

〔生物工学会誌 第72巻 第6号 443-451. 1994〕

地球上における穀物麹, 穀物酒の発生

山下 勝*・吉松 孝

名城大学農学部農芸化学科
〒468 名古屋市天白区塩釜口1-501

(平成5年11月19日受付 平成6年8月18日受理)

The appearance on Earth and development of cereal *koji* and cereal alcoholic beverages.
MASARU YAMASHITA* and TAKASHI YOSHIMATSU (Department of Agricultural Chemistry,
Faculty of Agriculture, Meijo University, 1-501 Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya 468)
Seibutsu-kogaku 72: 443-451, 1994.

In the Orient, alcoholic beverages produced from cereals have traditionally been made using fungi, whereas in the West malt has generally been employed. The origin of cereal-grain liquors made using either fungi or malt is, however, obscure. In this study, we attempted to elucidate the appearance and development of cereal *koji* and cereal alcoholic beverages made using fungi and malt. When relatively small amounts of water (20~50% of the material) were added to cereal grain in a vessel, the growth of fungi was observed on the grain; we assume this represents the manner in which cereal *koji* first appeared on Earth. When moderate to large amounts of water (75~200% of the material) were added to cereal grain, CO₂ was produced but the alcohol content of the *moromi* formed by this fermentation was always below 1%. When small amounts of water (20~30% of the material) were added to cereal grain powder, *Aspergillus* species showed excellent growth compared with the growth of other fungi, but when the amount of water added to the powder was increased to 30~50% of the material, growth of *Rhizopus* *Mucor* species was dominant. However, if the *koji* making was carried out with stirring, even when water was added at 30~50% *Aspergillus* species remained dominant. We concluded that stirring and the addition of a small amount of water (20~30%) during the course of *koji* making were the causes of the dominance of *Aspergillus* species in Japanese *koji*. When moderate to large amounts of water (75~200% of the material) were added to cereal powder *koji*, the fermentation of the yeast continued longer and the alcohol content of the *moromi* rose to 1~3%; this would be how the regular production of cereal fungus alcoholic beverages made its appearance. When mashing was done after sprouting of the cereal grain and water was then added (75~200% of the material), the yeast fermentation continued longer and the alcohol content of the *moromi* was 1~2%; this would represent the appearance of sprouting cereal beverages.

穀物を原料とする酒の発生は非常に古く、エジプトの壁画、メソポタミヤのハムラビ法典などにより紀元前に盛んに製造されていたことが知られている。^{1,2)} 東洋においても、中国における儀狄、杜康の伝説などにより紀元前からの存在が分かっている。^{1,3-8)} しかし、文字化された記録が残されていない古代の酒の製造法は伝説のみで、その実体についてはまったく不明であ

る。さらに穀物酒の地球上における発生状況については、皆目見当がついていないのが現状である。そこで、本研究は生の穀物を用い、原始的と考えられる手法で穀物酒を製造し、穀物酒の発生、麹の発生、穀芽酒の発生、カビ酒の発生などについての検討を行った結果、種々の知見が得られたので報告する。

実験方法

原料 原料穀物として、赤米、小麦、大麦、シコ

* 連絡先, Corresponding author.

クビエ、粟、高粱、大豆、小豆、緑豆を使用した。穀類以外にも甘藷、馬鈴薯、里芋、山芋を使用した。豆類、芋類は市販のものを購入し、それら以外は名城大学付属農場で生産したものを使用した。試験は、原料穀物を粒のまま使用する場合と、粗粉碎し粉状で使用する場合の2通りで試験した。芋類はすりおろして試験した。また原料は生のまま使用する場合、100°C、40分常圧で蒸す場合、アルミ鍋に入れ弱いガスバーナーで約10分焙焼する場合の3通りの試験をした。

糸状菌の増殖 生穀物に10～75%加水し、容器に入れ、27°Cに静置保存した。容器は原料(30～50g)の約5、6倍容量の綿栓付200～300 ml三角フラスコ、二重ガーゼで蓋をした300 mlビーカー、または径9 cmの蓋付シャーレ(使用穀物量15～20 g)を使用した。蒸穀物の場合には、シードとして、赤米、小麦から分離した *Aspergillus* 属、*Rhizopus* 属菌の試験管斜面培養胞子の生理食塩水懸濁液($10^3 \sim 10^4$ /ml)各0.25 mlを接種し、攪拌した後、27°Cの室内に静置した。シャーレは発泡スチロール製の箱(縦12 cm、横20 cm、深さ12.5 cm)に8～12枚を入れ、蓋をし、27°Cの室内に保存した。糸状菌増殖中の品温は、徐々に上昇させ、4日目まで最高温度40°Cにした。攪拌後の品温は30°C台に維持した。団子麴は、粗碎穀物粉(30 g)に60～80%加水し、円盤状(径4 cm)に成形した後、径20 cmのガラスシャーレに入れ、27°Cの室内に保存した。団子麴製麴中の最高温度は40°C、製麴日数は12～20日とした。シトギ麴は、玄赤米を一夜(約16 h)十分量の井水に浸漬し、簡単な水切り後、乳鉢にてすり潰し、30 gで団子を作り、米が露出しないように全面を稲藁で包み、上下を稲藁で縛り、27°Cの室内に12～20日保存した。シャーレ麴および団子麴製麴中の環境湿度は94～96%および97～100%の2種類用いた。環境湿度97～100%の時は、スチロール箱および大形シャーレ内に殺菌水100 mlで湿らせたガーゼを入れ、湿度を維持した。湿度の測定は佐藤(株)製Palma精密級湿度計を用いた。

醪の製造 1) 回分発酵：原料は30 gまたは50 g、加水量は70～200%とし、醪は27°Cの室内に静置し、1日1回スパチュラで攪拌を行った。醪日数は5～15日とした。醪容器は原料の4～6倍容量の綿栓付三角フラスコ、または二重ガーゼで覆いをした上に小穴を多数あけたアルミホイルで覆ったビーカーを用いた。2) 醪法：麴、穀物、汲水150%の第一次醪を発酵させ、10日後に搾り、搾液を汲水(150%)とし、麴および穀

物を加えて第二次醪を造り、この醪を10日間発酵させた。引続き搾液を汲水(150%)とし、同様の仕込、発酵を5～6回行った。3) 醪法：麴、穀物、汲水150%の第一次醪を発酵させ、10日後さらに第一回目と同量の麴、穀物、汲水を加え第二回目の発酵を行った。以後同様な仕込、発酵を4～5回続けた。4) 連醸法：麴、穀物、汲水150%で醪を仕込み、10日間発酵の後、半量を分けて搾り、残りの醪に前回の半量の仕込を行い、発酵を継続した。以後同様な仕込、発酵を4～5回行った。醪仕込における麴対掛穀物の比は常に1:1とし、原料は粗碎穀物粉を用いた。醪法の場合は発酵ごとに醪量が少なくなるため、第一回目の仕込は麴70 g、穀物70 g、汲水210 mlを用いた。醪の圧搾は、醪を木綿袋につめ人力で搾った。

酵素活性の測定 α -アミラーゼ活性⁹⁾、酸性プロテアーゼ活性¹⁰⁾は国税庁所定分析法に従った。

成分分析 1) 酸度、¹¹⁾還元糖¹²⁾の定量は国税庁所定分析法に従った。2) アルコールの定量：醪サンプル10 gに蒸留水90 mlを加え、加熱蒸留を行い、留液50 mlについてガスクロマトグラフによって定量した。クロマト条件：日立製作所GC-263-30, Column 10% PEG-20M on Chromosorb, Temp. 110°C, Carrier Gas N₂, 40 ml/min, Detector FID。

酵母、糸状菌、細菌数の測定 穀類1 gまたは穀類加水醪1 mlを99 mlの殺菌生理食塩水に加え、よく攪拌し、順次希釈を行い、この希釈各段階から一定量をシャーレにとり、酵母および糸状菌は、ポテトデキストロース培地(ポテト浸出液末4 g、ブドウ糖20 g、アンピシリン50 mg、クロラムフェニコール100 mg、寒天15 g/l, pH 5.6)、細菌は改変L培地(ポリペプトン5 g、酵母エキス5 g、NaCl 5 g、グルコース1 g、ナイスタチン50 mg、シクロヘキシイミド50 mg、寒天15 g/l, pH 7.2)を注ぎ、27°C、3日培養後菌数を測定した。

酵母および細菌のCO₂ガス発生 Durham管入りMY液体培地(酵母エキス3 g、麦芽エキス3 g、ポリペプトン5 g、ブドウ糖10 g/l, pH 6.0)を用い、MY寒天斜面培地に2日間前培養した酵母および細菌—白金耳を接種し、27°C、7日間静置培養を行い、CO₂発生の有無を判定した。

糸状菌分生子着生力の測定 小麦から分離した *Aspergillus* sp. および *Rhizopus* sp. を使用した。分生子着成培地として Czapeck 培地(NaNO₃ 2 g, K₂HPO₄ 1 g, MgSO₄·7H₂O 0.5 g, KCl 0.5 g, FeSO₄·7H₂O

0.01 g, ブドウ糖 30 g, 寒天 15 g/l, pH 6.0), MY 寒天培地, 蒸粗砕赤米粉, 蒸粗砕小麦粉を使用した. Czapeck 培地, MY 培地培養の場合は, 試験 10 ml 斜面培地に分生子懸濁液 ($10^3 \sim 10^4$ /ml) 0.5 ml 接種し, 27°C 5日間培養し, 培養5日目に殺菌生理食塩水 5 ml を入れ, よく振り取り出す操作を2回行い, 10 ml にフィルアップし, 測定試料とした. 蒸粗砕赤米粉, 蒸粗砕小麦粉培養の場合は, シャーレに蒸穀物 20 g を入れ, 分生子懸濁液 0.5 ml を接種し, よく攪拌し, 蓋をし, 発泡スチロール箱に入れ, 製麹5日したもの, およびこの麹を攪拌し, さらに4日培養したものを試料とした. 糸状菌数の測定は, 上記各サンプルから 1 ml または 1 g をとり, 殺菌生理食塩水 99 ml に入れ, よく混合し, 順次希釈を行い, 希釈各段階から一定量をシャーレにとり, MY 寒天培地を注ぎ, 27°C で培養した. *Rhizopus* は 36 h, *Aspergillus* は 48 h 培養後の糸状菌数を計測した.

実験結果および考察

穀物への加水量と糸状菌の増殖, CO₂ ガス発生
生穀物, 生粗砕穀物粉に加水し, 27°C に保温すると, Fig. 1 に示すように, 加水量20~60%で糸状菌が増殖し, 加水量75%以上では CO₂ ガスの発生のみが認められ, 加水量60~75%では, 糸状菌の増殖および CO₂ ガスの発生が並行して認められた. ただし, いずれもアルコール生成量は1%以下であった. 蒸穀物は水分が多い(水分45~50%)ため, 無加水で糸状菌が増殖し, 50%加水で CO₂ ガスが発生した(生穀物粉3%をシードとした場合). 煎穀物は水分が少ない(1~2%)ため, 加水量35~75%で糸状菌の増殖があり, 加水量90%以上で CO₂ ガスが発生した(生穀物

粉3%をシードとした場合). 加水量20~50%で糸状菌を増殖させた場合, 生穀物粒にくらべ, 生粗砕穀物粉では糸状菌の増殖が顕著に良くなった. これは, 田中ら¹⁵⁾も述べているように穀物粒における堅い皮による糸状菌の増殖阻害が減少したためと推察された. 豆類は赤米, 小麦と同じ傾向を示し, 加水量20~50%で糸状菌の増殖があり, 75%以上では CO₂ ガスが発生した. ただし, アルコール生成量はいずれも1%以下であった. 芋類は水分が多い(さつま芋68%, ジャガイモ80%, さと芋83%, なが芋82%)ため, すりおろしただけで CO₂ ガスが発生したが, アルコール生成量は1%以下であった. 芋類では, 穀物粒や粗砕穀物粉で見られたような少量加水で糸状菌が増殖する現象は認められなかった.(これ以後, 穀物に糸状菌の増殖したものを麹と定義して使用する.)

生穀物麹に増殖する微生物および麹の酵素活性

生粗砕穀物粉に30~60%加水し, 30°C に保温すると, 2~3日で *Mucor*, *Rhizopus* 属などの毛かび類が全面に増殖し, 1, 2日遅れて *Aspergillus* 属や他の糸状菌類が *Mucor*, *Rhizopus* 属菌叢の下部に増殖した. 穀物粒の場合は, 粗砕穀物粉の場合ほど顕著ではないが, 粗砕穀物粉に似た糸状菌の増殖を示した. これらの麹の α -アミラーゼ力, プロテアーゼ力は Table 1 に示すように, 生粒麹よりも生粗砕粉麹の方が顕著に高かった. 穀物の中では, 小麦, 大麦, 大豆, 小豆などの酵素活性が高く, 赤米, しこくびえ, きび, あわなどの酵素活性は低かった. 麹は酒類発酵において原料穀物の分解剤として重要な役割を持っているので, 麹酵素活性の高い小麦, 大麦, 大豆, 小豆などが古代麹原料として, 他の穀類よりも優先的に利用された可能性がある^{5,7)}と推定された.

Water added		Growth of fungi and CO ₂ production								
Material		0	10	20	30	50	75	100	150	200(%)
Red rice	raw grain	—	—	△	△	△	●	■	■	■
	raw powder	—	—	△	△	△	●	■	■	■
	steamed powder*	△	△	△	△	●	■	■	■	■
Wheat	raw grain	—	—	△	△	△	■	■	■	■
	raw powder	—	—	△	△	△	●	■	■	■
	steamed powder*	△	△	△	△	●	■	■	■	■

Fig. 1. Effect of water addition to red rice and wheat on fungi growth and CO₂ production. Materials were incubated for 14 d at 27°C after water addition. Symbols: —, no growth of fungi and no CO₂ production; △, growth of fungi; ●, growth of fungi and CO₂ production; ■, CO₂ production. * Raw powder (1% of material) was used for seed.

Material	Water added	Growth of fungi and CO ₂ production							
		0	10	20	30	50	75	100	150(%)
Soybean powder		—	—	△	△	△	●	■	■
Azuki bean powder		—	—	△	△	△	●	■	■
Green bean powder		—	—	△	△	△	●	■	■
Sweet potato paste		■	■	■	■	■	■	■	■
Potato paste		■	■	■	■	■	■	■	■
Taro paste		■	■	■	■	■	■	■	■
Yam paste		■	■	■	■	■	■	■	■

Fig. 2. Effect of water addition to bean powder and potato paste on fungi growth and CO₂ production. Materials were incubated for 14 d at 27°C after water addition. Symbols: —, no growth of fungi and no CO₂ production; △, growth of fungi; ●, growth of fungi and CO₂ production; ■, CO₂ production.

穀物、加水穀物中の微生物の種類、数 殻付き穀物（赤米、大麦、シコクビエ）の糸状菌数は $10^3 \sim 10^4$ /gで、酵母数は $10^3 \sim 10^4$ /gであった。殻を取ると菌数が減少し、糸状菌、酵母とも $10^2 \sim 10^3$ /gとなった。殻のついていない穀物（小麦、粟、高粱、大豆、小豆）は糸状菌、酵母ともに $10^2 \sim 10^3$ /gであった。*Mucor*, *Rhizopus* 属は *Aspergillus* 属よりも1～2オーダー少なかった。穀物に存在する酵母の大半は非発酵性酵母であった。穀物粒、粗砕穀物粉に75～200%加水し、27°Cに保温した場合および芋類をすりおろして27°Cに保温した場合、必ずCO₂ガスが発生したので、加水穀物、すりおろし芋中の微生物を調べたところ、すべてに $10^8 \sim 10^9$ /mlの細菌と $10^6 \sim 10^8$ /mlの酵母が存在した。存在する細菌の60～70%がCO₂ガス発生菌であったが、酵母のうちCO₂ガス発生菌は10%以下であった。したがって、ガス発生の主体は細菌であると推定された。

毛カビ属麹と黄麹属麹の発生 穀物に30～50%加水し保温すると、まず *Mucor*, *Rhizopus* 属が先に増殖し、次いで *Aspergillus* 属が後から増殖する現象がすべての穀物で見られ、一方のみが増殖するものは認められなかった。現代の中国麹が *Mucor*, *Rhizopus* 型麹で、日本の麹は *Aspergillus* 型麹であるという分化は、どのような製造技術の発生に由来するかを知るために、どちらか一方が優先的に増殖する製麹条件試験を行った。まず、粗砕小麦粉、粗砕赤米粉を用い、加水量を10, 20, 30, 40, 50, 60%に変え、30°Cに保温したところ、加水量10%では、ほとんど糸状菌の増殖は認められなかったが、加水量20%で *Aspergillus* 属優先型麹となった。加水量30%以上では、*Mucor*, *Rhizopus* 属が先に増殖し、次いでその菌叢の下部に *Aspergillus* 属が増殖する混合増殖型となった。ただし見かけ上は、表面全部を *Mucor*, *Rhizopus* 属菌糸が覆っているので、*Mucor*, *Rhizopus* 属優先型麹である (Fig. 3, 4)。穀物を

Table 1. α -Amylase and acid protease activities of cereal *koji*.

Material	α -Amylase activity (u/g <i>koji</i>)	Acid protease activity (u/g <i>koji</i>)
Red rice grain <i>koji</i>	34	255
Red rice powder <i>koji</i>	284	2280
Wheat grain <i>koji</i>	286	495
Wheat powder <i>koji</i>	1536	10860
Barley grain <i>koji</i>	391	395
Barley powder <i>koji</i>	1032	5218
Finger millet grain <i>koji</i>	53	516
Finger millet powder <i>koji</i>	556	5860
Soybean powder <i>koji</i>	672	6035
Green bean powder <i>koji</i>	821	6784

Grain and powder *koji*s were incubated for 7 d at 27°C and 4 d at 27°C, respectively.

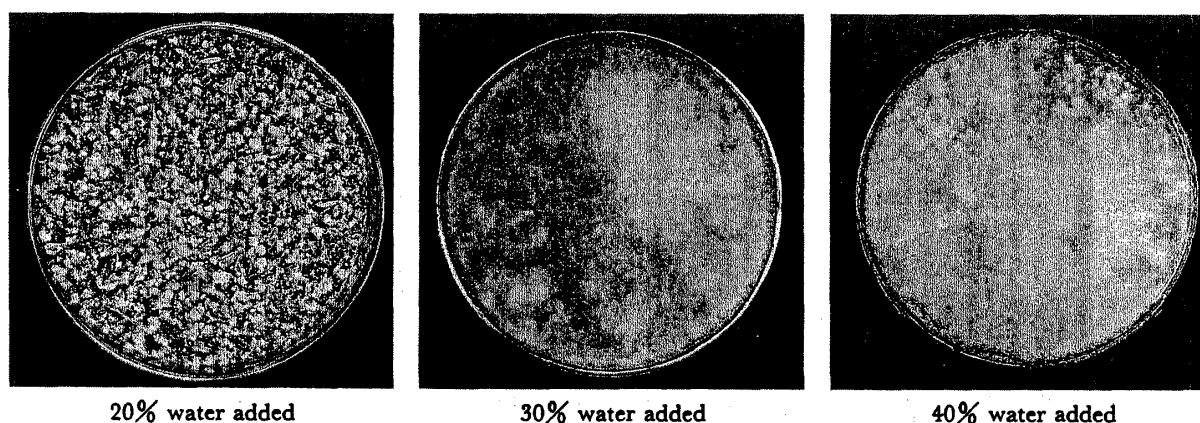


Fig. 3. Effect of amount of water added on the growth of fungi on red rice powder.

加水量40%, 30°Cで保温製麹し, 2日目と4日目または4日目と7日目に2回ずつ攪拌を行ったものと攪拌を行わないものとの比較試験を行った。攪拌を行わないものは *Mucor*, *Rhizopus* 属, *Aspergillus* 属混合型麹となったが, 2回ずつ攪拌を行ったものはすべて *Aspergillus* 属優先型麹となった (Fig. 5)。蒸米では *Rhizopus* 属の増殖が悪くなり, *Aspergillus* 属の増殖が良くなるという報告¹³⁻¹⁵⁾があるので, 蒸穀物に種麹とし *Aspergillus* 孢子, *Rhizopus* 孢子を接種, 製麹し, 加水量と攪拌の影響を調べた。その結果, 蒸穀物でも穀物中の水分45% (加水量30%に相当) 以下では, *Aspergillus* 属優先型麹となり, 水分45%以上では *Rhizopus* 属が先に増殖し, 後から *Aspergillus* 属が増殖する混合型麹となった。しかし, 製麹途中に攪拌を行うと *Aspergillus* 属優先型麹になった。これらの現象は焙焼した穀物の場合も同様の傾向が認められた。田中らの実験^{13,14)}で *Rhizopus* 属の増殖が悪くなるのは精白米を使用し, 蒸した場合のみであり, 玄米では起きていない。本実

験では玄赤米, 玄小麦を使用しているの, 加熱によるタンパク変性のためのN源不足による *Rhizopus* 属の増殖阻害^{13,14)}は起きなかったものと推定された。日本の古代穀物麹について, 伊藤^{16,17)}が「シトギを稲藁で包んでおくとカビがはえる。このカビの生えたタガネが古代麹であり, この方法は稲作伝来とともに渡来した。」と述べている。秋山¹⁸⁾もこの点について言及している。これは団子麹が日本に渡来したということであるが, 稲藁が糸状菌シードの役目をしていると考えられるので, シトギを稲藁で包み, 試作をしたところ, *Mucor*, *Rhizopus* 属優先, *Aspergillus* 属混合型麹となった。シトギ水分は50~60%であり, 稲藁は *Rhizopus* 属が比較的多かった。

糸状菌増殖に対する環境湿度, アミノ酸添加, 分生子着生力の影響 生粗碎穀物粉を原料とし, 40%加水, 30°C保温製麹する時, ポリペプトン (0.005%) を添加すると *Aspergillus* 属, *Rhizopus* 属ともに菌糸の増殖が良かったが, 両者の分生子形成力にはほとんど

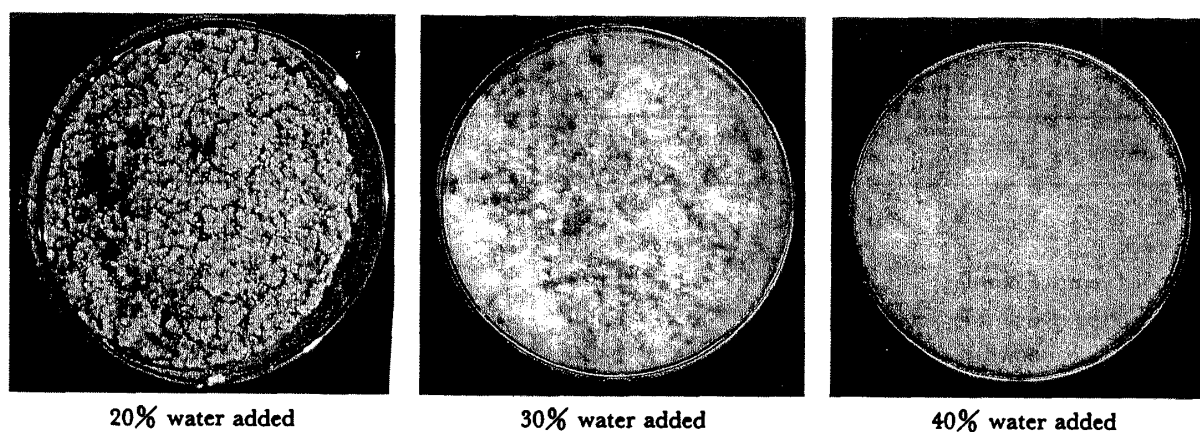


Fig. 4. Effect of amount of water added on the growth of fungi on wheat powder.

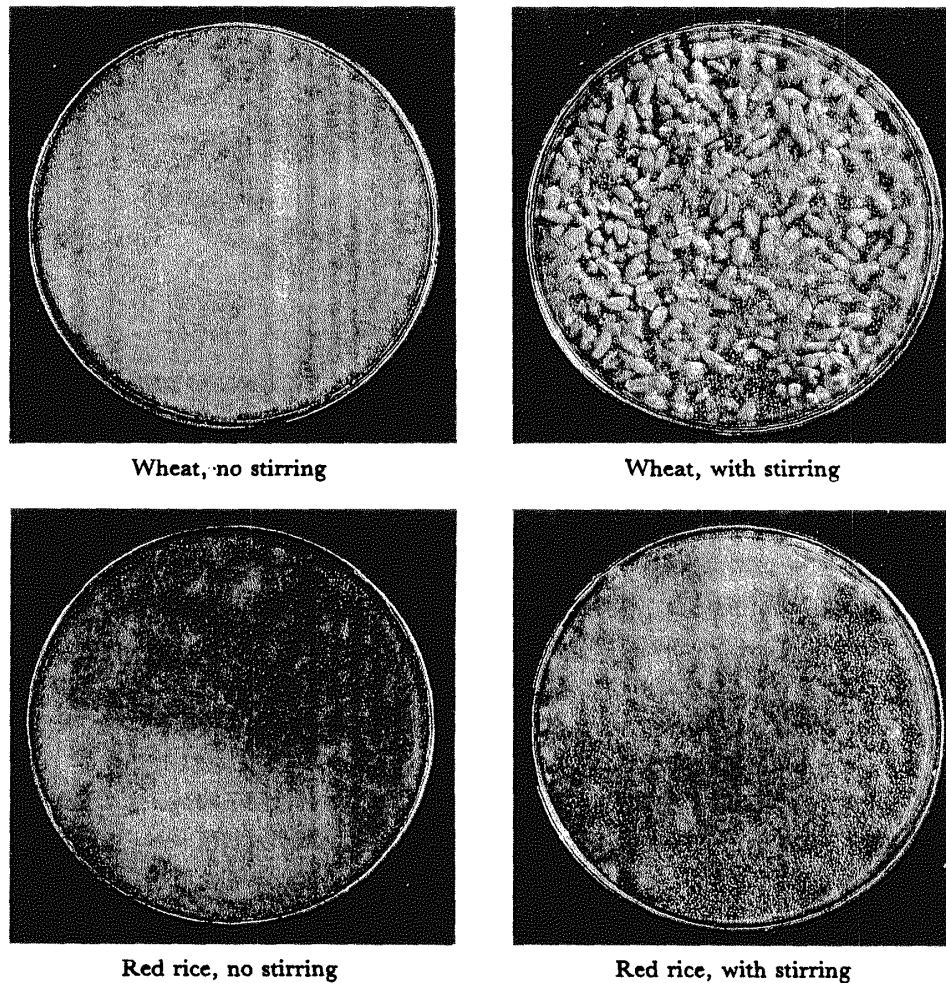


Fig. 5. Effect of stirring on the growth of fungi on red rice and wheat with 30% water addition.

ど影響が無かった。Table 2にあるように、*Aspergillus* 属のほうが分生子形成力が強く、Czapeck 培地 (*Rhizopus* 属の増殖が非常に悪い)、攪拌後穀物麴では *Rhizopus* 属の分生子形成が特に悪くなった。環境湿度97~100%の条件下では、94~96%の時に比べ

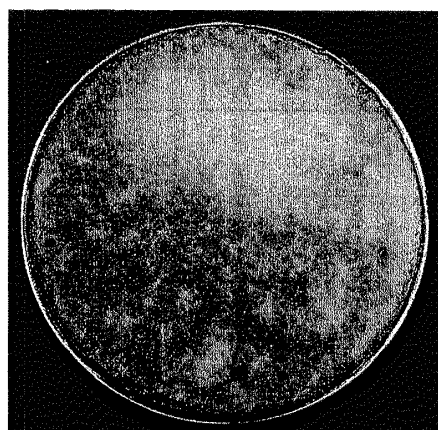
Rhizopus 属菌糸の増殖が非常に良くなった。そのために製麴中4日目ごと2回の攪拌では、環境湿度94~96%の時見られたような *Aspergillus* 属優先麴とはならなかった。これらの結果から、穀物麴で攪拌によって *Aspergillus* 属優先麴が生成したのは、水分が

Table 2. Spore numbers of *Aspergillus* sp. and *Rhizopus* sp. grown on MY medium, Czapeck medium, red rice powder and wheat powder.

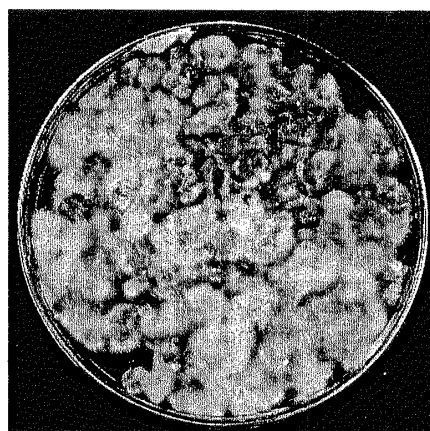
Medium	Number of <i>Aspergillus</i> sp. spores (/g)	Number of <i>Rhizopus</i> sp. spores (/g)
MY	3×10^8 *	3×10^6 *
Czapeck	5×10^7 *	1×10^3 *
Steamed red rice powder	2×10^8	5×10^5
Steamed red rice powder after agitation	1×10^7	3×10^3
Steamed wheat powder	4×10^8	8×10^5
Steamed wheat powder after agitation	1×10^7	5×10^3

Medium and *koji* were incubated for 5 d at 27°C.

* Spore number of 1 slant (10 ml medium).



Steamed red rice powder
(*Aspergillus* spores.... 10^3 /g,
Rhizopus spores.... 10^2 /g seeded)



Steamed wheat grain
(*Aspergillus* spores.... 10^3 /g,
Rhizopus spores.... 10^2 /g seeded)

Fig. 6. Effect of steaming on the growth of fungi on red rice and wheat.

45%(加水量30%)以下、環境湿度94~96%では、*Aspergillus* 属のほうが増殖力、分生子着生力が強いことが主原因であったと推定された。

穀芽酒の発生 生穀物粒に60~150%加水し、27°Cに保温すると、発芽、発根、CO₂ガスが発生するが、生成アルコール量は1%以下であった。しかし、発芽途中(7日目頃少し出芽が始まった時)に潰し、発芽、発根を止めると、アルコール2~3%が生成した。これが穀芽酒の発生と推定された。これは花井の中国古代酒に関する報告¹⁹⁾と一致する結果である。潰さないと発芽、発根がいつまでも続き、穀物デンプンの大半は発芽、発根に消費され、発酵に利用されないため、アルコール生成量が少なくなると推定された。

カビ酒の発生 生粗砕穀物粉を加水30~40%、30°C、3~4日保温製麹した麹に75~200%の加水を行うと発酵が活発に行われ、アルコールが4~5%生成した。しかし、12日間保温製麹し、糸状菌を十分増殖させた麹では、アルコール生成量は1%前後に減少

Table 3. Effect of grinding of sprouting grains on alcohol content of sprouting grain *moromi*.

Material	Alcohol content (v/v %)	
	No grinding	Grinding
Red rice grain	0.4	2.2
Wheat grain	0.6	2.8
Finger millet grain	0.3	1.9

Sprouting grains were ground at 7 d after water addition. *Moromi* was added with water (150% of grain weight) and the material was fermented for 10 d at 27°C.

した。3~4日目の若麹の場合は、あまり高くはないが必要量の酵素活性があり、かつ糸状菌の増殖が不十分なため、麹中にデンプンが多量に残存している。これに加水すると、酵素によるグルコースの生成、酵母によるアルコール発酵が並行しておきたと推察された。長期間麹(12日)にはデンプンの残存が少ないため、アルコール発酵の基質となるグルコース生成が不十分であったと推定された。以上の結果から、前述の若麹に加水75~200%という製造条件が、本格的なカビ酒(第一型)発生であると推察された。生粗砕穀物

Table 4. Alcohol content of *moromi* fermented with various kinds of *kojis* or *koji* with grain powder.

Material		Alcohol content (v/v %)
Redrice	3-day <i>koji</i>	4.2
	12-day <i>koji</i>	0.9
	14-day dumpling <i>koji</i>	2.6
	12-day <i>koji</i> +raw powder*	2.9
	12-day <i>koji</i> +steamed powder*	4.6
Wheat	3-day <i>koji</i>	5.1
	12-day <i>koji</i>	0.7
	14-day dumpling <i>koji</i>	2.2
	12-day <i>koji</i> +raw powder*	3.3
	12-day <i>koji</i> +steamed powder*	5.0

Moromi was added with water (150% of *koji* or *koji* plus grain powder weight) and the material was fermented for 12 d at 27°C.

* *Koji*: raw or steamed powder=1:1. *Kojis* were made with raw grain powder.

Table 5. Alcohol contents and acid values of *moromi* fermented by the *Shiori* and *To* processes.

Process	Material	Alcohol content (v/v %)				Acid value (ml)			
		1st*	2nd*	3rd*	4th*	1st*	2nd*	3rd*	4th*
<i>Shiori</i> **	Red rice	0.3	2.3	4.8	4.6	9.9	13.0	13.4	13.0
	Wheat	0.4	3.9	6.8	7.8	16.5	14.2	11.0	10.5
<i>To</i> **	Red rice	0.2	1.2	2.2	2.6	5.6	8.9	9.5	10.5
	Wheat	0.5	3.6	3.8	3.8	10.4	8.9	6.2	6.0

* *Moromi* was fermented for 5 d after mashing at 27°C.** Water added in the *Shiori* and *To* processes was 150% of material weight.

粉に60～80%加水をし、団子をつくり、これをやや乾燥しながら（水分60%以上では糸状菌の増殖が悪くなる）12～20日保温すると表面に糸状菌が生え、団子麴ができる。これに75～200%加水し、保温した場合もアルコール2～3%が生成した。団子麴に加水した場合も若麴に加水した場合と同じ理由（酵素活性があり、未分解のデンプンが多量存在している）でアルコールが生成したものと推察された。糸状菌を十分増殖させた長期麴でも、この麴と同量の生粗砕穀物粉を加え、75～200%加水すると、アルコールが2～3%生成した。生粗砕穀物粉のかわりに蒸粗砕穀物粉を使用するとアルコール生成量が4～5%に増大した。糸状菌を十分増殖させた麴に粗砕穀物粉を加え、75～200%加水し、発酵させるのは、糖化材としての麴と被糖化材としての掛穀物の発生、確認であり、第二型のカビ酒と考察された。

酵母の集積 稲藁、麦藁、あかざ、おおばこ、ざくろ葉など添加麴²⁰⁾では酵母数が多少増加したが、醪での酵母の集積は不十分で、回分発酵でアルコール

1%を越すことはなかった。酵母集積法として、同一発酵容器連続利用法、前発酵醪利用法、連醸法、醪法^{5,6)} 酸法^{5,6)}などの検討を行った。Table 5, 6にあるように、回分発酵では、一回で発酵性酵母が集積し、アルコールが1%以上生成することはなかった。よく発酵した醪の一部を利用すると、少量の利用でつぎの醪はよく発酵し、アルコールが1%を越した。連醸法、醪法、酸法では、回を重ねると発酵性酵母が集積し、1%以上のアルコールが生成した。酵母の確実な集積法の確立が酒造法上の大きな技術革新であったことが推定された。以上のことから、人類がアルコール1%以上の酒類を確実に手にいれるようになったのは、粗砕製粉法（シトギ、杵撞粉など）、少量加水製麴法、麴加水醪、麴・掛利用醪、酵母集積法などの技術を考案、開発し、かつこれらの技術を組み合わせて、上手に利用するようになることが必要であったと推察された。

要 約

1. 容器に入った穀物（米、小麦、大麦、粟、キビ、ヒエ、大豆、小豆など）に水を加え、30°C前後に保持すると、加水量20～60%では穀物独特の糸状菌が増殖した。これが麴の発生と考えられた。加水量75～200%では盛んにCO₂ガスが発生したが、アルコール生成量は1%以下であった。

2. 芋類をすりおろすと、特に加水をしなくてもCO₂ガスが発生した。この時のアルコール生成量は常に1%以下であった。

3. 穀物に20～50%加水、30°C、3～4日保温製造した麴に75～200%加水すると、アルコールが2～4%生成した。長期間麴（12日）に75～200%加水し、発酵させるとアルコール生成量が少なくなった。しかし、この麴に粗砕穀物粉を加えて加水をすると、デンプンの分解と発酵が並行しておこり、アルコールが2～3%生成した。これらがカビ酒の発生と考えられた。

Table 6. Alcohol content of *moromi* fermented by the prepropagation and continuous fermentation processes.

Fermentation processes		Alcohol content (v/v %)	
		Red rice	Wheat
Prepropagation	0%	0.1	0.3
Prepropagation	5%	1.9	2.2
Prepropagation	10%	2.5	3.2
Prepropagation	20%	2.3	3.4
Continuous	1th	0.1	0.2
Continuous	4th	2.2	3.8
Continuous	6th	3.2	5.6

Prepropagation *moromi* was fermented for 8 d at 27°C. Continuous fermentation *moromi* was fermented for 5 d at 27°C.

4. 生粗砕穀物粉に加水し保温すると, 加水量が30%以下では *Aspergillus* 属優先増殖型麹となり, 加水量30~60%では, 先に *Mucor*, *Rhizopus* 属が穀物全面を覆って増殖し(2~3日目), 1, 2日遅れて *Aspergillus* 属が増殖する両者併存型麹となった.

5. 生粗砕穀物粉を加水量30~40%, 30°C 保温, 製麹する場合, 2日目と4日目または4日目と7日目に2回の攪拌を加えるとはほぼ完全な *Aspergillus* 属優先型麹となり, 加水量を30%以下にし, 攪拌を併用すると, さらに完全な *Aspergillus* 属優先型麹となった. これが日本における *Aspergillus* 型麹の成因と考えられた.

6. 穀物粒に75~200%加水すると発芽, 発根, 発酵が並行しておこるが, 通常アルコール生成量は1%以下であった. 加水後少し出芽し始めた時に潰すと, アルコール2~3%が生成した. これが穀芽酒の発生と考えられた.

7. 回分発酵では酵母の集積が悪いためにアルコールの生成量が非常に少なかった. 醪でのアルコール発酵を確実にするための酵母の集積法として, 同一容器使用法, 前醪利用法, 連醸法, 醞法, 酸法などの利用は有効であった.

本研究に対して, 非常に有益なご助言, ご討論を頂いた国立民俗学博物館の吉田集而氏, 使用した原料穀物を生産し, 提供していただいた名城大学附属農場の馬場清氏に厚く御礼申し上げます.

文 献

- 1) 山本 淳, 大森大陸: 日本の酒の歴史, p. 22-39, 協和醸酵工業(株) (1976).
- 2) 橋本直樹: 醸協, 77, 508-511 (1982).
- 3) 包 啓安: 醸協, 85, 34-37 (1990).
- 4) 山崎百治: 東亜醸酵化学論, 41, 111-142 (1945).
- 5) 篠田 統, 田中清一: 中国食経叢書, 上巻, p. 585 (1972).
- 6) 篠田 統: 米の文化史, p. 167-168, 社会思想社 (1970).
- 7) 思 撰, 西山武一, 熊代幸雄訳: 斎民要術, 下巻, p. 1-61, アジア経済出版会 (1984).
- 8) 宗 応星著, 藪内 清訳: 天工開物, p. 330-331, 平凡社 (1970).
- 9) 国税庁所定分析法注解, 218-221 (1987).
- 10) 国税庁所定分析法注解, 222-225 (1987).
- 11) 国税庁所定分析法注解, 17-20 (1987).
- 12) 国税庁所定分析法注解, 97-98 (1987).
- 13) 田中利雄, 熊谷知栄子, 岡崎直人, 秋山裕一: 醸協, 76, 665-669 (1980).
- 14) 田中利雄, 岡崎直人: 醸酵工学, 60, 11-17 (1982).
- 15) 田中利雄, 岡崎直人, 木谷光伸: 醸協, 77, 831-835 (1982).
- 16) 伊藤うめの: 風俗, 18, 39-63 (1979).
- 17) 伊藤うめの: 風俗, 23, 25-47 (1984).
- 18) 秋山裕一: 醸協, 85, 82-85 (1990).
- 19) 花井四郎: 黄土に生まれた酒, p. 60-61, 東方書店 (1992).
- 20) 吉田集而: 醸協, 80, 780-785 (1985).