

発酵技術を活用した紅芋加工品の開発

豊川哲也、望月智代、仲本英夫、具志堅悠馬、松本亜里奈

干し芋原料として糖度が低くキュアリングで歩留まりの悪い沖夢紫の効率的利用を目的として、沖夢紫ペーストの糖化を酵素と麴で行い成形干し芋の試作を行った。糖化反応はペースト重量に対し酵素を1/1,000重量、麴を1/100重量を添加することでブリックス30°程度の糖化ペーストを製造することが可能であった。糖化反応は品種を問わず8時間程度で終了した。糖化ペーストを用いて干し芋を試作したところ60℃、8時間の乾燥条件下で風味に優れた干し芋が調製可能であった。干し芋の品質管理において重要な管理ポイントである水分活性の評価を現場レベルで実施するため、水分活性と水分およびブリックスの関係を明らかにした。

1 はじめに

沖縄県のかんしょ^{注)}生産は、平成29年度で作付面積281 ha、収穫量3820トン^リとなっており、青果用、加工用ともに出荷・利用されている。近年、焼き芋に端を発したサツマイモブームは、干し芋、冷やし焼き芋、サツマイモパフェなど多岐にわたって拡大している。沖夢紫は、平成15年に農業試験場により育成された沖縄県の奨励品種である。沖夢紫はアントシアニン色素を多く含むため、その色調を活かしてペースト加工した原料が菓子類などの加工に用いられている。沖夢紫の原料の課題として保存性が悪く傷みやすいため、糖度の向上を目的に行われる13-15℃、RH90%程度の定温定湿貯蔵中にカビの発生や根塊の腐敗が多いことがあげられる。そこで、本開発では定温定湿貯蔵に代り麴や酵素を用いた糖化紅芋ペーストを製造し、このペーストから成形干し芋を加工するための基礎的条件検討を行った。紅芋ペーストを糖化することにより、定温定湿貯蔵による廃棄がなくなり製品歩留まりが向上する。また、本技術は規格外品や傷害芋の有効活用にもつながると考えられる。

2 実験方法

2-1 試料

かんしょは2022年久米島産の沖夢紫ならびにシルクスイート、2020年鹿児島産のコガネセンガンを用いた。沖夢紫およびシルクスイートはスイートフーズ久米島株式会社で、コガネセンガンは当センターでペースト加工し使用時まで冷凍保存した。糖化用酵素は、グルク100GおよびグルクザイムAF6（ともにアマノエンザイム株式会社製）を用いた。製麴用の米は、沖縄県内のスーパーマーケットで購入した。

2-2 製麴

米1 kgを用いて吸水1時間、水切り1時間、蒸きょう40分の処理を行い、40℃に放冷後、黒麴（石川種麴社製）もしくは白麴（株式会社ビオック社製）2 gを散布した。恒温恒湿器（東京理科機器株式会社、KCL-2000）にて、湿度95%の雰囲気下40℃で20時間、35℃で20時間、25℃で2時間の計42時間の製麴を行い使用時まで冷凍保存した。

2-3 かんしょペーストの糖化

冷凍ペーストを流水解凍後、電子レンジで約80℃に加熱したのち60℃まで冷却した。直ちに、糖化源として酵素および麴をペーストに所定量添加してよく混練し、60℃で所定時間糖化反応を行った。なお、麴は肉挽機でペーストとともにミキシングした。

2-4 ブリックスの測定

ペーストに2倍重量の2%クエン酸溶液を添加し十分攪拌して80℃で15分間加熱して酵素を失活させた後ろ過した。ろ液をブリックス計（株式会社アタゴ社製、APL-1J）で測定し希釈倍率を乗じてブリックスを算出した。

2-5 水分および水分活性の測定

加熱式水分計（A&D社製、ML50）を用いて測定条件を標準モードの130℃、測定精度HIで水分を測定した。また、水分活性は水分活性計（メータージャパン社製、AquaLab TDL2）を用いて測定した。

注)：本稿では学名 *Ipomoea batatas* について主に「かんしょ」を使用するが「サツマイモパフェ」や「サツマイモ基腐病」のように「サツマイモ」が一般的な名称と考えられる場合は「サツマイモ」も併用する。

3 結果と考察

3-1 糖化反応の検討

3-1-1 糖化源の選定

糖化反応の経時変化を観察するためにブリックスを測定した。1 kgの紅芋ペーストに所定量の糖化源を添加・混練したのち、恒温機中60℃で所定時間保持した。なお、糖化源の添加量は紅芋ペーストの重量当たり酵素で1/1,000、麴は1/100である。図1に各種糖化源を用いて紅芋ペーストを糖化した際のブリックスの経時変化を示す。いずれの糖化源を用いた場合でも処理後6時間でブリックスは33° から38° 程度と定常状態となり、いずれの糖化源を用いても干し芋に十分な糖度を有するペーストを得られることが明らかとなった。

糖化源の違いにより製品の風味は大きく異なることが予想されるため、官能評価を行った。表1に各種糖化源で処理したペーストの評価を示す。麴を用いた場合は酵素による糖化と比べ、麴由来のクエン酸により酸味が付与されるためさっぱりとした印象であった。いずれの糖化源を用いた場合も風味は良好であったが、干し芋にした時の風味や色の観点、ならびに使用の容易性からグルクザイムAF6を酵素源として適当であると判断し、今後の試験はグルクザイムAF6を糖化源として用いることと

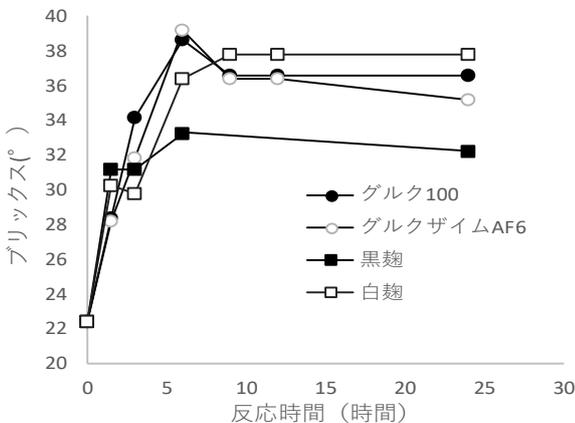


図1 糖化反応時におけるブリックスの変化

表1 各種糖化源で処理したペーストの評価

グルクザイムAF6	さっぱりした甘み、さわやか、甘み強い、後から甘みが強く来る。
グルク100	重い、もったり、ナチュラルな味、後から酸味を感じる、芋の風味
白麴	さわやか、糖酸比よい。
黒麴	良好、酸味がある、赤い色調、おだやか、パイナップルの様、ドライフルーツ、良い香りが後から来る

した。

3-1-2 酵素添加量と再現性の検討

グルクザイムAF6の添加量について検討した。酵素添加量を紅芋重量の1/100、1/1000、1/5000および1/10,000重量添加し6時間後のブリックスを測定した(図2)。多重比較検定を行ったところ酵素添加量が減少するに伴い、糖度が低下すること ($p < 0.01$) が認められた。ただし、その差はブリックスで2° 以内であり実用上重要な意味はないと判断した。なお、風味に顕著な違いは認められなかった。

紅芋ペーストの糖化反応は粘度が非常に高い状態で進行し、反応むらによるブリックスのばらつきが懸念されるため再現性の検討を行った。すなわち、添加量1/1000、1/5000、1/10000の試験区をそれぞれ3区もうけ、日にちを違えて3回実施しブリックスを測定した(図3)。ばらつきの評価は、併行精度と室内再現性を指標とした。

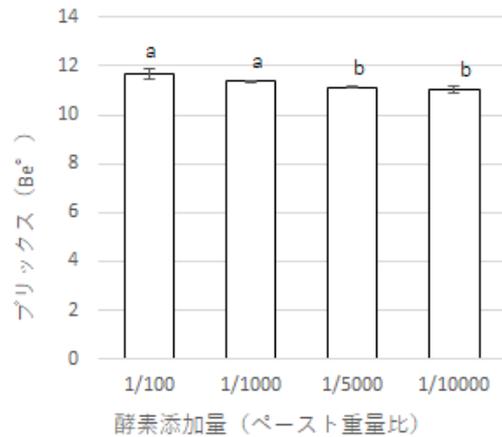


図2 酵素添加量の違いによるブリックスの変化異なる文字間には有意差 ($p < 0.01$) があることを示す

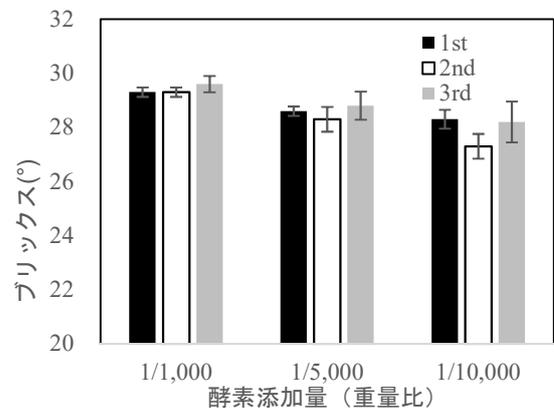


図3 酵素添加量の異なる試験区のばらつき評価

併行精度とは、短時間の間に同一条件下で測定する場合の精度のことである。室内再現精度とは、同一施設内において試験日、試験実施者、器具、機器等を変えて測定する場合の精度である。併行制度および室内再現性について標準偏差ならびに変動係数を表2に示す。得られた結果について分散分析を行ったところ、酵素添加量が少なくなるとばらつきが大きくなることが認められた（ $P < 0.01$ 、結果は示さない）が絶対的なばらつきとして小さいため実用上の問題はないと判断した。酵素添加量は、1/1,000量から1/10,000量において精度、再現性のうえで実用上の違いはないと判断できた。ただし、実際の製造現場においては、極少量の酵素を紅芋ペーストに均一に混練するのは容易ではないことから添加量はペースト重量の1/1,000量と決定した。

3-1-3 品種が異なる原料の糖化について

かんしょは、品種によりでんぷん含量²⁾や風味が大きく異なる。干し芋好適品種のシルクスイートならびにしょうちゅう原料に用いられるコガネセンガンについて糖

化工程を沖夢紫と比較した。各品種ペーストをグルクザイムAF6で糖化处理を行った際のブリックス変化を図4に示す。処理前のブリックスは沖夢紫が21.0°、シルクスイートで19.5°、コガネセンガンで11.4°とばらつきが大きかったが、糖化处理8時間程度で約30°程度に収束した。風味に関してはシルクスイートが軽くさわやかな香りを呈したのに対し、コガネセンガンは重く鈍い香りであった。

3-2 成形干し芋の調製

3-2-1 乾燥時間の検討

糖化紅芋ペーストを用いて成形干し芋を試作した。球状の紅芋ペースト15gを押しえつけ、厚さ1cmに圧縮成形し65°Cの通風乾燥機で乾燥した。経時的にサンプリングをおこない水分活性を測定した。成形干し芋の水分活性を図5に示す。成形干し芋の水分活性は、乾燥5時間で0.77となりカビの生育不可能となる0.80を下回った。ばらつきを考慮し乾燥時間を6時間に設定した。

3-2-2 水分活性と水分およびブリックス

干し芋製造における重要管理項目は、異物混入防止と水分活性の管理³⁾である。しかしながら、小規模の工場では水分活性計を有していないことも多く、操業中に迅速簡便に測定が必要な場合もある。そこで、水分活性を工場オンサイトで測定するために水分活性と水分およびブリックスの関係を検討し、水分およびブリックスから水分活性を算出可能か検討した。ブリックス32°の糖化紅芋ペースト15gを厚さ1cm程度に押しつぶし75°Cで乾燥し、随時サンプリングを行い、水分、水分活性、ブリックスを測定した。水分活性と水分およびブリックスの関係を図6および図7に示す。水分およびブリックスとも

表2 併行制度と室内再現性

添加量	標準偏差		変動係数	
	併行精度	室内再現性	併行精度	室内再現性
1/1,000	0.2-0.3	0.2	≒0.01	0.01
1/5,000	0.2-0.5	0.3	0.01-0.02	0.01
1/10,000	0.4-0.8	0.6	0.01-0.02	0.02

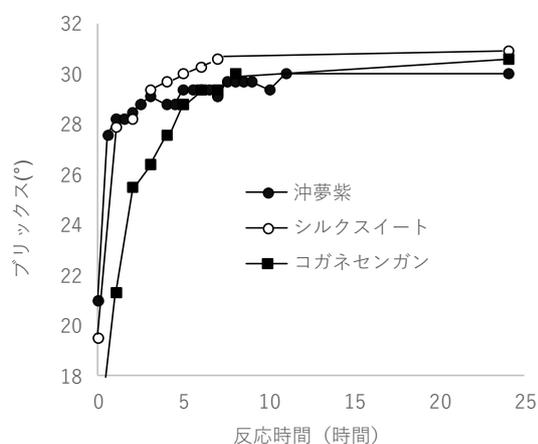


図4 品種の違いが糖化反応に与える影響

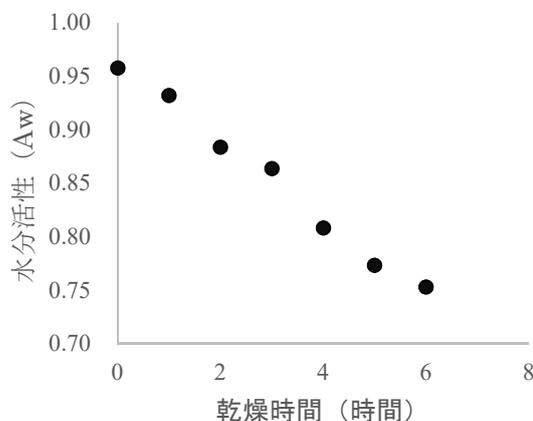


図5 乾燥時間が水分活性に与える影響

に水分活性と強い相関を示した。干し芋で特に問題となるカビの生育不可能な水分活性である0.80を中心とする範囲では 相関係数が $R^2 > 0.96$ となり実用上十分な測定値が得られた。なお、水分活性が0.80時の糖化ペーストの水分は約34%、ブリックスは約48° であり、これを目安に水分の管理を行うことが適当である。

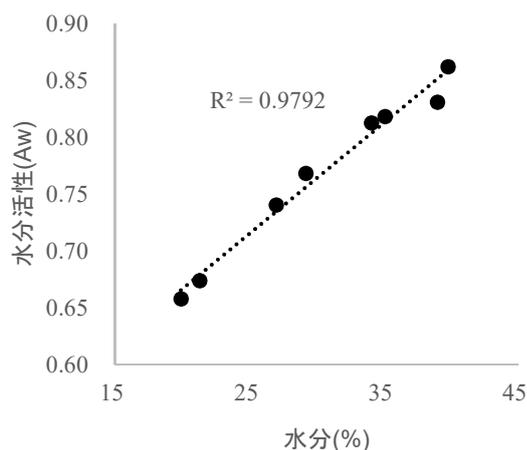


図6 成形干し芋における水分活性と水分の関係

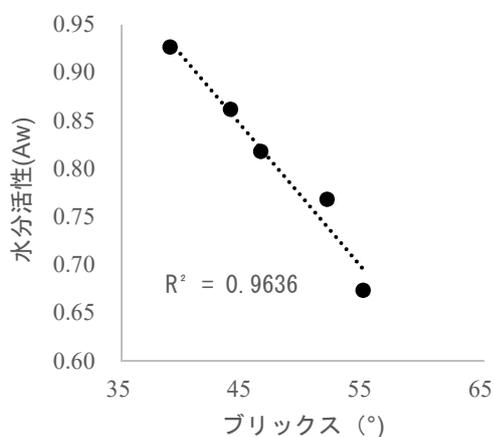


図7 成形干し芋における水分活性とブリックスの関係

まとめ

干し芋原料として糖度が低く、定温定湿貯蔵で歩留まりの悪い沖夢紫の効率的利用を目的として沖夢紫ペーストの糖化を行い成形干し芋を試作した。糖化反応はペースト重量に対し酵素で1/1,000重量、麴で1/100重量を添加することでブリックス30° 程度の糖化ペーストを製造することが可能であった。糖化反応はかんしょの品種を

問わず8時間程度で終了した。また、酵素添加量は1/10,000重量まで減量できる可能性がある。糖化ペーストを用いて干し芋を試作したところ60°C、8時間の乾燥条件で風味に優れた干し芋が調製可能であった。干し芋の衛生管理に関して重要管理点である水分活性の管理を現場レベルで実施するため、水分活性と水分およびブリックスの関係を明らかにした。

本試験は令和4年度 企業連携共同研究事業「芋酒製造工程の安定化と地産地消にむけた取り組み（2020技017）」で実施した。

参考文献

- 1) 内閣府沖縄総合事務局農林水産部統計調査課：51次 沖縄農林水産統計年報（令和3年～令和4年）、p.74
- 2) 前田剛希：沖縄産紅イモ「沖夢紫」の成分特性および色調について、沖縄県工業技術センター研究報告書 第8号（2006年）
- 3) 厚生労働省：HACCPの考え方を取り入れた衛生管理のための手引書、<https://haccp.shokusan.or.jp/flexhaccp/intro-3/hoshiimo/>、（参照日2023年7月27日）

Development of processed purple yam utilizing fermentation technology

Tetsuya TOYOKAWA, Tomoyo MOCHIZUKI, Hideo NAKAMOTO, Yuma GUSHIKEN,
Arina MATSUMOTO

Okinawa Industrial Technology Center

For the purpose of efficient utilization of Okiyumemurasaki purple yams, which have low sugar content, as the raw material and low yield in curing as dried sweet potatoes, we performed saccharification of Okiyumemurasaki paste with enzymes and malted rice and tried manufacturing of formed dried sweet potatoes. Regarding the saccharification reaction, it was possible to manufacture saccharified paste with brix of about 30° by adding 0.1% enzymes by weight of the paste and 1% malted rice by weight. The saccharification reaction was finished in about eight hours regardless of variety. When we performed trial manufacturing of dried sweet potatoes using saccharified paste, it was found that the dried sweet potatoes were excellent in flavor and could be prepared in the drying condition at 60°C for eight hours. In order to implement at the field level the evaluation of water activity, which is an important control point in the quality control of dried sweet potatoes, we clarified the relationship among the water activity, moisture, and brix.

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。