



@ High School

大阪府立園芸高等学校

杉田 惇, 松本泰知, 宮崎 彩, 中屋彰啓, 中園良昭, 東浦大樹, 小西祐太郎
(顧問: 田中俊之)

私たちのバイオマス 資源循環型学校生活をめざして

本研究は、平成23年度日本農芸化学会大会（開催地 京都）での「ジュニア農芸化学会」において発表予定であったが、残念ながら東日本大震災によって大会が中止となったため、日本農芸化学会和文誌編集委員会によって選定し、掲載することとなった。バイオマス生産は、地球温暖化防止の立場から大いに関心がもたれている課題である。本研究は、校内から排出される販売不適なイモ類やシュレッター紙を有効利用し、学校生活における資源循環をめざすことをねらいとしている。



本研究への取り組みのきっかけ、目的、方法、結果

【本プロジェクトへの取り組みのきっかけ】 食品科学部では構内から排出される廃棄物の有効利用について継続的に取り組んでいる。園芸高校の農場ではサツマイモやジャガイモが栽培されているが、サイズが小さいため販売できないようなサツマイモやジャガイモが収穫される（図1）。これらは、今まで利用されずに捨てられていた。また、校内では紙類が大量に消費されているが、個人情報などが記載された紙はシュレッターにかけられて捨てられている。このような状況を知り「循環型社会をめざすにはまず循環型校内から」と考え、捨てられているこれらのサツマイモ、ジャガイモ、紙類を少しでも有効に利用できないかと考え、この取り組みを始めた。

【目的】

- ① 販売不適ジャガイモ、サツマイモを原料としたバイオエタノールの製造方法の確立
- ② 販売不適ジャガイモ、サツマイモを原料としたシロップの製造方法の確立とその利用方法の研究
- ③ シュレッター紙を醗酵原料とするための糖化方法の研究

【実験操作】

- ① バイオエタノール製造： 原料（サツマイモ、ジャガイモ）を糖化（こうじかびまたは糖化酵素使用）、アルコール醗酵（農場果実より分離した野生型酵母使用）、分離（遠心分離などで液体と残渣に分ける）、蒸留により製造した（図2）。
- ② シロップ（糖液）製造： 原料（サツマイモ、ジャガイモ）を糖化（こうじかびまたは糖化酵素使用）、分離（遠心分離などで液体と残渣に分ける）、煮つ



図1 ■ 販売不適サツマイモ



図2 ■ サツマイモのアルコール醗酵（5リッターファメンター）

表1 ■ 販売不適イモ類からのバイオエタノールの生産 (5 l ジャーフアメンター)

原料	糖化方法	収率% (対デンプン比)
サツマイモ	麴法	46.7
サツマイモ	糖化酵素	34.4
ジャガイモ	麴法	32.1
ジャガイモ	糖化酵素	23.3

表2 ■ 販売不適イモ類からのシロップの生産

原料	糖化方法	収量 (ml)*
サツマイモ	糖化酵素	1,023
ジャガイモ	糖化酵素	529

*シロップ糖濃度50%としたときの、原料1 kgに対して得られた平均収量

め(液体部を煮つめてシロップ状にする)により製造した。

- ③ シュレッダー紙の糖化方法：原料を糖化(セルラーゼ使用)し、分離(液体と残渣に分ける)、糖量測定(ソモギー変法)を行なった。

【結果と考察】 ①で製造したバイオエタノールに関しては、当初期待したほどの量は取れなかったが、繰り返し製造を行なっていくうちに収率が上がるようになった。5 l ジャーフアメンターでの収率を表1に示した。サツマイモの収率がジャガイモに比べ高いのは、内在性の糖化酵素量の違いによるものであると考えられた。また、麴法が糖化酵素(α アミラーゼ、グルコアミラーゼ使用)を用いた場合より収率が高い理由としては、麴法では30℃で1週間糖化を行なったのに対し、酵素法ではジャーフアメンターの許容最高温度である60℃設定で一晩行なったにもかかわらず糖化が不十分であったためと考えられる(糖化酵素の至適温度は65~70℃)。最終的には80 lのタンクでも製造を試みた結果、32%のエチルアルコールを5 l 得ることができた。しかし、最も効率よくエタノールが得られた場合でも、トウモロコシを原料としてバイオエタノール生産を行なった報告値(アメリカ農業省)と比較すると1/4程度の収量となった。以上のことから、イモ類からエタノールを製造するよりも、糖化してシロップをつくり、その風味を生かした食品への利用を行なうことを試みた。

②に示す方法によりシロップを製造した。その結果、食用として利用できるシロップ製造の手法はほぼ確立できた(表2)。しかし味の面では、えぐみや酸味が強くなる場合があり、確実に良い製品を安定して製造できる

というところまでは至っていない。

③シュレッダー紙の糖化については、酵素量が一定の場合、糖化条件として、酵素反応の至適温度に近い50℃で24時間よりも37℃で96時間のほうが良い結果が得られた。また、50℃で144時間の場合と37℃で96時間の場合の結果を比較しても、37℃のほうが糖の収量が多かった。得られた総糖量はそれほど多くはないが、シュレッダー紙を糖資源として利用できる可能性があることはわかった。



本研究の意義と展望

バイオエタノールは、サトウキビ、トウモロコシ、イモなどのデンプン源を糖化(デンプンをグルコースに分解)、もしくは、廃材、紙類などのセルロース源を分解(セルロースをグルコースに分解)した後、生じたグルコースを酵母でエタノールに変換(醗酵)することによって生産する。醗酵によるエタノール生産は、酒類の製造など古くから行なわれてきたが、バイオエタノールという場合は内燃機関の燃料として利用されるものを指す。バイオエタノールは、カーボンニュートラルの立場から化石燃料に比べ環境に良いとされる。このような考え方に基づいて、近年トウモロコシを原料とした大規模なバイオエタノール生産が行なわれたが、エタノール原料と食糧との競合が社会問題となり、可食作物でない原料の利用が求められるようになってきた。

このような状況の中で、本課題では、校内で排出される廃棄イモやシュレッダー紙を利用することを発想した。そして「循環型社会をめざすにはまず循環型校内から」という試みは、身近なところから環境問題を考えるという点で大変評価できる。また、実験スケールとしても最終的に80 lタンクを使用するなど、実際のバイオエタノール生産に利用できるような条件で行なっていることに好感がもてる。ただし、バイオエタノール生産の問題点として、蒸留、加温などに化石燃料を利用しているという問題点がある。本課題でも、どの程度の燃料が使われ、それによりどの程度のCO₂排出があったのか、それを最小にするためには、どのような工夫が可能であるのかなどの考察がなされれば、バイオマス利用や物質循環に対する理解はさらに深まったのではないと思われる。

(文責「化学と生物」編集委員)