

# 有色素サツマイモを用いた新しい酒類に関する研究 (II)

## — 紫サツマイモを用いた醸造酒の製造方法について —

食品工業部 瀬戸口真治, 上山貞茂, 高峯和則, 安藤浩幸, 亀澤浩幸, 濱崎幸男

### Study on New Alcoholic Drink Making from Violet Sweet Potato (II)

#### - Development of Brewing Process Using Violet Sweet Potato -

Shinji SETOGUCHI, Sadashige UYEYAMA, Kazunori TAKAMINE, Hiroki ANDO, Hiroyuki KAMESAWA  
and Yukio HAMASAKI

アントシアン系色素を高濃度に含有する紫サツマイモを用いた新しい発酵飲料の製造方法確立するために、原料の加熱処理条件、糖化条件および糖化モロミのろ過性改善のためのセルラーゼ添加条件、糖化液の発酵条件を検討し、その結果をもとに仕込み試験を行った。得られた製品は鮮やかな赤紫色を呈し、さわやかな酸味と僅かにサツマイモの風味を有する赤ワインタイプの酒質であった。

#### 1. 緒言

本研究は、アントシアン系色素を高濃度に含有する紫サツマイモを原料として、新しい発酵飲料やリキュールを開発することを目的としている。前報<sup>1)</sup>では紫サツマイモから粗抽出した色素についていくつかの知見を得たが、本報では前報<sup>1)</sup>の結果を踏まえて、紫サツマイモを原料とする新しい発酵飲料を製造するための諸条件を検討したので報告する。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 原料

原料は前報<sup>1)</sup>と同一品種である鹿児島県農業試験場大隅支場で収穫された紫サツマイモ九州109号を用いた。

##### 2.2 糖化条件の検討

###### 2.2.1 基質

紫サツマイモを前報<sup>1)</sup>と同様に蒸して凍結乾燥し、0.5 mm以下に粉碎したものを基質として用いた。

###### 2.2.2 糖化酵素反応条件

糖化酵素反応は基質0.3g, McIlvain Buffer(pH3.5)を9 mL入れ、水浴中で5分間放置した後酵素を添加する条件で行い、更に反応後は生成する還元糖を測定した。なお、還元糖量はグルコース換算して求めた。

###### 2.2.3 糖化酵素の選定

糖化酵素は市販酵素剤の中から糖化力の強い酵素剤5種を選び試験に供した。

糖化力の測定は、酵素添加量1 mg/mL, 反応温度30~70℃, 反応時間10分の条件で行った。

酵素活性は1分間に1 mgの還元糖量を生成する活性を1単位(U)とし、糖化酵素剤1 mg当たりの活性(U/mg)で表し

た。

##### 2.2.4 糖化酵素添加量および糖化時間の検討

酵素添加量は基質中のデンプンに対して1/2,000~1/10とし、反応温度60℃, 反応時間3時間および5時間として糖化率を測定した。なお、糖化率(T%)は基質の全還元糖から可溶性の還元糖を差し引くことにより求めた基質中のデンプン由来の還元糖量(TS)に対して、糖化反応により生成する還元糖(PS)の割合を下式(1)により求めた。

$$T(\%) = PS/TS \times 100 \quad (1)$$

##### 2.3 濾過性能試験

蒸した紫サツマイモに同量のMcIlvain Buffer(pH3.5)を添加しホモジナイズしたものに糖化酵素およびセルラーゼを一定量添加して60℃, 5時間反応させた。反応液については桐山ロートを用い、△80kPaで吸引ろ過し、ろ液の流出量を30分間測定した。

セルラーゼ剤の選定および添加量の検討はろ液量を比較することにより行った。

##### 2.4 原料の加熱処理および発酵試験

紫サツマイモの加熱処理は蒸気による1時間の蒸しあるいは乾燥器で180~200℃約2時間焙炒により行った。

糖化液については、先ず蒸したあるいは焙炒した紫サツマイモ2.3kgを粉碎し、水2.7ℓ添加後、ホモジナイザーで十分懸濁させ、クエン酸でpH3.5に調製し、糖化酵素をデンプン量の1/100量加え、60℃7時間ときどき攪拌しながら放置した。次に9,500rpmで20分間遠心分離し、得られた上澄液をNo.5cのろ紙で吸引ろ過後、糖濃度78g/ℓ(グルコース換算)に蒸留水で調製した。これにより蒸し糖化液

あるいは焙炒糖化液を得た。

発酵には鹿児島工試酵母(Ko), 清酒酵母(協会7号, 9号), およびワイン酵母(OC-1, OC-2, OC-3)を使用した。

酵母の前培養はYPD培地(酵母エキス1%, ポリペプトン2%, グルコース2%)で30°C, 2日間静置して行った。

発酵試験は硫酸の入った発酵栓を装着した300ml三角フラスコに糖化液200mlを入れ, さらに前培養液を酵母濃度 $1 \times 10^6$ (個/ml)となるように添加し, 20~30°Cの水浴中で発酵させて行った。発酵経過は発生する二酸化炭素量を測定することにより追跡した。発酵終了後は3,000rpm10分間の遠心分離により酵母を除去し, きき酒を行った。

## 2.5 仕込試験

仕込方法は, 先ず洗浄, 選別した紫サツマイモ40kgを, 180~200°Cで2時間焙炒し, 冷却後割砕して, 水80l, クエン酸720g, 糖化酵素E 96gおよびセルラーゼF 4.8gを添加して60°Cで5時間糖化し, 圧搾ろ過して糖化液を得た。次に糖化液に協会7号を $1 \times 10^7$ (個/ml)となるように添加し, 25°Cで7日間発酵させ発酵終了後に製品ろ過器を用いてセライトろ過した。

## 2.6 分析方法

還元糖の測定はソモジーネルソン法により行った。なお, 基質中の全還元糖および酵素反応前の可溶性糖については塩酸により加水分解した後, 測定した。アルコール分, 酸度およびエキス分は国税庁所定分析法<sup>2)</sup>によった。有機酸は高速液体クロマトグラフ装置Shodex DG-1(昭和電工KK製, K811カラム)により分析した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 糖化条件の設定

前報<sup>1)</sup>で紫サツマイモの色素抽出はpHが低いほど鮮やかな赤紫色を呈すること, 抽出後の色素はpH3.5付近が最も安定であることが明らかにされている。また, pHを下げることは糖化時の雑菌汚染の防止策にもなる。

そこで糖化酵素剤の選定に当たっては, 反応をpH3.5で行うこととし, pH低下剤にさわやかな酸味を呈するクエン酸を使用することにした。

5種類の糖化酵素の反応温度30~70°Cにおける酵素活性を図1に示す。各酵素の最適温度は50~70°Cにあることがわかった。糖化を行う際, 雑菌汚染を防ぐためには, より高い温度に設定する必要があることから60°C付近で最も高い活性を示したEを使用することにし, 糖化温度は60°Cとした。

次に糖化時間と酵素濃度について検討した。糖化時間は仕込作業を1日で終わるようにするため5時間以内とした。

そこで, 糖化酵素Eを用いて3時間および5時間糖化したときの糖化率を図2に示す。その結果, 糖化時間3時間

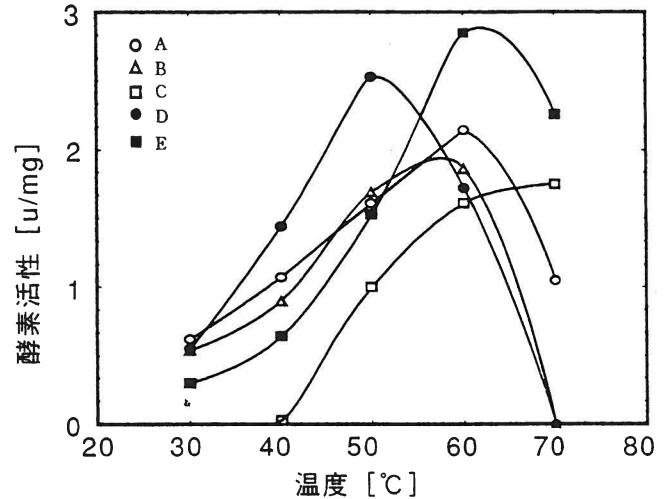


図1 各酵素剤の温度の影響

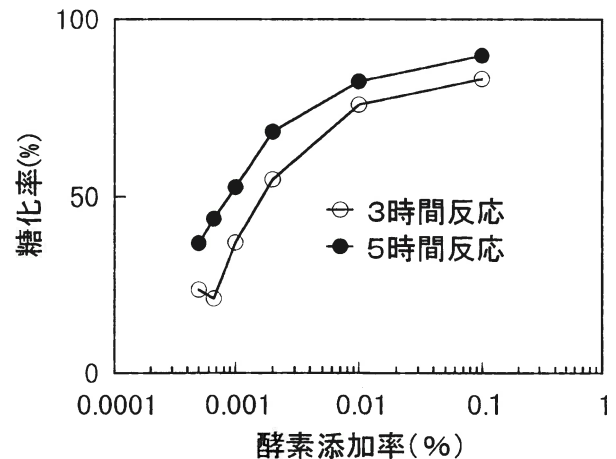


図2 糖化率に及ぼす酵素添加量の影響

で酵素添加濃度がデンプンに対して1/100のとき糖化率76.0%, 1/10で83.4%, 糖化時間5時間ではそれぞれ82.5%および90.0%であり, 高濃度に糖化酵素を添加しても糖化が不十分であった。このことから, 糖化酵素で分解できない $\beta$ -リミットデキストリンが存在していることが推定され, 液化酵素( $\alpha$ -アミラーゼ)を作用させる必要があることがわかった。現時点ではpH3.5で作用する液化酵素の市販はされていないが, 今後は, 糖化効率を向上させるためにも液化酵素を用いる糖化方法を検討する必要がある。

今回は糖化率が90%以上となった酵素濃度1/100, 5時間を糖化条件とした。

### 3.2 糖化モロミのろ過性改善

サツマイモの糖化モロミは粘性が高く, ろ過しにくい性質を有している。そこで, ろ過性を改善するために糖化時にセルラーゼを添加する方法について検討した。セルラーゼは表1に示す8種類を用いた。

表1 セルラーゼ製剤の起源

セルラーゼ	起源
A	<i>Trichoderma konigi</i>
B	<i>Aspergillus niger</i>
C	<i>Trichoderma viride</i>
D	<i>Aspergillus niger</i>
E	<i>Trichoderma viride</i>
F	<i>Aspergillus niger</i>
G	<i>Trichoderma viride</i>
H	<i>Irpex lacteus</i>

最もろ過性を改善したセルラーゼは *Aspergillus niger* 起源の F であり、30分間のろ液量で比較するとセルラーゼ無添加 (Blank) の約5倍のろ液量が得られた。

次にセルラーゼの添加量を検討した。セルラーゼ F を各濃度で糖化時に添加したときの糖化モロミのろ過性について、ろ液の流出量に対してろ過抵抗を示す値 (ろ過時間/ろ液量) より求めた結果を図4に示した。Blankはろ過開始直後にろ過抵抗が増加しており、1/5,000添加はろ液量30ml以上で増加した。1/4,000と1/2,000はろ液量50mlでもろ過抵抗は増加せず同程度のろ過性を示したことから、セルラーゼ添加量はデンプンに対して1/4,000で十分であることがわかった。

3. 3 酵母の選定および原料の加熱方法

6種類の酵母について蒸しイモの糖化液を用いて発酵試験を行った。炭酸ガス発生量より求めた発酵経過を図5に示す。20℃ではOC-1が発酵速度が遅く、最終アルコール生成量が若干少なかった。25℃ではOC-3が特別速やかな発酵経過を示した。

30℃ではOC-3が発酵速度が遅く最終アルコール生成量が若干少なかった。このことから、OC-1およびOC-3は発酵温度による影響を受けやすいことがわかった。また、発酵終了後きき酒を行った結果、協会7号を用いて25℃で発酵したものが異味異臭もなく、すっきりして最も飲みやすいと評価された。

発酵試験およびきき酒の結果から、使用する酵母は協会7号、発酵温度は25℃とした。

原料の糊化および殺菌を目的とする加熱処理方法の検討は、蒸煮糖化液と焙炒糖化液について協会7号を用いて発酵試験を行い、きき酒により行った。

その結果、焙炒法がイモの風味をよく引き出しており、香り味とも良好であったことから、原料の加熱方法は焙炒法で行うことにした。

3. 4 仕込試験

仕込試験は糖化開始時の粘性を下げるために、仕込水の使用量を原料に対して2倍量とした。このため、糖化液の糖濃度が約7%と低くなった。また、製品アルコール濃度を11%と設定したため、今回は糖化液のろ液に砂糖で補糖して発酵させた。製品の写真を図6に示す。色は鮮やかな赤紫色であり、成分はアルコール分10.5%、エキス分3.8%および酸度11.8mℓであった。

糖化モロミおよび製品の有機酸組成を分析した結果を表3に示す。糖化モロミはpH調製で添加したクエン酸以外は原料由来の有機酸である。これに比べて製品では、クエン酸が約1,000mg/ℓ減少し、逆にコハク酸は960mg/ℓ増加し、他の有機酸の増減は僅かであった。クエン酸については、糖化モロミに補糖したときの希釈によるものであり、コハ

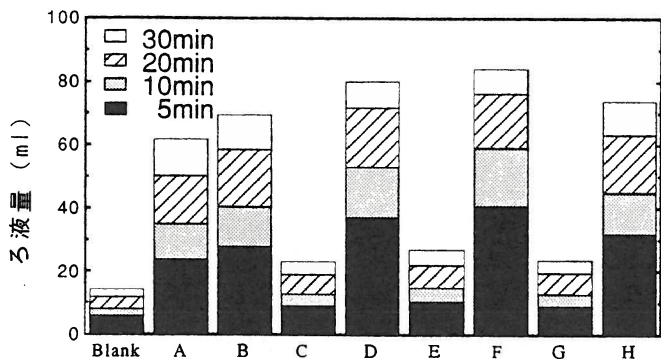


図3 ろ液量に及ぼすセルラーゼの影響

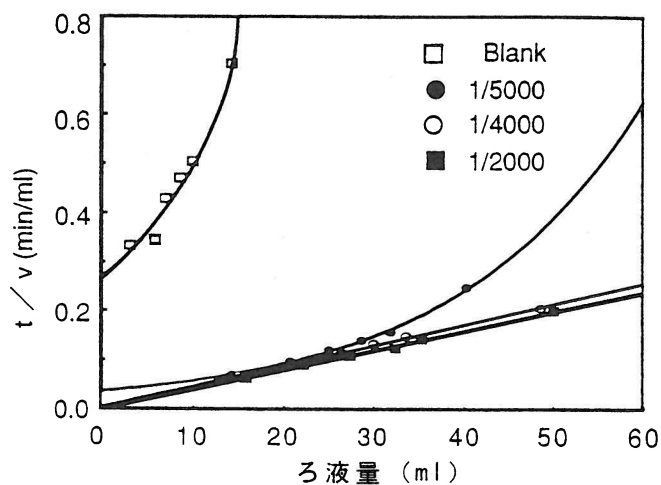


図4 ろ液量に及ぼすセルラーゼ添加量の影響

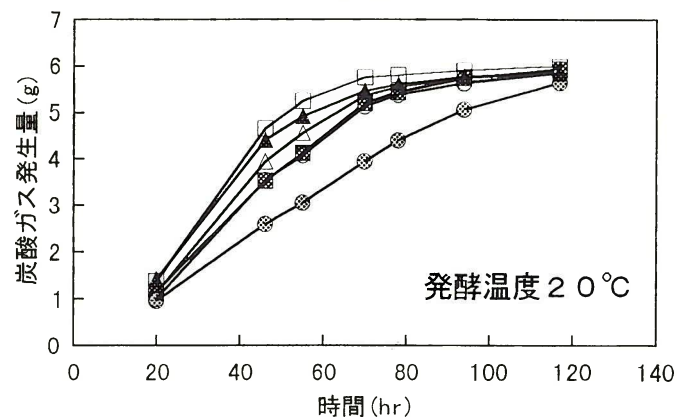
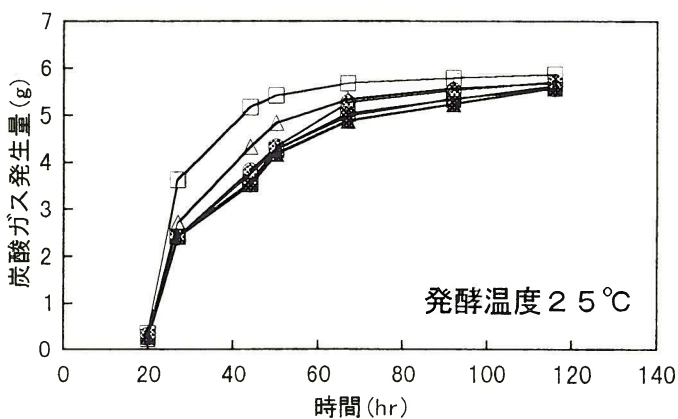
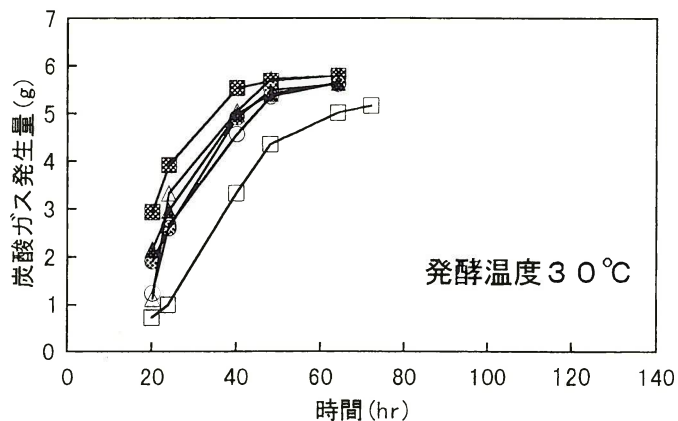
糖化時に各セルラーゼを作用させたときのろ過性を、単位時間に流出するろ液量で表した結果を図3に示す。

*Trichoderma viride* 起源の C, E および G は、ろ過性はほとんど改善されなかった。



表3 糖化モロミおよび製品の有機酸組成(mg/ml)

成分	糖化モロミ	製品
クエン酸	9,125	8,095
リンゴ酸	654	570
コハク酸	47	1,007
乳酸	trace	40
ギ酸	72	19
酢酸	9	34
ピロウラムシ酸	30	38



● 鹿児島酵母 ○ OC-1 ▲ OC-2 □ OC-3 ⊖ 協会7号 △ 協会9号

図5 発酵経過



図6 紫サツマイモを原料とした発酵飲料

ク酸は酵母が生成したものである。酵母が生成する有機酸については味に影響しているものと考えられる。

製品の酒質は、さわやかな酸味で僅かにサツマイモの風味を有し、赤ワインタイプの酒質であった。

4. 結 言

アントシアン系色素を高濃度に含有する紫サツマイモ(九州109号)を利用して新しい発酵飲料の製造方法を検討し、以下の結果が得られた。

- 1)原料の加熱処理は、蒸煮より焙炒した方がイモの風味をよく引き出しており、香り味とも良好であった。
- 2)糖化は糖化酵素をデンプンに対して1/100量添加し、pH3.5、60°Cで5時間反応させることで80%以上の糖化率が得られた。
- 3)糖化時にAspergillus niger起源のセルラーゼをデンプンに対して1/4,000量添加することで糖化モロミのろ過性が改善された。
- 4)発酵に使用する酵母は協会7号、発酵温度は25°Cが適していた。
- 5)仕込試験により得られた製品は鮮やかな赤紫色を呈し、さわやかな酸味と僅かにサツマイモの風味を有する赤ワインタイプの酒質であった。

参 考 文 献

- 1)瀬戸口真治：鹿児島県工業技術センター研究報告，10，(1996)
- 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)