

発酵工学を基盤とした地域連携の試みと教育への活用

摂南大学理工学部生命科学科 西矢 芳昭 居場 嘉教 木村 朋紀 船越 英資

The Challenges of Regional Collaboration Based on Fermentation Technology and Their Applications on Education

Yoshiaki Nishiya, Yoshinori Iba, Tomoki Kimura, Eishi Funakoshi

1. はじめに

摂南大学理工学部生命科学科は、理学士を養成する目的で2010年4月、工学部から理工学部への改組の際に新設された。生命の真理の追究を通して、生命科学に関する高度な知識と技術を修得し、人々が健康で安全な生活を営むための医療、食品および環境に関する分野で活躍する、実践的な能力を身につけた人材の養成を目標としている。本大学内で唯一の理学系学科であることから、基礎教育と研究に重点を置き、生命現象の理解をはじめとするさまざまな視点からの教育研究に取り組んでいる。

社会の高度化・複雑化等が進む中で、大学には「主体的に変化に対応し、自ら将来の課題を深求し、その課題に対して幅広い視野から柔軟かつ総合的な判断を下すことのできる力」（課題深求能力）の育成が求められている。近年、この高度教養教育をより効果的に進めるための新たな教授法として、「課題に基づいた学習（PBL: Problem Based Learning / Project Based Learning）」が注目されており、多くの大学で多様なPBL授業が行われている^{1,2}。摂南大学もPBL授業に積極的に取り組んでおり、生命科学科教員が中心に指導するPBL授業として、「摂大ブランド商品の企画・開発プロジェクト」（担当教員：居場嘉教，木村朋紀，船越英資，青笹治，鶴坂貴恵）が進行している。

また生命科学科は、理工学部が推進する地域連携活動において、学科の特色を活かせる分野を中心に注力している。例えば地域の教育活動支援に関するテーマとしては、地域の小中学生に対する生命科学を基盤とした理科教育実験の開発と実践（担当教員：尾山廣，松尾康光）、地域高校との高大連携による新規生物教育法の開発と実践（担当教員：西矢芳昭，向井歩）、常翔学園高校生徒の生物研究を学科教員が指導する「ガリレオプラン」（担当教員：生命科学科全教員）などが現在進行中である。ガリレオプランでは、常翔学園高校理科教諭および生命科学科担当教員の指導のもと、高校生4研究グループが研究成果を日本分子生物学会（会員数約1万3千人）の第42回年会・高校生研究発表セッション（2019年12月6日）にて発表した（表1）。これらの活動には本学科の学部学生や大学院学生が多数加わり、学生の成長を促す機会として地域貢献とのWin-Winの関係となっている。また、教育支

援研究の成果は教育学会にて積極的に発表されている（表2）。

表1 日本分子生物学会年会でのガリレオプランの研究発表

発表演題	内容要約
食品がもたらす癌予防のメカニズムと実用性	酵母を用いたDNA突然変異検出法により食品の突然変異防止効果について検討
線虫の嗅覚に関する研究	線虫の嗅覚に関わる遺伝子の変異が後世に受け継がれるかを検討
天然酵母の知られざる魅力を追求～酵母菌はそれぞれ匂いが違う！？それをパンに利用できるのか？～	天然酵母を分離し、それらの生産する匂い成分が製パンに影響するか検討
植物をおいしくする研究	野菜を栽培する際に取り込ませた成分が、その味を変化させるか検討

表2 生命科学科の教育学会における活動例

発表演題	学会（年月）
手動ポリメラーゼ連鎖反応法によるカイコ幼虫の雌雄判別	日本理科教育学会第65回全国大会（2015年8月）
カイコ幼虫の消化液を用いた酵素教材の開発	日本理科教育学会第65回全国大会（2015年8月）
簡便で教育効果の高い遺伝子増幅実験の模索： キノコダイレクトPCR法の開発	日本生物教育学会第100回全国大会（2016年1月）
バイオイメージングを用いた“細胞呼吸”教材の開発と授業実践	日本生物教育学会第101回全国大会（2017年1月）
光合成を題材とした生物と物理の融合・横断型実験の開発	日本理科教育学会第67回全国大会（2017年8月）
発泡スチロール型恒温槽を用いた酵母菌の培養 －教材展開への可能性	日本生物教育学会第102回全国大会（2018年1月）
高等学校「生物」における酵素反応を理解するための 教育実験の開発（1）	日本生物教育学会第102回全国大会（2018年1月）
高等学校「生物」における酵素反応を理解するための 教育実験の開発（2）	日本生物教育学会第102回全国大会（2018年1月）
高等学校「生物」における酵素反応を理解するための 教育実験の開発（3）	日本生物教育学会第103回全国大会（2019年1月）
新規な酵素反応教育実験の開発と高大連携授業の実践	日本生物教育学会第103回全国大会（2019年1月）
モリンガ種子タンパク質の浄化機能解析 －発展レベルの教材開発の試み－	日本生物教育学会第103回全国大会（2019年1月）
「光合成」でつなぐ融合型基礎実験の開発 計画、プレゼンテーション、先端研究を取り入れたものづくりから成る一貫実験	日本工学教育協会第67回年次大会（2019年9月）
モリンガを用いた水質浄化教材の開発 －授業実践に向けた実験内容の改良－	日本理科教育学会近畿支部大会（2019年11月）

本論文では、生命科学科における発酵工学を基盤とした地域連携の試みについてまとめた。発酵工学は、広義には微生物を利用したバイオテクノロジー全般が含まれる。酵母や麹菌による酒や味噌、醤油などの製造技術をはじめとして、放線菌やカビなどによる抗生物質その他の医薬品原料生産、遺伝子工学技術で構築した組換え微生物による有用物質の大量生産などである。ここでは、酵母（図1）を活用したオールド・バイオテクノロジーに基づく地域連携の試み、および「摂大ブランド商品の企画・開発プロジェクト」から生まれたお酒「初瀬姫」の開発事例と教育への活用を報告する。

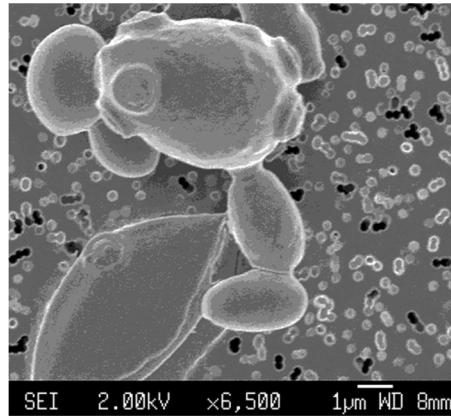


図1 生命科学科スクリーニング酵母SV1株の電子顕微鏡写真

2. 門真れんこん花酵母の開発と実用化

「門真れんこん」は平安時代から続く北河内の伝統野菜で、粘りのある食感が特徴の高級野菜である³。手掘り収穫されており、数量が少ないため幻のれんこんと言われているが、その知名度は高いとは言えないのが地域振興の課題であった。門真市では町おこしの一環として、さまざまなれんこん料理やイベントが行われている（図2）。また、門真れんこんを使用した「門真れんこん焼酎」が製造され、少量販売（年間300本）されている。しかしながら、それらの効果は未だ十分ではなく、地域振興を進めるため、門真れんこんの地域性・特徴をさらに高める商品開発の試みが期待されている。



図2 門真れんこん料理（A, B）およびイベント（C：象鼻杯、れんこんの茎で酒を飲み無病息災を願う）

本研究は、門真れんこんに関する商品開発について、門真市役所ならびに地場企業の方々

より御相談を受けたことに端を発する。地域を支える使命として、地場産業への貢献は不可欠である。また、研究を通して学生の視野が地域社会へと広がる良いきっかけとなる。そこで、門真れんこんの花（蓮花）より独特の味・香りを造り得る独自酵母の探索と発酵検討を計画し、摂南大学 Smart and Human 研究助成を頂いて研究開発を行った。



図3 門真れんこん A：門真市のれんこん畑 B：門真市の地蓮群生地

まず、れんこん畑や地蓮群生地（図3）などより加賀、備中、地蓮の3種類の蓮花をサンプリングした。そして、エタノール（アルコール耐性菌取得用）およびクロラムフェニコール（細菌繁殖抑制用）を加えた培地にて15°Cで集積培養、固体培養などを行い、酵母をスクリーニングした（図4）。本スクリーニングにて合計45株の酵母を取得し、それらの形態を位相差顕微鏡観察で確認した（図5）。



図4 蓮花からの酵母のスクリーニング

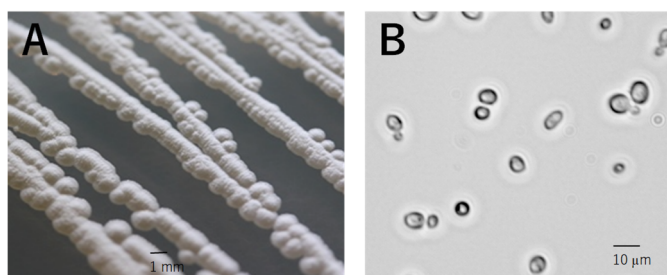


図5 得られた酵母の固体培地での生育形態（A）および位相差顕微鏡観察での形態の一例（B）

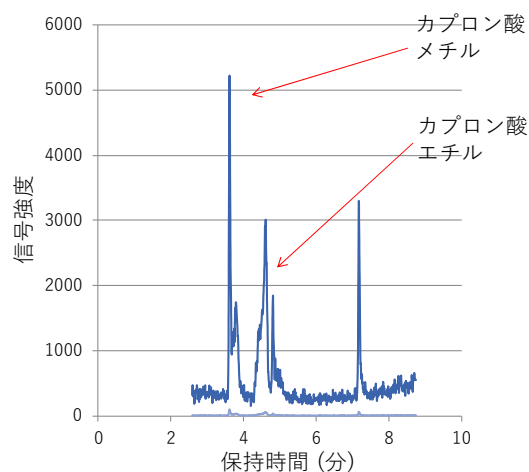


図6 ガスクロマトグラフィー質量分析による香気成分の分析例

全ての酵母について培養による増殖能力および香り官能試験を行い、候補を17株に絞った。次に、実用酵母に対するキラー性（他の酵母を殺す性質）を調べたところ、17株全てがキラー性を持たず、混合培養にも使用可能であった。さらに、ガスクロマトグラフィー質量分析による香気成分の分析（図6）を行い、香気成分生産能の高い地蓮蓮花由来の1株を選抜、「門真れんこん花酵母」と命名した。



図7 門真れんこん花酵母パン（パン・ド・ロデヴ）
写真提供：レーヴマルシェ店長・楊枝保夫氏



図8 門真れんこん花酵母のロゴマーク
デザイン：黒部督恵

門真れんこん花酵母を用いた商品開発として、門真市ベーカリーと協同でれんこんの季節に合わせた限定商品「門真れんこん花酵母パン」を2018年に上市した(図7)。パンの種類は、パン・ド・ロデヴと呼ばれるフランス・ロデヴ地方のもので、外側はパリっとしたフランスパンらしい食感ながら内側は水分を含んでしっとりしており、さらに独特のもっちりとした食感がある⁴。発酵には、門真れんこん花酵母の他に一般的なパン酵母も使用することで、独自の風味と発酵力を両立させた。また、生命科学科の大学院生がオリジナルのロゴマークも作成してくれた(図8)。

門真れんこん花酵母パンの販売は、季節限定商品ではあるが好調で、地域振興の一助となったのであれば幸いである。今後共、門真れんこん花酵母を用いたさまざまな発酵食品を門真市に提案したい。また、摂南大学ラベルのコラボ商品の開発や、門真れんこん焼酎の製造時に廃棄される焼酎粕の利用についても提案を行っており、今後共波及効果が期待できると考えている。

3. 生命科学科スクリーニング酵母の酒造用としての適正評価

日本酒やワイン、焼酎など多くのお酒の発酵には、醸造適性酵母が用いられる。一般に醸造用酵母としては、日本醸造協会が提供する「きょうかい酵母」⁵や各都道府県が開発した酵母⁶を使う。一方で、地元根差した個性的なお酒を造るため、色々な野生酵母の中から清酒造りに適した酵母などを選抜して使う場合もある。現在では、花酵母を用いて醸された清酒が多く市販されており、そのイメージの良さも相まって人気を博している⁷。

一方、生命科学科では新設時の2010年から2012年にかけて、大学構内や地域連携先に育つ花や果実を酵母の給源として集め、スクリーニングを実施した。そこで、得られた酵母のうち、特に強い発酵力を有するSV1株とSV2株を選抜し、地元清酒製造用酵母としての適性評価を試みた。清酒醸造の評価は製造免許が必要なため、検討は生命科学科学生インターンシップ先である地域独立行政法人・京都市産業技術研究所・バイオ系チームにて行っ

た。京都市産業技術研究所・バイオ系チームは、京都市内の清酒生産拠点への技術支援を一貫して実施している。また、さまざまな特徴のある清酒酵母を育種・開発し、京都の酒造業者に分譲、高付加価値を持つ清酒製造に活用されている。

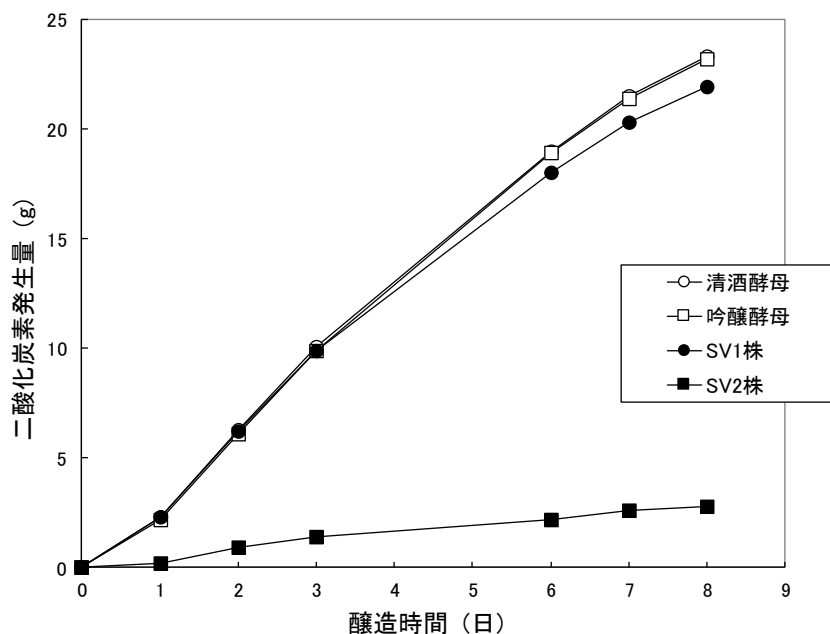


図9 各酵母使用の醸造における二酸化炭素の排出

検討用酵母として、SV1株、SV2株、清酒酵母、吟醸酵母の4種類を用い、一段仕込みによる簡易醸造を実施した。すなわち、15℃にて麴・水道水・乳酸・酵母・酵素を加えて一晚寝かせることで水麴を作成し、次いでアルファ米を加えて8日間十分に糖化・醗酵させた。最後に遠心分離にて清酒を作成し、香りや味、成分を評価した。

表3 試験製造清酒の官能評価

酵母の種類	味の特徴	香りの特徴
清酒酵母	少し酸味があり、べたっとした甘さ	バナナ様の香り・酸の香りが強い
吟醸酵母	少し酸味はあるが、ふんわりした甘さ	フルーティな甘い香り
SV1株	酸味・甘味はあるが、あまり味はしない	酸の香りが強いがほのかに甘い香り
SV2株	評価できず	酸の香りが強い

醸造時における二酸化炭素発生量の経時変化を見たところ、SV1株は清酒酵母、吟醸酵母と大差無かったが、SV2株の二酸化炭素発生量が明らかに低値で、発酵力が清酒醸造用酵母のレベルではないとわかった (図9)。

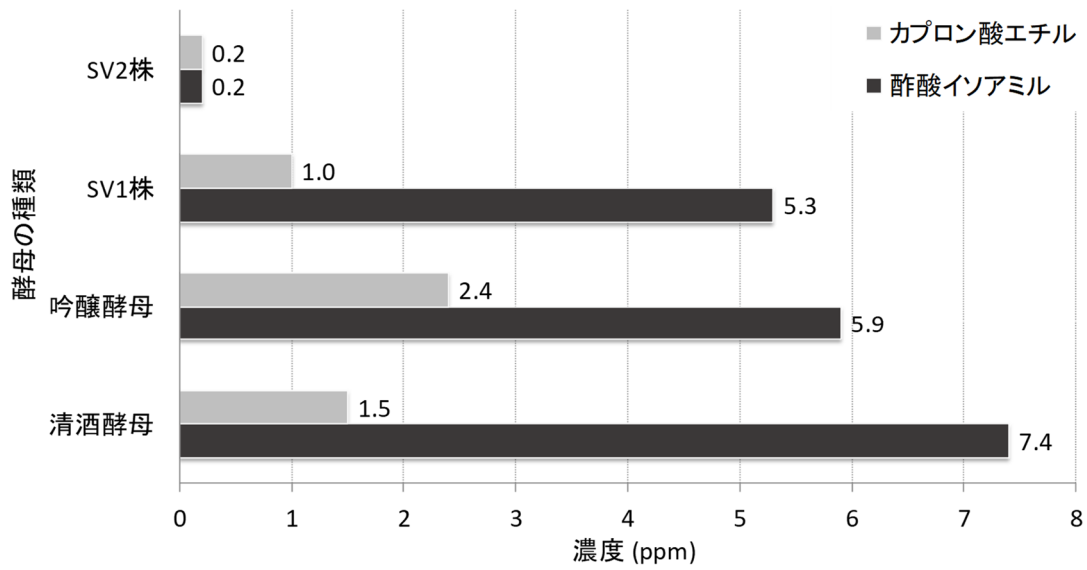


図10 香気成分のガスクロマトグラフィー分析

作成した清酒の官能評価結果を表3に示す。また、それぞれの清酒中の香気成分であるカブロン酸エチル濃度および酢酸イソアミル濃度を、ガスクロマトグラフィーにより分析した(図10)。さらに、それぞれの清酒中の有機酸濃度を、ガスクロマトグラフィー質量分析により測定した(図11)。ここで、酒類の味や香りの良し悪しに関してはガスクロマトグラフィー分析よりもヒトの官能評価が高感度の事例はよく知られており、香気成分が多いからといって必ずしも酒類の品質が良いとはいえないことに注意が必要である。

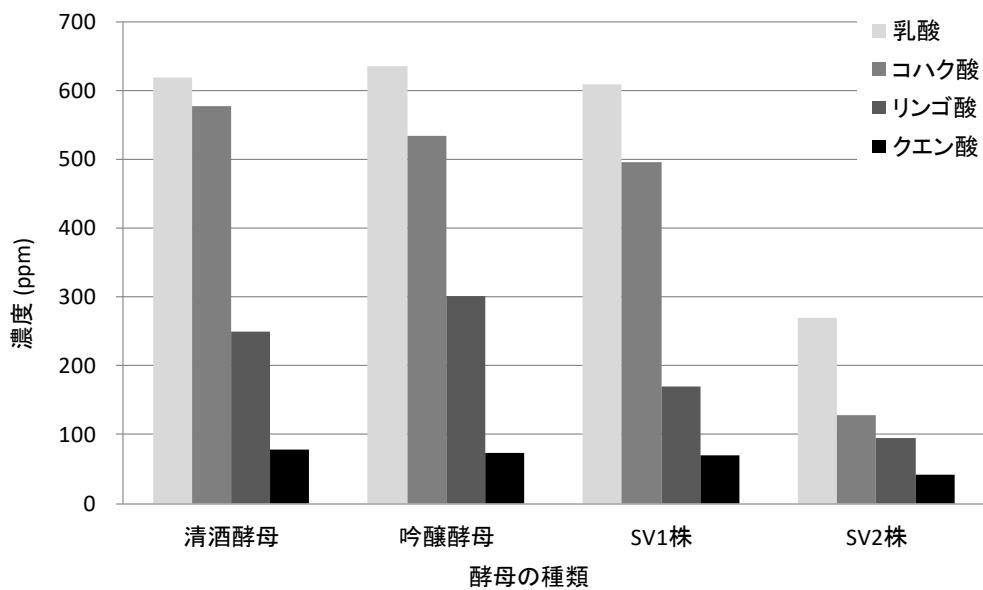


図11 有機酸のガスクロマトグラフィー質量分析

結果として、SV2 株は実用酵母としては発酵力が低く、香気成分や有機酸の生産量も低値であり、酒造には不向きと考えられた。一方、SV1 株はカプロン酸エチルと酢酸イソアミルの比から考えると、吟醸酵母よりも清酒酵母に近い特性であった。また今回の簡易醸造条件では、SV1 株はリンゴ酸の発生量が少なかったため味が薄く感じられたと推測した。本株は、醸造条件の適正化次第で地元清酒醸造への実用化の可能性が期待できる。

4. 地域資源を使ったお酒（リキュール）の企画・開発

PBL 授業である「摂大ブランド商品の企画・開発プロジェクト」では、「摂南大学といえば〇〇」と言われる商品を開発するために、他大学のオリジナル商品を調査し、それらを整理・分析することで、摂南大学オリジナル商品の目指すべき方向性を明らかにしようとした。また、この結果に基づいていくつかの商品企画を行った。次に、企画プロジェクトで提案された商品プランに改良を加え、商品開発に向けた具体的な方略を考え、商品化に取り組んだ。具体的には、「サツマイモとみかんピールのお酒」に関して、2つの作製方法を評価検討した。最後に、八木酒造株式会社の協力のもと、実際に商品を製造発売した。

表 4 大学オリジナル商品の整理・分類（一部抜粋）

分類	商品名	PR コメント・特徴など	大学	日経 アクセス ランキング ⁸
アイデア 勝負型	ほほほ ほにゅうびん	構造で計量ミスを防ぐ。	芝浦工業大学	1位
	5W1H 手帳	日々の予定を 5W1H に分けて書くことで、複雑な予定をインデックス化。	茨城大学	2位
	若者が手紙を書きたくなる便箋	友人と寄せ書きを作るようにメッセージを「共創」。写真映えするデザイン。	明治大学	3位
	就活パンプス	女子大生が求める機能を約 500 人から聞き集め、つま先部分を幅広く。	甲南大学	5位
	転倒防止靴下 リンパ快足	構造で転倒防止や血流を促す。	広島大学大学院 県立広島大学	
	ベジタブルカレー	ムスリム学生に対応。ハラール推奨品。	名古屋大学	
地域性 重視型	小切古味 〜おっさりこみ〜	郷土料理を全国へ！	共愛学園前橋国際 大学	
	まなろん	伝統野菜「大和まな」の普及。	奈良女子大学	
	カレーに載せては いけない福神漬	地元産のダイコンやレンコンなどの野菜を利用。	摂南大学	
研究成果型	近大マグロ	養殖施設で人工孵化した完全養殖マグロ。	近畿大学	
	老化防止期待カレー	老化の原因物質とされる糖化最終生成物の生成を抑制するスパイスを活用	同志社大学	4位
	自然派透明石鹸 ケルセボン	国産タマネギ外皮から特許製法で抽出した高濃度ケルセチンを配合。	吉備国際大学	
	研Q室のヨーグルト	研究室発見の「乳酸菌 11/19-B1」使用。	東京大学	
	アピオ酢 in 青春リンゴ	アピオス（マメ科食物）加工法に関する特許を取得し製品化。	青森県立保健大学	

他大学のオリジナル商品 128 件について調査・分析した結果、各大学のオリジナル商品は、大きく「アイデア勝負型」、「地域性重視型」、「研究成果型」の 3 つに分類できると考え

られた(表4)。「研究成果型」の商品開発には、時間がかかることから、このプロジェクトでは、「アイデア勝負型」と「地域性重視型」の商品を企画することとした。「地域性重視型」の商品として、寝屋川市で採れるサツマイモおよび本学と「大学のふるさと」協定を結んでいる和歌山県由良町で採れるみかんを用いた商品案をいくつか企画し、寝屋川市が主催するワガヤネヤガワ・ベンチャービジネスコンテスト2017に応募した。その結果、アイデア勝負型の商品企画案と共に地域性重視型の商品企画である「本格芋焼酎仕込みのみかん酒」が1次審査を通過した。



図12 製造方法の検討および商品化した初瀬姫

「本格芋焼酎仕込みのみかん酒」のプランが一定の評価を受けたことから、実際に商品を開発することにした。芋焼酎とみかん果汁の相性の悪さを指摘する声もあったことから、果

汁ではなく果皮（ピール）を使用することとし、プラン名も「サツマイモとみかんピールのお酒」に変更した。まず、みかんの皮の乾燥粉末（市販品）を芋焼酎に加え、数時間後にその粉末を取り除くという方法を検討した（図 12A）。色成分がお酒に移行することで、褐色の透明なお酒となったが、香りや味が満足できる水準に達しなかった。次に、奈良市にある八木酒造株式会社に相談し、もろみの段階でみかん果皮を投入し、その後減圧蒸留する手法を検討することにした。基礎的検討の結果、みかんの皮の香りが蒸留後のお酒に十分に移行することが確認できた（図 12B）。そこで、この作製方法を採用することにし、寝屋川市産サツマイモ 200 kg と和歌山県由良町のみかんの皮 100 kg を原材料として、八木酒造株式会社に委託製造してもらった（図 13）。なお、この「サツマイモとみかんピールのお酒」のプランは、ワガヤネヤガワ・ベンチャービジネスコンテスト 2018 においてグランプリを受賞した⁹。

「摂大ブランド商品の企画・開発プロジェクト」から生まれたお酒「初瀬姫」（図 12C）は、現在寝屋川市内の酒店（2 店舗）および大学前のセブンイレブンで販売している。今回の取り組みは、摂南大学 PBL プロジェクトの一環として、生命科学科の学生だけでなく、理工学部他学科および文系学部の学生も参加して行われた。多様な学問を背景とする学生および教員が参加し、それぞれの強みを発揮できたという点で、文理融合の好事例となりえたように思う。

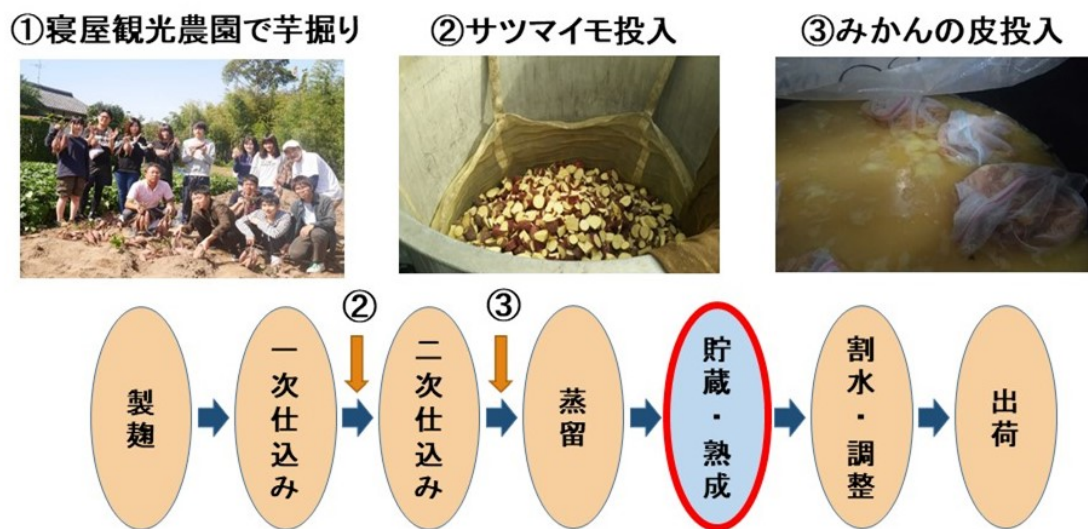


図 13 初瀬姫の製造工程

5. おわりに

以上、発酵工学を基盤とした地域連携の取り組みについて 3 テーマ報告した。いずれのテーマも、地域食材を用いたパンや清酒酵母、みかんピール入り芋焼酎（リキュール）といった具体的な「ものづくり」を見据えた開発で、「門真れんこん花酵母パン」とリキュール「初

瀬姫」は商品になった。また、「初瀬姫」はPBL授業の成果であり、摂南大学オリジナル商品の企画から商品化、販売までの流れを多くの学生達が実感、学修できた。一方、酒造用酵母に関する検討の一部は、生命科学科にて独自に行っているインターンシップ授業「生命科学学外演習」(現担当教員：青笹治，木村朋紀，長田武，大橋貴生，向井歩)にて実施した。この授業で学生達は、外部研究機関での実践研究を体験できた。

最初に記したように、摂南大学理工学部生命科学科は理学系であり、基礎研究と教育研究に特色を有している。総合大学なのだから、商品開発はより実学的な学部学科に任せてはどうかとの御意見もあるかもしれない。しかしながら、大学の役割、使命として、地域への貢献は欠かすことのできない要素である。そして、地域ニーズに基づく商品開発への取り組みは具体性が高いので、学生たちに実践的な能力を身につけさせる場としても、とても役立っている。

今後は、生命科学全般を対象に幅広い視野で、食品分野のみならず環境や医療分野などに関わる地域連携の可能性を探っていきたい。

謝辞

門真れんこん花酵母パンの開発および酒造用酵母の開発は、当時生命科学科学生であった青木駿介君、大西純平君、新木翔太君、竹本淳一君、今井阜さん、黒部督恵さん、尾賀裕一君、河村香寿美さん、荒崎彩音さんらの協力により行われました。また、当時門真市役所市民生活部管理監・産業振興担当の大平昌幸氏、大峰化学株式会社代表取締役の大西康弘氏、中西農園の中西正憲氏、レーヴマルシェ店長の楊枝保夫氏、地方独立行政法人・京都市産業技術研究所の山本佳宏氏、廣岡青央氏、泊直宏氏、高阪千尋氏らの御協力により実施することができました。あらためて深謝致します。

また、「初瀬姫」の開発において、ご協力ご助言をいただきました、八木酒造株式会社の森一成氏に感謝申し上げます。

本研究の一部は、2016年度摂南大学 Smart and Human 研究助成（地域総合研究）により行われました。

引用・参考文献

- [1] 文部科学省，1998，21世紀の大学像と今後の改革方策について－競争的環境の中で個性が輝く大学（答申）－，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_daigaku_index/toushin/1315932.html
- [2] 三重大学高等教育創造開発センター，2011，三重大学版 Problem-based Learning の手引き－多様な PBL 授業の展開－，http://www.dhier.mie-u.ac.jp/item/Mie-U_PBLmanual2011.pdf
- [3] 門真市，2015，門真の蓮根ヒストリー，縄文 em 工房
- [4] パン・ド・ロデヴ普及委員会，2020，パン・ド・ロデヴ「技術講習会」，

<http://lodevempainblog.sblo.jp/>

- [5] 岡崎直人, 野呂二三, 稲橋正明, 中原克己, 蓮田寛和, 武藤貴史, 村上智子, 五島徹也, 赤尾健, 木崎康造, 石川雄章, 2018, きょうかい清酒酵母保存株の醸造特性による分別, 日本醸造協会誌, 113(8), 515-524
- [6] 山本英樹, 水谷政美, 森村茂, 山田和史, 祝園秀樹, 越智洋, 高山清子, 工藤哲三, 太田広人, 木田建次, 2018, 焼酎用「平成宮崎酵母(MF062)」の開発と実用化, 日本醸造協会誌, 113(3), 142-150
- [7] 数岡孝幸, 2015, 清酒製造用酵母の分離および実用化, 日本醸造協会誌, 110(5), 298-305
- [8] 日本経済新聞「キャンパス発 この一品」 2017年5月3日付朝刊
- [9] ワガヤネヤガワ・ベンチャービジネスコンテスト, 2018, https://www.city.neyagawa.osaka.jp/organization_list/shimin_seikatu/sangyoshinko_shitsu/vbc/contest_past/1565231471128.html