

サツマイモ麴に関する研究

食品工業部 瀬戸口真治, 高峯和則, 亀澤浩幸, 濱崎幸男

Study on Satumaimo Koji

Shinji SETOGUCHI, Kazunori TAKAMINE, Hiroyuki KAMESAWA and Yukio HAMASAKI

サツマイモを凍結、解凍後脱汁し、さらに磨碎、蒸煮後混練、成型したものを乾燥して製造した芋米^{イモコメ}を原料としたサツマイモ麴についてその是非を検討した。

これについて製麴試験を行った結果、サツマイモ麴は米麴に比べ α -アミラーゼおよびグルコアミラーゼ活性はそれぞれ10%および5%以下、酸度は半分以下とかなり低い値を示した。芋米は米と比較して窒素成分が少なく、マルトース含有量の高いことが酵素およびクエン酸生成に影響した。また、実用性のあるサツマイモ麴の製造法を確立するために窒素源(米糠)の添加を検討し、その効果が認められた。小仕込み試験における製品の酒質は乾燥芋を想像させる粉様の香りを有していた。

1. 緒言

鹿児島県の畑作農業はサツマイモが基幹作物であり、その主要な用途はサツマイモ澱粉である。しかし、トウモロコシ澱粉の輸入自由化の動きはサツマイモ栽培農家にかなり打撃を与えることが予想される。そのため県ではサツマイモを澱粉以外の用途へ切り替える手段を模索している。また、本県の本格焼酎業界も主力製品であるサツマイモ焼酎の消費停滞から、新製品の開発が強く望まれている。そのような折、鹿児島県経済連食品総合研究所では、本県畑作農家の経営の安定化を図るため、サツマイモの完全利用システムを発表した。これはサツマイモに含まれる澱粉のみならず繊維、酵素等をも製品化し、澱粉用サツマイモの高付加価値化を目的としたものである。

このシステムにより製造される製品の一つに、芋米と称する粒状の加工品がある。

本報では、この芋米の持つ特性に着目し、これを麴米の代替品として、使用することを目的として、この芋米を用いたサツマイモ麴(以下芋麴)について、その是非を検討した。

2. 実験方法

2.1 芋米の製造方法

原料サツマイモとしてコガネセンガンおよび低 β -アミラーゼ品種であるサツマイモヒカリを使用した。製造方法は、藤本ら¹⁾の方法に従い、図1に示す方法で製造した。マルトースおよび米糠の添加試験は、磨碎後添加し、十分に混合した後蒸煮した。

2.2 吸水試験

芋米10gを15℃で5~120分間蒸留水に浸漬し、国税庁所定分析法²⁾に従い、遠心分離脱水法により吸水性を測定した。

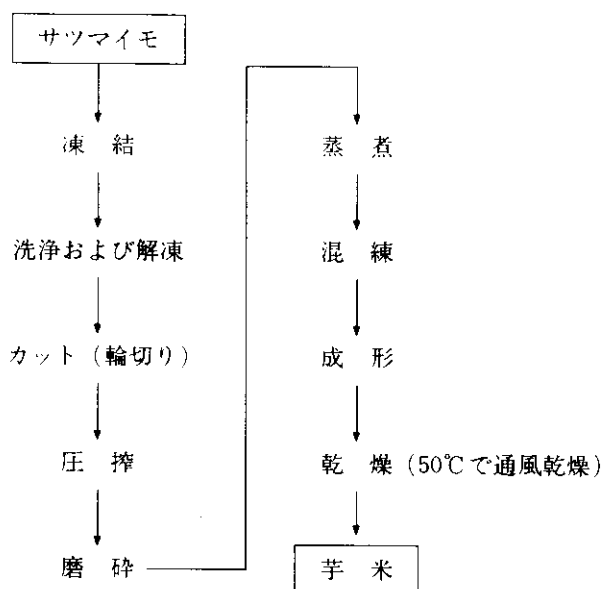


図1 芋米の製造方法

また、吸水率は以下の式により求めた。

$$\text{吸水率}(\%) = \frac{a - b}{b} \times 100$$

a : 遠心分離後の検体の重量のg数

b : 採取検体の重量のg数

2.3 成分分析

芋米の一般成分およびモロミ成分の分析は、国税庁所定分析法²⁾に従った。麴の酵素活性は α -アミラーゼ、グルコアミラーゼ、酸性プロテアーゼおよび酸性カルボキシペプチダーゼについて同様に国税庁所定分析法²⁾に従い分析した。糖組成は日本分光工業製の高速度液体クロマトグラフ TRI ROTER-Vにより、クエン酸は昭和電工製 Shodex LC DG-1型で測定した。製品の香味成分は、ガスクロマトグラフ(HP 5890 SERIES II)により測定した。

2. 4 製麴試験

種麴として河内白麴菌 (*Aspergillus kawachii*, (株)河内源一郎商店製) を使用し, 2 kg 用小型製麴装置を用いて水添加量および温度条件について製麴試験を行った。また, 窒素, マルトースおよび米糠の添加試験については, 原料 100 g をシャーレに盛り, 38℃一定で製麴した。

2. 5 仕込試験

仕込は, 1 次仕込後 7 日目で 2 次仕込を行い, その後 10 日目で蒸留した。また, 酵母は鹿児島酵母を使用し, 麴歩合は 20%, 汲み水歩合は 70% とした。

3. 結果及び考察

3. 1 芋米の製造

生のサツマイモを磨砕して脱汁を行うと澱粉の損失が大きくなる。そこで藤本ら¹⁾はサツマイモを凍結, 解凍することにより細胞膜を破壊し, 輪切りして圧搾することで澱粉等の損失を最小限にとどめることができた。今回はこの方法を採用し, 図 2 に示した約 3 mm 角のサイコロ状の芋米を製造した。

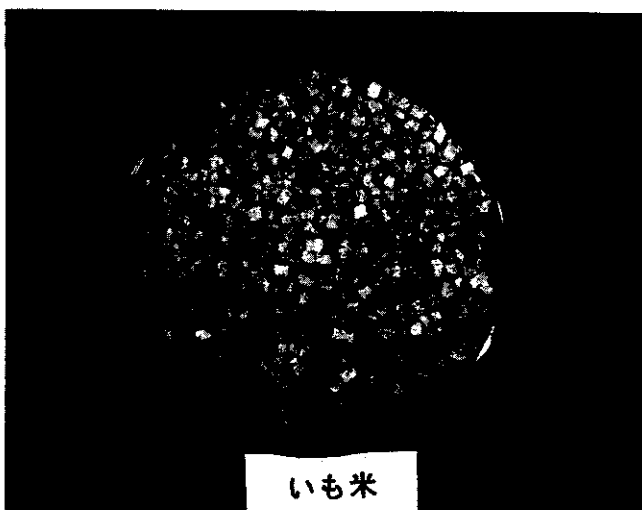


図 2 芋米および芋麴

3. 2 芋米の一般成分

芋米および精白米の一般成分を表 1 に示した。芋米は精白米に対しタンパク質が 1/5, 脂肪が 1/13 とかなり低い。これは, 麴菌の生育に大きく影響するものと推測される。

表 2 に生のサツマイモ (コガネセンガン) およびコガネセンガンとサツマヒカリより製造した芋米の糖組成を示した。サツマイモの糖の主成分はシュクロースであり, マルトースは僅かに含まれている程度である。コガネセンガンを原料とする芋米は, 磨砕後の蒸煮工程で β -アミラーゼによりマルトースが生成し, 乾物当たりで 14% にも増加することがわかった。また, 低 β -アミラーゼ品種であるサツマヒカリを原料とする芋米にはマルトースは検出されなかった。

表 1 一般成分

(%)

成分	芋米 (コガネセンガン)	精白米***
水分	10.4	15.5
タンパク質	1.3(1.5)	6.8(8.1)
脂質	0.1(0.1)	1.3(1.5)
炭水化物*	86.7(96.7)	78.8(89.7)
糖質**	84.7(94.5)	75.5(89.3)
繊維	2.0(2.2)	0.3(0.4)
灰分	1.5(1.7)	0.6(0.7)

() は無水物換算値

* : (炭水化物) = 100 - (他の成分)

** : (糖質) = (炭水化物) - (繊維)

*** : 精白米は日本食品標準成分表³⁾による

表 2 糖組成

(g/g-乾燥重量)

成分	サツマイモ		芋米
	(コガネセンガン)	コガネセンガン	サツマヒカリ
グルコース	0.10	0.26	1.01
フラクトース	0.10	0.26	1.19
シュクロース	4.83	3.08	4.56
マルトース	0.27	14.10	0.00

3. 3 原料処理

3. 3. 1 吸水性

浸漬時間 5 ~ 120 分における吸水率を図 3 に示した。芋米は 5 分間の浸漬で既に 79.6%, 120 分間では 145.5% と非常に高い吸水率を示した。この結果より, 芋麴の製造は浸漬法による水分調整は困難であることがわかった。そこで, 加水量限定浸漬法について検討した。試験は芋米 100 g に対し 0 ~ 60 ml を加水し, 5 分間放置後水分を測定した。その結果を図 4 に示した。計算上推定される水分と比較すると, 30 ml 以上は若干の吸水ロスがみられるが, 5 分間で十分に吸水していることがわかった。また, 製麴に必要な水分 35% に調整するには, 芋米の水分を考慮した上で, 芋米 100 g に対し 40 ~ 50 ml, すなわち対芋米 40 ~ 50% の加水率が適当であることがわかった。

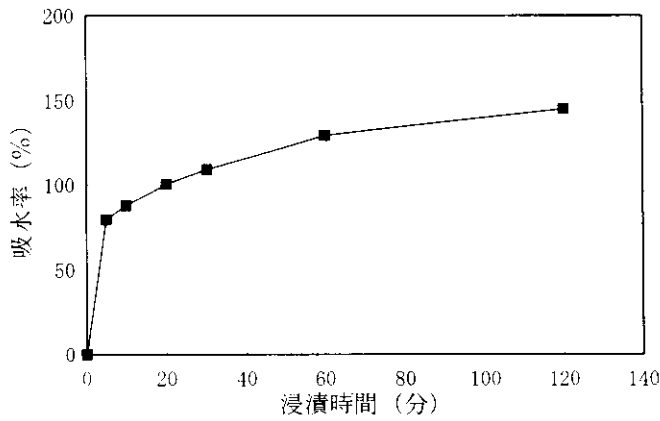


図3 芋米の吸水率

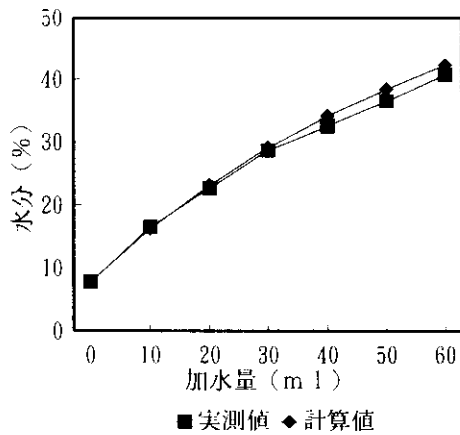


図4 加水後の芋米水分

3.3.2 蒸 煮

芋米の澱粉は既に糊化しているため、米や麦などのように蒸煮する必要はないが、原料の殺菌と加水後の水分を中心部まで十分に浸透させるため、加水後の蒸煮を検討した。対芋米40%を加水した後、蒸煮したときの蒸煮時間の影響を表3に示した。蒸煮前後の水分は、長時間蒸煮すると蒸煮後若干増加する傾向があるが、60分以内では蒸煮前後で水分1%以内の変動であった。また、中心部まで蒸されるには20~30分の蒸煮時間が必要であり、60分以上になると芋米の表面が溶け始めた。この結果より蒸煮時間は、30分とした。

表3 蒸煮時間の影響

蒸煮時間(min)	水分(%)	状 況
0	33.7	
5	33.6	芯あり、蒸煮不十分
10	33.0	"
20	34.5	中心部まで蒸された
30	32.9	"
60	34.3	芋米表面が溶け始めた
90	35.4	"

3.4 製麴試験

2 kg用小型製麴装置により加水率および製麴温度の影響を調べた。加水率の検討は、2 kgの芋米に0.6~1.0 l (対芋米30~50%) 加水し、常法どおり引き込み後38℃まで品温を上げ、15時間後36℃、25時間後34℃と下げ、41時間後出麴とする品温経過で製麴した。品温経過の検討は、2 kgの芋米に0.8 l (対芋米40%) 加水し、38℃一定の高温経過および34℃一定の低温経過で製麴した。また、対照として米麴を常法に従い製麴した。それぞれの麴の酵素活性および酸度を表4に示した。

加水率は40%が酸度、酵素活性とも全般的に高く、また品温経過は38℃一定が酵素活性において常法と同程度ではあるが、酸度が低く、今回の試験では加水率は40%、品温経過は常法が良いことがわかった。

しかしながら、米麴に比べると酸性プロテアーゼは半分程度、 α -アミラーゼおよびグルコアミラーゼは1/10~1/20とかなり低い値を示し、酸度も低い麴となり、実用性のない麴であることがわかった。芋麴の酵素活性および酸度が低い最も大きな原因は、表1に示したとおり芋米の窒素含有量が低いことであると考えられる。そこで、窒素源の添加を検討した。

3.5 窒素源添加の影響

芋米に無機窒素源あるいは有機窒素源を添加することで、酵素およびクエン酸の生成にどのような影響を及ぼすかについて調べた。無機窒素源として硫酸および硝酸ナトリウムを有機窒素源としてポリペプトンを用いた。精白米の窒素含量は約1%であることから、それぞれの窒素源を、芋米中の窒素濃度が0.5、1.0、1.5%となるように添加し製麴した。

それぞれの芋麴の酵素活性を図5に示した。無添加の芋麴に比べ、硫酸を添加した芋麴は酵素活性が低く、硫酸を添加することで麴菌の発育をかえって阻害する傾向が見られた。硝酸ナトリウムを添加した芋麴は、窒素成分として0.5および1.0%添加すると酵素活性が若干高くなったが、1.5%では低下した。ポリペプトンを添加した芋麴は、1.0%添加でほぼ最大になり、データは示していないが同条件で製麴した米麴と同等の活性を示した。

クエン酸の生成量を図6に示した。硫酸および硝酸ナトリウムは酵素活性と同様の結果を示したが、ポリペプトンは酵素活性とは逆に添加することで生成量が低下した。これらの結果より今回使用した無機窒素源は酵素活性およびクエン酸の生成量に大きな効果は見られなかったが、有機窒素源であるポリペプトンを添加することで酵素活性の増加に効果のあることがわかった。今回は3種類のみ窒素源の添加を検討したが、今後、窒素源と麴菌の関係を追求するためにも他の窒素源について検討する必要がある。

表4 芋米製麹試験結果

加水率 (対芋米%)	出麹水分 (%)	酸度 (ml)	AA GA AP ACP (U/g-dry koji)			
			30	26.6	2.47	14.9
40	32.2	3.49	15.5	26.3	10830	1374
50	36.4	3.16	15.7	26.0	8767	1154
培養温度						
38°C一定	32.7	2.54	15.2	27.9	9982	995
34°C一定	32.3	2.62	12.4	23.9	10270	901
米麹	23.6	7.10	191.9	453.5	26204	8301

AA: α-アミラーゼ, GA: グルコアミラーゼ, AP: 酸性プロテアーゼ, ACP: 酸性カルボキシペプチダーゼ

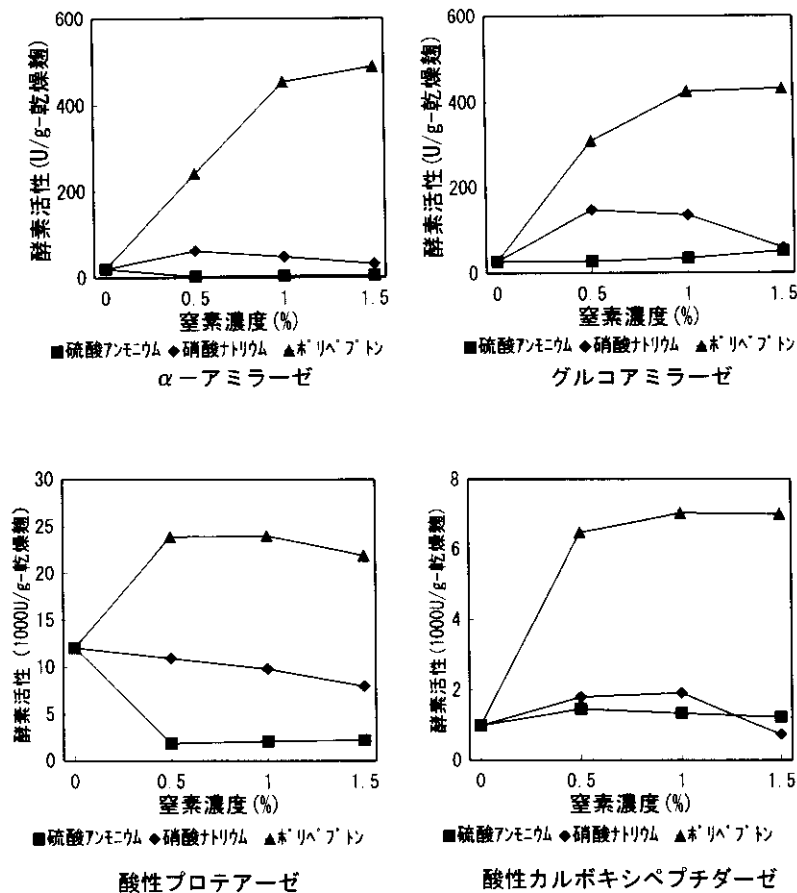


図5 窒素源添加の酵素活性に及ぼす影響

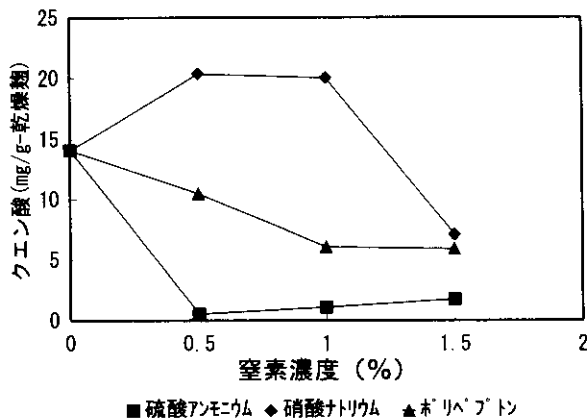


図6 窒素源添加のクエン酸生成量に及ぼす影響

3.6 マルトース濃度の影響

芋米のマルトース濃度が麹菌の酵素およびクエン酸生成に及ぼす影響について調べた。芋米製造時のマルトース生成を阻止するため、低β-アミラーゼ品種であるサツマヒカリを原料とし、芋米の製造方法(図1)の磨砕後に、芋米の乾物当たり0~24%となるようにマルトースを添加し製造した芋米を製麹した。その結果を図7に示した。マルトース添加量が増加するに従い、酸性プロテアーゼは増加したが他の酵素活性およびクエン酸生成量は若干低下する傾向が認められた。この結果より、芋米製造時に生成するマルトースは麹菌へ若干影響することがわかった。

3.7 米糠の効果

図5より有機窒素源を添加することで酵素生成量に効果が認められたことから、実用性のあるサツマイモ麴の製造法を確立するために窒素源として米糠添加の検討を行った。

米糠は、精白米用に搗精したときに副生される赤糠、清酒製造の際の副産物である中糠および上糠を使用し、芋米の製造方法(図1)の磨砕で得られる磨砕物に対しそれぞれ0~30%添加して製造した。

それぞれの米糠の一般成分を表5に示した。上糠、中糠、赤糠の順で糖質の含有量は高く、他の成分は低いことがわかった。

芋麴の酵素活性を図8に示した。いずれの米糠も添加量が増加するに従い各酵素活性が高くなった。また、添加する米糠間で比較すると、赤糠の効用が酸性プロテアーゼに顕著に現れたが、他の酵素活性では大きな差はなかった。

しかし、米糠を30%添加しても表4に示される米麴の酵素活性の約半分とであった。

クエン酸の生成量を図9に示した。酵素活性と同様に米糠の添加量が増加するに従いクエン酸生成量は多くなり30%添加では実用的な生成量となった。また、赤糠、中糠、上糠の順でその生成量が多いことがわかった。

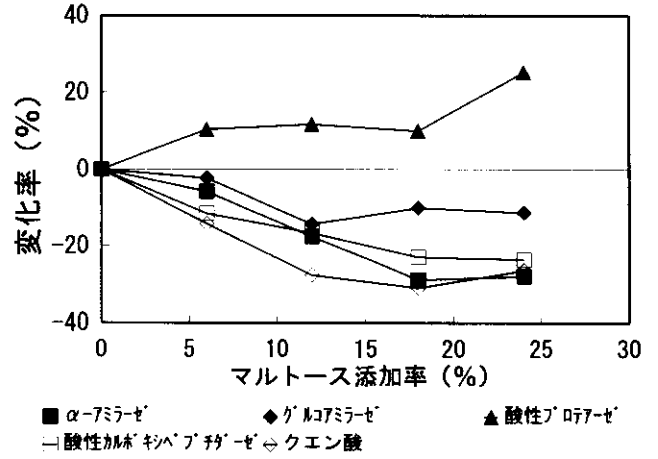


図7 マルトース添加の影響

表5 米糠の一般成分 (%)

成分	赤糠	中糠	上糠
水分	12.8	12.4	12.4
タンパク質	15.7	12.8	11.4
脂質	3.0	2.2	1.9
炭水化物*	57.8	71.4	73.2
糖質**	50.6	70.9	73.2
繊維	7.2	0.5	0.0
灰分	10.7	1.2	1.1

* : (炭水化物) = 100 - (他の成分)

** : (糖質) = (炭水化物) - (繊維)

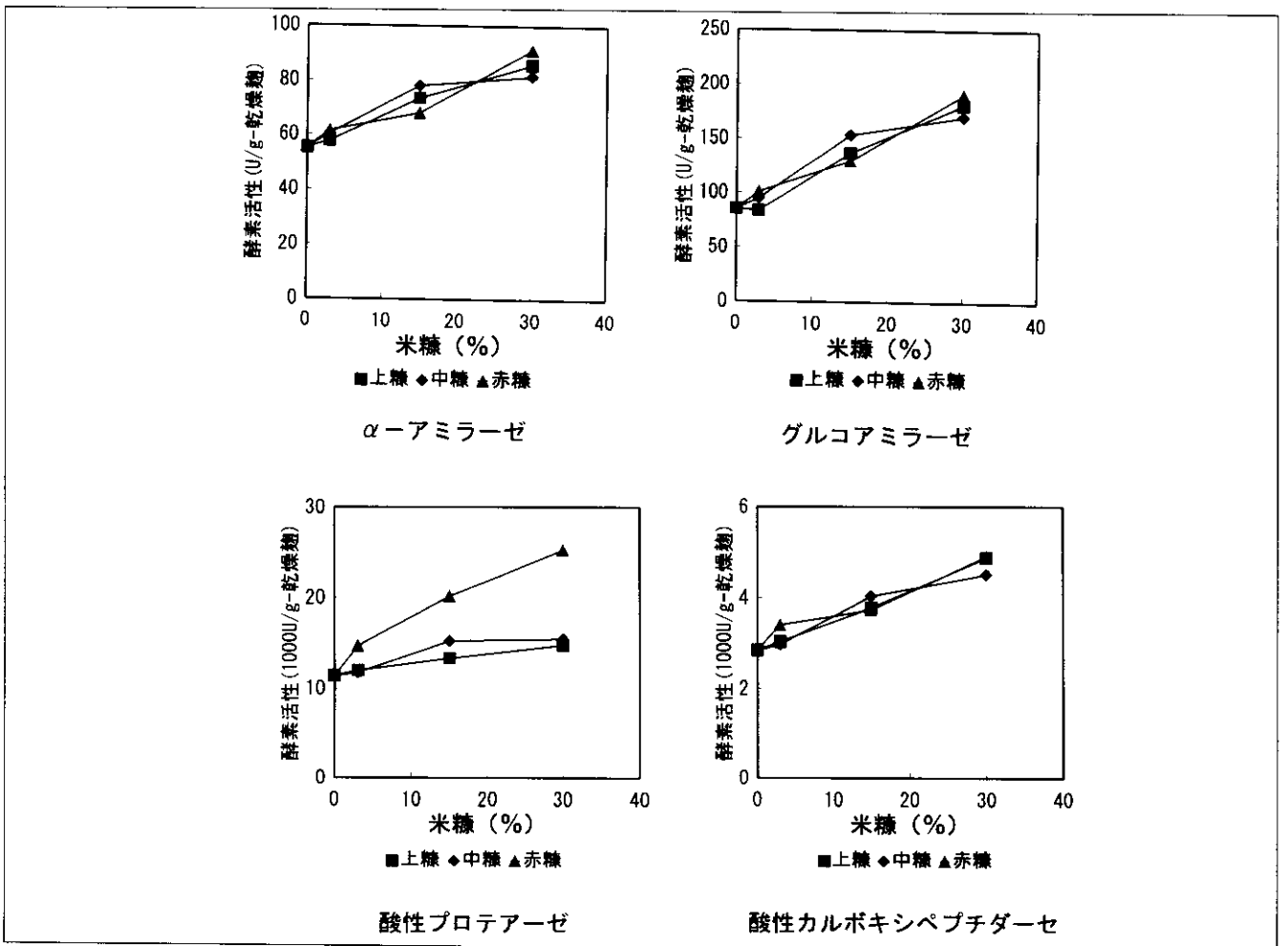


図8 米糠添加の酵素活性に及ぼす影響

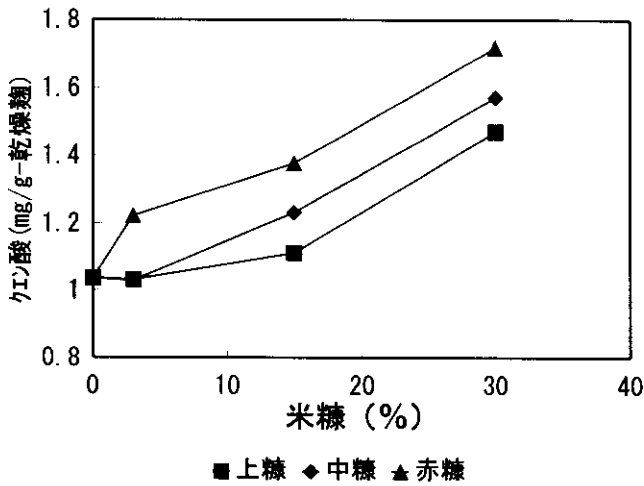


図9 米糠添加のクエン酸生成量に及ぼす影響

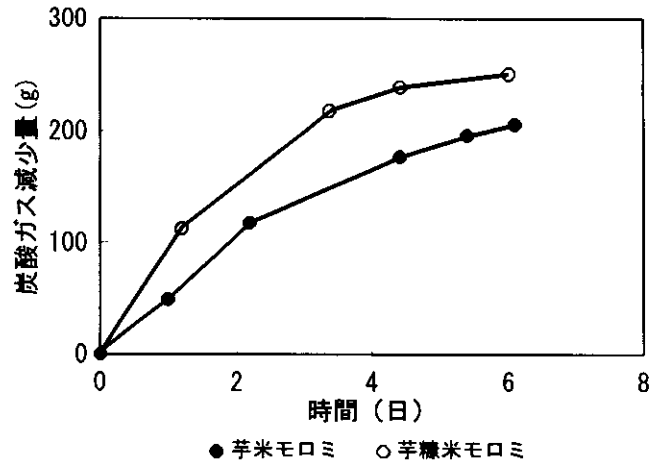


図10 1次モロミの炭酸ガス減少量

米糠の添加量をさらに増加すればより実用的芋麹が得られることが推測されるが、これ以上増やすと主成分が米糠となる。また、それぞれの米糠を比較すると赤糠の添加に最も大きな効果が認められたが、赤糠は粗脂肪および粗繊維の含有量が多いため、発酵および酒質に悪影響を及ぼす可能性があるとして推測される。これらを考慮すると中糠の添加がより実用性が高いといえる。

3.8 仕込試験

無添加の芋米と中糠を30%添加して製造した芋米（芋糠米）を麹原料とし、2 kg用小型製麹装置により製麹しサツマイモ焼酎の小仕込試験を行った。芋米のモロミは粘性が高いため1次仕込の汲み水歩合を200%とし、最終的な汲み水歩合は70%とした。また、それぞれの2次仕込みにおいて、モロミを2等分し、一方に米麹のグルコアミラーゼ活性と同等の200 U/g-乾燥麹のグルコアミラーゼを添加し、添加しないモロミとの比較を行った。

表6に麹成分を示した。岩野ら⁴⁾の報告による白麹を種麹とする米麹のα-アミラーゼおよびグルコアミラーゼの平均値と比較すると、芋糠米の麹は約1/4、芋米を原料とする麹は約1/8の値であった。

図10に1次モロミの発酵経過を炭酸ガスの減少量により示した。芋糠米の炭酸ガス減少速度が速いことがわかる。

表7にモロミ成分を示した。芋米のモロミは全般的に発酵が不十分であり、グルコアミラーゼを添加すると発酵は促進されるが、芋糠米のモロミと比較すると若干アルコール生成量が少なく残全糖が多い。また、芋糠米のモロミはグルコアミラーゼを添加の有無にかかわらず順調に発酵することがわかった。

表8にそれぞれの製品の香味成分を示した。芋米の製品はβ-フェネチルアルコールが多く酢酸エチルが少なく、芋糠米の製品はカブロン酸エチル、カプリル酸エチルが多いという特徴が見られた。また、官能検査の結果、芋米の製

表6 麹成分

	酸度 (ml)	AA	GA (U/g-dry koji)	AP	ACP
芋米	3.49	24.4	26.4	13,252	904
芋糠米	5.54	46.4	76.0	15,439	2,915

表7 モロミ成分

	アルコール(V/V%)	残全糖(W/W%)
1次モロミ		
芋米	8.8	6.5
芋糠米	12.4	2.1
2次モロミ		
芋米	11.0	5.2
芋米+GA	12.2	3.4
芋糠米	12.8	2.6
芋糠米+GA	12.8	2.8

* GA : グルコアミラーゼ(200 U/g)

品は乾燥芋を想像させる粉様の香りが強く味は軽いタイプであり、芋糠米の製品は粉様の香りも弱く、味は従来の芋焼酎に近いタイプの製品であった。

以上の結果より、芋米を麹原料とするサツマイモ焼酎の製造には問題が多いが、芋米製造時に米糠を添加することにより実用化の可能性があると認められた。

表8 製品の香気成分 (mg/l)

成分	芋米	芋米+GA*	芋糠米	芋糠米+GA*	市販酒
n-プロパノール	153	92	157	141	185
i-ブタノール	508	323	501	416	377
i-アミルアルコール	742	719	600	643	577
活性アミルアルコール	336	279	278	265	232
β-フェニルアルコール	60.0	60.2	48.5	54.1	39.0
酢酸エチル	26.5	26.5	76.5	79.2	56.0
酢酸イソアミル	6.6	6.6	14.0	15.1	16.0
β-フェニルアルコール	4.0	4.7	4.6	4.8	6.4
カプロン酸エチル	0.2	0.2	0.5	0.6	0.3
カプリル酸エチル	2.5	2.2	4.3	4.5	2.0
カプリン酸エチル	5.5	4.8	6.5	6.7	3.6
ラウリン酸エチル	0.8	0.8	0.9	0.8	0.6
ミスリン酸エチル	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2
パルチミン酸エチル	0.6	1.4	1.7	2.3	3.9
リノール酸エチル	N. D.	0.6	0.6	0.6	1.2

*GA: グルコアミラーゼ (200U/g)

4. 結 言

サツマイモより造った粒状の芋米を原料としたサツマイモ麴についてその是非を検討し、以下の知見を得た。

- 1) 芋米の一般成分は精白米と比較してタンパク質および脂肪がそれぞれ1/5、1/13とかなり低い。
- 2) 芋米は吸水性が高く、加水限定吸水法による水分調整が適当である。
- 3) 芋米により製造したサツマイモ麴は、米麴に比べると酸性プロテアーゼは半分程度、α-アミラーゼおよびグルコアミラーゼは1/10~1/20とかなり低い値を示し、酸度も低い麴となった。
- 4) 芋米に無機窒素源および有機窒素源を添加することで、麴の酵素活性およびクエン酸生成量に大きな影響を認めた。特に有機窒素源として用いたポリペプトンを添加することで酵素活性が飛躍的に向上した。
- 5) 芋米製造時に生成するマルトースは、酸性プロテアーゼを除く麴の酵素活性およびクエン酸生成量に若干抑制する傾向を示した。
- 6) 実用性のあるサツマイモ麴の製造法を確立するため、窒素源として米糠添加の検討を行いその効果を認めた。

- 7) 小仕込試験の結果、芋米によるサツマイモ麴仕込のモロミは不十分な発酵経過をとったが、米糠を添加したサツマイモ麴のモロミは良好に発酵した。また、得られた製品は、いずれも乾燥芋を想像させる粉様の香りを有していた。

本研究の概要は日本農芸化学会西日本支部1992年度大会において発表した。

終わりに臨み、本研究の遂行に当たり御指導を賜りました前鹿児島県経済連食品総合研究所長藤本滋生所氏に深謝致します。

参 考 文 献

- 1) 藤本滋生：“緑地”，鹿児島農林技術協会（1992） p. 21
- 2) 注解編集委員会編：“第四回改訂国税庁所定分析法”，日本醸造協会（1993）， p. 154, p. 164, p. 211
- 3) 科学技術庁資源調査会編：“四訂日本食品標準成分表”，（1982） p. 52
- 4) 岩野君夫，三上重明，福田清治，椎木 敏，島田豊明，小幡孝之，木崎康造，新里修一，荒巻 功，佐伯 宏：日本醸造協会雑誌，81，495（1986）