

もろみ中における蒸米の溶解に対する原料処理条件の影響

大土井律之・土屋義信

Influence of Condition Processing Rice for the Digestion of Steamed Rice in Sake Mashing

Ritsushi OHDOI and Yoshinobu TSUCHIYA

In sake manufacturing, it is important for managing the fermentation process to understand the digestion of steamed rice. Steamed rice is digested by the koji enzyme in the fermentation process, and it is thought that various quantities of enzyme and the enzyme titer balance of the original koji, and the enzyme reaction temperature and the condition of the steamed rice greatly influence it. We set the aging index S/S_0 which would predict the state of steamed rice, and we made clear that the conditions used in processing the rice greatly influenced the aging index of steamed rice in the fermentation process which changes at low temperature such as for refined sake. Aging index S/S_0 decreased ① so that the rate of water absorption increased, ② so that the time held underwater was short, and ③ so that time left in the open air was short.

(S : Amount of substrate from incomplete digestion, S_0 : Amount of all substrates)

緒 言

清酒製造において、蒸米の溶解を把握することは、発酵工程を管理する上で重要である。蒸米の溶解は、もろみ中で麴の酵素によって行われており、主に麴由来の各種酵素量と酵素力価バランス、酵素反応温度及び蒸米の状態（老化等）によって大きく影響を受けると考えられている。

蒸米の溶解に関しては、現在までに、原料米の性状、前処理条件、酵素反応系での解析等の研究がされており、清酒もろみプロセス制御を目的とした、普通酒等の比較的高温で推移するもろみ中の蒸米溶解速度式が設定されている¹⁾。

また、蒸米の溶解に影響を及ぼす老化については、温度、水分、糊化の状態、アミロース・アミロペクチンの比率等多くの条件が関与していることが示されている。

この老化には、「真の老化」と呼ばれる、蒸米中の α 化したデンプン分子が自然に会合し、部分的に密な結晶状態に移行するために消化されにくくなり起こるものと、「みかけの老化」と呼ばれる、蒸米が気中放置等により水分が蒸散し、硬化することが原因で被消化性が低下するものがある²⁾。清酒製造における蒸米の場合、「みかけの老化」が被消化性の低下への影響が大きいと考えられている。吟醸酒等の特定名称酒の原料処理工程において、蒸米を気中放置し、蒸米の溶解を抑制することから、もろみプロセス制御のためには、「みかけの老化」を考慮することが重要であると考えられる。

そこで、本研究では、特定名称酒のもろみ工程における蒸米溶解及び「みかけの老化」に対する、吸水歩合、放冷時間等の原料処理条件の影響について検討を行ったので報告する。

実験方法

1. 原料米

原料には、水分を13.5%に調湿した平成9年産精米歩合40%の山田錦を使用した。

2. 使用酵素剤

酵素剤としては、平成6, 7, 8及び9酒造年度の広島県内酒造会社の吟醸麴の酵素力価の平均値、すなわち、 α -アミラーゼ 143 unit/白米 g, グルコアミラーゼ 31 unit/白米 g, 酸性プロテアーゼ 534 unit/白米 g になるよう天野エンザイム株式会社製の各酵素剤を調製して、使用した。

3. 消化性試験

吸水歩合30%の原料米を蒸きょう後、15℃で30分間放冷し、密封して所定の温度、時間においてさらに放冷した。白米換算10g相当量に、酵素液(1/10Mコハク酸緩衝液 pH4.3に溶解)を50ml加え、防腐剤としてトルエンを0.5ml投入した。所定の温度、時間において消化を行った後、遠心分離し、上清をろ紙でろ過してろ液を得。液量、糖度、ポーメ(日本酒度)、フォルモール態窒素、全糖、グルコース及び乾燥残さ重量を測定した。

4. 分析方法

糖度は、株式会社アタゴ製デジタル糖度計 PR-101 を使用して測定した。

フォルモール態窒素は、国税庁所定分析注解³⁾の方法に従い測定した。

全糖は、フェノール硫酸法により測定した。

グルコースは、和光純薬工業株式会社製グルコース CII-テストワコー(ムタロターゼ・GOD法)を使用して、測定した。

乾燥残さ重量は、蒸米の消化性試験後の残さを、105℃で24時間乾燥した後の重量から算出した。

5. 吸水歩合の違いが蒸米溶解に及ぼす影響

吸水歩合を23, 26, 30及び33%に調整し、消化性試験を行った。

6. 気中放置条件の違いが蒸米溶解に及ぼす影響

蒸きょう後、4, 10及び15℃で0.5, 1.5, 3, 6, 10及

び15時間放冷し、消化性試験を行った。

7. 水中放置条件の違いが蒸米溶解に及ぼす影響

蒸きょう後、15℃で3時間放冷し、その後4, 7, 10及び15℃の緩衝液中で1, 3, 5及び7日間放置し、消化性試験を行った。

実験結果及び考察

1. 吸水歩合の蒸米溶解への影響

吸水歩合の異なる蒸米について消化性試験を行い、得られたろ液のポーメ、液量及び乾燥残さの重量を測定し、吸水歩合が蒸米の溶解に及ぼす影響を検討した。吸水歩合を変化させたときのポーメの経時変化を図1に示した。また、ろ液量の経時変化を図2に示し、乾燥残さ重量の経時変化を図3に示した。吸水歩合の増加に伴い、蒸米の消化性試験で得られたろ液のポーメ及び液量は増加し、乾燥残さ重量は減少したことから、蒸米の溶

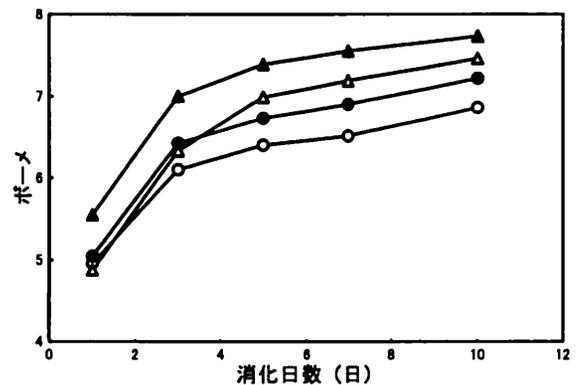


図1 吸水歩合を変化させた場合のポーメの経日変化
原料米の吸水歩合を変化させた蒸米についての消化性試験結果として、ろ液のポーメを示す。

吸水歩合○, 23%; ●, 26%; △, 30%; ▲, 33%

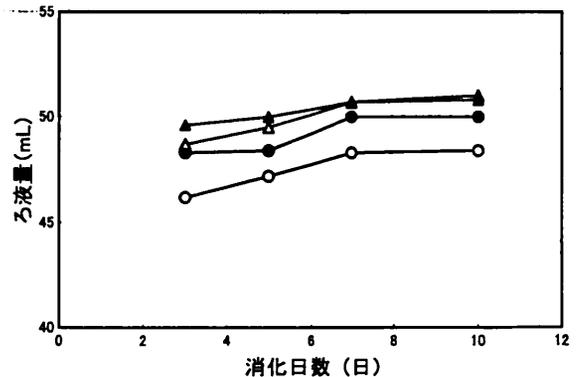


図2 吸水歩合を変化させた場合のろ液量の経日変化
原料米の吸水歩合を変化させた蒸米についての消化性試験結果として、ろ液量を示す。

吸水歩合○, 23%; ●, 26%; △, 30%; ▲, 33%

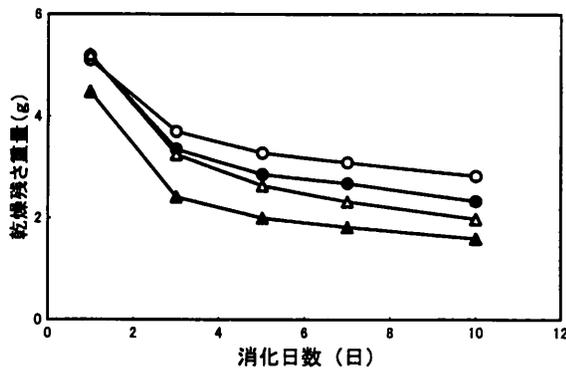


図3 吸水歩合を変化させた場合の乾燥残さ重量の経日変化
原料米の吸水歩合を変化させた蒸米についての消化性試験結果
として、乾燥残さ重量を示す。

吸水歩合○, 23%; ●, 26%; △, 30%; ▲, 33%

解は吸水歩合の増加につれて増大することが明らかとなった。

2. 蒸米溶解の指標

ボーマとろ液量の積と乾燥残さ重量の関係を図4に示した。ボーマとろ液量との積は、蒸米から溶液中に溶解した物質の濃度と液量との積であり、蒸米の溶解量に密接に関係していると考えられる。消化性試験後のろ液のボーマとろ液量との積と、乾燥残さ重量には、図4から明らかのように直線で近似できる相関関係が認められることから、蒸米の溶解は、乾燥残さ重量を指標とすることが可能である。よって、以後の蒸米溶解の解析は、測定が簡便な乾燥残さ重量により行うこととした。

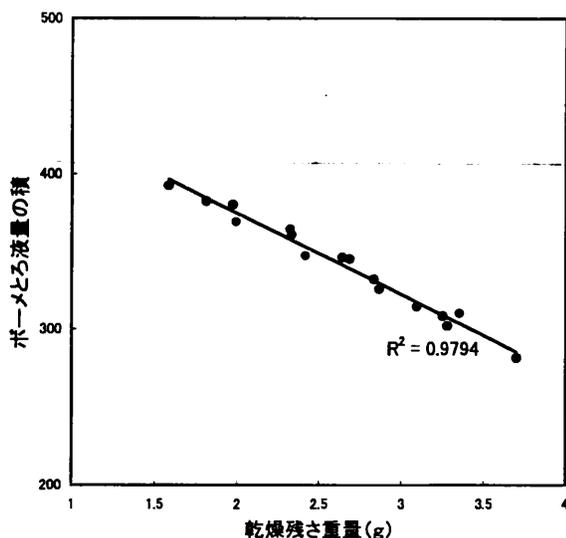


図4 ボーマとろ液量の積と乾燥残さ重量の関係

原料米の吸水歩合を変化させた蒸米についての消化性試験結果であるろ液のボーマとろ液量の積を求め、それに対応する乾燥残さ重量との関係を示す。

3. 蒸米の溶解及び「みかけの老化」の解析

蒸米において、全基質量を S_0 、未溶解の基質量を S とした場合、

S_0 = 白米重量 - 白米水分重量 - 溶解不可能な成分の重量
(酵素剤により30℃, 10日間溶解後の乾燥残さ重量)

S = 消化試験後の乾燥残さ重量 - 溶解不可能な成分の重量

と表すことができる。したがって、 S/S_0 は、全基質に対する消化試験後の未溶解基質の割合を示しており、蒸米の溶解を直接的に把握する指標になると考えられる。

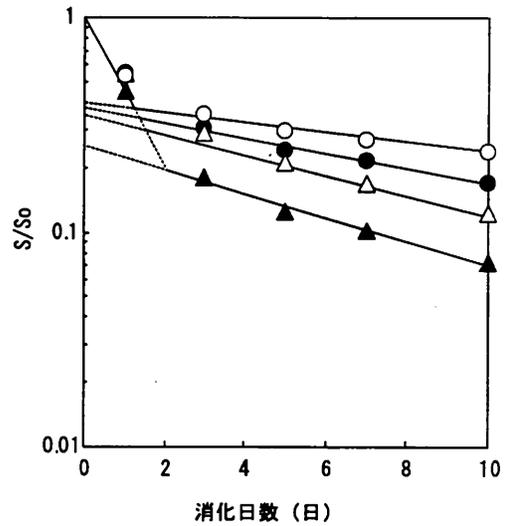


図5 吸水歩合を変化させた場合の S/S_0 (基質量割合) の経日変化
吸水歩合○, 23%; ●, 26%; △, 30%; ▲, 33%

吸水歩合を変化させた場合の S/S_0 の経時変化を図5に示した。蒸米の溶解は、溶解しやすい基質の急激な溶解と、溶解しにくい基質の穏やかな溶解からなることが明らかとなった。後半の穏やかな溶解は、三吉ら²⁾が報告した「みかけの老化」によるものと考えられる。こ

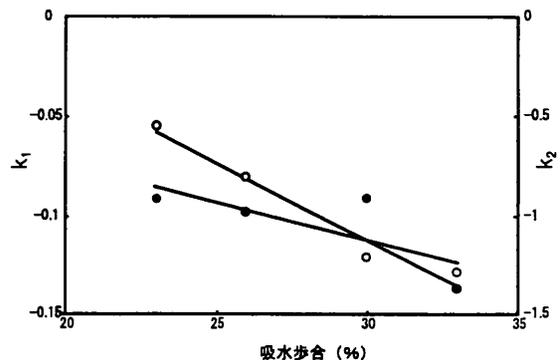


図6 吸水歩合に対する k_1 , k_2 の変化

○, k_1 ; ●, k_2

の「みかけの老化」による穏やかな溶解について、傾きを k_1 、切片を k_2 とした直線の式

$$\ln(S/S_0) = k_1 t + k_2 \quad (t = \text{消化日数})$$

に近似し、切片の S/S_0 をみかけの老化指数とする。吸水歩合が23%から33%と高くなるにつれて、みかけの老化指数は低くなった。吸水歩合に対する k_1 及び k_2 の変化については図6に示した。吸水歩合の変化により、 k_1 、 k_2 とともに、ほぼ直線の関係となっており、蒸米のみかけの老化及び溶解について推定できることが示された。

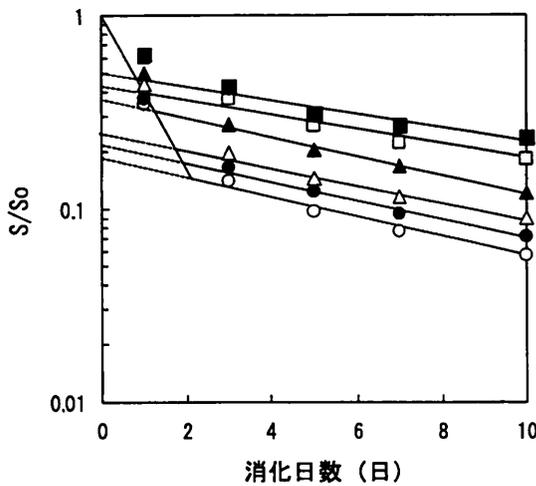


図7 気中放置時間を変化させた場合の S/S_0 の経時変化
気温10°Cにおける放置時間○, 0.5時間; ●, 1.5時間;
△, 3時間; ▲, 6時間; □, 10時間; ■, 15時間

表1 気中放置時間に対する k_1, k_2 の変化

気中放置時間 (時間)	k_1	k_2
0.5	-0.124	-1.663
1.5	-0.121	-1.475
3	-0.111	-1.341
6	-0.115	-0.981
10	-0.103	-0.740
15	-0.085	-0.665

4. 気中放置した後の消化試験

気中放置は、吟醸酒製造工程において原料米を蒸きょうした後の放冷であり、蒸米のみかけの老化に関係していると考えられる。放置温度は4, 10 及び 15°C, 放置時間は0.5, 1.5, 3, 6, 10 及び 15時間とした。放置温度10°Cの結果を図7に示した。気中放置時間が長いほど、みかけの老化指数(切片の S/S_0)が増大し、気中放置時間によってみかけの老化指数に大きな差が生じた。また、放置温度の変化は、みかけの老化指数に大きな影響を与えていなかったが、表1に示したとおり、放置時間に対して k_1 、 k_2 の平均値をとると、気中放置時間増加に対して、 k_1 、 k_2 とともに増加する関係があった。

5. 水中放置した後の消化試験

水中放置は、吟醸酒製造工程においてもろみ初期における低温状態のことであり、蒸米のみかけの老化との関係を調べた。放置温度は、4, 7, 10 及び 15°C, 放置日数は0, 1, 3, 5 及び7日間とした。水温4°Cの結果を

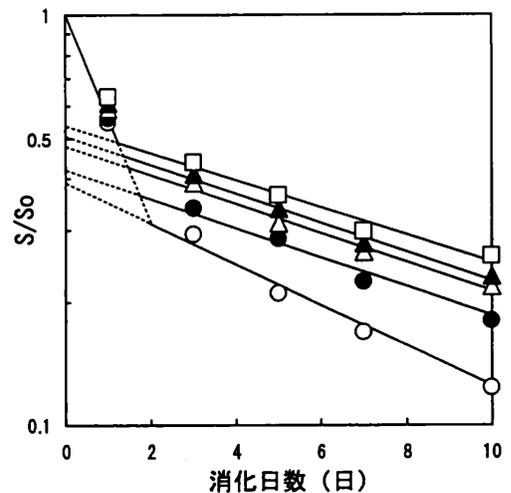


図8 水中放置時間を変化させた場合の S/S_0 の経時変化
水温4°Cにおける放置時間○, 0日; ●, 1日; ▲, 3日;
▲, 5日; □, 7日

表2 水中放置時間に対する k_1, k_2 の変化

水中放置時間 (時間)	k_1				k_2			
	4°C	7°C	10°C	15°C	4°C	7°C	10°C	15°C
1	-0.092	-0.090	-0.106	-0.113	-0.816	-0.847	-0.970	-0.931
3	-0.081	-0.078	-0.092	-0.125	-0.733	-0.758	-0.951	-0.871
5	-0.081	-0.079	-0.083	-0.112	-0.676	-0.707	-0.872	-0.844
7	-0.076	-0.078	-0.084	-0.093	-0.628	-0.680	-0.830	-0.900s

図8に示した。放置時間が長期になると、みかけの老化指数(切片の S/S_0)は増大することが明らかとなった。また、表2に示したとおり、放置時間に対して、傾き k_1 、切片 k_2 は増加する傾向にあり、特に、放置温度が低い方が、 k_2 は増加し、蒸米のみかけの老化が進んでいることが、明らかとなった。

以上、みかけの老化を推定する老化指数 S/S_0 を設定し、吟醸酒等の特定名称酒のもろみ工程の蒸米溶解に対する、吸水歩合、放冷時間等の原料処理条件の影響について検討を行った。特定名称酒製造において、蒸米の溶解率を把握することは、発酵工程を管理する上で重要であり、本研究により、気中放置等の原料処理条件による蒸米のみかけの老化が溶解に大きく影響することが明らかとなった。また、蒸米の放冷時の温度、時間等を調節することにより、蒸米のみかけの老化を促進させ、溶解率を調節することも可能であることが示された。

要 約

清酒製造において、蒸米の溶解を把握することは、発酵工程を管理する上で重要である。蒸米の溶解は、もろみ中で麴の酵素によって行われており、主に麴由来の各

種酵素量と酵素力価バランス、酵素反応温度及び蒸米の状態(老化)に大きく影響をうけると考えられている。そのため、蒸米の「みかけの老化」を推定する老化指数 S/S_0 を設定し、解析した結果、吟醸酒等の低温で推移するもろみ中での蒸米の「みかけの老化」には原料処理条件が大きく影響しており、その老化の度合いは簡便な方法で把握できることを明らかにした。すなわち、吸水歩合が増加するほど、気中放置時間が短いほど、水中放置時間が短いほど、老化指数 S/S_0 は減少した。

文 献

- 1) 藤田栄信, 杉本芳範, 田中信哉, 吉田敏臣, 田口久治, 清酒醪プロセスにおける蒸し米の溶解: 清酒醪のプロセス制御(第1報), 醸酵工学, **61**, 331-339 (1983)
- 2) 三吉和重, 小山和男, 蒸米の老化現象について, 日本醸造協会誌, **70**, 277-281 (1975)
- 3) 岡崎直人, 3清酒, 合成酒, 第四回改正国税庁所定分析法注解, 注解編集委員会編, (財団法人日本醸造協会, 東京)p.23-24 (1993)