

乾燥サツマイモダイスを用いた全量芋仕込み焼酎の開発

瀬戸口眞治^{*}, 亀澤浩幸^{*}, 米元俊一^{**}, 宿口修一^{***}, 池田浩二^{****}, 児玉 剛^{*****}, 原健二郎^{*****}

Development of Manufacturing Sweet Potato Shochu Using Dry Sweet Potato Dice to Koji

Shinji SETOGUCHI, Hiroyuki KAMESAWA, Tosikazu YONEMOTO

Shuichi YADOGUCHI, Koji IKEDA, Tsuyoshi KODAMA and Kenjiro HARA

サツマイモをダイス状にカットして、そのまま（生タイプ）もしくは蒸した（蒸しタイプ）後に乾燥して得られる乾燥サツマイモダイスを麹原料として用いる全量芋仕込み焼酎の製造技術を開発した。乾燥サツマイモダイスで製造した麹は米麹に比べて糖化力が弱かったが、焼酎の仕込みで順調に発酵できた。焼酎の質質は、生タイプはサツマイモの乾燥に由来する特有の香りが個性的でコクのある味であり、蒸しタイプは甘い芋の香りとスッキリ味であった。

Keyword: 全量芋仕込み焼酎, サツマイモ麹, 乾燥サツマイモダイス, サツマイモダイス

1. 緒 言

本格いも焼酎の製造には、一般的に米麹が使用される。しかし、最近ではサツマイモを麹原料に用いたイモ麹で製造する本格いも焼酎、すなわちサツマイモのみで製造する全量芋仕込み焼酎が、一部の焼酎メーカーで製造販売されている。サツマイモは高水分(60~70%)でそのまま麹原料として用いるには腐敗しやすく作業性も悪いことから、使用にあたっては乾燥処理などの工夫が必要となる。サツマイモ麹に関する情報としては、著者ら¹⁾の米糠を混合して造粒する方法、岩崎ら²⁾⁻⁵⁾のサツマイモダイスの焙炒処理法、黒岩ら⁶⁾の生サツマイモをミンチ、ペレット化後に熱風乾燥する方法などがある。しかし、これらは焙炒装置やペレット加工装置などの焼酎業界にとって新たな装置の導入と特許による製造法の制約があることから、技術普及は困難である。

本報では、既存の装置を使用し、特殊な技術を要さないサツマイモ麹の製造法の確立を目的として、ダイス状に裁断したサツマイモの乾燥物を麹原料に用いる全量芋仕込み焼酎の製造方法について検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 乾燥サツマイモダイスの原料および製造方法

麹原料および二次掛け用のサツマイモはコガネセンガンを使用した。麹原料に用いるサツマイモは洗浄後に両端及

び病変部分を切除し、DC型さいの目カッター（(株)榎村鐵工所）で5mm角のダイス状に細断し（以下生ダイス）、そのまま（生タイプ）あるいは常圧下で蒸煮（蒸しタイプ）して、通風乾燥機で乾燥した。

2.2 吸水試験

ステンレス篩（20cm, 篩サイズ20メッシュ）に乾燥サツマイモダイス100gを入れて浸漬し、時間ごとに付着水を水切りして重量を測定し、浸漬前の重量に対する重量変動率を吸水率として表した。

2.3 製麹試験

150g規模の製麹試験は種付けした乾燥サツマイモダイスをステンレス篩（20cm, 篩サイズ20メッシュ）に盛り、35℃に設定した加湿機能を有する恒温器内で製麹した。種麹は河内白麹を用いた。

2.4 仕込試験

仕込に用いる麹は50kg用通風製麹装置で、引き込み後の制御温度を37~38℃、盛り後は36~37℃、仕舞手入れ後を34~35℃とする常法の温度経過により製麹した。種麹は河内白麹を用いた。

仕込み配合は表1に示すとおり、麹歩合は20、汲み水歩合は65とした。また、サツマイモ麹は一次仕込みの汲み水歩合を芋焼酎の一般的な汲み水歩合120にすると、仕込み水を吸水して遊離水がほとんど無くなるため、一次の汲み水歩合は180とした。酵母は鹿児島5号酵母を用い、麹エキス培地で前培養後、前培養液を麹の1%量添加した。更に、セルラーゼを掛け原料に対して1/6,000量を一次もろみで、2/6,000量を二次もろみで使用した。

蒸留はステンレス製蒸留機に20Lを張り込み、直接吹き込みによる常圧蒸留を行った。

^{*}食品工業部

^{**}薩摩酒造(株)

^{***}本坊酒造(株)

^{****}田苑酒造(株)

^{*****}小正醸造(株)

^{*****}濱田酒造(株)

表1 仕込み配合 (kg)

	一次	二次	合計
麹	2		2
サツマイモ		10	10
汲み水	3.6	4.2	7.8

2.5 きき酒

保存した原酒を蒸留水でアルコール分25%に割水し、室温・暗所に10日間保存して、平均孔径3 μ mのフィルターをつけたテストフィルター（塚本社製）で濾過した。パネラーは焼酎製造技術者18名で、香味の特性について評価した。

2.6 分析方法

麹の酸度およびグルコアミラーゼ活性(GA)は国税庁所定分析法に従い分析した。-アミラーゼ活性(AA)は-アミラーゼ測定キット(キッコーマン(株))を使用した。-グルコシダーゼ活性(BG)測定は、太田ら⁷⁾の方法に従って実施した。発酵終了後のもろみ中のアルコール濃度、もろみ酸度、生菌数、総菌数および全糖は、国税庁所定分析法⁸⁾に従い分析した。

もろみのグルコース量は酵素法で分析した。もろみ30gを50ml容のキャップ付きチューブに入れ、密封して沸騰浴中に5分間放置した。水冷後、蒸留水で10倍に希釈したグルコアミラーゼを1ml添加し、60 $^{\circ}$ Cで1時間反応後、沸騰浴中で5分間加熱することで酵素を失活させた。3,000rpmで5分間遠心分離した上澄み液についてグルコースC-テストワコー(和光純薬工業(株))でグルコース量を測定した。なお、対照はもろみの代わりに蒸留水を用いて行った。

もろみの粘度はB型粘度計により測定した。

香気成分の分析には、ガスクロマトグラフ(HP5890; HEWLETT PACKARD社製)を使用し、カラムはキャピラリーカラムDB-WAX(60m \times 0.25mm \times 0.25 μ m; J&W Scientific社製)を用いた。注入口温度240 $^{\circ}$ C、カラム温度40 $^{\circ}$ Cで3分間保持後3 μ l/minで230 $^{\circ}$ Cまで昇温し、10分間保持した。スプリット比は1:30とし、キャリアガスはヘリウムガスで流速は1.0ml/min、検出器はFIDを使用した。また、微量香気成分であるモノテルペンアルコール類については、神渡ら⁹⁾の方法に従い、成分を濃縮し6890series GC System / 5973-MSD (Agilent社製)で分析した。

3. 結果及び考察

3.1 原料加工法の検討

麹原料となるサツマイモの形態は、岩崎ら²⁾と同様にダイス状とした。また、サツマイモは高水分であることから

水分低下のための乾燥が必要であるが、小規模の焼酎工場ではこれらの加工工程を焼酎製造工程に加えることは困難である。そこで、サツマイモ加工場で一括製造して、焼酎メーカーに販売することを想定した。この場合、保存や輸送に対応できる形態である必要があることから、微生物汚染されない水分である10%以下に乾燥することとした。

更に乾燥前の処理法として、サツマイモを細断して得られた生ダイスをそのまま通風乾燥機を用いて80 $^{\circ}$ Cで水分約10%に乾燥処理する生タイプと、生ダイスを蒸煮した後に同様の乾燥処理を行う蒸しタイプを検討した。この2つタイプを検討する理由は、生タイプでは乾燥前の処理が細断のみであるため、乾燥処理中に生ダイス含まれる様々な酵素で変質して酒質に悪影響を及ぼす事が懸念されることから、生ダイスを蒸煮処理により酵素失活させて乾燥処理を行う蒸しタイプの検討も必要と考えたためである。

生ダイスの形状とサイズは一辺の長さが5mm(5mm角)の立方体とした。鹿児島県内のサツマイモ加工業者が製造しているサツマイモダイスのサイズが5mm角と10mm角であること、立方体にならない外皮部分の割合が10mm角は5mm角に比べて大きくなるのが主な理由である。また、良質の麹を得るためには、表面積が大きい5mm角が有利である。岩崎ら²⁾もサツマイモ麹の原料のサイズを検討した結果、3 \times 5 \times 5mmのダイスを用いている。

乾燥温度は40 $^{\circ}$ C~100 $^{\circ}$ Cの送風温度で検討した。送風温度が低温になると送風時間が長くなり、60 $^{\circ}$ C以下では生タイプは褐変などの変質が大きくなった。蒸しタイプは温度による仕上がりの差は認められなかったが、大量に乾燥する場合は、60 $^{\circ}$ C以下では腐敗が懸念される。従って、送風温度は60 $^{\circ}$ C以上で素早く乾燥する必要がある。また、送風温度100 $^{\circ}$ Cでは、乾燥後の試料の一部に熱変成による僅かな褐変が見られた。酒質に焦げ臭などの影響が懸念されたので、今回の試験では送風温度80 $^{\circ}$ Cで乾燥した。その結果、図1に示すとおり生タイプは変色せず白色のものが得られた。



図1 乾燥サツマイモダイス(生タイプ)

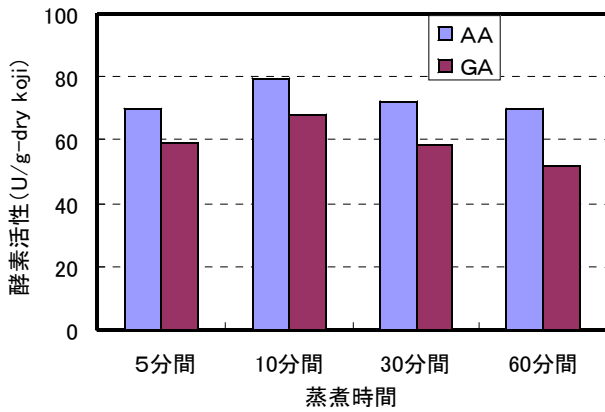


図2 蒸しタイプの蒸煮処理時間と麹の糖化力

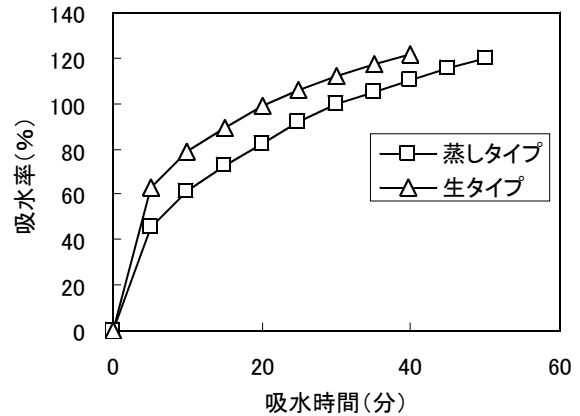


図3 乾燥サツマイモダイスの吸水速度

蒸しタイプについては蒸煮処理の時間を検討した。5 mm 角の生ダイスを5～60分間蒸煮し、通風乾燥機で水分約10%まで乾燥した蒸しタイプを製造した。蒸煮直後の状態は、蒸煮時間が長くなるに従って、柔らかくなる傾向になった。試作した蒸しタイプについては、岩崎ら²⁾が最適とする製麹の初発水分約40%で製麹するために、吸水後の水分も40%となるように散水して限定的に吸水させ、150 g 規模の製麹試験を行った。サツマイモの麹は糖化力の指標であるAAおよびGAが米麹に比べて低く、その原因は窒素含有量の低さによるものと推定されている^{1), 3)}。このため、サツマイモ麹にはより強い糖化力が求められることから、AAおよびGAの酵素活性を調べた。その結果を図2に示す。AA、GAともに蒸煮時間による活性の差は小さかったが、蒸煮時間10分間の活性が僅かに高かった。蒸煮後の物性は蒸煮時間10分間に比べて、5分間では僅かに芯があり糊化が不十分であったこと、30分以上では表面のデンプンが溶け出してべたついたことなどの物性の違いがあった。これらの物性の違いが製麹に影響して酵素活性の違いが生じたものと推測している。実際の取扱いでは、蒸煮時間が10分間と短いために低コストであり、製麹工程の取扱いでも崩れにくいことから蒸煮時間として適切であると判断し、以後の実験では蒸しタイプは蒸煮時間を10分間とすることにした。

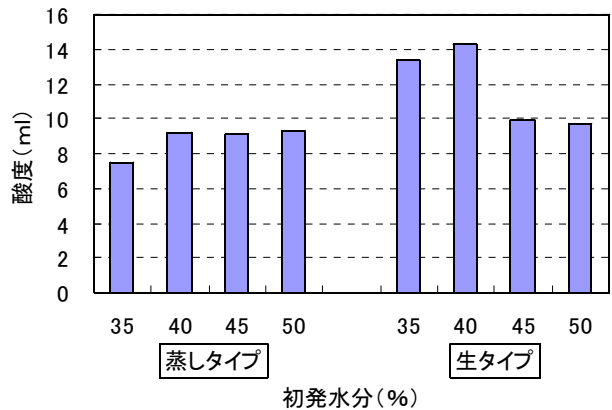


図4 製麹の初発水分とサツマイモ麹の酸度

3.2 麹原料の吸水性

吸水速度を分析した結果を図3に示す。吸水速度を比較すると生タイプが速かった。しかし、両タイプとも浸漬5分間で急速に吸水しており、浸漬10分後の吸水率は生タイプが79%、蒸しタイプが61%であり過剰吸水となっていた。回転ドラムなどの通常の装置では10分以内の浸漬処理は困難である。米、麦などの穀類は吸水が緩やかに進むため、浸漬時間を調節して必要な水分を吸水させるが、乾燥サツマイモダイスの生タイプ、蒸しタイプは、吸水が速すぎて浸漬法による吸水は適さないことがわかった。そこで、所定の水を散水する散水法により吸水させることにした。

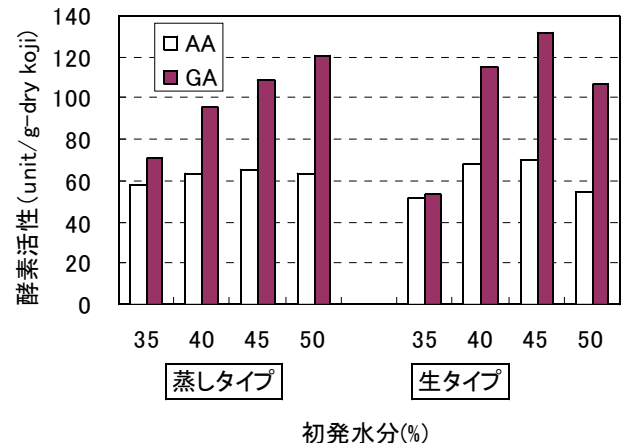


図5 製麹の初発水分とサツマイモ麹の酸度

3.3 引き込み時の初発水分の検討

散水量を変えて引き込み時の初発水分による製麹特性への影響を検討した。

生タイプ(水分8.4%)および蒸しタイプ(水分9.2%)に、散水後の水分が35～50%となるように散水量を算出し、散水後60分間放置して40分間蒸煮し、放冷後種麹を散布して150 g 規模で製麹した。出来た麹について酸度と酵素活性を測定し、乾燥麹重量当たりの値として比較した結果を図4、5に示す。

酸度については、生タイプは初発水分40%の値が最も高く、45%以上は低かった。蒸しタイプは35%が低く40%以

表2 麴の水分、酸度および酵素活性

	水分 (%)		出麴酸度		酵素活性(units/g-dry koji)		
	種付け	出麴	現物	乾物	AA	GA	BG
蒸しタイプ	41.4	34.7	5.0	7.7	48	77	230
生タイプ	41.9	30.5	6.8	10.7	49	125	554
米麴		26.0	7.5	10.1	168	251	308

上は同程度であった。両タイプを比較すると生タイプの45%と蒸しタイプの40%以上は同程度であり、相対的に生タイプが高かった。AAおよびGA活性については、生タイプが初発水分40~45%が活性値が高く、蒸しタイプでは初発水分が高いほど活性値が高かった。また、製麴工程で両タイプとも初発水分45%以上では軟らかくて作業性に支障があり、また、水分活性が高くなるため、工場規模での製造では雑菌汚染の危険性が高くなると考えられた。岩崎ら²⁾の焙炒芋においても、初発水分40%を超えると軟らかくて作業性に問題が生じる事を指摘しているが、今回の試験でも同様の状態であると考えられた。以上のことから、初発水分は約40%が適切であると判断して以後の実験では初発水分40%に設定して行うことにした。

3.4 仕込み試験

50kg用通風製麴装置で、蒸しタイプ、生タイプおよび米を原料としてそれぞれ製麴した。麴の水分、酸度および酵素活性を表2に示す。初発水分を40%に設定したが、実測した水分は蒸しタイプが41.4%、生タイプが41.9%とやや高めになった。出麴水分は蒸しタイプの34.7%に対して生タイプは30.5%であり、生タイプは製麴中に水分が蒸散しやすいことがわかった。酸度は乾物当たりで米麴と比較すると蒸しタイプは低くなったが、仕込には十分な酸度であった。糖化系酵素は米麴の半分以下であり、仕込みでは糖化力の不足が懸念された。BGは、蒸しタイプ<米麴<生タイプとなった。また、製麴工程において、引き込み後の温度上昇が早く、設定温度の38℃に達する時間は、米麴の14時間に対してサツマイモ麴は10時間と4時間短かったこともサツマイモ麴の特徴であった。

仕込後のもろみ重量減少量により追った発酵経過を図6に示す。一次もろみはサツマイモ麴が米麴より発酵が速いが、二次もろみでは逆転した。蒸しタイプと生タイプを比較すると発酵速度にほとんど差はなかった。サツマイモ麴の最終的なもろみ重量の減少量は米麴より少なかった。

この仕込み試験ではサツマイモ麴を仕込むことによる粘度上昇を回避するためにセルラーゼを使用した。一次もろみの粘度経過を図7に示す。サツマイモ麴もろみは仕込み

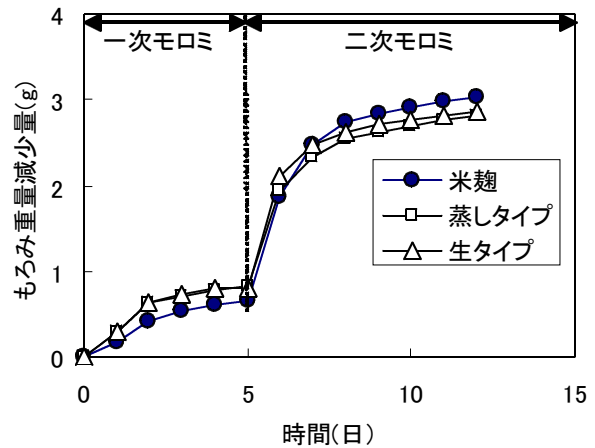


図6 発酵経過

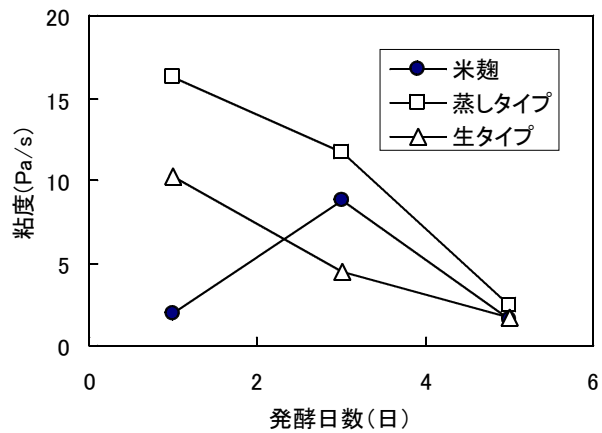


図7 一次モロミの粘度経過

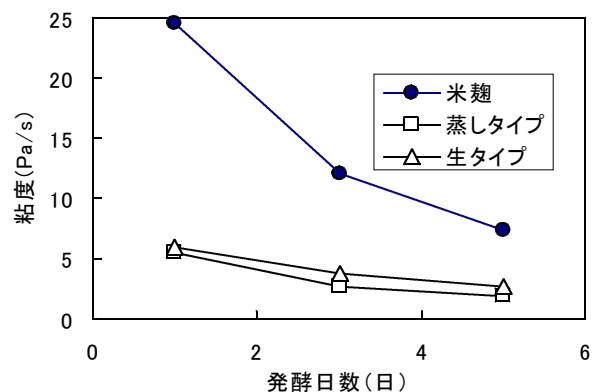


図8 二次モロミの粘度経過

表3 もろみの成分およびアルコール収量

	蒸しタイプ	生タイプ	米麹
酸度	6.45	7.95	8.85
pH	4.41	4.46	4.11
アルコール分(%)	12.9	13.7	14.3
全糖(%)	3.21	2.54	2.05
残糖(%)	0.48	0.49	0.31
グルコース量(%)	0.4	0.2	0.04
試留酸度	1.2	1.3	1.5
生菌数(cfu/ml)	2.30×10^8	1.83×10^8	1.23×10^8
総菌数(個/ml)	3.13×10^8	2.63×10^8	3.77×10^8
生菌率(%)	73.5	69.6	32.6
アルコール収量(L/t)*	190.61	198.89	197.52

* : 蒸留歩合97%として算出した原料1トン当たりのアルコール収量

表4 香気成分

成分	(mg/L)		
	蒸しタイプ	生タイプ	米麹
アルコール類			
n-プロピルアルコール	103	80	65
i-ブチルアルコール	207	170	131
i-アミルアルコール	377	341	256
-フェネチルアルコール	98	75	46
エステル類			
酢酸エチル	52	44	35
酢酸イソアミル	3	3	3
乳酸エチル	2	2	2
カプリル酸エチル	3	3	2
カプリン酸エチル	4	4	2
酢酸 -フェネチル	2	2	2
その他			
フルフラール	1	2	1

表5 モノテルペンアルコール含量 (µg/L)

成分	蒸しタイプ	生タイプ	米麹
リナロール	80	71	61
-テルピネオール	122	107	56
シトロネロール	60	35	23
ネロール	25	17	20
ゲラニオール	24	15	23
合計	312	245	182

度との相関がなかった。アルコール分は蒸しタイプ<生タイプ<米麹となり、それぞれに差を認めたが、生タイプはもろみ量が多く、蒸留歩合を97%として算出した原料1トン当たりのアルコール収量を比較すると米麹より多くなった。しかし、サツマイモ麹は全糖、残糖およびグルコース濃度が高く生菌率も高いことから、糖化力不足により発酵が緩慢になり蒸留直前で発酵は終了していなかったことがわかった。このことから、サツマイモ麹の糖化力向上が今後の課題として残された。

試醸した焼酎の香気成分を表4に示す。アルコール類の濃度は全量芋仕込みの焼酎が高かった。エステル類の濃度も高い傾向にはあるが、明確な差は認められなかった。また、糖の加熱分解産物であるフルフラールは生タイプがわずかに高くなっているが蒸しタイプは米麹と同値であり、蒸留前のもろみに含まれる残糖の影響はなかったと考えられた。

焼酎のモノテルペンアルコール類含量を表5に示す。モノテルペンアルコール類の総量は、米麹<生タイプ<蒸しタイプとなった。サツマイモ麹は米麹と比べて明らかにモノテルペンアルコール含量が多くなっている。モノテルペンアルコール類は原料サツマイモに配糖体で含有されており、麹の -グルコシダーゼによりグルコースが切り離され

翌日の粘度が最も高く、その後は徐々に低下し、米麹もろみは仕込後3日(4日目)は粘度が上昇し、その後は低下した。二次仕込直前の粘度は3種類のもろみは同程度の粘度であった。二次もろみの粘度経過を図8に示す。米麹もろみは仕込翌日の粘度が高く、サツマイモ麹の5倍の粘度であり、その後は徐々に低下したが、サツマイモ麹より高い粘度であった。サツマイモ麹もろみは仕込翌日には粘度が低下しており、その後は僅かな低下でその物性はサラサラの状態であった。また、蒸しタイプと生タイプには粘度の差はほとんど無かった。このことから、いも焼酎の仕込みの一般的な汲み水歩合65でサツマイモ麹を仕込んでモセルラーゼを用いることで、米麹を用いたもろみと同等以上に粘度低下できることがわかった。

熟成もろみの分析結果を表3に示す。酸度は麹の酸度ともろみ量から想定される値に近かったが、もろみのpHは酸

て、モノテルペンアルコールとして蒸留で焼酎に移行されることが大田ら⁷⁾により明らかにされている。サツマイモ麹の焼酎のモノテルペンアルコール含量が多くなったのは原料にサツマイモのみを使用することによるモノテルペン配糖体が増加が原因と推測され、岩崎ら²⁾及び山中ら⁵⁾の知見と一致した。また、今回のBGは蒸しタイプ<米麹>生タイプであり、特に生タイプは蒸しタイプの3倍であったにもかかわらず、蒸しタイプの方がモノテルペンアルコール類含量が多くなった。このことは全量芋仕込み焼酎においては、モノテルペンアルコール含量に及ぼすBGの影響は小さく、原料サツマイモが有するモノテルペン配糖体量に依存するものと考えられ、山中ら⁵⁾の知見と一致した。

試醸した蒸しタイプおよび生タイプの全量芋仕込み焼酎について、パネラーが指摘した酒質の特性に関するコメントを表6に示す。蒸しタイプは甘い芋の香りとスッキリ味で、キレの良い甘味が特徴である。生タイプは生サツマイモの乾燥に由来する特有の香りが個性的で、良否の判断は困難であるが、味はコクがあり、サツマイモの個性が強く出た酒質であると評価された。

このように2つのタイプで酒質が異なることから、各焼酎メーカーが、ブレンド等により個性的な酒質の全量芋仕込み焼酎を製造できるものと考えられた。

表6 きき酒のコメント

	香り	味
蒸しタイプ	スッキリ	軽い、辛い、甘い
	蒸し芋の香り	うすい、切れが良い
生タイプ	粉様臭、芋臭い	濃厚、コクがある
	香ばしい	やや渋い

4. 結 言

既存の装置を使用し、特殊な技術を要さない全量芋仕込み焼酎の製造法として、2種類の(生タイプおよび蒸しタイプ)乾燥サツマイモダイスを麹原料として用いる技術を検討し、以下の知見が得られた。

- (1) 乾燥サツマイモダイスは吸水速度が速いため、浸漬法による吸水処理は適さない。
- (2) 乾燥サツマイモダイスで製造した麹は米麹に比べて糖化力が弱かったが、仕込みではアルコール収量が米麹焼酎仕込みとほぼ同等であった。
- (3) 全量芋仕込み焼酎の香り成分はエステル類とモノテルペンアルコール類の濃度が高かった。
- (4) 酒質は、生タイプは生サツマイモの乾燥に由来する特有の香りが個性的ではあるが、コクのある味であり、蒸しタイプは甘い芋の香りとスッキリ味であった。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、モノテルペンアルコール類の分析を行っていただいた大口酒造(株)神渡巧研究室長に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 瀬戸口真治, 高峯和則, 亀澤浩幸, 浜崎幸男: 鹿児島県工業技術センター研究報告, 7, 13-20(1993)
- 2) 岩崎功, 藤田聡, 長友正弘, 垂水彰二, 高橋康次郎: 日本醸造協会誌, 98, 367-375(2003)
- 3) 岩崎功, 藤田聡, 長友正弘, 垂水彰二, 高橋康次郎: 日本醸造協会誌, 98, 456-459(2003)
- 4) 岩崎功, 山中寿城: 日本醸造協会誌, 98, 690-699(2003)
- 5) 山中寿城, 岩崎功, 長友正弘, 吉浜義雄, 平松順一, 高橋康次郎: 日本醸造協会誌, 98, 789-797(2003)
- 6) 黒岩東五, 黒岩義勇起, 三浦薫, 新村洋, 新山義友: 特開平2002-330749(2002)
- 7) 太田剛雄, 下条寛和, 橋本憲治, 近藤洋大, 佐無田隆, 大場俊輝: 日本醸造協会誌, 86, 536-539(1991)
- 8) “第四回改正国税庁所定分析法注解”, (財)日本醸造協会(1993)
- 9) 神渡巧, 瀬戸口真治, 緒方新一郎, 間世田春作: 日本醸造協会誌, 98, 729-736(2003)