. (%)	日 本 酒 度	酸 度	アミノ酸度	pH	OD ₄₁₀	官 能 検 査	
							評 点	短 評
1	15.3	+22.4	1.83	2.03	4.47	0.054	2.50	異臭, 味淡い
2	17.0	+4.1	2.08	1.18	4.10	0.050	2.00	弱い異臭, 味軽い
3	17.1	+18.0	1.95	1.68	4.33	0.047	2.80	異臭, 味重い
4	17.3	-0.2	2.10	0.95	3.99	0.037	1.80	弱い異臭, 味調和
5	17.5	+1.8	2.10	0.88	3.95	0.035	1.80	弱い異臭, 味軽い
6	17.1	-1.4	2.15	0.83	3.92	0.032	2.10	異臭, 雑味
対 照 (75%白米)	16.3	-1.0	2.40	2.40	4.27	0.051	1.30	香良い, きれい

を再確認した。なお、上槽を遠心分離で行なったためパフ化がよく進んでいるものでは、粕中に含まれる液量が多いため清酒量はむしろ少ない傾向を示した。

ロ. 一般成分と官能検査結果

製成酒の一般成分と官能検査結果を第5表に示した。

アルコール分、日本酒度及びアミノ酸度から処理 No. 2, 4, 5 及び 6 が十分にパフ化が行なわれたといえる。

官能検査結果では、処理 No. 4, 5 及び 2 がかすかな異臭が感じられたが、味が軽くすっきりしており評点良かった。

以上から、清酒醸造における原料利用率及び官能評価の良かった処理 No. 5 の 3.0 kg/cm², 200°C の条件を 85% 白米のパフ化条件として設定した。なお、異臭については製成酒を活性炭処理することで低減できるので、このまま本仕込を実施した。

2. 本仕込試験

(1) 醪中の各種成分の変化

3年間にわたり総米 100 kg の仕込試験を実施した中から 59 酒造年度の醪の経過を第1図(パフ白米仕込み)、第2図(対照仕込み)に示した。以下の図も特に断りの

第1図 パフ白米使用醪の経過

第2図 対照醪の経過

ない限り 59 酒造年度のデータである。

パフ白米仕込は対照より品温経過を低くとしたが、Bé 及び直糖の減少が早く、対照よりも 3 日早い上槽となった。

パフ白米は低精白である上、洗米浸漬も行なわないので、第3図に示したように醪中の K, Mg 及び P が対照よりかなり多い。従って、これらの無機塩の作用により、麴からの液中への酵素の溶出が促進され^{7,8)}、直糖の生成も 2 日早く最高に達した。また、酵母の増殖も旺盛となり酵母数にもかなりの差がみられた。

第4図に醪の酸度及びアミノ酸度の変化を示した。

パフ白米仕込みの酸度は、留後 7 日目頃からの増加が対照より少なく、0.5 程度低くなった。一方、アミノ酸度は 3 日目から低い値を示し、上槽時でも 0.46 で、対照の 1/5 程度であった。

対照のアミノ酸度が留後 3 日目から蒸米の溶解と共に増加したが、パフ白米の方はほとんど増加せず、パフ化によって米蛋白質が変性し米麴の蛋白分解酵素の作用を受けにくくなったことが推定される。

なお、パフ白米仕込みの場合、留後 2 日目から数日間強い硫化臭が発生したが、この理由は、直糖及び無機塩が初期から多量にあり酵母の増殖が旺盛になるが、窒素成分が不足するためと考えられる。

第3図 醪中の K, Mg 及び P の変化

第4図 醪の酸度及びアミノ酸度の変化

低精白米を用いる場合、また、それをパフ化した場合最も問題になるのが Fe の量である。

第5図に醪の着色度と Fe の変化を示したが、パフ白米の場合でも 0.1ppm 以下であり、着色度も対照とほとんど差がなく、Fe に関しては問題はないといえる。

(2) 製成酒の歩合と成分

3年間の仕込試験の主な製造歩合を第6表に示した。

各歩合は、両仕込間で一定の傾向はなく年度で異なっていることから、パフ白米と対照との間にはほとんど差がないと考えられる。

第5図 醪の Fe 及び着色度の変化

第6表 各種歩合

BY 試料	清酒量 (l)	粕歩合 (%)	原エキス (%)	純アルコール収得量 (l/100g 白米)
59 { パフ白米 対 照	201 178	34.7 35.7	32.1 33.8	339.7 307.9
60 { パフ白米 対 照	216 226	35.0 34.6	38.0 35.9	331.2 337.1
61 { パフ白米 対 照	188 194	32.4 30.3	33.2 33.5	334.6 341.4

60BY のみ 30% アルコールを 30% 添加した。

次に、製成酒の成分を第7表に示した。

酸度に関しては一定の傾向は認められないが、59BY の有機酸組成ではパフ白米がピルビン酸 68ppm (対照との比 0.44)、酢酸 14ppm (同 0.18) で、いずれも対照より低い値を示した。

一方、アミノ酸度は、常にパフ白米が 1/2~1/4 程度低い値を示した。アミノ酸組成を調べたところ (データは省略)、いずれのアミノ酸も同じ割合で減少していることが認められた。

Fe 含量はわずかにパフ白米の方が大きな値を示したが、数値がアルコール添加なしで 0.1ppm 前後と低い値であること、更に着色度にはほとんど差がないことから実用化には問題がないと考えられる。

香気成分は、パフ白米が 85% の低精白米であることから、*i*-AmOH(A) が多く、*i*-AmOAc(E) が少なく、従って、E/A の値も対照より低くなった。

その他、無機塩では、K は大差はないが Mg がパフ白米でかなり多く、P は対照でかなり多いという結果が得られた。

一方、官能検査結果は、パフ白米の場合アミノ酸が少ないため淡麗で軽い味が特徴であるが、59BY 及び 60BY の製成酒ではかすかな異臭が残ったため対照に比較

第7表 製成酒の各種成分

BY 試料	Alc. (%)	日本酒度	酸度	アミノ酸度	pH	直糖 (%)	OD ₄₃₀	OD ₂₈₀	<i>i</i> -AmOH (ppm, A)	<i>i</i> -AmOAc (ppm, E)	E/A (×100)	K (ppm)	Mg (ppm)	P (ppm)	Fe (ppm)	官能評価
59 { パフ白米 対 照	16.9 17.3	+1.7 -3.2	2.17 2.54	0.46 2.07	3.74 4.09	3.20 4.00	0.029 0.026	5.3 13.5	251.7 191.7	2.04 2.10	0.81 1.10	28.9 32.8	17.6 3.8	33.8 81.9	0.08 0.05	3.7 2.2 (n=26)
60 { パフ白米 対 照	19.5 18.9	-4.1 +1.3	2.05 1.98	0.45 1.60	3.96 4.29	3.69 2.70	0.029 0.025	5.2 7.0	220.1 161.6	3.78 3.97	2.23 2.46	48.0 43.0	24.0 3.5	52.5 73.0	0.09 0.08	4.0 3.3 (n=23)
61 { パフ白米 対 照	17.8 17.6	+3.5 +3.0	2.15 1.95	0.80 1.85	4.09 4.50	0.62 1.14	0.026 0.028	6.1 9.2	281.6 195.0	3.35 2.20	1.18 1.13	47.5 29.2	38.0 14.0	88.0 102.0	0.13 0.10	2.7 2.3 (n=12)

して悪い評点となったが、61 BY 製成酒は、両製成酒とも次に述べる活性炭素繊維で処理（炭素量の 1,000 倍量の清酒を処理）したので、これまでの異臭の指摘はなく、やや味が重いということで対照よりわずかに低い評価となった。

3. パフ化に伴う異臭の除去

パフ化した原料を醸造に用いた場合、発酵と共にホコリ臭に似た異臭が発生する。ただ、この異臭は 3 年間の試験でかなり低減することができたと考えている。

この異臭の特徴として、(1) MC-100 (5,000 ppm) と粉末炭 (2,000 ppm) の併用で約半分の強さに減少する。(2) 脱脂したパフ白米を用いても異臭は発生する。(3) パフ白米を 0.5% KOH で処理し蛋白区分を除去すると異臭は発生しない。(4) パフ白米で造った清酒に HCl (清酒 30 ml に 2 N HCl 2 ml) を添加すると異臭は減少又は消失する。(5) 異臭のある清酒を蛇の目チョコで 12 時間程度室温に放置すると異臭は揮散する。等が明らかになっているが、同定までにはいたっていない。(1)~(5) の性質から、この異臭は加工中の高温・高圧により白米の蛋白質が一部変化し、それが醗での糖化発酵中に小分子化し、塩基性の揮発性物質に変化することに起因するのではないかと推定している。

この異臭の除去には、最近開発されたポリアクリルニトリル (PAN) 系の活性炭素繊維が適しており、その処理結果を第 6 図に示した。

この結果、活性炭素重量の 1,000 倍量の処理酒までは異臭の強さを 1 (かすかに感じる程度) 以下に低減できることが明らかとなった。

なお、この異臭は、製成酒が古酒化した時に弱くなると共に、活性炭素繊維に容易に吸着されやすい形に変化することが認められている。

現在、パフ化した玄米及び 85% 白米を用いた 2 t 仕込みが実際に行なわれているが、その製成酒では異臭がほとんど問題になっていないことから、パフ処理時の白米量及び醸造方法等もこの異臭の発生に影響していると考えられる。

最後に、パフ処理を実施して下さいましたキッコーマン(株)に、また、実験に御協力下さいました第一研究室の皆様へ深謝致します。

要 約

気流式瞬間連続膨化装置により膨化 (パフ化) した 85% 精白米の醸造適性について、75% 精白米 (未処理)

第 6 図 活性炭素繊維処理による異臭の強さと着色度の変化

を対照として比較した。

1. 消化性もよく、醗における異臭生成の少ないパフ化の条件は、3.0 kg/cm², 200°C, 7 sec. であった。

2. パフ白米を醗掛米として、総米 100 kg の試験醸造を 3 年間実施したところ、製造歩合は対照とほとんど差はなかった。

3. 製成酒の主な成分では、アミノ酸度; 0.46~0.80 (対照; 1.60~2.07) 着色度; 0.026~0.029 (対照; 0.025~0.028), Fe 含量; 0.08~0.13 ppm (対照; 0.05~0.10 ppm) で、アミノ酸度が極端に少なく、着色度はほぼ同じであった。

4. 製成酒の酒質は、淡麗で味が軽い特徴がみられたが、弱い異臭が指摘された。

5. 異臭は、活性炭素繊維 FW-500 処理でかすかに感じる程度まで低減することができた。

文 献

- 1) 高橋康次郎, 緒方新一郎, 吉沢 淑: 醸協, 80, (3), 189 (1985)
- 2) 高橋康次郎, 小沢宏行, 飯干勝博, 田名部 勲, 高井龍三, 吉沢 淑: 醸協, 81, (3) 199 (1985)
- 3) 家村芳次, 永田興四郎, 田端 昇, 佐無田 隆, 吉沢 淑: 発酵工学, 63, 123 (1985)
- 4) 第 3 回改正国税庁所定分析法注解, 477 頁, 日本醸造協会 (昭 59)
- 5) 高橋康次郎, 三宅新一郎, 吉沢 淑, 森川文人: 昭和 61 年度日本発工大会講演要旨集, 80 頁 (1986)
- 6) 清酒製造技術, 245 頁, 日本醸造協会 (昭 58)
- 7) 曾我 浩, 古川雅文, 工藤華子, 高橋康次郎, 吉沢 淑: 醸協, 82, (9) 646 (1987)
- 8) 椎木 敏, 植木俊博, 島田豊明: 醸協, 81, (6) 421 (1986)