

製麴における原料米の品種と精米歩合の影響

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

(秋田県立大学, *秋田県食品総合研究所)

平成 15 年 7 月 14 日受理

Influence of the variety of rice and polishing rate on Japanese sake koji making.

Kimio IWANO, Toshihiko ITO, Emiko HASEGAWA, Kazuhiro TAKAHASHI, Hitoshi TAKAHASHI*,
Nobushige NAKAZAWA

(Akita Prefectural University, Nakano Shimo-Shinjo, Akita 010-0195, *Akita Research Institute of Food & Brewing, Araya-machi, Akita 010-1623)

We investigated the effects of the variety of rice and the polishing rate on the growth of *aspergillus oryzae*, enzyme production, and metabolism production in sake-koji. Koji-making was carried out by the experimental method of 2 factor 4 level. Data were analyzed by the method of a two-dimensional arrangement. The conclusions of this investigation are as follows:

1. Neither the variety of rice nor the polishing rate influenced the growth of *aspergillus oryzae*.
2. The polishing rate greatly influenced alpha-amylase, glucoamylase, and acid phosphatase activities. The higher the polishing rate, the lower the activities of these enzymes were. The variety of rice greatly influenced acid protease and acid carboxypeptidase activities, but no influence of the polishing rate was observed.
3. As for the influence of the variety of rice and the polishing rate on the total amount of amino acids in the sake-koji, a significant difference was found at 1% of the rates of danger. High rates of polishing led to a decrease in the total amount of amino acid.
4. The amino acid which was affected by the variety of rice and the polishing rate had more bitter tasting amino acids, such as arginine, tyrosine, phenylalanine, and histidine.

Key words: 麴菌代謝産物, 原料米品種, 精米歩合

緒 論

麴は清酒醸造において糖化酵素の供給源, 酵母増殖に栄養源の供給, 代謝産物の製成酒の品質に対する貢献という3つの大きな役割を担っている¹⁾。従って麴の種々の酵素活性や全アミノ酸量等の麴菌代謝産物量は麴での並行複発酵に影響を与え製成酒の製造コストと品質の両面で大きな係わりを持っている。筆者らは前報^{2,3)}において原料米のタンパク質組成が麴菌の酵素生産に大きく響くこと, 製成酒の窒素化合物の形態に影響することを報告した。これまで酒造原料米は粗

タンパク質が少ないものが良いと考えられてきたが, タンパク質組成の方がより重要であることを明らかにした。今回は, 麴米として原料米の品種が重要か, あるいは精米歩合が重要か明らかにすることを目的として, 二元配置の実験計画により製麴を行い, 得られたデータを分散分析により解析したところ興味ある結果が得られたので報告する。

実験方法

1. 実験計画に基づく製麴と分散分析法

製麴において麴菌の酵素生産および代謝産物の生産

Table 1 Koji making by the experimental design of 2 factor 4 level

		Factor B (Polishing rate)			
		40%	50%	60%	70%
Factor A (Variety of rice)	<i>Yamadanishiki</i>	<i>Koji-1</i>	<i>Koji-2</i>	<i>Koji-3</i>	<i>Koji-4</i>
	<i>Miyamanishiki</i>	<i>Koji-5</i>	<i>Koji-6</i>	<i>Koji-7</i>	<i>Koji-8</i>
	<i>Sakekomati</i>	<i>Koji-9</i>	<i>Koji-10</i>	<i>Koji-11</i>	<i>Koji-12</i>
	<i>Ginnosei</i>	<i>Koji-13</i>	<i>Koji-14</i>	<i>Koji-15</i>	<i>Koji-16</i>

に及ぼす原料米品種と精米歩合の影響を調べるため Table 1 に示した 2 要因 4 水準の実験計画法に基づいて製麴を行った。要因 A は原料米の品種とし、平成 13 年度産の山田錦（兵庫県産）、美山錦（秋田県産）、吟の精（秋田県産）及び秋田酒こまち（秋田県産）を用いた。要因 B は精米歩合とし、40, 50, 60, 70% の 4 水準とした。合計 16 組の製麴を人と日を変えて 2 回行いその平均値を解析用データとして二元配置の分散分析法で行った。

2. 製麴方法

製麴は、種麴菌散布時の僅かな違いが分生子の発芽や増殖に影響する⁴⁾ ことから白米水分の調整及び蒸米吸水率の均一化を図った。すなわち、白米水分は約 11% となるように、温度 35°C、湿度 70% の恒温恒湿機 (LH 20-11 P, ㈱ナガノ科学機器製作所) を用いて所定時間の乾燥を行い白米水分を揃えた。原料処理は白米 100 g を洗米、浸漬、水切りを行い、吸水過多のものはろ紙上に広げて乾燥し、浸漬吸水率が約 33% とほぼ一定となるように調整した。蒸しはコシキで約 40 分蒸した。蒸米はタッパー（ポリプロピレン製、W 120×L 170×D 55 mm）に広げて温度 30°C、湿度 95% とした恒温恒湿機の中で約 2 時間放置して蒸米吸水率の均一化を図った。その後種麴（秋田今野もやし）を 100 mg 散布し、タッパーの片側に寄せる紙で表面を覆い、タッパーの蓋をして乾燥を防ぎ温度 31°C、湿度 95% で 20 時間の床期間をとった。手入れ後、タッパーの全面に広げろ紙で表面を覆い、蓋を除いて開放とし、温度 38°C、湿度 85% で 25 時間置いて出麴（45 時間麴）とした。

3. 麴の菌体量

キッコーマン社製の麴菌量測定キットを使用し、菌体量をグルコサミン量 (mg/g-koji) として求めた。

4. 酵素活性の測定

α アミラーゼ、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、酸性ホスファターゼを調べた。測定法は前報⁴⁾ と同様とした。

5. 麴菌の代謝産物

グルコース、無機リン酸 (Pi)、アミノ酸の測定は前報⁴⁾ と同様に行った。

実験結果

1. 麴菌の増殖量に及ぼす品種と精米歩合の影響

出麴の菌体量を分析し分散分析を行った結果を Table 2 に示した。表中の (1) から明らかなように菌体量はかなりのバラツキが見られるが分散分析の結果（表中の (2)）は品種と精米歩合ともに有意差が認められなかった。しかしデータを仔細に観察すると山田錦以外は精米歩合が高いほど菌体量が多い傾向が認められ、山田錦は特異な品種と考えられる。出麴歩合のデータは示さないが 20~25% の範囲のバラツキであり、分散分析の結果は品種の分散比は $F_0=0.77$ 、精米歩合の分散比は $F_0=0.63$ で共に有意差は認められなかった。

2. 酵素生産に及ぼす品種と精米歩合の影響

酵素生産に対する品種及び精米歩合の影響を分散分析法で解析した。Table 3 は酵素活性を、Table 4 は分散分析の結果を示した。

(1) α -アミラーゼ及びグルコアミラーゼ活性

α -アミラーゼ活性は分散分析の結果、品種および精米歩合ともに危険率 0.1% で有意差が認められたが、分散比 F_0 から判断して精米歩合の影響が大きいことが明らかとなった。 α -アミラーゼ活性は Table 3 から明らかなように精米歩合が低いほど酵素活性は低い。前述のように菌体量は精米歩合と無関係であることを考え合わせると、精米歩合が低くなるに従って蒸米デンプンが消化され易くなり、麴菌は少量の α -アミラ

Table 2 Influence of the variety of rice and polishing rate on the mycelia of sake
-koji

1. Mycelia of koji (mg/g-koji)

		Polishing rate			
		40%	50%	60%	70%
Variety of rice	<i>Yamadanishiki</i>	5.75	5.74	5.50	5.33
	<i>Miyamanishiki</i>	4.38	3.94	4.00	5.21
	<i>Sakekomati</i>	4.25	5.34	5.24	6.10
	<i>Ginnosei</i>	4.42	4.66	5.57	5.77

2. Variance analysis of mycelia

Factor	S	ϕ	V	F_0	Judge
Variety of rice	3.049	3	1.02	3.78	---
Polishing rate	1.765	3	0.59	2.19	—
Error	2.422	9	0.27		
Total	7.236	15			

*** : 0.1% level of significance $F(0.001) = 13.90$

** : 1% level of significance $F(0.01) = 6.99$

* : 5% level of significance $F(0.05) = 3.86$

- : Insignificant

ーゼ生産で増殖できるためと推論される。品種間の影響は、山田錦が高く、吟の精、美山錦、秋田酒こまの順であった。

グルコアミラーゼ活性は、分散分析の結果、品種の影響が危険率5%で、精米歩合が危険率1%で有意差が認められ、 α -アミラーゼとはほぼ同じ傾向であった。Table 3 から明らかなように山田錦の麴はグルコアミラーゼ活性が他品種の麴より高かった。麴菌のグルコアミラーゼは可溶化したデンプンにのみ作用する性質があることから、蒸米中の糖化反応が行われるデンプン粒近傍の保水性が品種によって異なるため麴菌のグルコアミラーゼ生産に差異が生じたのではないかと推論される。麴米として優れている山田錦は α -アミラーゼ、グルコアミラーゼの生産が他品種に比べて多いことは興味深い。

(2) 酸性プロテアーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼ

酸性プロテアーゼ活性と酸性カルボキシペプチダーゼ活性は品種の影響が危険率0.1%で有意差が認められ、精米歩合の影響は有意差が認められなかった

(Table 4)。品種間の違いをみると、山田錦が酸性プロテアーゼと酸性カルボキシペプチダーゼ活性がともに高く、以下美山錦、秋田酒こま、吟の精の順であった。精米は酒質に悪い影響を与えるタンパク質含量を低下させることが目的と考えられてきたが、麴菌のタンパク質分解酵素生産が精米歩合とは無関係であるという今回の結果は極めて興味深い。前報²⁾では山田錦、美郷錦、美山錦、春陽の4品種を用いてタンパク質分解酵素の生産を調べたが、グロブリンが多くグルテリンの少ない品種がタンパク質分解酵素の生産が大きいことを報告した。今回と前報で同じ品種は山田錦と美山錦の2品種であるがグロブリンの多い山田錦の方が美山錦よりもタンパク質分解酵素の生産が多かったことは前報の結果を裏付けるものと考えられる。

(3) 酸性ホスファターゼ

酸性ホスファターゼ活性は、精米歩合の影響が危険率0.1%で、品種の影響は危険率5%で有意差が認められ、精米歩合の影響がより大きいことが明らかとなった。酸性ホスファターゼ活性は α -アミラーゼと同様に精米歩合が低いほど活性が低くなった (Table

Table 3 Enzyme activities (units/g-koji)

koji No.	Variety of rice	Polishing rate	AAase	GAase	APase	ACPase	APHase
1	<i>Yamadanishiki</i>	40%	711	100	2,142	4,488	40
2		50	802	100	1,995	4,216	40
3		60	1,050	116	1,961	4,304	48
4		70	1,208	133	2,101	4,843	55
5	<i>Miyamanishiki</i>	40	591	68	1,742	3,883	31
6		50	792	89	1,737	3,472	39
7		60	959	103	1,776	3,596	41
8		70	1,114	123	2,025	3,974	47
9	<i>Sakekomati</i>	40	533	87	1,706	3,634	30
10		50	668	105	1,666	3,337	37
11		60	918	101	1,638	3,268	46
12		70	1,006	120	1,768	3,232	47
13	<i>Ginnosei</i>	40	711	82	1,677	3,014	40
14		50	813	84	1,547	3,488	38
15		60	1,009	107	1,653	3,134	45
16		70	1,149	95	1,627	3,884	47

AAase ; α -Amylase, GAase ; Glucoamylase, APase ; Acid protease, ACPase ; Acid carboxypeptidase, APHase ; Acid phosphatase

Table 4 Variance analysis of various enzyme activities

	Variety of rice		Polishing rate	
	F ₀	Judge	F ₀	Judge
AAase	26.67	***	239.08	***
GAase	3.87	*	10.02	**
APase	26.29	***	3.20	—
ACPase	16.82	***	2.1	—
APHase	4.06	*	19.56	***

Judgment is the same as that shown in Table 2.

3)。これは麴菌が少量の酵素生産で増殖に必要な栄養源を獲得できるためと考えられる。

3. 代謝産物に及ぼす品種と精米歩合の影響

麴から持ち込まれるグルコース、アミノ酸は仕込み直後の酵母の増殖に炭素源、窒素源として重要であり、無機リン酸は醸造用水中の無機リン酸の不足を補うものとしてその含有量は重要である。麴中のグルコース含有量、アミノ酸含有量、無機リン酸含有量を Table 5 に、分散分析の結果は Table 6 に示した。

グルコース含有量に対しては品種の影響が危険率 1% で有意差が認められたが、精米歩合の影響は有意差が認められなかった。山田錦の麴はグルコース含有量が高かったが、これはグルコアミラーゼ活性が他品種よりも高かったためと考えられる (Table 3)。

アミノ酸含有量に対しては品種、精米歩合とも危険率 1% で有意差が認められた。品種では吟の精と美山錦の麴のアミノ酸含有量が多く、山田錦と秋田酒こまちの麴のアミノ酸含有量が少ない。精米歩合では高精白になるほどアミノ酸含有量が低下した。前述のように酸性プロテアーゼと酸性カルボキシペプチダーゼ生産は精米歩合と無関係であるが、アミノ酸含有量が高精白になるほど低下するという事実は製成酒の品質との関連で興味深い。

無機リン酸は精米歩合が危険率 1% で有意差が認められ、精米歩合が低いほど無機リン酸の含有量が少なくなった。品種による影響に有意差は認められなかった。

4. アミノ酸組成に及ぼす品種と精米歩合の影響

清酒麴のアミノ酸組成を調べた結果を含有量の多い順に並べ替えて Table 7~10 に示し、アミノ酸組成に

Table 5 Metabolites of sake-koji

Koji No.	Variety of rice	Polishing rate (%)	Glucose (%)	Pi ($\mu\text{g/g}$)	Amino acid (mg/kg)
1	<i>Yamadanishiki</i>	40	5.00	52.6	1,273
2		50	4.83	54.5	1,281
3		60	5.40	64.8	1,292
4		70	4.90	63.5	1,355
5	<i>Miyamanishiki</i>	40	4.44	47.9	1,153
6		50	4.28	50.6	1,295
7		60	4.71	58.4	1,356
8		70	4.75	69.3	1,846
9	<i>Sakekomati</i>	40	4.46	45.0	1,086
10		50	4.57	52.5	1,230
11		60	4.73	55.6	1,394
12		70	4.49	59.7	1,514
13	<i>Ginnosei</i>	40	4.77	57.4	1,409
14		50	4.10	52.1	1,624
15		60	4.63	61.0	1,791
16		70	4.58	63.3	1,808

Table 6 Variance analysis of metabolites of sake-koji

	Variety of rice		Polishing rate	
	F ₀	Judge	F ₀	Judge
Glucose	7.53	**	3.72	—
Pi	2.18	—	12.8	**
Amino acid	7.04	**	7.22	**

Judgment is the same as that shown in Table 2.

及ぼす品種・精米歩合の影響について分散分析を行った結果を Table 11 に示した。清酒麴中に最も多く含まれるアミノ酸は全ての品種、精米歩合ともグルタミンであり、全体の 15~26% を占めるが、グルタミンの分散分析結果は品種・精米歩合ともに有意差が認められなかった。2 番目に多いアミノ酸はアルギニンであり、分散分析の結果から品種の影響が危険率 0.1% で有意差が認められた。山田錦が最も少なく、秋田酒こまち、美山錦、吟の精の順であった。精米歩合の影響は危険率 1% で有意差が認められ、高精白になるに従って含有量は低下したが、山田錦では精米歩合 70% の麴でも他品種に比べて半分程度であり極めて特徴

的である。含有量が 3 番目以下のアミノ酸は品種によって異なる。山田錦と秋田酒こまちはグルタミン酸が 3 番目に多いが、美山錦と吟の精はチロシンであった。品種の影響は分散分析の結果グルタミン酸は危険率 1% で、チロシンは危険率 0.1% で有意差が認められた。その他のアミノ酸で品種の影響が見られたアミノ酸は、プロリン (危険率 1%)、アスパラギン (危険率 5%)、グリシン (危険率 1%) フェニルアラニン (危険率 1%)、ヒスチジン (危険率 0.1%)、イソロイシン (危険率 5%)、オルニチン (危険率 5%) などであり、精米歩合の影響が認められたアミノ酸は γ -アミノ酪酸 (GABA, 危険率 1%)、ロイシン (危険率 1%)、アスパラギン酸 (危険率 5%)、システイン (危険率 5%)、フェニルアラニン (危険率 5%)、ヒスチジン (危険率 1%) などであった。

考 察

麴菌は繁殖に必要とする栄養源を得るためにデンプン分解酵素やタンパク質分解酵素を生産するが、蒸米内部での酵素反応は基質が溶けている試験管内の反応とは大きく異なることに注目する必要がある。蒸米内部の酵素反応は、まず基質が固体であることから基質

Table 7 Amino acid composition of koji made by *Yamadanishiki*

	Polishing rate(%)			
	40	50	60	70
Glutamine	331.0	329.8	265.8	247.6
Arginine	101.8	106.3	112.9	124.3
Glutamic acid	74.6	75.8	105.5	67.9
Lysine	72.0	73.9	76.2	83.7
Alanine	67.0	58.7	65.9	67.1
GABA	58.3	49.4	100.7	114.4
Leucine	54.2	56.0	48.5	71.9
Tyrosine	51.9	54.9	63.5	65.8
Urea	42.1	51.3	60.5	51.5
Proline	34.6	34.6	21.3	33.1
Aspartic acid	32.3	34.2	30.4	36.2
Asparagine	28.9	30.6	21.4	24.5
Cystine	28.7	28.2	31.2	29.2
Glycine	28.5	28.9	14.2	28.7
Phenylalanine	28.0	29.8	23.4	35.4
Histidine	27.6	28.5	30.2	27.4
Threonine	25.0	23.7	23.3	28.6
Valine	23.7	24.7	15.8	28.8
Serine	21.7	22.0	19.3	25.9
Isoleucine	20.7	20.9	13.8	24.7
Ornithine	20.4	17.5	47.2	31.8
Methionine	16.7	17.2	15.3	19.4
a-AAA	14.5	14.0	13.7	10.5
Phosphoserine	12.3	12.7	13.6	12.1
Ethanol amine	10.3	10.5	8.3	14.7
Cystathionine	9.6	9.0	3.5	7.5
Hydroxylysine	7.1	7.5	7.7	8.2
Taurine	6.1	5.7	5.7	5.2
Tryptophan	5.5	4.6	5.0	5.6
Carnosine	5.1	5.4	5.8	6.7
PEA	4.5	5.7	9.2	5.2
β -Alanine	4.1	4.7	8.0	8.7
Citruline	2.0	2.0	1.6	3.2
b-AIBA	1.6	1.7	0.0	0.0
Anserine	0.0	0.0	3.7	0.0
Total(mg/kg-koji)	1272.5	1280.5	1292.3	1355.2

GABA ; γ -Amino n-butyric acid
a-AAA ; α -Amino adipic acid
PEA ; Phospho ethanol amine
b-AIBA ; β -Amino iso butyric acid

Table 8 Amino acid composition of koji made by *Miyamanishiki*

	Polishing rate(%)			
	40	50	60	70
Glutamine	238.7	240.6	280.8	284.3
Arginine	134.4	157.4	158.1	225.1
Tyrosine	87.2	85.9	102.6	101.6
Lysine	72.1	78.6	84.9	121.5
Glutamic acid	63.2	72.1	74.4	102.1
Alanine	52.8	76.9	62.1	102.3
Leucine	48.4	57.7	56.9	102.9
GABA	38.9	54.1	45.7	110.7
Urea	34.5	45.0	40.5	63.1
Phenylalanine	33.2	37.8	39.1	57.9
Histidine	31.0	32.9	36.5	37.5
Aspartic acid	27.9	30.0	32.8	57.8
Glycine	27.6	27.6	32.5	37.9
Proline	25.6	24.1	30.1	39.7
Cystine	25.4	29.2	29.9	35.1
Asparagine	25.4	27.5	29.9	35.0
Ornithine	24.3	22.8	28.6	50.4
Valine	21.0	23.4	24.7	37.2
Isoleucine	19.4	21.6	22.9	33.0
Threonine	18.8	22.1	22.2	35.4
Serine	17.1	20.0	20.1	35.1
Methionine	15.0	19.6	17.6	30.0
Phosphoserine	10.1	12.0	11.9	15.3
a-AAA	8.5	9.7	10.0	11.5
Cystathionine	8.1	9.9	9.5	9.1
Ethanol amine	7.9	10.8	9.3	14.8
Hydroxylysine	7.0	9.3	8.2	12.0
PEA	6.0	6.6	7.0	7.7
Tryptophan	5.7	4.9	6.7	7.4
Taurine	4.9	5.1	5.8	6.0
Carnosine	4.8	5.6	5.7	4.1
β -Alanine	4.1	4.4	4.9	12.0
Citruline	2.5	1.8	3.0	4.3
b-AIBA	1.7	1.6	2.0	1.7
Anserine	0.0	6.1	0.0	7.8
Total(mg/kg-koji)	1153.2	1294.8	1356.7	1849.1

GABA ; γ -Amino n-butyric acid
a-AAA ; α -Amino adipic acid
PEA ; Phospho ethanol amine
b-AIBA ; β -Amino iso butyric acid

Table 9 Amino acid composition of koji made by *Sakekomati*

	Polishing rate(%)			
	40	50	60	70
Glutamine	208.7	214.1	229.5	246.1
Arginine	132.5	151.1	162.8	187.7
Glutamic acid	92.9	100.5	101.0	120.5
Lysine	67.0	72.1	89.9	91.4
Alanine	59.4	65.7	73.0	79.0
GABA	58.8	70.7	79.7	94.5
Tyrosine	55.4	70.6	85.8	77.6
Leucine	45.1	48.9	63.6	71.5
Ornithine	44.1	49.9	71.2	77.8
Aspartic acid	29.9	35.6	40.8	44.4
Histidine	27.3	31.4	34.6	33.4
Cystine	26.1	27.1	28.2	31.8
Phenylalanine	24.6	26.1	33.3	36.8
Urea	24.5	51.9	55.9	54.7
Asparagine	17.7	18.7	23.0	22.7
Methionine	16.8	16.4	19.0	22.1
Threonine	16.7	18.6	23.3	25.1
Serine	16.6	18.2	21.1	22.9
Valine	16.3	16.0	19.6	21.6
Proline	14.6	15.8	20.5	22.0
Isoleucine	14.4	14.7	17.5	20.4
Glycine	12.8	13.2	16.5	16.9
Phosphoserine	10.9	12.1	13.0	14.4
a-AAA	10.6	10.8	12.0	12.9
Hydroxylysine	8.7	8.6	8.1	10.0
Ethanol amine	7.3	6.7	7.1	6.7
PEA	6.4	9.1	10.0	10.2
β -Alanine	5.3	6.4	8.8	10.5
Carnosine	4.5	5.0	4.4	5.8
Taurine	3.9	4.4	4.9	4.9
Tryptophan	3.8	5.0	5.6	5.1
Citruline	1.1	1.0	1.8	1.3
b-AIBA	1.0	1.0	1.6	0.0
Cystathionine	0.0	7.4	2.6	7.4
Anserine	0.0	5.1	4.5	4.1
Total(mg/kg-koji)	1085.6	1229.8	1393.9	1514.1

GABA ; γ -Amino n-butyric acid
a-AAA ; α -Amino adipic acid
PEA ; Phospho ethanol amine
b-AIBA ; β -Amino iso butyric acid

Table 10 Amino acid composition of koji made by *Ginnosei*

	Polishing rate(%)			
	40	50	60	70
Glutamine	226.0	251.6	273.4	267.7
Arginine	209.5	250.5	252.1	270.7
Tyrosine	115.3	132.9	158.0	149.5
Glutamic acid	107.0	124.5	137.3	146.3
GABA	82.1	95.8	110.7	110.7
Lysine	85.3	91.2	102.0	102.1
Alanine	68.8	81.6	91.7	89.9
Urea	53.6	59.0	70.3	70.1
Leucine	48.9	58.9	66.7	70.7
Ornithine	42.1	52.3	66.5	62.7
Histidine	43.4	48.1	52.3	47.0
Phenylalanine	38.5	46.9	49.9	51.2
Aspartic acid	37.5	42.1	46.2	49.2
Cystine	25.2	30.9	34.6	35.4
Valine	18.5	22.8	22.6	23.4
Threonine	19.6	21.1	24.6	24.6
Isoleucine	15.4	20.0	20.4	21.2
Asparagine	17.8	19.1	22.7	24.4
Serine	17.3	19.0	21.8	23.3
Methionine	14.4	18.3	18.5	19.6
Proline	17.0	17.8	21.5	22.9
Glycine	14.5	16.5	18.1	17.7
Phosphoserine	12.1	14.8	16.3	16.3
a-AAA	12.2	13.5	15.3	15.0
PEA	9.2	12.2	14.1	14.5
Hydroxylysine	6.9	9.9	10.7	11.2
β Alanine	7.2	8.8	10.7	11.9
Tryptophan	7.2	8.0	9.2	9.4
Cystathionine	2.3	7.7	3.1	2.9
Ethanol amine	6.6	7.2	7.8	6.9
Taurine	7.7	7.0	6.9	6.2
Anserine	12.2	5.7	4.4	4.9
Carnosine	4.7	5.7	6.2	5.9
b-AIBA	2.2	1.9	2.4	2.2
Citruline	1.3	1.2	1.6	1.0
Total(mg/kg-koji)	1409.4	1624.4	1790.6	1808.4

GABA ; γ -Amino n-butyric acid
a-AAA ; α -Amino adipic acid
PEA ; Phospho ethanol amine
b-AIBA ; β -Amino iso butyric acid

Table 11 Variance analysis of amino acid composition

Amino acid	Variety of rice Polishing rate			
	F ₀	Judge	F ₀	Judge
Glutamine	3.3	—	0.6	—
Arginine	63.2	***	11.4	**
Glutamic acid	13.6	**	3.1	—
Lysine	3.8	—	6.6	*
Alanine	2.3	—	3.3	—
GABA	4.2	*	7.8	**
Leucine	0.8	—	7.4	**
Tyrosine	124.1	***	13.4	**
Urea	5.1	*	7.0	**
Proline	7.3	**	1.7	—
Aspartic acid	2.2	—	4.8	*
Asparagine	5.7	*	0.9	—
Cystine	1.6	—	6.8	*
Glycine	11.1	**	1.0	—
Phenylalanine	13.8	**	6.6	*
Histidine	96.0	***	8.6	**
Threonine	1.7	—	5.9	*
Valine	3.2	—	3.6	—
Serine	0.9	—	5.4	*
Isoleucine	4.0	*	4.4	*
Ornithine	18.7	**	9.9	**
Methionine	1.2	—	5.0	*
a-AAA	5.8	*	0.6	—
Phosphoserine	4.3	*	5.6	*
Ethanol amine	5.8	*	2.0	—
Cystationine	4.8	*	2.4	—
Hydroxylysine	2.7	—	5.1	*
Taurine	11.1	**	0.2	—
Tryptophan	25.4	***	4.5	*
Carnosine	1.6	—	1.4	—
PEA	23.0	***	6.7	*
β-Alanine	6.1	*	15.6	***
Citruline	6.6	*	1.8	—
b-AIBA	7.6	**	1.3	—
Anserine	1.9	—	0.1	—

Judgment is the same as that shown in Table 2.

- GABA ; γ-Amino n-butyric acid
- a-AAA ; α-Amino adipic acid
- PEA ; Phospho ethanol amine
- b-AIBA ; β-Amino iso butyric acid

の3次元的な状況が、さらに基質の周りの水分濃度が酵素・基質複合体の形成や反応速度に大きく影響し、酵素活性量とともに反応速度に大きく関わっていることが考えられる。著者らは、品種や精米歩合によって蒸米内部の酵素反応が行われる場所の3次元的な状況や水分濃度が大きく異なり、麴菌は酵素反応が容易に進みやすい品種では酵素生産は少なく、酵素反応が進み難い品種では酵素生産が多いと考えた。また、麴中のグルコースやアミノ酸などの代謝産物は麴菌が増殖に利用した残りであり、酵素反応による生成量と密接な関係があり、生成量が少なく残りも少ないと考えて考察を行った。以下に品種の影響、精米歩合の影響について分けて考察する。

(1) 麴菌の代謝産物生産に対する品種の影響

麴菌の増殖量に品種の影響は見られないが、酵素生産ではタンパク質分解酵素活性に品種の影響が大きく認められた(危険率0.1%で有意)。これは前報²⁾で報告したように品種の違いによってグルテリン、グロブリン、プロラミンなどの組成が異なることが影響しており、山田錦は易消化性タンパク質含有量が少ないため麴菌はタンパク質分解酵素を多く生産したものと推論される。麴中のアミノ酸含有量は危険率1%で品種の影響が見られ、山田錦の麴中のアミノ酸含有量が少なかったことは山田錦の麴中のタンパク質が酵素分解され難いタンパク質であることを裏付けているものと考えられる。秋田県で新しく開発された秋田酒こまちも麴中のアミノ酸量が少なく山田錦とほぼ同等であった。品種の影響が認められたアミノ酸はアルギニン、チロシン、ヒスチジン、トリプトファンが危険率0.1%で、グルタミン酸、プロリン、グリシン、フェニルアラニン、オルニチンが危険率1%で有意差が認められた。山田錦の麴はグルタミンだけが圧倒的に多く、2番目のアルギニン以下のアミノ酸量含有量が他の品種に比べて少ないという特徴が認められた。グルタミンが麴中に多量に生産される理由は、麴菌のアミノ酸代謝によって生じたアンモニアをグルタミン合成酵素によりグルタミンのアミド窒素として速やかに除くため⁹⁾と考えられる。アルギニン、ヒスチジン、フェニルアラニンなどは苦味アミノ酸で、チロシンは酵母に取り込まれ苦味物質であるチロソールになることが知られているアミノ酸であるが、これらは精米歩合が低くなると低下すること、山田錦の含有量が少ないこと、

を考え合わせると製成酒の品質との関連で興味深い。

(2) 麴菌の代謝産物生産に対する精米歩合の影響

麴菌の増殖量は精米歩合の影響は見られないが、酵素生産では α -アミラーゼは危険率0.1%、グルコアミラーゼは危険率1%で精米歩合の影響が大きく認められた。タンパク質分解酵素生産には精米歩合の影響が認められなかったが、麴のアミノ酸含有量は精米歩合の影響が認められ、精白が高くなるほどアミノ酸含有量は低下した。この理由は、高精白になるに従って蒸米中のタンパク質含量が低下するため酵素活性が同じでも基質濃度が低下したためアミノ酸含有量の生成が少なくなったと推論される。山田錦は他の品種に比べて特徴的で精米歩合が70%と高い場合もアミノ酸含有量が少ない。山田錦は酸性カルボキシペプチダーゼ活性が高い (Table 3) にもかかわらずアミノ酸含有量が低く、さらに精米歩合の影響が小さいという結果は山田錦のタンパク質は麴菌のタンパク質分解酵素で分解され難い難消化性タンパク質含量が多い²⁾ためと考えられる。他の品種は精米歩合とアミノ酸含有量の関係が顕著であり、精白が高まるとアミノ酸含有量が低下する。秋田酒こまちは精米歩合が50%以下になるとアミノ酸含有量が山田錦と同等になる。アミノ酸組成をみると、前述の様に山田錦の麴のアルギニン含有量は極端に少ない。他の品種は精米歩合を40%としても山田錦70%の麴の含有量よりも多い。アルギニンは蒸米を麴の酵素で消化した際に最も多量に生産するアミノ酸であり⁶⁾、酵母の増殖により減少するアミノ酸である⁷⁾。山田錦の麴が少なく他の品種が多い理由は山田錦のタンパク質が難消化性であり生成するアミノ酸含有量が少なく、麴菌増殖に使われた後の残りが少なかったためと考えられる。これらの事実から高級酒の醸造が酒造好適米を高精白して使われる理由は麴のアミノ酸含有量とその組成が製成酒の品質に大きく影響しているためでないかと考えられる。麴中のアミノ酸組成と製成酒の品質との関連については今後検討する予定である。

要 約

製麴において麴菌の増殖、酵素生産、代謝物生産に及ぼす品種と精米歩合の影響を調べるため2要因4水準の実験計画に基づいて製麴を行い、二元配置の分散分析法で解析した結果、以下の知見が得られた。

1. 麴菌の増殖に及ぼす品種、精米歩合の影響は、ともに統計的に有意差が見られなかった。
2. 酵素活性に及ぼす影響は、 α -アミラーゼ、グルコアミラーゼ、酸性ホスファターゼに対しては精米歩合の影響が大きく、高精白になるほど活性が低くなった。酸性プロテアーゼ、酸性カルボキシペプチダーゼ生産には品種の影響が大きく、精米歩合の影響は認められなかった。
3. 麴中のアミノ酸含有量に対しては、品種・精米歩合とも危険率1%で有意差が認められた。山田錦の麴はアミノ酸含有量が少なく吟の精の麴は多かった。高精白になるほどアミノ酸含有量は少なくなった。
4. 麴中のアミノ酸で品種と精米歩合の影響が有意であったアミノ酸は、アルギニン、チロシン、フェニルアラニン、ヒスチジンなどの苦味アミノ酸であり、山田錦の含有量が少なく、高精白になるほど含有量は少なかった。

終わりに、奨学研究費を援助いただきました秋田県酒造組合にお礼を申し上げます。

文 献

- 1) (財)日本醸造協会編、増補改定清酒製造技術第6版、130頁 (1998)
- 2) 岩野君夫、中沢伸重、伊藤俊彦、高橋仁、上原泰樹、松永隆二；醸協、96(12)、857-862 (2001)
- 3) 岩野君夫、中沢伸重、伊藤俊彦、高橋仁、上原泰樹、松永隆二；醸協、97(7)、522-528 (2002)
- 4) 岩野君夫、中沢伸重、伊藤俊彦；醸協、97(12)、865-871 (2002)
- 5) 日本生化学会編、細胞機能と代謝マップI、第2刷118頁 (1997)、東京化学同人
- 6) 布川弥太郎、飯塚尚彦、岩野君夫、斉藤和夫；醸協、76(4)、267-271 (1981)
- 7) 岩野君夫、飯塚尚彦、斉藤和夫、布川弥太郎；醸協、76(4)、272-275 (1981)