

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「発酵による大豆ホエーとオカラの高機能化と食品、飼料への活用」

研究開発成果等報告書

平成22年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人 石川県産業創出支援機構

目 次

第1章 研究開発の概要

- 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
- 1-2 研究体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
 (研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)
- 1-3 成果概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10

第2章 発酵条件の検討

- 2-1. 発酵菌及びその発酵条件検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
- 2-2. 生成物の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
- 2-3. 分析評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11

第3章 発酵物製造技術の検討

- 3-1. 発酵大豆ホエー濃縮システムの検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
- 3-2. 混合発酵システムの検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
- 3-3. 発酵大豆ホエー生産システムの検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
- 3-4. コスト試算と低減化の検討及び実用化検討・・・・・・・・・・・・・・ 12

第4章 発酵生成物利用法の検討

- 4-1. 食品品質保持剤への応用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
- 4-2. 飼料への応用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
- 4-3. 肥料への応用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13

最終章 全体総括

- 1. 平成19年度の成果の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
- 2. 平成20年度の成果の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
- 3. 平成21年度の成果の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

(1) 研究開発の背景

豆腐加工副産物である大豆ホエー、オカラは、主に食品廃棄物として処分されており、環境面および廃棄処理コスト面において大きな負担となっている。オカラは豆腐製造の際の副産物として排出されており、年間排出量は全国で約 95 万トンに及ぶ。現在の主な用途は、食品の他に飼料、肥料への混合等があるものの、食品としての利用には進展していないのが現状である。

飼料・肥料への混合では、買い取り価格が安く、豆腐製造業者の運賃負担を考慮すると無償に近い価格での肥料・飼料メーカーへの提供となっている点が問題である。また、供給のためには、食材の場合と同様に乾燥させる必要があり、この場合でも排出状態での有効利用が課題である。

以上のような理由から、オカラの供給に対して需要は低く、多くが産業廃棄物として処理されているのが現状である。しかし、その産業廃棄物としての処理費や運搬費も中小企業にとっては大きな負担となっており、また平成 13 年 5 月に施行された食品リサイクル法による廃棄物の減量といった目的からも、オカラの有効利用方法の開発が急務となっている。これまでオカラの有効利用方法の研究開発として、エノキダケの栽培培地としての利用や、乳酸菌、テンペ菌による食材化が検討されてきた。しかし、これらの提案は単純な利用法とは異なり、オカラを利用する前に蒸気での殺菌が必要不可欠であるため、その熱源にコストがかかる点が課題である。従って、これらの提案は、有効利用法として普及しているとはいえない。

このように、オカラの有効利用が促進されず、産業廃棄物として処理せざるを得ない大きな原因は、オカラそのものの栄養価よりも、オカラの含水率が約 75%と高く腐敗が早いため、保存するためにはオカラの乾燥が必要とされていることによる。オカラの乾燥には電気・化石燃料の燃焼熱等外部エネルギーを用いることは不可避とされており、現状乾燥コストに対する一般的な飼料価格を考慮すると、乾燥しないで活用する技術の確立が急務と考えられる。

大豆ホエーとは、豆腐、油揚げ、凍り豆腐の豆腐製造段階で豆乳に凝固剤を加えて、固形分として豆腐を絞った（圧密）後に、淡黄色の液体として分離されるものである。圧密により分離された大豆ホエーは豆乳重量の 73~76%が液体として流出しており、大豆成分のうち固形分 17.0%、タンパク質 7.88%、脂質 1.48%、炭水化物 31.4%、灰分 55.37%、カルシウム 0.154%が大豆ホエーに流れ出している。大豆ホエーの pH は 5.9~6.0 で、1000ml 当りの含有固形分量は約 1.4g であり、タンパク質 0.255g、脂質 0.045g、炭水化物 0.80g、灰分 0.290g、カルシウム 0.063g を含有している。この様に豊富な栄養素を含むにも拘わらず、全量が食品廃棄物として排水処理されている。さらに、生物化学的酸素要求量（BOD）が高いため、その排水処理費用を要している（全国では、約 300 万トン/年の大豆ホエーが産業廃棄物として処理されている）。よって、大豆ホエーの有効活用も環境保全と合わせ、解決すべき急務の課題であり、有効利用技術の確立が求められている。

(2) 研究の目的

豆腐製造過程で生成する未利用資源であって豆腐凝固後に副生する大豆ホエー及び豆乳分離後に発生するオカラの有効利用について研究開発を行う。具体的には、乳酸菌、ビフィズス菌等を大豆ホエーに生育せしめ生育菌体、発酵大豆ホエーそのもの、及びその機能性成分を飼料原料、食品素材、飲料及び食品品質保持剤として利用すること、さらに発酵大豆ホエーをオカラと混合して発酵オカラを作出し、機能性食品素材、飼料（畜産、水産）素材、肥料素材として有効利用する研究開発を行う。

(3) 研究の目標

本事業の研究目的遂行のため、本年度は以下の3事項を目標として遂行した。

①発酵条件の検討

発酵菌（食品用）及びその発酵条件を検討するため、前年度選定した乳酸菌 2 株ラクトバチルス・プランタラム、ラクトバチルス・プランタラム IAM12477 を用いて、ホエー培地へのグルコースの添加の生育と乳酸生成への影響などについて検討を行う。さらに、ホエー培地の生育と乳酸生成への影響、窒素源（アミノ酸など）添加の生育と乳酸生成への影響、培養液のオカラへの添加によるオカラの日持ち実験、培養した菌体の飼料への添加効果実験を行う。

発酵大豆ホエーを添加したオカラの発酵条件の検討を行うため、前年度選定した発酵菌（飼料、肥料、食品素材用）による発酵大豆ホエーをスターターとしたオカラの混合発酵物の発酵条件について、試作する混合発酵装置を用い、発酵大豆ホエーの添加量、発酵条件（温度、時間）等の検討を行う。

上記発酵による生成物の検討として、栄養価評価を行う。具体的には、前年度実施した以外の乳酸菌、ビフィズス菌などの他、県立大で選定したラクトバチルス・プランタラム、ラクトバチルス・プランタラム IAM12477 の菌を用いた大豆ホエーの発酵物、発酵大豆ホエーとオカラの混合発酵物の栄養評価を行う。（具体的には、水分、脂質、灰分、炭水化物、蛋白質、ミネラルなどの分析を行うとともに、エネルギーを算出する。）これらの結果は、コントロールとなる発酵前的大豆ホエーやオカラと比較し発酵による効果を明らかにする。さらに、オカラの混合発酵物を用いた食材、肥料、飼料などについても同様に評価する。

飼料としての適性評価としては、大豆ホエーで生育した有孢子性乳酸菌の牛用サイレージ飼料への適用の可能性について検討するため、従来菌によるサイレージ発酵との比較実証試験を行う。サイレージの基材には、資源の有効利用に寄与するため、食品産業副産物で未乾燥では利用されていないジャガイモデンプン粕を用いる。

食材としての適性評価としては、発酵大豆ホエーとオカラの混合発酵物を活用した蒲鉾以外の食品（焼き菓子など）での利用の検討を行う。また、発酵大豆ホエーを活用には、前年度の研究結果から pH 調整を行うことにより蒲鉾への添加が可能であったため、さらに日持向上、食味の改善、機能性などの効果の検討を行う。

発酵物の機能性作用の評価では、前年度において発酵大豆ホエーには整腸作用を有するラフィノース及びスタキオースなどのオリゴ糖が含まれていることが明らかになった。また、発酵大豆ホエーには有孢子乳酸菌であるバチルス・コアグランスが含まれていることから、オリゴ糖と相乗的に作用し、腸内マイクロフローラを改善し、整腸作用のみならず脂質代謝改善効果や免疫異常改善効果が期待できる。そこで、マウスに発酵大豆ホエーを経口投与し、これらの生体調節作用について検討する。また、得られた発酵大豆ホエーは新規食品であるため、マウスを用いた安全性試験についても検討を行う。

同時に、機能性成分評価については、大豆ホエーの発酵物、発酵大豆ホエーとオカラの混合発酵物の機能性成分・機能性評価を行う。具体的には、HPLC によるアミノ酸、有機酸、イソフラボン類の分析、糖分析、GC/MS による香気性成分分析を行う。また、ACE 阻害活性、抗酸化性についても評価し、前年度検討したバクテリオシンについても分析を行う。これらの分析結果は、コントロールとなる発酵前的大豆ホエーやオカラと比較し発酵による効果を明らかにする。さらに、発酵物を用いた食材、肥料、飼料などの試料についても同様に評価する。

発酵物を添加することによる保存性評価については、大豆加工食品に発酵大豆ホエーとオカラの混合発酵物を添加し、製品の食感、味、香味などのへの影響を検討し、長期保存時の味などの変化を評価する。

②発酵物製造技術の検討

発酵大豆ホエー濃縮システムの検討として界面前進凍結濃縮法による方法を検討する。具体的には、前年度実施した濃縮システムの検討から得られた濃縮方法である界面前進凍結濃縮法による成分の収率を改善、泡立ち現象を制御、乳酸菌体成分とその他の溶質成分の濃縮効果の違いについて検討する。得られた結果を基に本法によるスケールアップについても検討する。

特に、発酵大豆ホエーの菌体成分の高濃度濃縮については、ディスク型遠心分離機による高濃度濃縮の可能性について評価実験を行う。

オカラとの混合発酵システムについては、前年度作製した概念図に基づき試験装置の設計・試作を行う。また、最適条件を探索すると同時にコスト、作業性を考慮して実用化システム実現のための課題を洗い出す。

また、発酵大豆ホエー生産システムについても再検討を行う。具体的には、前年度試作した装置を用い、前年度試験結果で得られた発酵条件を考慮し、処理速度、処理温度など変化させながら最適な菌の大量培養条件など探索する。培養する菌は、前年度選抜した中から発酵条件での結果を考慮して、試みる。併せて、コスト試算と低減化の検討及び実用化検討も進める。具体的には、最適化発酵条件の探索などで得られた基礎データを下に、生産システムの基本設計を行うとともに、コスト試算を行う。さらに、装置コストの低減やランニングコストの見直しなどを行い、実用化システム実現のための課題を洗い出す。事業化のターゲットとして、食品向け、飼料向け、肥料向けなどの分野とし、市場動向を考慮して実用化の検討を行う。

③発酵生成物利用法の検討

食品品質保持剤への応用として、羽二重豆腐株式会社で製造された発酵大豆ホエーを蒲鉾に添加し、日持試験を行うことにより、発酵大豆ホエーの添加方法、添加量などを検討する。

また、飼料への応用について、養豚飼料としては発酵大豆ホエーとオカラの混合発酵物を添加した飼料の豚に対する嗜好性や肥育後期飼料との混合割合について検討する。また、発酵物の養魚用飼料実用化のための実証試験については、前年度、稚魚により養魚用飼料への配合可能性が示唆されたため、今年度は、マダいの成魚を用いて飼養試験を行う。

さらに、肥料への応用として、オカラ混合発酵物の詳細な肥料成分分析を行う。具体的には、肥料としての効果発現には、肥料中の有機窒素成分が重要である。そこで、オカラ混合発酵物中の有機窒素成分の組成と窒素分解率の関係、即ち、オカラ混合発酵物中の窒素成分の分画分析、オカラ混合発酵物中の窒素成分の分解量測定及びオカラとオカラ混合発酵物の土壌中における分解生成物の比較などの検討を行う。

また、オカラ混合発酵物は有機酸含有量が高いため強い植害性が想定され、肥料として活用するには栽培試験を実施する必要がある。そこで、ポット栽培試験及びシャーレ発芽試験を行い、栽培した植物の生育量及び養分吸収量を測定するとともに、植害性について検討し、オカラとオカラ混合発酵物の特徴を比較する。

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、管理者・研究者氏名、協力者）

（1）研究組織及び管理体制

①研究組織（全体）



総括研究代表者(PL)
羽二重豆腐株式会社
取締役 食品開発研究室長
川嶋 正男

副総括研究代表者(SL)
石川県立大学
生物資源工学研究所 所長
教授 熊谷 英彦

②主たる研究実施場所

羽二重豆腐株式会社（最寄り駅：JR北陸本線西金沢駅）

〒921-8054 石川県金沢市西金沢2丁目162番地③所在地

・事業管理法人

財団法人石川県産業創出支援機構（最寄り駅JR北陸本線金沢駅）

〒920-8203 石川県金沢市鞍月2丁目20番地

・研究実施場所

(ア)羽二重豆腐株式会社（最寄り駅：JR北陸本線西金沢駅）

〒921-8054 石川県金沢市西金沢2丁目162番地

(イ)・メルシャン株式会社本社（最寄り駅：JR東日本 東京駅）

〒104-8305 東京都中央区京橋1丁目5番8号

・メルシャン株式会社水産飼料事業部（最寄り駅：JR九州鹿児島本線八代駅）

〒866-0017 熊本県八代市三楽町3番地1号

・メルシャン株式会社 南紀串本実験場（最寄り駅：JR西日本鉄道紀勢本線串本駅）

〒649-3632 和歌山県東牟婁郡串本町須江

・メルシャン株式会社畜産飼料事業部（最寄り駅：JR北海道千歳線沼ノ端駅）

〒059-1373 北海道苫小牧市真砂町38番地5号

・メルシャン株式会社生物資源研究所（最寄り駅：JR東海 磐田駅）

〒438-0078 静岡県磐田市中泉1808

(ウ)株式会社スギヨ（最寄り駅：JR七尾線七尾駅）

〒926-8603 石川県七尾市府中町員外27-1

(エ)石川県立大学（最寄り駅：JR北陸本線松任駅）

〒921-8836 石川県石川郡野々市町末松1-308

(オ)石川県工業試験場（最寄り駅JR北陸本線金沢駅）

〒920-8203 石川県金沢市鞍月2丁目1番地

(カ)石川県畜産総合センター（最寄り駅：JR七尾線高松駅）

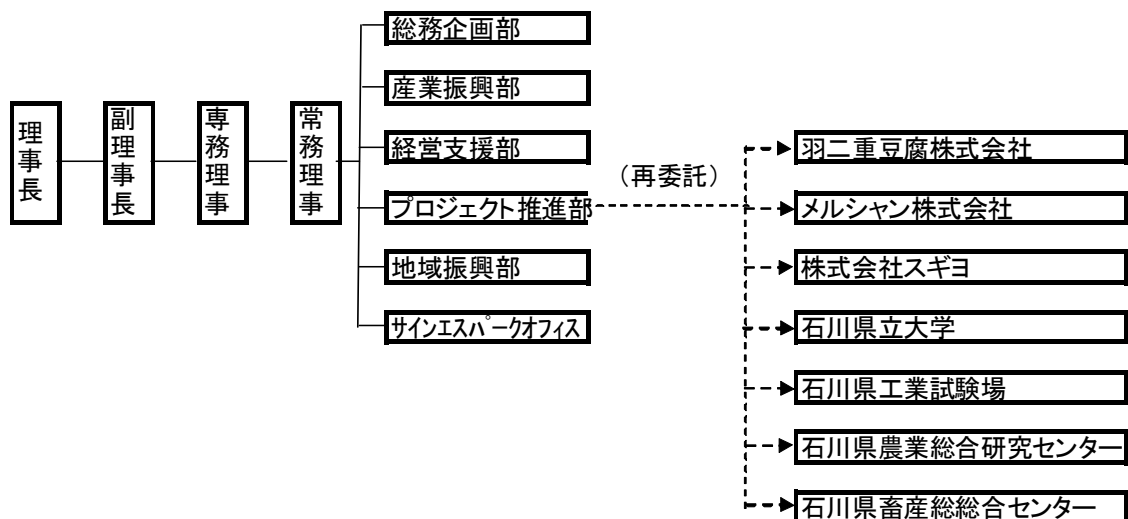
〒929-1325 石川県羽咋郡宝達志水町坪山ナ部93-2

(キ)石川県農業総合研究センター（最寄り駅：JR北陸本線森本駅）

〒920-3198 石川県金沢市才田町戊295-1

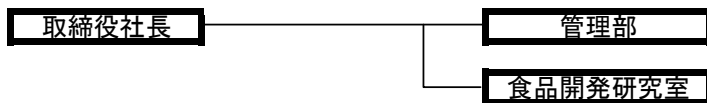
④管理体制

・事業管理者

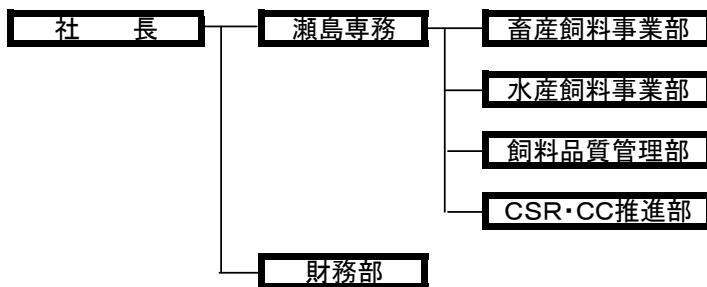


・再委託先

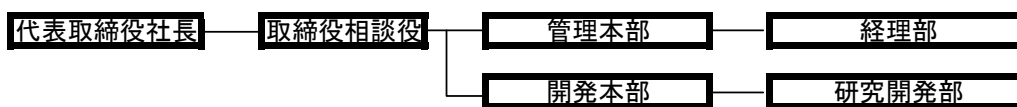
(ア)羽二重豆腐株式会社



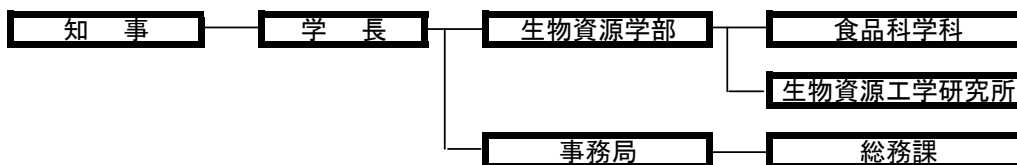
(イ)メルシヤン株式会社



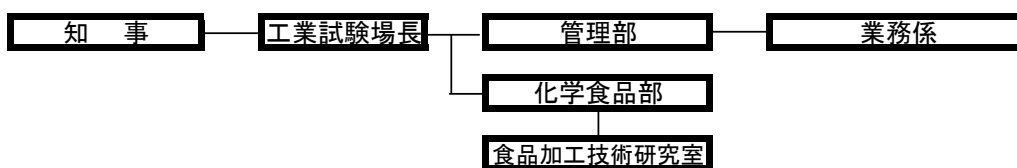
(ウ)株式会社スギヨ



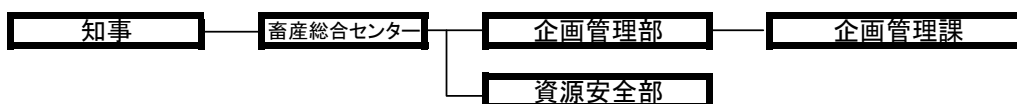
(エ)石川県立大学



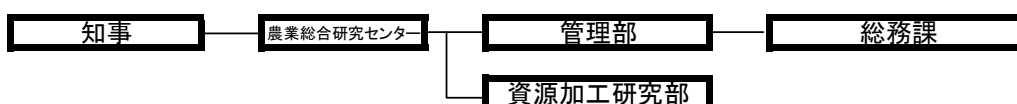
(オ)石川県工業試験場



(キ)石川県畜産総合センター



(カ)石川県農業総合研究センター



(2) 管理者・研究員

①研究員

・事業管理者：財団法人 石川県産業創出支援機構

①管理員

氏名	所属・役職
山森 力	プロジェクト推進部 部長
辻江 冬樹	プロジェクト推進部 部長代理兼技術開発支援課長
畑 逸郎	プロジェクト推進部 技術開発支援課 主任

・再委託先

(ア)羽二重豆腐株式会社

氏名	所属・役職
藤原 英二	代表取締役社長
川嶋 正男	食品研究開発室長
川島 淳子	食品研究開発室
柴田 啓子	食品研究開発室

(イ)メルシャン株式会社

氏名	所属・役職
瀬島 俊介	代表取締役専務執行役員
長尾 秀則	畜産飼料事業部長
浅沼 仁志	畜産飼料事業部 課長
中川 秀輝	畜産飼料事業部
木原 洋一	水産飼料事業部長
高橋 浩樹	水産飼料事業部 部長
下江 宏和	水産飼料事業部 課長
宮下 仁志	水産飼料事業部
山下 昌彦	八代工場飼料製造部長
上園 三郎	水産飼料事業部兼南紀串本水産出向
滝川 由宇登	水産飼料事業部兼南紀串本水産出向
小山 欣政	CSR・CC推進部 品質保証室
井爪 一宏	水産飼料事業部 課長

(ウ)株式会社スギヨ

氏名	所属・役職
野田文雄	取締役相談役
中村徹也	研究開発部課長
新田一朋	研究開発部主任

(エ)石川県立大学

氏名	所属・役職
熊谷英彦	生物資源工学研究所 学長補佐 教授
宮脇長人	食品科学科 学科長 教授
榎本俊樹	食品科学科 教授

(オ)石川県工業試験場

氏名	所属・役職
中村 静夫	化学食品部長
道嶋 俊英	化学食品部食品加工技術研究室 主任研究員
勝山 陽子	化学食品部食品加工技術研究室 主任技師
武 春美	化学食品部食品加工技術研究室 技師

(カ) 石川県畜産総合センター

氏名	所属・役職
庄司 勇一	資源安全部 部長
柴 教彰	資源安全部 専門研究員

(キ) 石川県農業総合研究センター

氏名	所属・役職
北田 敬宇	資源加工研究部 部長
塚本 昇市	資源加工研究部 主任研究員
梅本 英之	資源加工研究部 主任技師

1-3 研究成果の概要

1-1 (2)、(3) に示した今年度の研究目的・目標の具体的な項目は、以下の通りである。

1. 飲料、調味料用の大豆ホエー発酵菌の発酵条件の検討
2. 飲料の試作評価
3. バチルス・コアグランスの有孢子化の検討
4. 発酵大豆ホエーの耐性試験
5. 大豆ホエー及びオカラ混合発酵物の動物実験による機能性作用の評価
6. 発酵物や発酵物を用いた試作品（食品、飼料、肥料）の機能性成分の評価
7. 発酵大豆ホエーの高濃度濃縮
8. 発酵生成物利用法の検討
9. 事業化の検討

上記項目について研究開発事業を推進した結果以下の結果を得た。

- ①平成 20 年度に飲料用及び調味料用乳酸菌として選抜したラクトバチルス プランタラム及び IAM12477 を種々の濃度の炭酸水素ナトリウム及び炭酸水素カリウムを添加した大豆ホエー培養液の呈味性評価を行った結果、大豆ホエー培地に炭酸水素カリウムの 10% 添加することにより、マイルドな呈味性を示したことから、飲料としての利用の可能性が示唆された。
- ②飲料の試作評価では、ラクトバチルス プランタラムによる発酵大豆ホエーは、市販のバチルス・コアグランスに対し、発酵能が高く、飲料としての利用の有効性を確認した。また、第3章において検討したバチルス・コアグランス発酵大豆ホエーの高濃度濃縮により排出される分離液には、濃縮前の培養液に含まれる有機酸の殆どが含まれており、これを用い、発酵による芳香性香気と酸度 0.54%、pH 4.0 で適度な酸味を呈する飲料として、また、発酵による芳香性が良く、味、色、香とも調和のとれた調味料として利用出来ることを示した。
- ③市販粉末ラクリス菌製剤において、MRS 培地プレートで生育する菌のほぼすべてが孢子菌体由来であると考えられる。また、市販ラクリス菌とバチルス コアグランス

JCM2257 および 2258 株は遺伝子レベルではほぼ 100%同一菌種と同定された。大豆ホエー培地を基本として、バチルス コアグランスの孢子形成を促進するには酵母エキスを 0.5%添加した培地を用いるのがよいことが判った。また、培養温度は 50℃がよく、培養 pH を中性付近に保ち、糖消費を円滑に進め、pH が 8 付近に上昇後、集菌するのがよいと思われる。有孢子菌数が max で頭打ちのところで集菌し、乾燥（自然乾燥、真空乾燥のどちらも可）すればよいことが明らかとなった。

④発酵大豆ホエー及びオカラ混合発酵物の耐性試験を行った結果、大豆ホエーでは、温度 90℃以下、塩分 2%以下で有機酸の損失はなく、クエン酸、グルコース添加による損失はいずれの添加濃度においてもみられなかった。また、オカラでは、温度 90℃以下、塩分 2%以下、クエン酸 0.4%以下で有機酸の損失はなく、グルコース添加による有機酸の損失は認められなかった。

⑤ラットによるオカラ混合発酵物の機能性作用試験を行った結果、有意な発がん抑制効果は認められなかったが、アトピー性皮膚炎改善効果と持つことが示唆された。

⑥豚肉の遊離アミノ酸を評価した結果、通常飼料を給餌した豚に対し、オカラ及びオカラ混合発酵物を添加した飼料を給餌した豚はやや低い傾向がみられた。

オカラ混合発酵物を用いた野菜の漬け物 3 種、魚の漬け物 3 種を試作し、いずれも変敗、酸敗、異臭がなく、正常に発酵することが可能であることがわかった。

オカラ混合発酵物の牛用サイレージ飼料に利用のためのモデル実験系を開発した。

⑦界面前進凍結濃縮法による発酵大豆ホエー濃縮のスケールアップの検討においては、3.3 倍程度の濃縮度を得ることが確認され、条件を最適化することによって、本方式で 5 倍以上の濃縮が見込まれる。また、氷晶部分溶解法を適用して収率改善を試みた結果、良好な結果が得られ、収率 90%以上が可能であることが明らかとなった

菌体の高濃度濃縮においては、高速遠心分離機にて菌体を得ることができた。また、分離液にも乳酸菌が残存し、pH3.9~4.0、酸度 800mg/100ml 程度であることから、これらは飲料、発酵食品用として利用が示唆された。

濃縮菌体は、市販の製剤の半値程度が見込まれる。

⑧オカラ混合発酵物を 20%添加した飼料を給餌した結果、嗜好性も良好で昨年の単飼の豚と同様な発育成績を示した。また、豚肉については物性、脂肪酸組成や脂肪融点で従来品のものと同色がなく、特にオカラ混合発酵物を 20%添加することで切断応力、官能評価において噛みきれやすいと評価されたことから、物性を良好に変化させることで特徴ある豚肉が生産されることが示唆された。

マダイの給餌試験では、数値には表れない点として摂餌行動にも差が見られ、過去 2 回の試験時以上に嗜好性の差異が見られた。血液性状を測定した結果、ヘマトクリット値については、各試験区とも大きな差異は無く、固体別でも貧血状態の値は見られなかった。また、総コレステロールでは、対照区で 1 尾のみ 400 以上の値が見られ、トリグリセライドについては、対照区で若干低い傾向が見られたが、全体的には正常な数値の範囲内であるため、今回の結果からは試験区および対照区とも健康状態に問題は無いと考えられる。

オカラ混合発酵物は、植物性肥料原料としては比較的高成分であり、発酵によりオカラよりも植害性が低減されており、作物にとって安全であると判断された。さらに、発酵により土壌中における分解性が高まっており、オカラよりも肥料としての効果が高いと考えられた。このようにオカラ混合発酵物は有機質肥料原料としてオカラよりも優れた特性を持つと考えられた。ただ、既存の有機質肥料や堆肥に比べコスト面で不利である。

⑨試作品は、大豆発酵ホエーによるオカラ混合物を主体に、野菜の卵の花漬、鯖等の卵の花漬、オカラ混合発酵物を用いたガンモ、飲料、調味料、クッキー、パンケーキ、水産練り製品（蒲鉾）、養魚用飼料など多くの製品試作を行った。

大豆ホエーを用いて安定的に乳酸菌を培養技術が可能となった。しかし、規模の拡大、

生産効率の向上など未解決の課題があり、原料としての正確な単価計算が見込めない。そこで、本事業の補完研究開発を遂行し、正確な単価を示すと同時に試作品の呈味性等の改善を行い、事業化を推進する。推進に当たり平成22年度内には事業化マップを作成し、必要な知財を確立する。知財確立後、確立した大豆ホエー利用技術の普及にも努める。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

事業管理者：財団法人石川県産業創出支援機構 プロジェクト推進部
TEL 076-267-6291 FAX076-268-1322
e-mail project@isico.or.jp

第2章 発酵条件の検討

2-1. 発酵菌及びその発酵条件検討（羽二重豆腐(株)、石川県立大学）

選定した乳酸菌 2 株（ラクトバチルス・プランタラム、ラクトバチルス・プランタラム IAM12477）と大豆ホエー培地を用いて培養条件検討をおこなってきた結果、大豆ホエー培地にグルコースやアミノ酸（グルタミン酸）を添加しても乳酸菌の生育および乳酸生成に影響を与えないことがわかった。また、大豆ホエー培地にグルタミン酸ナトリウムを高濃度添加すると乳酸菌の生育が阻害されることが明らかになった。さらに炭酸水素ナトリウムを高濃度添加すると乳酸菌の生育は阻害されるが、コハク酸が生成されることがわかった。

そこで、乳酸菌の生育阻害理由を調査するとともに、最適条件の決定、コハク酸生成の条件を検討をおこない、培養液全体あるいは培養ろ液の飲料もしくは調味料としての利用化を目指した。具体的に実施した研究内容の概要は以下の通りである。

① 大豆ホエー培地へのナトリウム添加の生育と乳酸生成への影響及び炭酸塩添加の乳酸菌生育と乳酸生成およびコハク酸生成への影響

平成 20 年度に飲料用及び調味料用乳酸菌として選抜したラクトバチルス プランタラム及び IAM12477 を種々の濃度の炭酸水素ナトリウム及び炭酸水素カリウムを添加した大豆ホエー培養液を用いて培養試験を行った結果、顕著な育成効果は得られなかった。また、乳酸生成量にも特筆すべき知見は得られなかった。この原因を完全に解明することはできなかったが、炭酸による影響と推定された。

② 培養液全体あるいは培養ろ液の飲料あるいは調味料としての検討

バチルス・コアグランスの培養液の呈味性評価を行った結果、大豆ホエー培地に炭酸水素カリウムの 10%添加することにより、マイルドな呈味性を示したことから、飲料としての利用の可能性が示唆された。

また、バチルス・コアグランス発酵大豆ホエーの高濃度濃縮により排出される分離液には、濃縮前の培養液に含まれる有機酸の殆どが含まれており、分離液を用い、発酵による芳香性の香気と酸度 0.54%、pH 4.0 で適度な酸味を呈する飲料、発酵による芳香性が良く調味料として味、色、香とも調和のとれた調味料を作製することができた。

近年、宿主であるヒトの健康に好影響を与えるとして注目を集める有胞子乳酸菌（バチルス・コアグランス）の胞子を活用するために胞子形成条件を検討した結果、大豆ホエー培地を基本として、バチルス コアグランスの胞子形成を促進するには酵母エキスを 0.5%添加した培地を用いるのがよい。培養温度は 50℃がよく、培養 pH を中性付近に保ち、糖消費を円滑に進め、pH が 8 付近に上昇後、集菌することが望ましいとされた。

2-2. 生成物の検討（石川県工業試験場、メルシャン(株)、(株)スギヨ）

① 栄養価評価（石川県工業試験場）

前年度、県立大で最適発酵条件を決定した飲料用乳酸菌ラクトバチルス・プランタラム、ラクトバチルス・プランタラム IAM12477 の菌を用いた発酵大豆ホエーによる試作飲料の栄養評価を行う。(具体的には、水分、脂質、灰分、炭水化物、蛋白質、ミネラルなどの分析をおこなうとともに、エネルギーを算出する。)これらの結果は、コントロールとなる発酵前的大豆ホエーやオカラを用いた試作品と比較し発酵物を試作品に用いることによる効果を明らかにする予定であったが、呈味を考慮したため試作に時間(添加物の配合割合の決定)を要し、分析結果の公表は現時点でできないが今後遂行する予定ある。さらに、発酵物を用いた食材、肥料、飼料などについても同様であり、補完研究の中で分析・評価する。

②飼料としての適性評価(メルシャン株)

大豆ホエーで生育した有孢子性乳酸菌バチルス・コアグランスを牛用サイレージ飼料に利用するため、食品産業副産物のうち未乾燥では利用されていないジャガイモデンプン粕、にんじん粕を用いサイレージ化をおこなった。サイレージ化には、有孢子率が高い乾燥した発酵大豆ホエーも用いて、サイレージ化の最適条件を見出す予定であったが、入手した菌にコナミがあり、全て腐敗し試験を行うことができなかったが、オカラ混合発酵物の牛用サイレージ飼料に利用のためのモデル実験系を開発した。今後、補完研究の中で実施する予定である。

③食材としての適性評価(株スギヨ)

前年度に試作した発酵大豆ホエーおよびオカラ混合発酵物を利用した食品について更に調整をおこない、味、食感、機能性等の向上を目指す。また、新規に発酵大豆ホエーおよびオカラ混合発酵物を利用した食品の開発および評価をおこない、前年度までの試作品等も含め、有望なものを選定し、市販化を目指した試験を行った。

その結果、有望食品として発酵大豆ホエーおよびオカラ混合発酵物を用いたサバ漬物を選定した。サバ漬物の試作は可能であったが、市販のサバ漬物(へしこ)と比較してアミノ酸量が低く、官能評価でも旨味が弱かったため、市販化には更なる検討が必要であると考えられた。この点についても、補完研究で改善を図る予定である。

2-3. 分析評価(石川県立大学、石川県工業試験場、羽二重豆腐株)

①機能性作用の評価(石川県立大学)

ラットの皮膚に薬剤を塗布することによりアレルギーモデルラットを作製し、皮膚炎症に及ぼすオカラ混合発酵物投与の影響について検討した。また、マウス上皮細胞由来 JB6 細胞のコロニー形成に及ぼすオカラ混合発酵物の影響についても検討を行い、オカラ混合発酵物の免疫賦活作用による抗発ガン性効果についても検討した。

その結果、有意な発がん抑制効果は認められなかったが、アトピー性皮膚炎改善効果を持つことが示唆された。なお、オカラ混合発酵物のアレルギー低減効果メカニズムについては、病態マウスを用いた補完研究を行い報告する。

②機能性成分評価(石川県工業試験場)

前年度、県立大で最適発酵条件を決定した飲料用乳酸菌ラクトバチルス・プランタラム、ラクトバチルス・プランタラム IAM12477、およびバチルスコアグランスを用いた発酵大豆ホエーによる試作飲料の機能性成分・機能性評価を行う予定であったが、前記の理由で試作に時間を要し、分析は進行中であるが未完である。この結果については、補完研究で行い報告する。

③保存性評価(羽二重豆腐株)

大豆加工食品、野菜類ピクルスに発酵大豆ホエー及びオカラ混合発酵物を添加し製品の食感、味覚、香気、物性などへの影響を検討し、長期保存の品質変化を評価した。

その結果、オカラ混合発酵物を用いた野菜の漬け物3種、魚の漬け物3種を試作し、いずれも変敗、酸敗、異臭がなく、正常に発酵することが可能であることがわかった。

第3章. 発酵物製造技術の検討

3-1. 発酵大豆ホエー濃縮システムの検討（石川県立大学・羽二重豆腐(株)）

①界面前進凍結濃縮法による発酵大豆ホエー濃縮

界面前進凍結濃縮法による、小型縦型実験装置を用いた発酵大豆ホエーの凍結濃縮における、乳酸菌菌体および各有機酸成分毎の極限分配係数を求めた。

その結果、見かけ分配係数 K の値は、乳酸菌菌体については 0.0377、Brix 基準の溶液成分については 0.14 と大きく異なる値が得られた。このことは、乳酸菌菌体は溶質成分よりも氷結晶に取り込まれにくいことを意味していた。さらに、溶質成分のうち、乳酸、クエン酸、酢酸について分析を行ったところ、これら 3 成分の分配係数は、それぞれ、0.111、0.126、0.136 であった。

次に、循環流壁面冷却法による界面前進凍結濃縮法のスケール・アップをおこない、スケール・アップ装置による溶質の固液間分配係数を測定する計画であったが、スケール・アップ装置での氷晶部分溶解法による収率改善をおこなうなどの改良を行った為、分配係数の測定までは至らなかった。しかし、界面前進凍結濃縮法による発酵大豆ホエー濃縮のスケールアップの検討においては、3.3 倍程度の濃縮度を得ることが確認され、条件を最適化することによって、本方式で 5 倍以上の濃縮が見込まれることが示唆された。また、氷晶部分溶解法を適用して収率改善を試みた結果、良好な結果が得られ、収率 90%以上が可能であることが明らかとなった。今後、補完研究の中で、分配係数の測定を実施する予定である。

②発酵大豆ホエーの高濃度濃縮

高速遠心分離機による菌体の高濃度濃縮の可能性について評価実験を行った。その結果、菌体の高濃度濃縮においては、高速遠心分離機にて 10^{10} cfu/g 以上の菌体を得ることができた。また、分離液にも乳酸菌数 10^6 cfu/g、固形分濃度 2.8~3.0%が残存し、pH3.9~4.0、酸度 800mg/100ml 程度であることから、これらは飲料、発酵食品用として利用が示唆された。

3-2. 混合発酵システムの検討

試作した混合発酵システムは、オカラ圧搾機から取り出したオカラをスクリーンにより装置内へ送り込み、装置内部で加熱殺菌、冷却、種菌として発酵大豆ホエーの接種を行い、包装(ポリ袋)に収容 5kg 密封、培養、冷蔵保管する一連のシステムから成り立っている。

3-3. 発酵大豆ホエー生産システムの検討

平成 19 年度に設計・設置した発酵大豆ホエー生産システムの大豆ホエー発酵装置において、装置全体の洗浄と殺菌方法を再確認した。

3-4. コスト試算と低減化の検討及び実用化検討

実生産規模の大豆ホエーの発酵システム、及びオカラと発酵大豆ホエーの連続混合発酵するシステムの基本設計については、システムの改良などに時間を要したこと、企業の生産計画に合わせ検討中であり今後補完研究の中で行う予定である。

第4章. 発酵生成物利用法の検討

4-1. 食品品質保持剤への応用（羽二重豆腐(糊)、(糊)スギヨ）

現在の製法の発酵大豆ホエーを品質保持剤として蒲鉾に使用することは困難であったため、他の製法の場合の発酵大豆ホエー（菌種、濃度、性状等が異なるもの）の品質保持効果の検討をおこなう予定であった。補完研究の中で県立大学とも連携し評価を行う予定である。

4-2. 飼料への応用（メルシャン(糊)、石川県畜産総合センター）

①養豚飼料への応用

平成 20 年度の結果から示唆された発酵大豆ホエーとオカラ混合発酵物の飼料への至適混合割合を基に飼養し、生産した豚肉について分析・評価を行った。その結果、オカラ混合発酵物を 20%添加した飼料を給餌した場合、嗜好性も良好で平成 20 年度の単飼の豚と同様な発育成績を示した。また、豚肉については物性、脂肪酸組成や脂肪融点で従来品のものと遜色がなく、特にオカラ混合発酵物を 20%添加することで切断応力、官能評価において噛みきれやすいと評価されたことから、物性を良好に変化させることで特徴ある豚肉が生産されることが示唆された。

②混合発酵物の養魚用飼料実用化のための実証試験

大豆発酵ホエーの斃死改善効果が示唆された為、マダイを用い発酵大豆ホエーの添加飼養試験をおこない、大豆ホエー添加飼料によるマダイ養殖の斃死低減効果の優位性の検証を行った。その結果、マダイの給餌試験では、数値には表れない点として摂餌行動にも差が見られ、過去 2 回の試験結果以上に嗜好性の差異が見られた。血液性状を測定した結果、ヘマトクリット値については、各試験区とも大きな差異は無く、固体別でも貧血状態の値は見られなかった。また、総コレステロールでは、対照区で 1 尾のみ 400 以上の値が見られ、トリグリセライドについては、対照区で若干低い傾向が見られたが、全体的には正常な数値の範囲内であるため、今回の結果からは試験区および対照区とも健康状態に問題は無いと考えられる。

4-3. 肥料への応用（石川県農業総合研究センター）

①乳酸発酵によるオカラ中の窒素成分の組成変化の解析

オカラ混合発酵物の窒素成分の肥料効果はオカラとは異なっていたことから、オカラ混合発酵物を施用した土壌から抽出される有機物の組成の変化について解析を加えるとともに、保蔵期間が異なるオカラ混合発酵物について、窒素成分の組成を分析した。

その結果、オカラ及びオカラ混合発酵物を添加した土壌では、これらの分解産物が土壌有機物の一部として残存すると考えられた。また、オカラ混合発酵物はオカラよりも土壌中での分解が速いため、分解産物の生成も速やかに定常状態に達したものと考えられた。また、オカラ混合発酵物に含まれる窒素成分はオカラとは異なる特性をもち、発酵による変性が加わった結果、土壌中での分解性が高まることが示唆された。

②生育阻害物質の解明

オカラ及びオカラ混合発酵物に含まれる可溶性物質と植害性との関連が示唆されたことから、これまで堆肥等の植害性物質として報告のある糖、有機酸及びアミノ酸量を測定した。その結果、いずれの試料についてもこれら成分の含有量は低く、植害性との関係は判然としなかった。一方、窒素成分の組成分析の結果、オカラ混合発酵物の可溶性窒素含有量はオカラよりも低下したことから、発酵による植害性の緩和との関係が示唆された。

オカラ混合発酵物は単体で肥料原料とするにはコスト面で不利であるが、原材料から安全・安心が確保されていること、発酵により植害性の問題が改善され土壌中での分解が速いという特徴を活かし、堆肥化のスターター、家庭園芸用の高級銘柄肥料等としての展開の可能性が考えられた。

最終章 全体総括

1. 平成19年度の成果の概要

- 1) 大豆ホエーに良好に成育し、乳酸等の生成が良好な菌株として、バチルス コアグランス、ラクトバチルス プランタラムなどを選定した。
- 2) バチルス コアグランスを主として培養条件を検討し、大豆ホエーの培地としての pH、培養時間等の最適値を設定した。またその他の高増殖菌株についても、最適条件を検討設定した。
- 3) 大豆ホエー、オカラ、発酵大豆ホエー、混合発酵物の栄養成分分析により、ホエーとオカラが発酵原料として十分な栄養的価値を持つこと、大豆ホエーは培地として用いることが有効であることが示された。発酵大豆ホエー、混合発酵物ともに培養により減少するのは炭水化物であり、タンパク質や脂質は減少せず、発酵物を飼料や食品の原材料として使用する栄養的根拠を得た。
- 4) 発酵混合物を一部混合し作成した飼料を用いてタイ及びブリの稚魚を 70 日間飼育した。発酵混合物混入飼料はよく摂食され、その結果として試験魚の成育は対照区と比較して、遜色なくむしろやや良好なものであった。
- 5) 発酵ホエーの蒲鉾への添加を検討し、pHの調整により良好な製品を製造することが可能であることを確認した。混合発酵物の菓子への添加効果を検討し、クッキー等の良好な製品を製造することが可能であることを確認した。
- 6) 発酵ホエー及び混合発酵物の機能性成分の分析を行い、これをもとに各発酵物の機能性を推定した。分析項目はミネラル、タンパク質、糖質、脂質、ビタミン、アミノ酸、有機酸、抗肥満成分、抗糖尿病成分等々である。いずれの発酵物においても発酵により、乳酸と酢酸の生成が確認され、発酵による保存性や抗菌性の向上が推定され、本研究計画の正当性が裏付けられた。発酵後、オリゴ糖の残留が確認され、ビフィズス菌のプロバイオティクスとしての効果を保持していることも確認された。
- 7) 発酵ホエーの濃縮法として、新規濃縮法である界面前進凍結濃縮法が提案され実行された。低温での効率のよい濃縮法であり、有効成分を損なうことなく濃縮が可能であり、発酵ホエーの製品化、運搬の上で有効であることの基礎データを得た。さらに発酵ホエー及び混合発酵物の実用レベルでの生産システムを設計し、具体的な機器の選定購入を行い、2 年度購入部分を除き、生産ラインをほぼ組み立てた。

2. 平成 20 年度の成果の概要

- 1) 石川県立大選定菌 2 種について、種々の条件で培養を行った結果、炭酸水素ナトリウム添加した大豆ホエーで旨み成分であるコハク酸の生成が確認され、調味料や飲料への利用が示唆された。
- 2) 羽二重選定菌について、オカラ混合発酵物を製造する際に添加する発酵大豆ホエーの添加量を検討した結果、良好である結果を得た。
- 3) 発酵物を用いた「豆乳がんも」、「合わせすりみ」、「揚げ煎餅」、「マフィン」などの試作品について分析した結果、オカラ混合発酵物を添加したものは、既存品に対し、やや炭水化物の増加がみられたがその他の成分は大差ない値で有り活用可能であることが示唆された。
- 4) 発酵物の食品への利用として、「焼菓子」、「揚げ煎餅」、「揚げ蒲鉾」、「漬物床」を試作した。いずれも完成品の状態はよく、既存品と遜色ない仕上がりとなった。これらの官能評価の結果、味、食感ともに良好であったが、菌数測定の結果、製造過程に加熱する試作品については、乳酸菌が検出されなかったが、加熱しない漬物床には検出されたことから、プロバイオティクスとしての効果が期待された。

養豚飼料については、オカラ混合発酵物を通常飼料に 15,20%添加し、豚に給餌した

結果、20%添加区で豚の体重が顕著に増加し、豚の発育に効果的であることが認められた。また、肉中の背脂の量的改善も認められた。

養魚飼料については、マダイにオカラ混合発酵物を通常飼料に 5%添加した飼料とオカラ混合発酵物と発酵大豆ホエーの混合物を通常飼料に 5%添加した飼料を給餌した結果、オカラ混合発酵物の添加により、成長率の向上が認められた。また、発酵大豆ホエーを併せて添加することにより、生残率が 98%以上に改善された。

肥料については、コマツナを用いたシャーレ発芽試験及びポット栽培試験を実施した結果、オカラ混合発酵物は発酵前のオカラに対し、植害性が低いことが確認された。さらに、培養試験及びポット栽培試験の結果、オカラ混合発酵物はオカラよりも土壤中での分解が速く、肥料として有用であると考えられた。

- 5) マウスとラットに、発酵大豆ホエー及びオカラ混合発酵物をそれぞれ 1 又は 2%添加飼料を給餌した結果、体重、臓器重量、血液成分値、臓器所見は、異常が認められず安全性が確認された。また、ラットの解剖後の盲腸内容物について検討したところ、オカラ混合発酵物投与群のみに、有意なビフィズス菌増殖作用が認められた。よって、腸内菌叢の改善作用が確認され、免疫系への関与が予想されることから抗アレルギー食品としての発展が示唆された。
- 6) 発酵大豆ホエーの抗菌性を検定菌としてグラム陽性菌（枯草菌）とグラム陽性菌（大腸菌）を用い、液体希釈法により検討した結果、いずれの検定菌も 2 倍希釈の発酵大豆ホエーで抗菌性が確認された。また、発酵物を用いた試作品（食品、肥料）の機能性成分として有機酸分析をおこなった結果、試作品完成後も原料を調合する際に混合した発酵物に含まれる有機酸の多くが残存し、調理課程における損失は少ないことが分かった。
- 7) オカラ混合発酵物の保存性を評価するために、発酵大豆ホエー10%とオカラ混合発酵物 10%を添加した「豆乳がんも」と「合わせ豆腐」を試作し、保存条件 20,10,-2,-20℃において、食感、味覚、香り、色彩、微生物変化、物性（破断応力など）について、発酵物を添加しない対照と比較した。その結果、常温に近い 10℃で良好な保存効果が認められた。
- 8) 発酵大豆ホエーの濃縮において、界面前進凍結濃縮による濃縮をおこなった結果、小型界面前進凍結濃縮装置に落とし蓋を取り付けることにより、濃縮操作の際に生じる大豆ホエーの発泡を抑制させることが可能となった。また、氷晶部分溶解法によって、溶質成分の回収が 20%程度の部分溶解で収率 90%以上に改善できた。
- 9) 前年度の概要図に基づきオカラ発酵の前処理装置の設計、試作を施行し、制御条件の基準を設定した。また、この装置を用い、前年度選定した発酵菌を用い、培養試験を行った結果、大量培養においても異常発酵は起こらず、良好な培養が行われることを確認した。

3. 平成 21 年度の成果の概要

- 1) 平成 20 年度に飲料用及び調味料用乳酸菌として選抜したラクトバチルス プランタラム及び IAM12477 を種々の濃度の炭酸水素ナトリウム及び炭酸水素カリウムを添加した大豆ホエー培養液の呈味性評価を行った結果、大豆ホエー培地に炭酸水素カリウムの 10%添加することにより、マイルドな呈味性を示したことから、飲料としての利用の可能性が示唆された。
- 2) 飲料の試作評価では、ラクトバチルス プランタラムによる発酵大豆ホエーは、市販のバチルス・コアグランスに対し、発酵能が高く、飲料としての利用の有効性を確認した。また、第3章において検討したバチルス・コアグランス発酵大豆ホエーの高濃度濃縮により排出される分離液には、濃縮前の培養液に含まれる有機酸の殆どが含まれており、これを用い、発酵による芳香性香気と酸度 0.54%、pH 4.0 で適度な酸味を呈する飲料として、また、発酵による芳香性が良く、味、色、香とも調和のとれた調味料として利用出来

ることを示した。

- 3) 市販粉末ラクリス菌製剤において、MRS 培地プレートで生育する菌のほぼすべてが孢子菌体由来であると考えられる。また、市販ラクリス菌とバチルス コアグランス JCM2257 および 2258 株は遺伝子レベルではほぼ100%同一菌種と同定された。また、大豆ホエー培地を基本として、バチルス コアグランスの孢子形成を促進する条件を検討し設定した。
- 4) 発酵大豆ホエー及びオカラ混合発酵物の耐性試験を行った結果、大豆ホエーでは、温度 90℃以下、塩分 2%以下で有機酸の損失はなく、クエン酸、グルコース添加による損失はいずれの添加濃度においてもみられなかった。また、オカラでは、温度 90℃以下、塩分 2%以下、クエン酸 0.4%以下で有機酸の損失はなく、グルコース添加による有機酸の損失は認められなかった。
- 5) ラットによるオカラ混合発酵物の機能性作用試験を行った結果、有意な発がん抑制効果は認められなかったが、アトピー性皮膚炎改善効果と持つことが示唆された。
- 6) 豚肉の遊離アミノ酸を評価した結果、通常飼料を給餌した豚に対し、オカラ及びオカラ混合発酵物を添加した飼料を給餌した豚はやや低い傾向がみられた。
オカラ混合発酵物を用いた野菜の漬け物3種、魚の漬け物3種を試作し、いずれも変敗、酸敗、異臭がなく、正常に発酵することが可能であることがわかった。
オカラ混合発酵物の牛用サイレージ飼料に利用のためのモデル実験系を開発した。
- 7) 界面前進凍結濃縮法による発酵大豆ホエー濃縮のスケールアップの検討においては、3.3 倍程度の濃縮度を得ることが確認され、条件を最適化することによって、本方式で5倍以上の濃縮が見込まれる。また、氷晶部分溶解法を適用して収率改善を試みた結果、良好な結果が得られ、収率90%以上が可能であることが明らかとなった
菌体の高濃度濃縮においては、高速遠心分離機にて菌体を得ることができた。また、分離液にも乳酸菌が残存し、pH3.9~4.0、酸度 800mg/100ml 程度であることから、これらは飲料、発酵食品用として利用が示唆された。
濃縮菌体は、市販の製剤の半値程度が見込まれる。
- 8) 群飼(5頭)の豚にオカラ混合発酵物を20%添加した飼料を給餌した結果、嗜好性も良好で昨年の単飼の豚と同様な発育成績を示した。また、豚肉については物性、脂肪酸組成や脂肪融点で従来品のものと遜色がなく、特にオカラ混合発酵物を20%添加することで切断応力、官能評価において噛みきれやすいと評価されたことから、物性を良好に変化させることで特徴ある豚肉が生産されることが示唆された。
- 9) マダイの給餌試験では、数値には表れない点として摂餌行動にも差が見られ、過去2回の試験時以上に嗜好性の差異が見られた。血液性状を測定した結果、ヘマトクリット値については、各試験区とも大きな差異は無く、固体別でも貧血状態の値は見られなかった。また、総コレステロールでは、対照区で1尾のみ400以上の値が見られ、トリグリセライドについては、対照区で若干低い傾向が見られたが、全体的には正常な数値の範囲内であるため、今回の結果からは試験区および対照区とも健康状態に問題は無いと考えられる。
- 10) オカラ混合発酵物は、発酵によりオカラよりも植害性が低減されており、作物にとって安全であること、発酵により土壌中における分解性が高まっており、オカラよりも肥料としての効果が高いことを再確認した。さらに、土壌中での分解産物について検討した結果、分解産物が土壌有機物の一部として残存すると考えられた。このようにオカラ混合発酵物は有機質肥料原料としてオカラよりも優れた特性を持つと考えられた。ただ、既存の有機質肥料や堆肥に比べコスト面で不利である。

本事業では、大豆ホエーとオカラの有効利用に関する研究開発に努め、試験発酵装置を導入して乳酸菌発酵を行い、所定の乳酸菌を確実に大量培養出来る技術確立した。その培養で得られた発酵物を利用して各種製品をも試作した。しかし、前章までに記載のごとく解明すべく課題が残り、成果の事業化に向けた課題も未着である。

そこで、この連携体で平成 22 年度以降、補完研究計画を作成し、4 月 1 日付で補完研究を開始する予定である。この補完研究は、単なる試作にとどまることなく事業化を目指したものであり、当初計画にないモニター試験・マーケティングなど商品化までには必須の事項も検討課題とするものである。今後、原料供給側である参画企業と活用側企業との連携調整を図りながら、早々に事業化ロードマップを作成する予定である。