

平成 25 年度
食品試験研究
成果情報

第 26 号

平成 26 年 3 月



農 研 機 構
食品総合研究所



まえがき

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構、食品総合研究所では、食品の安全性向上及び消費者の信頼確保のための技術の開発(略称:食品安全信頼)、農産物・食品の機能性解明及び機能性に関する信頼性の高い情報の整備・活用のための研究開発(略称:食品機能性)、農産物・食品の高度な加工・流通プロセスの開発(略称:加工流通プロセス)の3本の大課題を推進している。

平成25年度に実施したこれらの研究を中心として、行政・普及機関、公立試験研究機関、生産者、民間企業にとって直接的に利用可能で、普及が大いに期待できる「普及成果情報」ならびに、その内容が非常に有用な基礎・基盤情報になりうるもの、または改良が必要だが将来的に有望な「研究成果情報」を選定した。

「普及成果情報」として選定された、「食品・農産物の遺伝子検査に利用できるサンプルダイレクトDNA 分析試薬」、「機能性成分を多く含む農作物の情報が検索可能なデータベース」、「各種機能性成分を短時間・効率的に抽出できる給茶機」、「形状や大きさが多様なカキ果実を溶液処理のみで剥皮する方法」、「もち米の胴割を安価・簡易に検査する「もち米胴割粒透視器」」、「高アミロース米による新規食品素材「米ゲル」」、「新品種・新技術を活用した食農連携の形成・促進のためのWebマニュアル」の7課題を掲載した。

また、「研究成果情報」として選定された26課題も掲載した。

これらの成果情報が、農業・食品分野における研究や技術開発に少しでもお役に立てれば幸甚である。

平成 26 年 3 月

独立行政法人
農業・食品産業技術総合研究機構
食品総合研究所
所長 大谷 敏郎

平成25年度 食品試験研究 成果情報

成果情報の分類・・ 1

1) 普及成果情報

- 1 食品・農産物の遺伝子検査に利用できるサンプルダイレクトDNA分析試薬(180d0)・・・・・・・・ 2
食品総合研究所・食品分析研究領域
- 2 機能性成分を多く含む農作物の情報が検索可能なデータベース(310a0)・・・・・・・・ 4
九州沖縄農業研究センター・作物開発・利用研究領域
- 3 各種機能性成分を短時間・効率的に抽出できる給茶機(310c0)・・・・・・・・ 6
野菜茶業研究所・茶業研究領域
- 4 形状や大きさが多様なカキ果実を溶液処理のみで剥皮する方法(330a0)・・・・・・・・ 8
果樹研究所・栽培・流通利用研究領域
- 5 もち米の胴割を安価・簡易に検査する「もち米胴割粒透視器」(330c0)・・・・・・・・ 10
食品総合研究所・食品工学研究領域
- 6 高アミロース米による新規食品素材「米ゲル」(330c0)・・・・・・・・ 12
食品総合研究所・食品工学研究領域
- 7 新品種・新技術を活用した食農連携の形成・促進のためのWebマニュアル(330e0)・・・・・・・・ 14
中央農業総合研究センター・農業経営研究領域

2) 研究成果情報

- 1 酵母細胞を用いてDONおよびその誘導体の毒性の違いを評価する(180a0)・・・・・・・・ 16
食品総合研究所・応用微生物研究領域
- 2 六条大麦(裸麦)の追加防除によるかび毒蓄積低減(180a0)・・・・・・・・ 18
九州沖縄農業研究センター・生産環境研究領域
- 3 家畜ふん堆肥の単年施用によるハウレンソウの可食部カドミウム濃度低減(180b0)・・・・・・・・ 20
野菜茶業研究所・野菜生産技術研究領域
- 4 安定同位体比と微量元素組成を用いた湯通し塩蔵ワカメの産地判別高度化(180d0)・・・・・・・・ 22
食品総合研究所・食品分析研究領域
- 5 CaCCOプロセスによる稲わらおよびエリアンサスからの高濃度糖液製造(220c0)・・・・・・・・ 24
食品総合研究所・食品素材科学研究領域
- 6 異種遺伝子を含まない酵母を用いた高効率キシロース発酵法の開発(220c0)・・・・・・・・ 26
食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域
- 7 2型糖尿病合併症バイオマーカーの同定とその検出方法(310a0)・・・・・・・・ 28
食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域
- 8 ラットではβ-クリプトキサンチンは多くの臓器でβ-カロテンよりも蓄積されやすい(310b0)・・・・・・・・ 30
果樹研究所・カンキツ研究領域
- 9 ネギ葉身内部の粘液は経口投与によりマウス免疫系を活性化する(310c0)・・・・・・・・ 32
野菜茶業研究所・野菜病害虫・品質研究領域
- 10 乳酸菌由来の芳香族乳酸は紫外線照射による角化細胞の炎症反応を抑制する(310c0)・・・・・・・・ 34
畜産草地研究所・畜産物研究領域
- 11 新たな胃消化シミュレーターを用いた食品の消化動態の観測(310d0)・・・・・・・・ 36
食品総合研究所・食品工学研究領域
- 12 摂食中のヒトの舌活動測定と測定値に基づくやさしい食品物性の新規評価法(310d0)・・・・・・・・ 38
食品総合研究所・食品機能研究領域

13	紅茶・烏龍茶および抹茶の標準化された客観的味強度評価法(310d0).....	40
	食品総合研究所・食品分析研究領域	
14	ペチュニアにおける花の香気成分生産のメタボロームプロファイリング(330a0).....	42
	花き研究所・花き研究領域	
15	チューリップの香気成分解析と香りの分類(330a0).....	44
	花き研究所・花き研究領域	
16	乳酸菌由来カロテノイドは乳酸菌のマルチストレス耐性向上に利用できる(330a0).....	46
	畜産草地研究所・畜産物研究領域	
17	ウシ半腱様筋および咬筋のmicroRNA発現プロファイル(330a0).....	48
	畜産草地研究所・畜産物研究領域	
18	消費者は「かみ切りやすく」かつ「変形しやすい」牛肉をやわらかいと感じる(330a0).....	50
	畜産草地研究所・畜産物研究領域	
19	米粉パン特有のテクスチャーを回復率や伸長率の測定によって数値化する(330b0).....	52
	食品総合研究所・食品機能研究領域	
20	脂質による脂溶性機能成分の生体利用性向上(330b0).....	54
	食品総合研究所・食品素材科学研究領域	
21	数値流体力学(CFD)の適用による包装容器内の通風効率改善(330c0).....	56
	食品総合研究所・食品工学研究領域	
22	中高圧処理によるかぶら寿しの促成製造(330c0).....	58
	食品総合研究所・食品工学研究領域	
23	ホスファターゼ欠損麹菌の育種により加熱処理不要でだし入り味噌が製造できる(330d0).....	60
	食品総合研究所・応用微生物研究領域	
24	ゲノム重複による遺伝子の多コピー化を利用した微生物育種法(330d0).....	62
	食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域	
25	新規糖質ホスホリラーゼの発見とそれらを利用したオリゴ糖製造技術(330d0).....	64
	食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域	
26	放射性セシウムの大豆の加工・調理における加工係数(510b0).....	66
	食品総合研究所・食品安全研究領域、応用微生物研究領域	

成果情報の分類

1) 普及成果情報

行政・普及機関、公立試験研究機関、生産者、民間企業にとって直接的に利用可能で、普及が大いに期待できる成果情報。

2) 研究成果情報

行政・普及機関、公立試験研究機関、生産者、民間企業にとって直接的に利用可能なものでないが、その内容が非常に有用な基礎・基盤情報になりうるもの、または普及させるためには改良が必要だが将来的に非常に有望な成果情報。

1) 普及成果情報

[成果情報名] 食品・農産物の遺伝子検査に利用できるサンプルダイレクト DNA 分析試薬

[要 約] 開発したリアルタイム PCR 用分析試薬を用いることで、食品や農産物の粗抽出液から DNA を精製することなく直接 PCR 分析を行うことができる。この試薬は、食品や農産物の分析に幅広く利用できるため、今後、様々な遺伝子検査の簡易化が期待される。

[キーワード] サンプルダイレクト、DNA 分析、リアルタイム PCR、簡易化

[担 当] 食品安全信頼・信頼性確保

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品分析研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

食品や農産物の遺伝子検査は、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）法を用いて行われることが一般的であるが、食品や農産物には PCR を阻害する物質が多量に含まれているため、分析試料から DNA を精製することが必須となっている。DNA の精製には煩雑な作業を要するため、DNA の精製操作が遺伝子検査の律速作業になっている。そこで、DNA を精製せず、試料の粗抽出液の状態から直接分析を行うサンプルダイレクト DNA 分析の実現を図る。近年、PCR の結果判定に電気泳動を必要としないリアルタイム PCR が普及しつつあることから、サンプルダイレクト DNA 分析を可能にするリアルタイム PCR 用の試薬を開発し、DNA の精製と電気泳動の両方を必要としない極めて簡易な遺伝子検査を可能にする。

[成果の内容・特徴]

1. 本成果は、株式会社島津製作所、株式会社ニッポンジーンとの共同研究によるものである。開発した試薬は、株式会社ニッポンジーンから「DirectAce qPCR Mix plus ROX tube」として商品化されている（図 1）。
2. 開発した試薬は、食品や農産物試料に含まれる PCR 阻害物質の影響を受けにくく、かつ、蛍光プローブアッセイ型リアルタイム PCR に最適な反応液組成になっている。この試薬は、DNA ポリメラーゼ、ヌクレオチドモノマー、緩衝液等が混合された溶液状態になっており、検査試料から得た粗抽出液および検査の目的に応じて合成したプライマー DNA、蛍光プローブ DNA を混合するだけでリアルタイム PCR 装置による分析を実施することが可能である（図 2）。
3. 各種試料に極微量の人工鋳型 DNA を添加して PCR の成否を確認する評価試験を実施し、様々な食品・農産物試料のサンプルダイレクト DNA 分析が可能であることを確認している（表 1）。
4. 開発した試薬は、標的遺伝子の定性分析・定量分析、いずれの用途にも使用することができる。遺伝子組換え農産物を含む試料のサンプルダイレクト DNA 分析を実施し、精製 DNA を用いる従来の検査と同等の検出感度・定量精度が得られることを確認している。
5. 開発した試薬を利用することで、今後、様々な検査機関で従来よりも簡易に遺伝子検査を行うことができる。同じコストでより多くの検体を分析することができるため、食品の安全性・信頼性がこれまでよりも高いレベルで保証可能になるものと期待される。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：食品・農産物の流通事業者及び分析機関
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：全国
3. その他：従来の DNA 精製操作は通常 2 時間程度の作業を要するが、本分析試薬を使用した場合には 10～20 分程度で済むため、人件費等コスト面でも有利である。また、開発した試薬は、PCR 阻害物質の影響を受けにくい性質があるため、精製 DNA を用いた遺伝子検査においても、既存の試薬に比べて信頼性の高い分析結果を得ることができる。

[具体的データ]



図1 開発・実用化した分析試薬
DirectAce qPCR Mix plus ROX tube

表1 試薬の適用性が確認された食品や農産物

穀類・種子	コメ、トウモロコシ種子、ダイズ種子、ナタネ種子、ワタ種子、アルファルファ種子、ベントグラス種子、アマ種子、テンサイ種子、メロン種子、カボチャ種子
果物類	キウイ果肉、パパイヤ果肉、イチゴ果肉、バナナ果肉、メロン果肉、ブドウ果実
野菜類	ハウレンソウ、トマト、ナス、カボチャ、ニンジン、ブロッコリー、ジャガイモ、サツマイモ、ナガイモ、シイタケ、ダイコン、ネギ
肉類	牛肉、豚肉
魚介類	マグロ切り身、サケ切り身、アジ切り身、タイ切り身、エビ、イカ、アサリ
加工食品	小麦粉、そば粉、上新粉、ポテトチップス、チョコレート、ビスケット、食パン、牛乳、魚肉ソーセージ、ウィンナー、かまぼこ、豆腐

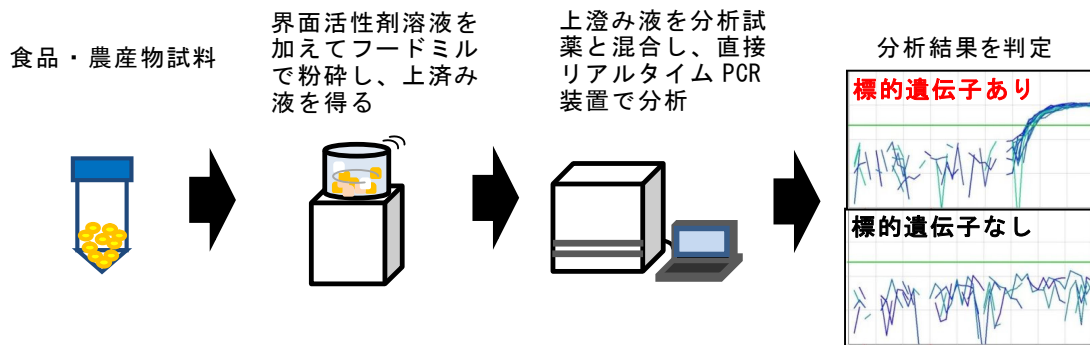


図2 開発した試薬の利用方法

(真野潤一、高畠令王奈、橘田和美)

[その他]

中課題名：信頼性確保のための原材料・生産履歴判別等の技術開発と標準化

中課題番号：180d0

予算区分：委託プロ（新農業展開ゲノム、次世代ゲノム基盤）

研究期間：2011～2013年度

研究担当者：真野潤一、高畠令王奈、橘田和美

発表論文等：Mano J. et al. (2014) Food Hyg. Saf. Sci. 55 (1) : 25-33

[成果情報名] 機能性成分を多く含む農作物の情報が検索可能なデータベース

[要約] 農研機構で開発された高機能性農作物に関する情報を集約し、利用しやすい形で食品関連の実需者や研究者等へ提供するデータベースを構築、Web上で公開する。本データベースは、地域農作物の機能性に着目した商品化や6次産業化を支援するツールである。

[キーワード] データベース、農作物、品種、機能性成分

[担当] 食品機能性・機能性評価標準化技術

[代表連絡先] 電話 029-838-8083

[研究所] 九州沖縄農業研究センター・作物開発・利用研究領域

[分類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

機能性に対する消費者の関心の高まりを受け、食品関連企業、試験研究機関や生産者から、機能性に着目した農作物の商品化、ブランド化やそれらを活用しての6次産業化の視点に基づき、国産農作物に含まれる機能性成分に関する信頼性の高い情報が要望されている。農研機構では機能性成分を多く含む農作物を開発しているが、それらの機能性に関する情報の一元的な提供はほとんど行われていない。そこで、当該情報を集約し、利用しやすい形でWeb上にて提供可能な「農作物機能性成分データベース」を構築する。

[成果の内容・特徴]

1. 要求される機能性情報についての実需者へのアンケート調査等を踏まえ、本データベースは構築されている。検索可能な情報は、品種、機能性成分含有量、文献である。
2. 品種については、分類、品目、機能性成分等を基に検索可能であり(図1)、得られる情報は、名称、主な用途、機能性成分、その含有量、普及地域等である。
3. 機能性成分含有量については、品種検索作業を経ずに収載成分名からも検索可能である。含有量の検索では、1種の機能性成分について複数品種の含有量データを検索し散布図を表示し比較すること(図2)、および、1品種について1種の機能性成分の含有量データを検索しヒストグラムと分析材料が得られた地域を表示すること(図3)が可能であり、視覚的に情報が伝達される。
4. 文献については、区分(機能性、分析法、加工、品種・栽培)、機能性の名称、成分の名称、文献レベル(成分分析、試験管内、培養細胞、実験動物、ヒト介入、疫学研究、機作解明)を基に検索可能となっており(図1)、得られる情報はタイトル、著者、雑誌であり、文献掲載サイトへのリンクが貼られている。
5. 機能性成分含有量については、農研機構内研究所から提供された分析データが収載されている。分析方法としては、標準化された方法(誰がどこで分析しても測定値が一定の範囲内に収まることが実証されている)等信頼性が高い方法が採用されている。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：食品製造業、外食産業、流通業等の実需者、生産者、食品の機能性または開発に関わる研究者、および、農作物の商品化や6次産業化に関心のある団体。
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：Web上で利用する形態であるため、日本中からアクセス、利用が可能である。
3. その他：2013年度中に公開予定(<http://fcd.db.dc.affrc.go.jp>)。2013年12月現在、9品目(黒大豆、茶等)、102品種・系統、機能性成分12種(黒大豆アントシアニン、ストリクチニン等)、含有量データ758点、文献216件の情報を収載しており、情報は逐次追加される予定である。

[具体的データ]

作物の分類からさがす
作物の分類から品種をさがす

機能性成分からさがす
カフェ酸誘導体

地域からさがす
地域・都道府県を選択して品種をさがす。

キーワードからさがす

機能性成分をくらべる
いくつかの品種の機能性成分量をくらべる。

複数品種間で比較する
(図2へつながる)

分類、品目
機能性成分名
分析試料の生産地
キーワード
→から品種を検索
→機能性成分含有量
にも直結(図3へ
つながる)

【文献検索】

区分 指定なし 指定なし 指定なし

機能性 指定なし 指定なし 指定なし

文献レベル 成分分析 試験管内 培養細胞 実験動物 ヒト介入 疫学研究(ヒト) 機作解明

指定なし 指定なし 指定なし 指定なし 指定なし 指定なし 指定なし

キーワード

図1 各種検索を開始する画面例

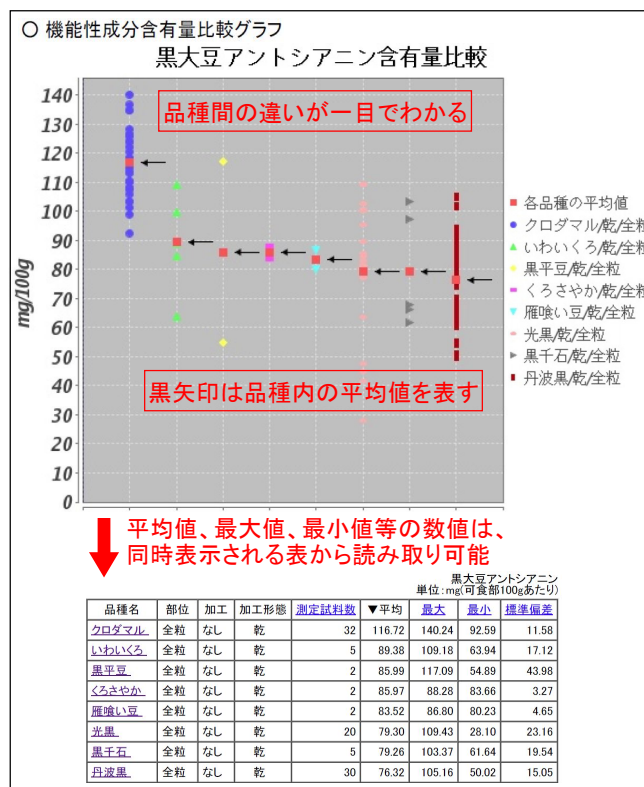


図2 1種の機能性成分を対象とした複数品種の含有量データを散布図表示した例

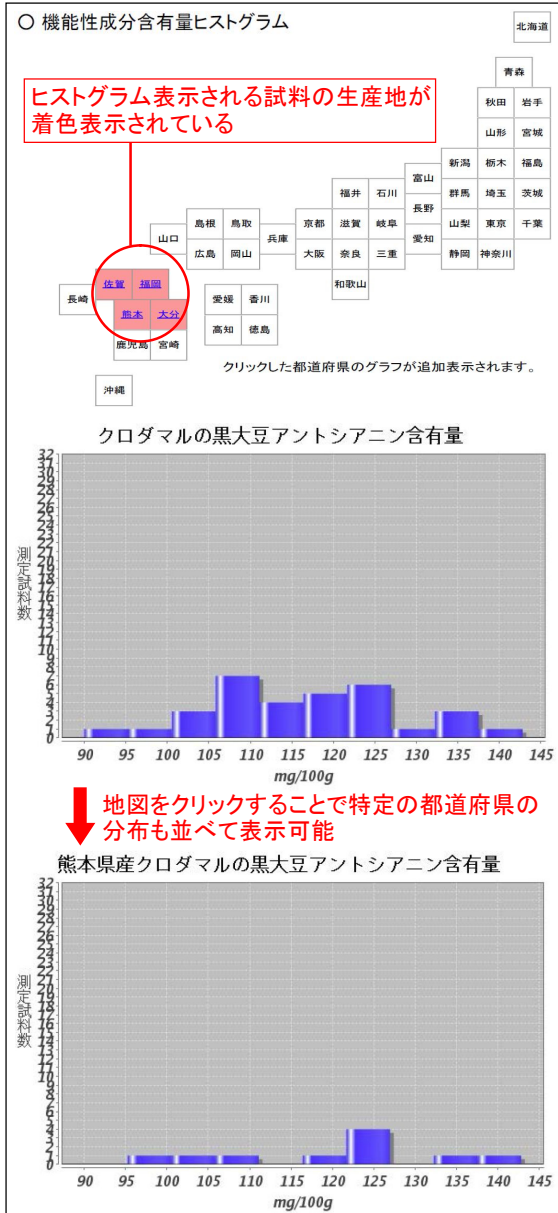


図3 1品種を対象とした1種の機能性成分の含有量データをヒストグラム表示した例

(奥野成倫)

[その他]

中 課題名 : 健康機能性に関する成分分析法及び評価法の開発と標準化

中課題番号 : 310a0

予算区分 : 交付金、フロンティア育成事業、委託プロ (機能性)

研究期間 : 2010~2013 年度

研究担当者 : 奥野成倫、菅原晃美、沖智之、後藤一寿、須田郁夫

発表論文等 : 須田ら(2011)農林水産省平成 22 年度新需要創造フロンティア育成事業報告書

[成果情報名] 各種機能性成分を短時間・効率的に抽出できる給茶機

[要 約] 開発した給茶機を用いることより、茶品種、茶葉量、抽出温度、抽出時間を変えることで、目的とする機能性成分（メチル化カテキン、テアニン、エピガロカテキン）を短時間・効率的に抽出できる。

[キーワード] メチル化カテキン、エピガロカテキン、テアニン、最適抽出条件、茶品種

[担 当] 食品機能性・生体防御利用技術

[代表連絡先] 電話050-3533-3861

[研 究 所] 野菜茶業研究所・茶業研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

茶葉中には、脂質代謝改善作用を有するカテキン類、抗アレルギー作用を有するメチル化カテキン・ストリクチニン、免疫賦活作用を有するエピガロカテキン(EGC)、リラックス効果を有するテアニンなどの茶葉中機能性成分が数多く存在している。それらの機能性成分は、品種、抽出条件により、抽出液への溶出量が異なり、効果的な飲用のためには最適な抽出を行うことが必要とされる。しかし、成分毎に品種、抽出条件を変えるのは煩雑であるので、簡易かつ短時間で効率的に抽出できる装置を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. ホシザキ電機（株）と開発した給茶機（表1、写真1）を用いることより、目的とする3種類の機能性成分（メチル化カテキン、テアニン、エピガロカテキン）をそれぞれの成分の抽出に最適な茶葉量、温度（10、65、94℃）で短時間（20～30秒）に効率的に抽出できる。（表1、写真1）。
2. 表1に示すとおり、「べにふうき」緑茶を使用した場合は、94℃、20秒攪拌でメチル化カテキンが1杯あたり19mg抽出できる。「さえみどり」緑茶を使用した場合は、65℃、20秒攪拌でテアニンが一杯あたり19mg抽出できる。「ゆたかみどり」緑茶を使用した場合は、10℃、30秒攪拌で一杯あたりEGCが39mg、エピガロカテキンガレート(EGCG)が16mg(EGC/EGCG=2.5)(免疫活性化作用にはEGC含有量とともにEGC/EGCG比2以上が必要)抽出できる。それぞれ健康機能性が報告されている機能性成分量（約半日量）を短時間に抽出できる。
3. 茶葉量（0.2～2g）、抽出温度（10℃以下、50～94℃）、攪拌時間（0～40秒）は可変なので、茶品種と抽出条件を選ぶことにより例示した機能性成分以外の成分（アントシアニンやストリクチニン等）も効率的に抽出することが可能である。また、事業所等に設置して連続飲用することで、健康維持増進に寄与する。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：事業所、自治体、病院、調剤薬局、レストラン、教育機関
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：全国・販売予約数（予約台数）：20台
3. その他：目的とする機能性成分を変えることも可能である。

茶葉中成分の健康機能性に関する成果情報：

<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2008/vegetea08-08.html>

<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2009/vegetea09-34.html>

http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nfri/2012/310c0_01_03.html

[具体的データ]

表1 抽出条件及び抽出液1杯中の成分含有量 写真1 開発した給茶機「リッチプラス」

	品 種 名		
	べにふうき	さえみどり	ゆたかみどり
茶葉量g	1.9	1.7	1.5
温度℃	94	65	10
攪拌時間sec	20	20	30
成分値(mg/120ml)			
カフェイン	46	41	15
総カテキン	205	101	67
メチル化エピガロカ テキンガレート (EGCG3"Me)	15.4	0.1	0.4
メチル化エピカテキ ンガレート (ECG3"Me)	3.2	0.4	0.2
テアニン	1.9	17.8	4.2
エピガロカテキン (EGC)	54.4	36.3	39.1
エピガロカテキンガ レート(EGCG)	92.6	45.6	15.7
EGC/EGCG	0.6	0.8	2.5



「べにふうき」緑茶は鹿児島県産三番茶、「さえみどり」緑茶は鹿児島県産二番茶、「ゆたかみどり」緑茶は鹿児島県産三番茶を使用。成分値は、リッチプラスで3回抽出した浸出液中の平均値。

1杯は120ml

(山本(前田)万里、物部真奈美)

[その他]

中 課 題 名 : 生体防御作用に関する健康機能性解明と有効利用技術の開発

中課題番号 : 310c0

予 算 区 分 : 委託プロ(医農連携プロ)、交付金

研 究 期 間 : 2011~2013年度

研究担当者 : 山本(前田)万里(食総研)、物部真奈美、奥田祐(ホシザキ電機)、大菅武(ホシザキ電機)

- 発表論文等 :
- 1) Maeda-Yamamoto M et al. (2005) Food Sci. Technol. Res., 11(3): 248-253
 - 2) Monobe M et al. (2010) Biosci. Biotech. Biochem., 74: 2501-2503
 - 3) Maeda-Yamamoto M et al. (2007) Cytotechnology, 55: 135-142
 - 4) 物部真奈美ら. (2012) 茶業研究報告, 114: 29-36

[成果情報名] 形状や大きさが多様なカキ果実を溶液処理のみで剥皮する方法

[要 約] カキ果実の酵素剥皮において、食品用乳化剤処理後、弱アルカリ水等で加熱処理を行うと、刃物で傷付けすることなく、カキ果皮表面に亀裂が生じ、酵素液が効果的に滲入できる。その後、酵素反応が進むことで、種々のカキ果実を効率よく剥皮できる。

[キーワード] カキ、酵素剥皮、食品用乳化剤、クチクラ

[担 当] 加工流通プロセス・品質評価保持向上

[代表連絡先] 電話 029-838-6453

[研 究 所] 果樹研究所・栽培・流通利用研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

カキ果実の酵素剥皮法は、カキ果実加工過程での剥皮作業の省力化や剥皮果実の品質（剥皮面が滑らかで外観がよい等）の点で優れている。従来の方法では、細胞壁分解酵素による処理の前に、金属針や刃物を用いて果実表面に物理的な穿孔処理を行い、酵素液がカキの果皮組織に容易に滲入できるようにする必要がある。しかし、果皮表面を均一に穿孔する処理は煩雑であることから、省力化が求められている。

そこで、物理的な穿孔処理を行わず、溶液処理だけで簡易に酵素液をカキ果皮組織に滲入させることによって、カキ果実の剥皮を効率よく行う方法を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 酵素処理の前処理として、従来行われていた物理的な穿孔処理を、食品用乳化剤処理（0.01-1%のポリグリセリン脂肪酸エステル水溶液を使用）と弱アルカリ水（0.1-5.0%の重曹水を使用）を用いた加熱処理を併用した処理で代用できる（図1）。この改良剥皮法では、手作業による穿孔処理（1果当たり約1分）を行わず、溶液に浸漬する処理だけで剥皮できるため作業性に優れる。
2. 酵素液の滲入に関与する加熱処理後の亀裂の生じやすさには、品種間差や同一果実内での部位間差があり、同一果実内では果柄側のヘタ周りの果皮で最も亀裂を生じにくい。「市田柿」は亀裂を生じやすく、食品用乳化剤処理のみでも十分な亀裂が得られる（図2）。一方、「富有」は亀裂を生じにくい。
3. 品種毎の果皮の亀裂の生じやすさに応じて、食品用乳化剤処理、弱アルカリ水を用いた加熱処理等を組み合わせることによって（表1）、形状や大きさが多様なカキ果実を表面が平滑な丸ごとの形状の剥皮果実に加工することができる（図3）。
4. 亀裂を生じにくい品種「富有」に対しては、食品用乳化剤の原液を塗布した後、弱アルカリ沸騰水で加熱処理すると、ヘタ側の果皮まで亀裂を生じさせることができ、酵素剥皮が可能となる。しかしながら、原液塗布は水溶液への浸漬処理と比較すると作業性で劣る。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：干柿加工業者やカットフルーツ加工業者でのカキの剥皮工程への導入。
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：カキの主産地である和歌山県の他に、全国の干柿等のカキ産地（干柿仕向量は約 20,000 トン）への普及が期待される。平成 29 年ごろまでに、特許の実施許諾等を数件見込む。
3. その他：使用する酵素剤および食品用乳化剤は、いずれも食品添加物である。なお、酵素剥皮に用いる酵素剤にはペクチナーゼ活性が含まれることが必須であり、セルラーゼ活性が混在する場合、その活性は弱いものが望ましい。また、「市田柿」のように亀裂が生じやすい品種においても、酵素剥皮を阻害するカキに内在するペクチナーゼ活性阻害因子を失活させるために、加熱処理は必須である。

[具体的データ]

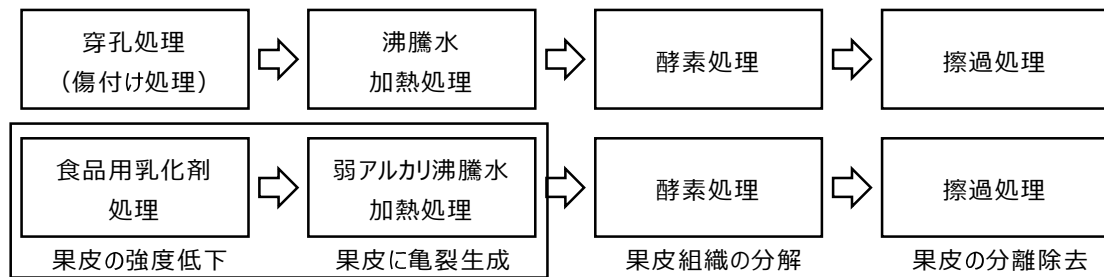


図1 カキ果実を対象とした剥皮工程の比較

上段：従来の穿孔処理を含む工程、下段：液体での処理のみによる新たな剥皮工程



図2 食品用乳化剤処理のみで「市田柿」果実果皮に生じる亀裂

1) ポリグリセリン脂肪酸エステル (HLB 値 17) の水溶液 (濃度 1%) に常温 (15-25℃) で一晩浸漬。

表1 酵素処理の前処理に必要な食品用乳化剤処理と加熱処理の組合せの品種による差異

食品用乳化剤処理 ¹⁾	加熱処理液 ²⁾	剥皮可能な品種例
無し	沸騰水	平核無
有り	沸騰水	市田柿
有り	弱アルカリ沸騰水	愛宕、甲州百目、西条

1) 食品用乳化剤処理：ポリグリセリン脂肪酸エステル (HLB 値 15-17) の水溶液 (濃度 0.01-1%) に常温 (15-25℃) で一晩浸漬。HLB 値は乳化剤の水や油への親和性の程度を示し、小さいほど疎水的で果皮クチクラのワックス成分への作用が強い。

2) 加熱処理：水または重曹水溶液 (濃度 0.1-5.0%) の沸騰水に 30 秒浸漬。



上段：剥皮前、下段：剥皮後

図3 新たな工程による丸ごと形状のカキ剥皮果実

(野口真己)

[その他]

中課題名：農畜産物の品質評価・保持・向上技術の開発

中課題番号：330a0

予算区分：交付金、文科省都市エリア

研究期間：2009～2013 年度

研究担当者：野口真己、尾崎嘉彦、東順一 (前京大院農)

発表論文等：1)野口ら「カキ果実の剥皮方法及び剥皮カキ果実」特開 2013-243959

2)野口ら(2013)日本食品科学工学会誌、60(10):582-588

[成果情報名] もち米の胴割を安価・簡易に検査する「もち米胴割粒透視器」

[要 約] もち玄米の胴割れを簡易に目視判別するために、①500-750nmの光を、②米粒の長軸方向から斜めに照射することが有効なことを明らかにした。また、本成果を活用し、株式会社ケット科学研究所ともち米胴割粒透視器を共同開発し、2013年5月に製品化した。

[キーワード] もち米、玄米、胴割れ、亀裂、検知

[担 当] 加工流通プロセス・先端流通加工

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品工学研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

もち玄米の胴割粒は潜在的な破碎粒であり、精米時の歩留りに悪影響を及ぼすだけでなく、餅においては粒のまま残って食感を悪化させる要因、赤飯やおこわではその外観を損なう不完全粒として最終製品の品質をも低下させる。このため、JAや農業生産法人等のもち米生産者及び流通業者においては、加工・流通前にもち玄米の胴割れを検出し、その品質を管理する技術の開発が求められている。うるち玄米の胴割れを目視で判別する手法は確立されているが、もち玄米は白濁しているため、目視で判別することは困難である。このため、もち米の胴割れ粒混入率は、玄米を精米して生じる破碎粒を計数して算出されているが、精米に時間と手間を要し、また商品の精米を経て事後的に胴割れ混入率が明らかになるという問題があることから、精米せずにもち玄米のまま胴割れを検査する手法の開発が強く求められている。本成果は、もち玄米に関する①観察波長及び②玄米に対する照明の方向が胴割れの検出精度に及ぼす影響の検討と、その結果に基づいた、もち玄米の胴割れを精米せず簡易に目視判別する技術を提供するものである。

[成果の内容・特徴]

1. 波長 500-750 nm の光を、もち米粒の長軸方向から照射することにより、胴割れによる亀裂を目視にて明確に検出できる（図 1）。
2. 図 2 に示す通り、米粒内に入射した光が、亀裂で乱反射するため、亀裂が明るい線として検出できると考えられる。
3. 米の糠層には油脂及びタンパク質が含まれおり、これらの成分は 400～500 nm において良く光を吸収する。一方、500 nm 以上の領域ではこれらの成分に特徴的な光吸収帯は存在せず、そのため糠層を透過し、亀裂で乱反射した光を観察することが可能と考えられる。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：もち米生産者及び、JA・農業生産法人・流通業者等の米品質検査施設
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：全国に約 1,500 ある米品質検査施設等に 5 年間で 500 台を販売予定
3. その他

本成果を活用し、株式会社ケット科学研究所ともち米胴割粒透視器（図 3）を共同開発し、2013年5月より1台 37,000 円で販売中である。本製品のトレイには米粒を 50 粒載せることができ、目視にて確認した胴割れ粒の数を 2 倍すれば、簡単に胴割れ粒の混入率を算出できる。本製品は持ち運びでき、またもち玄米をトレイに載せるのみで検査が可能のため、もち米の生産現場やもち米の品質検査施設における胴割れ粒の検出に活用できる。現在、胴割れ粒混入率の検査は、精米時に破碎粒を計数して行われているが、本製品はこれに替わり、精米前にもち玄米の品質を検査してその歩留まりと最終製品品質を向上させる手法として活用されることが期待される。なお、本製品は透明なうるち米の胴割れ検知にも適用可能である。

[具体的データ]

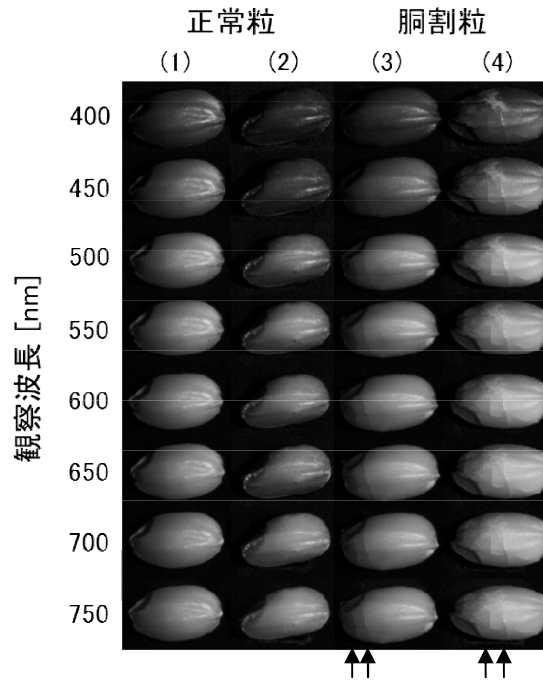


図 1 もち玄米の長軸方向（図右側）より斜光照明を行った場合の拡散反射画像
（図中↑は亀裂の位置を示す）

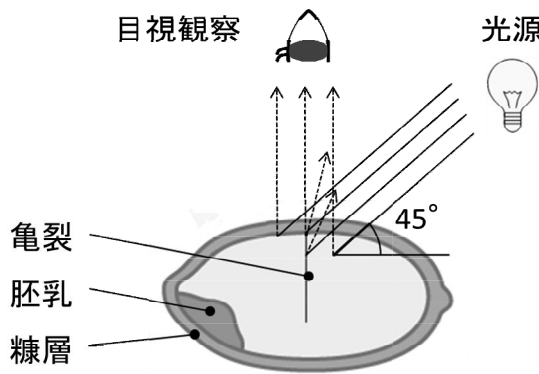


図 2 照明方法の概略図



図 3 もち米胴割粒透視器 TX-300 の外観

（蔦瑞樹、杉山純一、吉村正俊）

[その他]

中 課題名：先端技術を活用した流通・加工利用技術及び評価技術の開発

中課題番号：330c0

予算区分：交付金

研究期間：2012～2013 年度

研究担当者：蔦瑞樹、杉山純一、吉村正俊

発表論文等：

- 1) 蔦ら「もち米の胴割判別方法、胴割判別装置、および、プログラム」特願 2012-198943、2012 年 9 月 10 日
- 2) 吉村ら「光学的手法に基づく「もち米」の胴割れ検知に関する基礎的研究」、農業情報研究（印刷中）

[成果情報名] 高アミロース米による新規食品素材「米ゲル」

[要 約] 高アミロース米を粒のまま水を加えて炊飯・糊化させ、高速せん断攪拌をする「ダイレクト Gel 転換」により、ゲル状の食品素材が調製できる。米粉に加工する必要がないため、低コスト化が可能で、洋菓子やパン、麺など多彩な用途に利用できる。

[キーワード] 高アミロース米、糊化、高速せん断攪拌、ゲル、高付加価値

[担 当] 加工流通プロセス・先端流通加工

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品工学研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

わが国の食料自給率が低下した要因の一つに、主食としての炊飯米（ご飯）の消費が減少し、輸入穀物を主原料とする食品（パン、麺等）が増加したことがある。これに対し、生産コストの低減が期待される高アミロース米を原料として、独自の加工技術で食品素材に転換し、目的に合わせた2次加工を施すことで、米の新規需要開拓を図るとともに、これまでにない高付加価値食品の製造技術を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 米を製粉せずに粒のまま水を加えて糊化させ、高速せん断攪拌を施す「ダイレクト Gel 転換」技術により、通常の米（たとえばコシヒカリ等の中アミロース米）ではペースト状になるが、高アミロース米（モミロマン）の場合は、全く異なるゲル状の物質「米ゲル」が生成される。（図1）（図2）
2. 高アミロース米（モミロマン）で調製した試料は、プルプル感のテクスチャーを保持した弾性体のゲルを形成する。一方、同条件で加工しても、コシヒカリ、ヒメノモチとアミロース含量が低くなるほど、流れる性質を持った粘性体を示す。（図2）
3. 本技術により製造される米ゲルは、水分量等を調整することで、やわらかいゼリーから、高弾性のゴム状のものまで、幅広く物性の制御が可能であるため、プリン、ムース、クリーム、パイ等の多様な食品の製造ができる。シュークリームのシューとクリームの原料の小麦粉をすべて米に置き換えることも可能である。（図3）
4. 様々な物性を制御できることから、卵、油脂等の使用量を減らした洋菓子類が製造できるので、低カロリー食品の開発が可能となり、小麦・卵を使わない食品への利用も期待される。
5. バッチ生産であれば、中小の事業者が実施することも可能であり、地域産の米を利用した高付加価値商品の開発などを通じて、農業の6次産業化の推進への貢献が期待される。
6. 米ゲルを食品素材として、加熱、冷却、冷凍、加圧・減圧、加水、乾燥、攪拌制御、材料添加により、洋菓子をはじめ、パンや麺など、様々な代替食品素材あるいは加工食品を作ることが可能である。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：生産者組織、直売所、民間食品企業、商社、介護・医療施設
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：国内のみならず、海外への製品輸出も視野に入れ、複数の民間企業と実用化を検討中。3件の関連特許を出願済で、広く実施許諾が可能。
3. その他：今後、ゲル化現象の機構の解明に向けての研究を進めるとともに、民間企業と連携し、大量生産技術、物性制御技術の高度化、民間企業での製品開発を促進する。

[具体的データ]

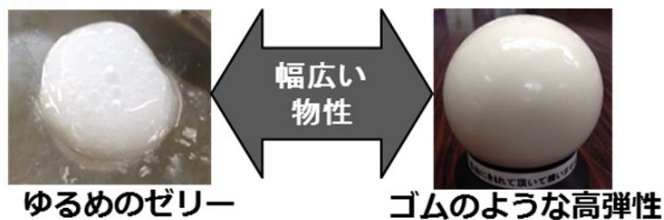


図1 ダイレクト Gel 転換技術



図2 品種(アミロース含量)の違いによる米ゲルの物性

様々な物性制御が可能



多彩な用途で新たな需要を創出



図3 米ゲルの特徴と利用事例

(杉山純一、藤田かおり)

[その他]

中 課題名 : 先端技術を活用した流通・加工利用技術及び評価技術の開発

中課題番号 : 330c0

予算区分 : 実用技術開発事業 24008

研究期間 : 2012-2014

研究担当者 : 杉山純一、藤田かおり、柴田真理朗、蔦瑞樹、粉川美踏 (東大農)

発表論文等 : 1)柴田ら(2012) 攪拌処理による高アミロース米のゲル物性の変化、日本食品科学工学会誌、54(5) 220~224

2)杉山ら「米加工素材およびその製造法」特開 2013-70663

[成果情報名] 新品種・新技術を活用した食農連携の形成・促進のための Web マニュアル

[要 約] 農業者等が研究機関の新品種・新技術を活用して商品開発に取り組む際に利用できる Web マニュアルであり、研究機関と連携したコンソーシアム形成、異業種企業との相互理解と連携深化、栽培試験・実証試験等、食農連携形成・促進のポイントを示している。

[キーワード] 食農連携、6次産業化、高付加価値化、地域活性化、自主学習

[担 当] 加工流通プロセス・食農連携

[代表連絡先] 電話 029-838-8422

[研 究 所] 中央農業総合研究センター・農業経営研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

異業種間の連携を通じて新品種・新技術や地域資源を活用した新たな商品開発や新規事業により地域活性化を図ろうとする「農商工連携」や「6次産業化」の食と農の連携が政策的に推進されており、その形成手順や推進方策を確立することが強く求められている。そこで、優良事例や実証試験等で把握された形成要因や促進要因をもとにその手順を整理し、公的研究機関の研究成果の直接的利用を促す「食農連携マニュアル」を作成する。

[成果の内容・特徴]

1. このマニュアルは Web 上にあり、成功の確度が上がるポイントである新品種・新技術導入、連携・多角化の高度化、地域への関係事業体の集積が実現できるように構成している（表1）。農業者等の地域の推進者は手順に沿って学習教材として、プランナー等は小項目をチェックリストとして参照するなど、ユーザー別の使い方ができるようになっている。加えて、ユーザー別のアイコンを用意し、主に見て欲しいユーザーのアイコンを赤色にしている（図1左上）。さらに、農水省や関係機関、地域の優秀な経営者と連携して常に最新情報を提供できる仕組みになっていること、参考文献を示していること、より詳細な情報が得られる専門サイトにリンクしていることなどが特徴である。
2. 6次産業化に向けて農業者等が取り組むべき重要なポイントとして、仲間づくり、商品づくり、産地づくり、地域づくりがあり、そのための課題（中項目）として「新技術探索とマッチング」「支援方策」「コンソーシアム形成」等、さらに具体的な課題（小項目）として「新技術の探索」「マッチングの方法」「連携関係の強化」「商談・交渉」「投資リスクの低減」等がある（図2）。
3. 公的研究機関が開発した新品種・新技術導入による高付加価値化、地域活性化を図るポイントとして、研究機関と連携したコンソーシアムの形成、異業種の連携企業との相互理解と連携の深化、栽培試験・実証試験の実施等がある（図2）。
4. 本マニュアルの特徴である「コンソーシアム形成」の項目には、①経営・企業として自立、②自社の強みがある、③相互理解が得られている、④価値観や情報の共有、⑤目的や目標の共有、⑥同じ「場」を共有、⑦相互に意思疎通可能な幅広いネットワーク、⑧対等な関係が重要であることを示している（図1）。

[普及のための参考情報]

1. 主なユーザーは、公的研究機関で開発した新品種・新技術を活用して、異業種の各機関相互間の連携を促進し、共同での商品開発や販路開拓を行い、最終的には地域および地域農業の活性化を目指している農業者や農業団体等の推進者、プランナー等である。
2. 本マニュアルは、各種6次産業化支援団体の事業化支援業務や人材育成プログラム、農業者等の自主学習に利活用される。
3. 本マニュアルのアドレスは、<https://www.syokunoh.jp/>である。

[具体的データ]

表 1 食農連携マニュアルのポイント（抜粋）

大項目	中項目	小項目	ポイント
はじめに	全体のながれ	連携の手順	○地域ビジョンなどをとくに、新技術を探索 ○新技術の連携組織・ネットワーク組織に参加 ○商品づくり、産地づくり、地域づくりへ展開
		学習のながれ	○農業者・農業者団体の方へ 6次産業化の推進者は、手順に沿って確認 ○プランナー、コーディネータの方へ チェックリストとして利用 ○企業の方へ 農業の特徴を理解した上で連携
		成功と要因の関係	○地域に関連事業体が集積すること ○連携や多角化を積極的に行うこと ○新品種・新技術を導入すること
		成功のひけつ	○成功のひけつ マニュアルを手順通りやること、例えば、 ○顧客が買いたくなるものを作ること ○生産コストを販売価格の半分程度に抑えること ○販売先を確保してから本格生産に入ること
		失敗例	○試作を超える量をとりあえず作ってみる ○製造コストと販売価格に差がない ○取引先の衛生基準に達していない
		地域ビジョンと事業目標	○地域活性化に向けた地域ビジョンを画定 ○事業目標の明確化 ○工程表（ロードマップ）の作成 ○自らの事業ドメインを意識
	成功要因	地域ビジョンの設定	○地域活性化に向けた地域ビジョンを画定 ○事業目標の明確化 ○工程表（ロードマップ）の作成 ○自らの事業ドメインを意識
		事業目標の設定	○長期的な事業目標の設定 ○部門ごとの短期的な事業目標の設定
		成功と要因の関係	○地域に関連事業体が集積すること ○連携や多角化を積極的に行うこと ○新品種・新技術を導入すること
		成功のひけつ	○成功のひけつ マニュアルを手順通りやること、例えば、 ○顧客が買いたくなるものを作ること ○生産コストを販売価格の半分程度に抑えること ○販売先を確保してから本格生産に入ること
		失敗例	○試作を超える量をとりあえず作ってみる ○製造コストと販売価格に差がない ○取引先の衛生基準に達していない
		地域ビジョンと事業目標	○地域活性化に向けた地域ビジョンを画定 ○事業目標の明確化 ○工程表（ロードマップ）の作成 ○自らの事業ドメインを意識

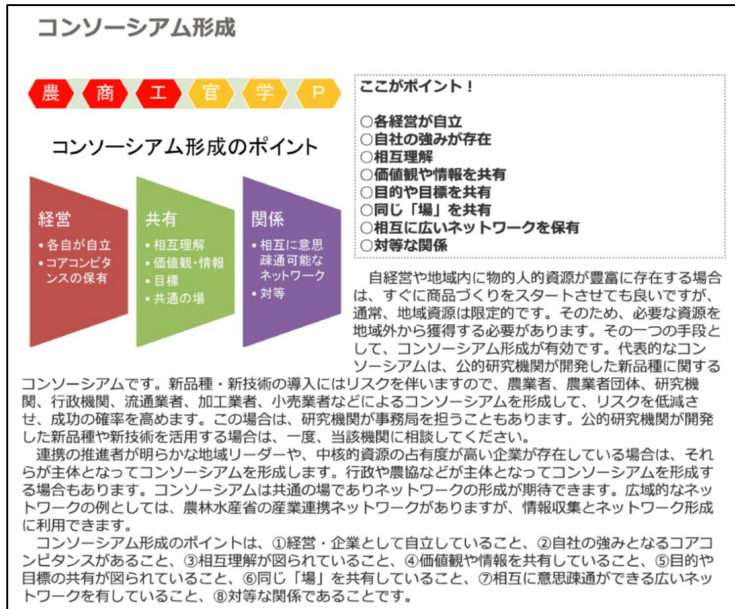


図 1 コンソーシアム形成のポイント

[その他]

中 課題名：消費者ニーズの高度分析手法及び農業と食品産業の連携関係の評価・構築方法の開発

中 課題番号：330e0

予 算 区 分：交付金

研 究 期 間：2010～2013 年度

研 究 担 当 者：河野恵伸、後藤一寿、森嶋輝也、大浦裕二、山本淳子、森尾昭文、高橋太一、磯島昭代、佐藤百合香、大西千絵、吉田晋一、佐藤和憲（岩大農）、中嶋晋作（明大農）

発 表 論 文 等：1)後藤（2011）農村経済研究、29(1)：30-38

2)河野ら（2013）十勝型フードシステムの構築：122-129

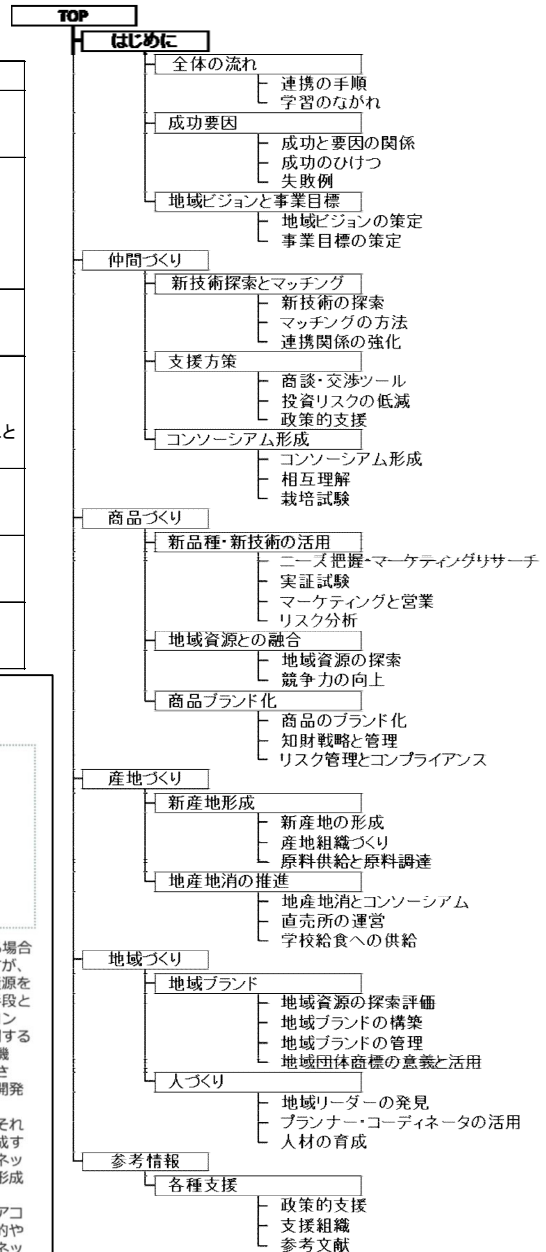


図 2 食農連携マニュアル構成（河野恵伸、後藤一寿）

2) 研究成果情報

[成果情報名] 酵母細胞を用いて DON およびその誘導体の毒性の違いを評価する

[要 約] デオキシニバレノール (DON) 及びそのアセチル化体に対する酵母細胞の応答を遺伝子発現レベルで網羅的に検出することで、それらの真核細胞に対する毒性判別に利用可能な遺伝子パターンが認められる。

[キーワード] タイプ B トリコテセン、DNA マイクロアレイ、マイコトキシン誘導体、バイオマーカー、酵母細胞

[担 当] 食品安全信頼・かび毒リスク低減

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・応用微生物研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

小麦等の穀物を汚染するかびの二次代謝産物であるタイプ B トリコテセン系マイコトキシンとして、デオキシニバレノール (DON) とともに DON 生合成経路上で産生されるマイコトキシン誘導体も報告されている。また、生体組織や腸内細菌の代謝を受けるまでに DON の誘導体が一定時間生体内に留まる可能性が示唆されている。そこで本研究では、DON 及びその誘導体の細胞に対する毒性を判別可能とするため、それらの暴露が真核細胞のモデルである酵母細胞に与える影響を網羅的遺伝子発現解析によって明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 細胞膜透過性を上げた酵母細胞に DON 及びその誘導体であるアセチル DON (3ADON, 15ADON (図 1)) を曝露すると、遺伝子発現量に変化が生じる。
2. マイコトキシンを曝露していないコントロール条件と比べて、DON 及び 15ADON の曝露は酵母細胞の遺伝子発現に顕著な変化をもたらし、一方 3ADON にはその傾向が見られない (図 2)。
3. 各マイコトキシンの曝露に対する網羅的遺伝子発現情報の中には複数の遺伝子発現パターンが存在し、DON 及びアセチル DON の毒性判別に利用可能なパターンが認められる (図 3)。

[成果の活用面・留意点]

1. DON 及びアセチル DON の暴露に対してそれぞれ特徴的な発現変化を示す遺伝子群を選抜することにより、DON およびアセチル DON の真核細胞に対する毒性を判別するためのマイクロアレイチップが作製可能となる (図 4)。
2. DON 及びアセチル DON の複合汚染時における細胞への影響と毒性メカニズムの解明に利用できる。

[具体的データ]

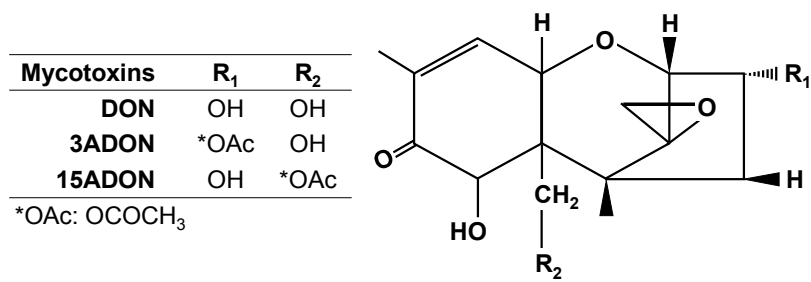


図 1. DON 及びその誘導体の構造式

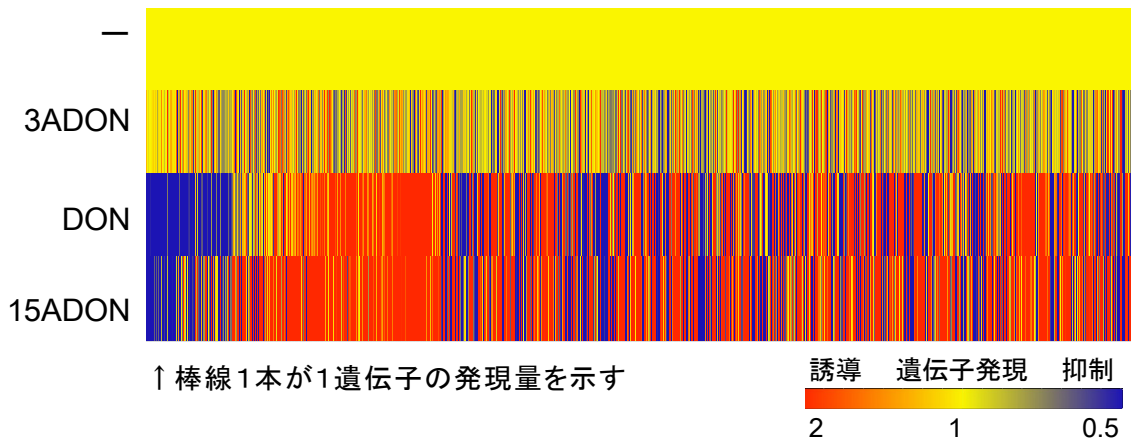


図 2. DON 及びその誘導体の暴露に対する酵母細胞の網羅的遺伝子発現変化

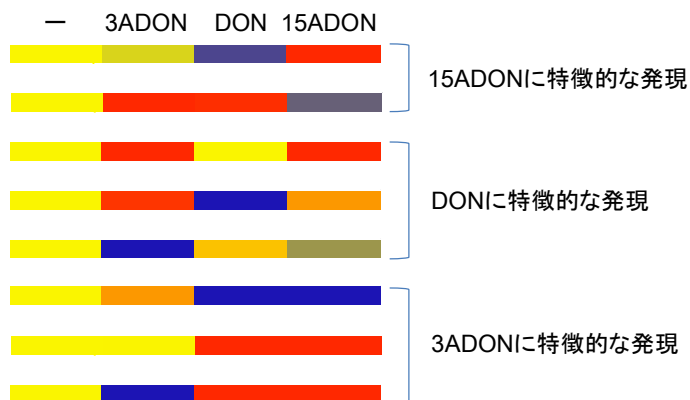


図 3. DON 及びその誘導体の毒性判別に利用可能な遺伝子の発現パターン

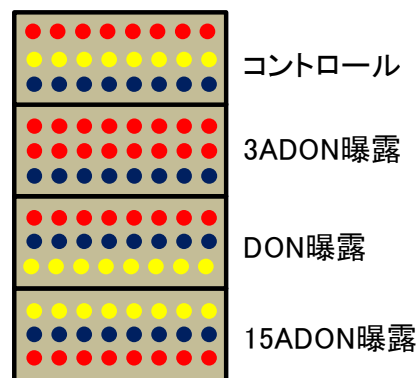


図 4. DON 及び誘導体を判別可能な遺伝子を搭載したアレイチップ

(鈴木忠宏、岩橋由美子)

[その他]

中 課題名 : かび毒産生病害からの食品安全性確保技術の開発

中課題番号 : 180a0

予算区分 : 交付金

研究期間 : 2011-2015

研究担当者 : 鈴木忠宏、岩橋由美子

発表論文等 : 1)Suzuki T, Iwahashi Y, (2012) J. Agric. Food Chem., 60 (37), 9519-9527

[成果情報名] 六条大麦(裸麦)の追加防除によるかび毒蓄積低減

[要 約] 六条大麦（裸麦）に対する薬剤の開花期散布と開花 10～20 日後頃の追加散布により赤かび病菌によるかび毒蓄積の低減が期待できる。

[キーワード] 赤かび病、かび毒、六条大麦（裸麦）、デオキシニバレノール、ニバレノール

[担当] 食品安全信頼・かび毒リスク低減

[代表連絡先] 電話 096-242-7682

[研究所] 九州沖縄農業研究センター・生産環境研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

麦類の赤かび病に対しては、発病の抑制およびかび毒（デオキシニバレノール：DON、ニバレノール：NIV）蓄積の低減が重要である。

大麦においては、閉花受粉性の二条品種では、穂揃い期 10 日後頃の葯殻抽出期が赤かび病の防除適期である（平成 19 年度普及成果情報）。一方、六条品種では、皮麦品種と裸麦品種とで赤かび病の病勢進展とかび毒蓄積特性が異なることが明らかにされているが、かび毒蓄積を低減する薬剤散布時期は明らかにされていない。そこでまず、六条大麦（裸麦）（開花受粉性）におけるかび毒蓄積低減効果の高い薬剤散布時期を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 六条大麦（裸麦）において、開花期に薬剤散布を行った場合、発病の抑制効果は高いがかび毒蓄積の低減効果は低い。しかし、開花 10～20 日後に薬剤散布を行った場合、発病の抑制効果は低いがかび毒蓄積の低減効果は高い（表 1）。
2. 開花期の薬剤散布に加え、開花期からそれぞれ 10、20、30 日後に薬剤散布を行った場合、かび毒蓄積の低減効果は開花期 20 日後が最も高い（表 2）。
3. 以上のことから、六条大麦（裸麦）に対して、薬剤の開花期散布と開花 10～20 日後頃の追加散布により赤かび病菌によるかび毒蓄積の低減が期待できる。

[成果の活用面・留意点]

1. 供試薬剤のチオファネートメチル水和剤の農薬登録（2013 年 12 月現在）は、麦類（小麦を除く）の赤かび病では、使用時期が収穫 30 日前まで、使用回数は 3 回以内（出穂期以降は 1 回以内）となっており、現時点では本水和剤を六条大麦（裸麦）の開花 10～20 日後散布に使用できない。なお原体メーカーは、使用時期と使用回数の適用拡大に向けて対応中である。
2. 接種（赤かび病菌培養トウモロコシ粒の畦間散布）と出穂前からのスプリンクラー散水を行い、赤かび病多発条件下で試験を行っている。
3. 他の薬剤による六条大麦（裸麦）のかび毒蓄積低減効果については、今後検討が必要である。

[具体的データ]

表1 六条大麦（裸麦）における薬剤散布時期が赤かび病の発病とかび毒蓄積に及ぼす影響^{a)}

試験	散布時期 (開花後日数)	発病穂率 (%)	発病度	発病度 防除価	かび毒 (DON+NIV) (ppm)	かび毒 低減率 (%)
1年次	0	38 b	0.7 b	82	1.6 ab	43
	10	89 a	2.4 a	38	1.0 b	65
	20	99 a	3.4 a	12	0.7 b	75
	30	98 a	3.5 a	10	1.7 ab	42
	無散布	97 a	3.9 a	-	2.9 a	-
2年次	0	100 a	5.7 b	50	0.9 ab	18
	10	99 a	5.7 b	50	0.4 b	66
	20	100 a	10.2 a	10	0.3 b	72
	30	100 a	10.4 a	9	0.4 ab	60
	無散布	100 a	11.4 a	-	1.1 a	-

a) 試験場所：九州沖縄農研内圃場（合志市）。供試品種：イチバンボン。供試薬剤：チオファネートメチル水和剤 1,000 倍液。赤かび病菌培養トウモロコシ粒（DON 産生型菌株および NIV 産生型菌株を混合）の畦間散布とスプリンクラー散水により、出穂期以降常時赤かび病菌が感染できる条件とし試験を実施。発病調査は開花 25～26 日後に行い、かび毒濃度は開花 40 日頃の収穫物について調査した。発病度防除価・かび毒低減率は、〔（無散布区値－散布区の値）／無散布区の値〕×100 から求めた。数値は 3 反復の平均値。各試験年の同一列の異なる英字は Tukey 法による検定で有意差あり (P<0.05)。発病穂率と発病度については角変換後統計検定を行った。かび毒の定量下限値は DON が 0.1ppm、NIV が 0.05ppm であった。かび毒が定量下限値未満の場合は、定量下限値の半値として計算した。

表2 六条大麦（裸麦）における追加散布時期が赤かび病の発病とかび毒蓄積に及ぼす影響^{a)}

試験	散布時期 (開花後日数)	発病穂率 (%)	発病度	発病度 防除価	かび毒 (DON+NIV) (ppm)	かび毒 低減率 (%)
1年次	0	38 a	0.7 a	82	1.6 a	43
	0, 10	25 a	0.5 a	88	0.9 ab	68
	0, 20	46 a	0.9 a	77	0.4 b	85
	0, 30	47 a	1.2 a	70	0.6 b	78
	- (無散布)	(97)	(3.9)	-	(2.9)	-
2年次	0	100 a	5.7 a	50	0.9 a	18
	0, 10	97 a	4.9 a	57	0.4 a	60
	0, 20	98 a	4.9 a	57	0.3 a	72
	0, 30	99 a	6.7 a	42	0.5 a	57
	- (無散布)	(100)	(11.4)	-	(1.1)	-

a) 試験場所：九州沖縄農研内圃場（合志市）。供試品種：イチバンボン。供試薬剤：チオファネートメチル水和剤 1,000 倍液。数値は 3 反復の平均値。統計検定は散布区のみで行い、各試験年の同一列の異なる英字は Tukey 法による検定で有意差あり (P<0.05)。他は表 1 の脚注と同様。

(宮坂 篤)

[その他]

中課題名：かび毒産生病害からの食品安全性確保技術の開発

中課題番号：180a0

予算区分：委託プロ（生産工程）、交付金

研究期間：2008～2012 年度

研究担当者：宮坂 篤、吉田めぐみ、鈴木文彦、井上博喜、川上 顕、中島 隆、平八重一之

発表論文等：宮坂ら（2013）九病虫研会報、59：1-6

[成果情報名] 家畜ふん堆肥の単年施用によるハウレンソウの可食部カドミウム濃度低減

[要 約] 黒ボク土を用いたハウレンソウのポット栽培試験では、家畜ふん堆肥（4 t/10a 相当量）を単年施用しても、土壌中の可給性が高い交換態カドミウムの濃度低下により可食部カドミウム濃度が低減する。

[キーワード] ハウレンソウ、カドミウム、家畜ふん堆肥、交換態カドミウム、全炭素

[担 当] 食品安全信頼・カドミウムリスク低減

[代表連絡先] 電話 019-643-3464

[研 究 所] 野菜茶業研究所・野菜生産技術研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

野菜のカドミウム（Cd）濃度の国際基準値が定められたが、いくつかの野菜品目では可食部 Cd 濃度が高まりやすく、この基準値を超過しやすいことが明らかにされている。そのため、それらの品目についての低減技術の開発が求められている。ハウレンソウについては、牛ふん堆肥や豚ふん堆肥を連用した圃場で栽培すると、可食部 Cd 濃度が低下することが示されているが、単年施用の効果は明らかにされていない。そこで、家畜ふん堆肥の単年施用による Cd 濃度低減効果を明らかにし、ハウレンソウの可食部 Cd 濃度低減技術の開発に資する。

[成果の内容・特徴]

1. 黒ボク土（0.1 M 塩酸抽出 Cd 濃度：0.11 mg/kg）に表 1 の家畜ふん堆肥をそれぞれ 4 t/10a 相当量混合施用し、ハウレンソウをポット栽培すると、地上部新鮮重は無施用と同程度であるが、可食部 Cd 濃度は無施用と比べて 25～40%程度低減する（図 1）。
2. 黒ボク土における家畜ふん堆肥の単年施用により、収穫後の土壌中の全炭素含量は発酵豚ふんや発酵鶏ふん施用で高く、可給性の高い交換態 Cd の濃度は発酵豚ふんや発酵鶏ふん施用で低い傾向が認められる（表 2）。
3. 家畜ふん堆肥の単年施用による収穫後の土壌 pH は無施用と変わらないため、土壌有機物の増加に伴う Cd 吸着による可給性の低下がハウレンソウの可食部 Cd 濃度低減に関与すると考えられる（表 2）。

[成果の活用面・留意点]

1. 家畜ふん堆肥の単年施用でもハウレンソウの Cd 濃度低減効果が期待でき、生産段階でのリスク低減に活用できる。
2. ポット栽培試験による結果であるため、圃場栽培における効果については検証が必要である。
3. 土壌タイプ、家畜ふん堆肥の原料（畜種、ロット等）および製造方法（副資材の有無等）の違いにより、Cd 濃度低減効果は異なる可能性がある。

[具体的データ]

表1 家畜ふん堆肥の成分組成¹⁾

	水分含量(%)	pH	全窒素(%)	全炭素(%)	C/N	Cd(mg/kg) ²⁾
牛ふん堆肥 ³⁾	58.0	7.06	1.2	12.6	10.3	n.d.
発酵豚ふん ⁴⁾	23.0	8.46	3.3	19.5	9.2	n.d.
発酵鶏ふん ⁵⁾	31.9	8.98	2.5	12.8	7.0	0.056

- 1) 現物当たりの値
- 2) 0.1M 塩酸抽出、定量下限値0.0001mg/kg
- 3) 茨城県畜産センターで粗殻を副資材として堆肥化
- 4) 茨城県内畜産農家で製造
- 5) 畜産草地研究所で製造

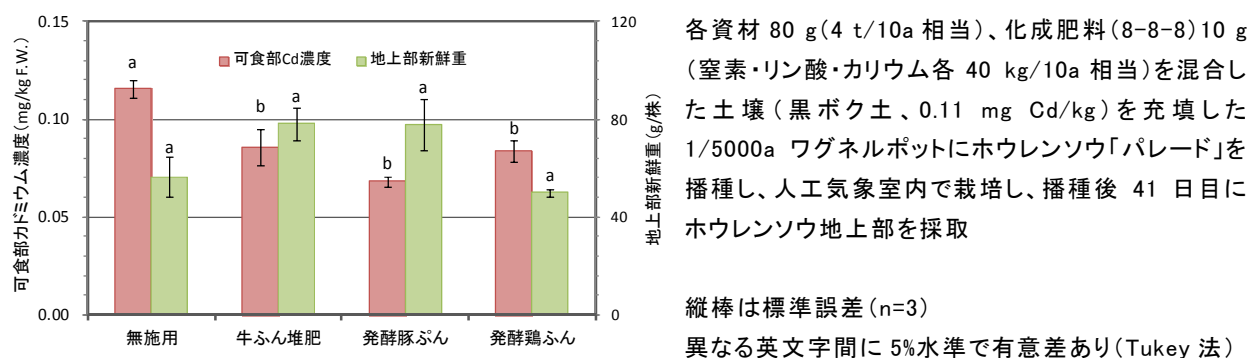


図 1 ホウレンソウ可食部 Cd 濃度および地上部新鮮重に及ぼす家畜ふん堆肥施用の影響

表2 収穫後の土壌のpH、全炭素含量およびCd濃度に及ぼす家畜ふん堆肥施用の影響¹⁾

	pH(H ₂ O)	全炭素 (%)	Cd濃度(mg/kg)	
			交換態 ²⁾	有機態 ³⁾
無施用	6.10 ab ⁴⁾	4.7 c	0.018 a	0.063 a
牛ふん堆肥	5.98 b	4.9 bc	0.017 a	0.065 a
発酵豚ふん	6.08 ab	5.3 a	0.015 ab	0.060 a
発酵鶏ふん	6.13 a	5.1 ab	0.013 b	0.059 a

- 1) 乾土当たりの値(pHを除く)
- 2) 酢酸アンモニウム(pH7)で振とう抽出
- 3) 0.02M硝酸と30%過酸化水素水を加え加熱し放冷後、3.2M酢酸アンモニウムと20%硝酸で振とう抽出
- 4) 異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり(Tukey法)

(菊地 直)

[その他]

中 課題名 : 農産物の生産段階におけるカドミウムのリスク低減技術の開発

中課題番号 : 180b0

予算区分 : 交付金

研究期間 : 2007~2011 年度

研究担当者 : 菊地 直、三浦憲蔵

発表論文等 : 菊地 (2012) 野菜茶業研究所研究報告、11:107-118

[成果情報名] 安定同位体比と微量元素組成を用いた湯通し塩蔵ワカメの産地判別高度化

[要約] 日本産（三陸産・鳴門産）・中国産・韓国産の湯通し塩蔵ワカメについて、安定同位体比に加え、9 元素の微量元素組成を組み合わせることで産地判別の正確さが向上する。

[キーワード] 産地判別、安定同位体比、微量元素組成、湯通し塩蔵ワカメ

[担当] 食品安全信頼・信頼性確保

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所] 食品総合研究所・食品分析研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

ワカメについては、比較的安価な中国産を鳴門産などの国産として販売する産地偽装問題が発生しており、科学的根拠に基づく産地判別技術の開発が求められている。ワカメは、葉体で栄養分の吸収などを行うことから、生育環境中の無機態炭素・無機態窒素や微量元素組成などの影響を反映すると考えられる。これまでに、湯通し塩蔵ワカメについて、安定同位体比分析による鳴門産の産地判別の可能性を見出している。本研究では、2011 年・2012 年に日本（三陸・鳴門）・中国・韓国で入手した湯通し塩蔵ワカメについて、炭素・窒素同位体比に加え、9 元素組成(Mg・P・Ca・V・Mn・Zn・Rb・Sr・Ba)を組み合わせ、産地判別の高精度化を図る。

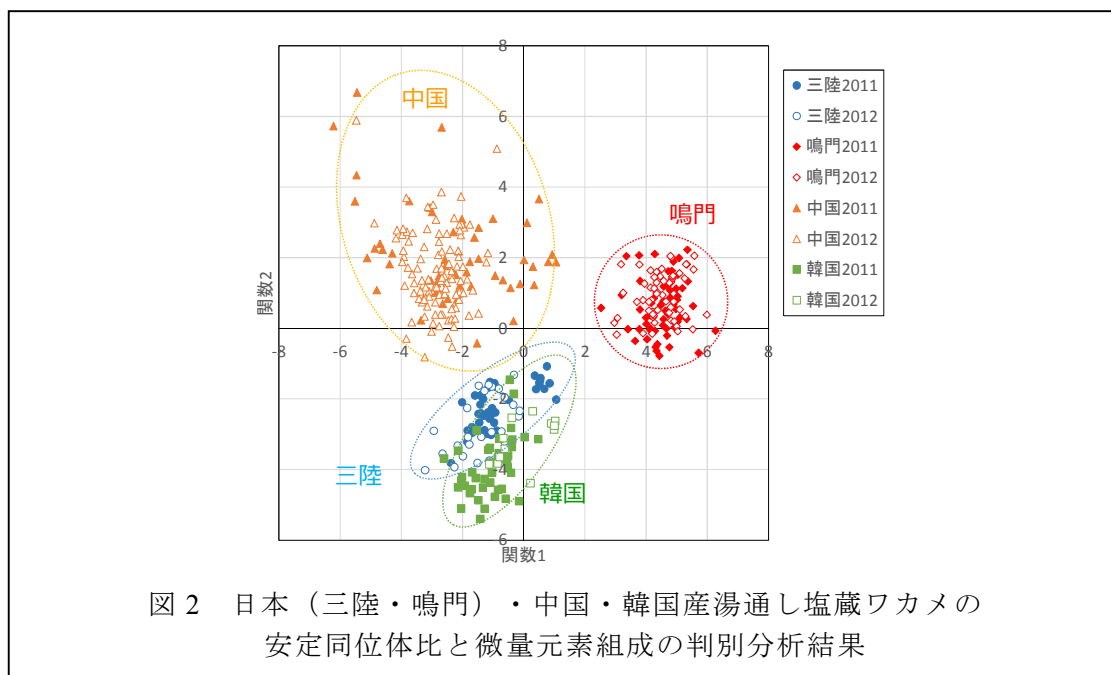
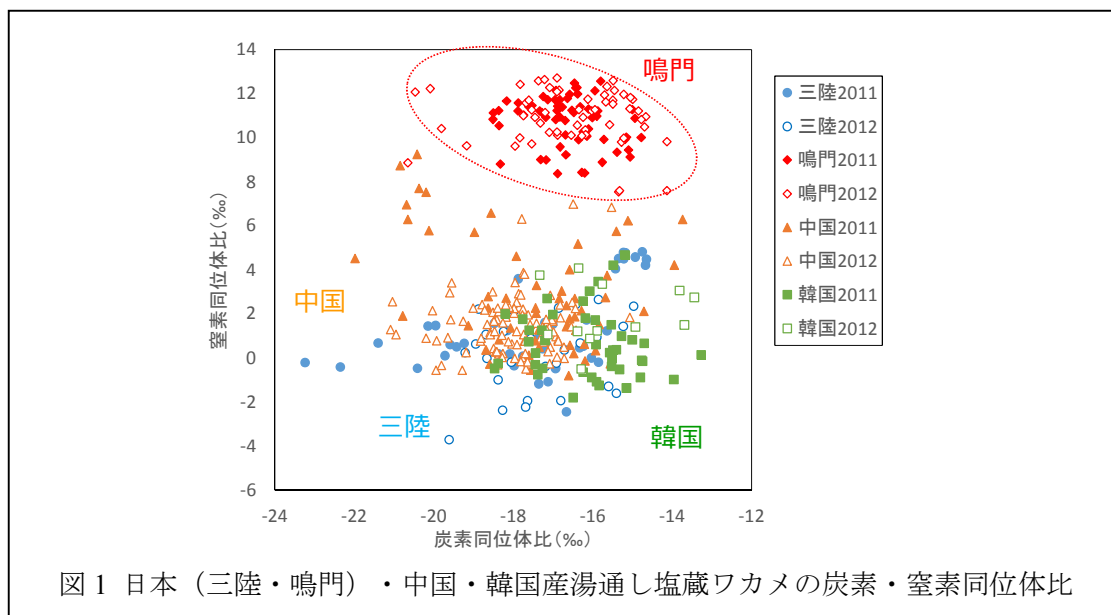
[成果の内容・特徴]

1. 2011 年・2012 年ともに、鳴門産の窒素同位体比が有意に高い傾向がある（図 1）。炭素・窒素同位体比について、鳴門とその他（三陸・中国・韓国）の 3 地域を産地とするワカメでは、鳴門産の判別率は 92.8% (n=119)である。
2. 微量元素組成について、2011 年および 2012 年に共通して、中国産では Mg・Ba・Mn・V・Zn の濃度が高い傾向が認められるが、Mg・V の濃度については、2011 年に比べると濃度が低い。また、他の地域においても微量元素濃度の年次変化があり、三陸では P 濃度、韓国では Ca および Rb 濃度で、2011 年と 2012 年の間で変化が見られる。
3. 安定同位体比と微量元素組成を組み合わせると、鳴門産の判別率は 100% (n=119)、中国産の判別率は 97.5% (n=89)である（図 2）。安定同位体比と微量元素組成を組み合わせることで、湯通し塩蔵ワカメの産地判別の正確さが向上する。

[成果の活用面・留意点]

1. 鳴門産の中でも、最も外湾に位置する福村の検体については、2011 年産と同様に、窒素同位体比が他の鳴門地域に比べると低い傾向が認められる。一般に、内湾は外湾に比べると窒素同位体比が高くなる傾向が報告されており、外湾よりである福村産については窒素同位体比が低く、安定同位体比による判別分析ではグレーゾーンに入る可能性がある。
2. 三陸産および韓国産の判別については、判別モデルの検証により、相互に分布が重なり、炭素・窒素同位体比および 9 元素組成では判別が困難と考えられる。三陸産・韓国産についての判別も含め、より高精度な判別のためには、さらに元素数を増やし、判別精度を高めることが求められる。
3. 2011 年および 2012 年のデータにおいて、一部の微量元素濃度に年次変化が見られたことから、引き続きの年次変化を調査する必要がある。

[具体的データ]



(鈴木 彌生子)

[その他]

中課題名：信頼性確保のための原材料・生産履歴判別等の技術開発と標準化

中課題番号：180d0

予算区分：共同研究（理研ビタミン）・交付金

研究期間：2011-2013

研究担当者：鈴木彌生子、國分敦子（理研ビタミン）、絵面智宏（理研ビタミン）、中山和美（理研ビタミン）

発表論文等：1) 鈴木ら（2014）日本食品科学工学会誌、61(3):134-138

2) 鈴木ら（2014）分析化学、in press

[成果情報名] CaCCO プロセスによる稲わらおよびエリアンサスからの高濃度糖液製造

[要 約] CaCCO プロセスの実証のため、乾燥重量 10 kg 相当量の稲わらおよびエリアンサスを用い、湿式粉碎、100℃以下での前処理、そして CO₂ 加圧糖化リアクターによる糖化を行うことで、原料中の糖質のうち 68-81%を可溶化し、15%(w/v)を超える高濃度糖液を得る。

[キーワード] CaCCO プロセス、稲わら、エリアンサス、バイオエタノール、糖液

[担 当] バイオマス利用・エタノール変換技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品素材科学研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

農研機構では、燃料用エタノール（バイオエタノール）製造のための稲わら、エリアンサスなどの草本原料を安定生産・供給する技術に加えて、バイオエタノールを発酵製造するための糖液を繊維多糖から製造する前処理・糖化技術（CaCCO（Calcium Capturing by Carbonation）プロセス）の開発を行っている。本研究では、数百 g 以下の原料を用いてきたラボ試験を高度化し、乾燥重量 10 kg 相当量の稲わらおよびエリアンサスを原料として、CaCCO プロセスでの大量処理を想定した前処理・糖化設備による実証試験を行う。

[成果の内容・特徴]

1. CaCCO プロセスは、稲わら、エリアンサス等の繊維質原料を粉碎し、水酸化カルシウムおよび水と混合した後、120℃・1 時間の前処理を行い、その後、炭酸ガス加圧条件下で繊維多糖であるセルロースやキシラン等を酵素糖化し、糖質を可溶化する工程である（図 1）。前処理後の繊維質洗浄・アルカリを除去工程がないため、水の使用を少なくし、糖質の損失を抑制できる。本試験では、ラボ試験で有効性確認した解繊効果を大量粉碎工程に反映するため、新たに湿式粉碎装置（植繊機：シンコーエンジニアリング社）を導入し、原料と水酸化カルシウムと水の混合を行いつつ粉碎・膨化する。前処理は 100℃・1 時間以下とし、エネルギー投入を節約する。CO₂ 加圧糖化リアクター（図 2）を導入し、前処理後の高濃度スラリーを CO₂ 中和する。その後、酵素（Cellic CTec2、ノボザイムズ・ジャパン社、12 FPU/g-乾燥原料）を添加し、CO₂ 分圧 9 気圧での加圧下で 40℃・72 時間の酵素糖化を行い、遠心分離後の上澄部として糖液を回収する。
2. 稲わらおよびエリアンサスを用いて糖液製造実証試験を行った際には、稲わらでは原料中の糖質のうち 80.6%、そしてエリアンサスでは 68.1%を上澄部に回収できる（回収糖質は、単糖およびオリゴ糖より構成。表 1）。主にキシラン由来のキシロースの回収率よりも、セルロース由来のグルコースの回収率が低く、この傾向は稲わらよりもエリアンサスの方が顕著である。得られる糖液は、洗浄時の希釈を考慮しない場合には、15%（w/v）を超える高濃度となる。
3. 湿式粉碎の導入によって、天日乾燥稲わらや立枯れ乾燥エリアンサスの供給等に加えて、含水率が 50%前後になることもあるような、収穫直後の湿潤原料を貯蔵せずに直接利用でき、供給原料の選択肢が広がることが期待される（図 3）。

[成果の活用面・留意点]

1. 糖液濃度が高ければ、発酵時の糖濃度を高く設定でき、発酵槽の小型化に繋がる。また、バイオエタノールを発酵製造する際には、エタノール濃度が高くなり、蒸留コストやエネルギーを削減できると期待される。さらに、廃液の量が減ることで廃液処理費用が節減できると考えられる。
2. この技術により製造された糖液は、バイオエタノールのみならず、多様な発酵産物の製造に使用でき、地域活性化に貢献するものと期待される。

[具体的データ]

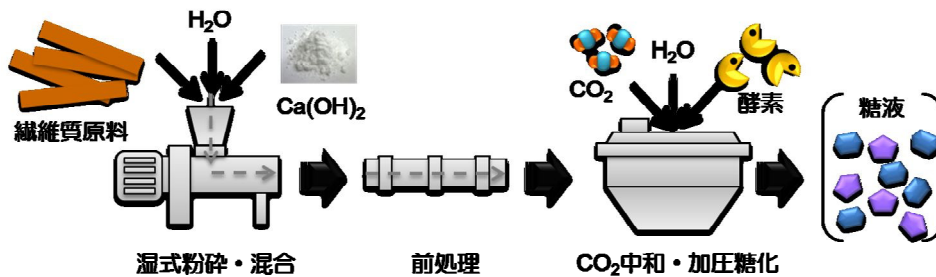


図1. CaCCO プロセスによる繊維質原料からの糖液製造工程の概要図

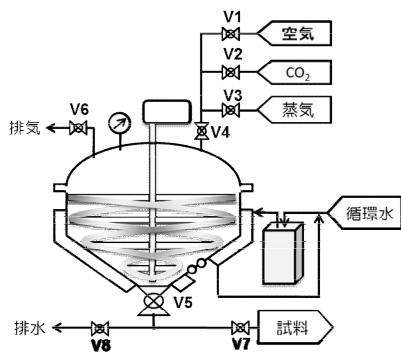


図2. CO₂加圧糖化リアクターの構造
リアクター容器（100 L 容）内部のプロペラ型攪拌装置が回転。恒温循環水が容器ジャケット内を循環。V1～V8：オン・オフ用バルブ。

表1. 稲わら・エリアンサスを用いた実証試験条件と結果

	稲わら	エリアンサス
原料投入量 (kg-dry)	10	10
前処理条件	95°C、1時間	100°C、1時間
糖化時スラリー濃度 (% (w/w))	28.4	27.8
全糖可溶化率(%)	<u>80.6</u>	<u>68.1</u>
・グルコース可溶化率(%)	77.3	59.3
・キシロース可溶化率(%)	86.8	82.3
糖液濃度 (% (w/v))	16.9	15.5

可溶化率：糖化後、遠心分離後の上澄部に遊離した単糖およびオリゴ糖中のグルコース量およびキシロース量を測定し、原料中の各糖質残基量を100%として可溶化率として計算。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
稲わら			天日乾燥後の貯蔵物を利用					点検・整備	籾収穫			
										天日乾燥後に直接利用		
										収集物を直接利用		
エリアンサス		収穫				貯蔵物を利用		点検・整備				収穫
		収穫物を直接利用								貯蔵物を利用		

図3. 湿式粉碎工程の導入による湿潤原料の供給期間のイメージ例

稲わら単独での周年（11ヶ月）供給を考えた場合、最大で約7ヶ月の貯蔵を行う必要がある。今回の湿式粉碎技術の新規導入、そして稲わらとエリアンサスの併用により、12月から5月に収穫される原料を乾燥せずに直接利用できることとなり、原料貯蔵物を用いる期間を6・7月の2ヶ月にまで短縮できるものと期待される。

（徳安健、池正和）

[その他]

中課題名：セルロース系バイオマスエタノール変換の高効率・簡易化技術の開発

中課題番号：220c0

予算区分：交付金、委託プロ(バイオマス)

研究期間：2012年度~2013年度

研究担当者：徳安健、池正和、趙 鋭、尹旻洙、城間力、我有満、薬師堂謙一、長島實

発表論文等：池正和ら: *J. Appl. Glycosci.* (2013) 60, 177-185

[成果情報名] 異種遺伝子を含まない酵母を用いた高効率キシロース発酵法の開発

[要 約] 実用的な高効率バイオエタノール生産法を構築するために、異種遺伝子を用いずにキシロース発酵能が強化された *Saccharomyces cerevisiae* 酵母を開発する。本酵母を使用して同時異性化発酵を行うことにより、リグノセルロース系バイオマスに含まれるキシロースを効率良く発酵できる。

[キーワード] バイオエタノール、キシロース、酵母、同時異性化発酵、セルフクローニング

[担 当] バイオマス利用・エタノール変換技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

稲わら等リグノセルロース系バイオマス原料を利用してバイオエタノールを効率的に生産するには、これら原料に多量に含まれるキシロースのエタノールへの変換が重要な課題である。しかしながら、醸造産業等でエタノール発酵に最もよく利用されている *Saccharomyces cerevisiae* 酵母はキシロースを利用することができず、遺伝子組換えによるキシロース発酵能の付与が行われている。既に我々も、高キシロース発酵性遺伝子組換え酵母株 *Candida glabrata* 3163 dgXK1 を用いて、キシロースイソメラーゼを添加した同時異性化発酵を行うことにより、従来困難であったキシロースの高温（40℃）発酵法の開発に成功している（平成24年度食品試験研究成果情報）。しかし、遺伝子組換え体の利用は、拡散防止措置の必要性等から、実用化の際の障害となることが予想される。そこで、同種遺伝子のみを使用するセルフクローニングによって *S. cerevisiae* を改良し、*C. glabrata* 3163 dgXK1 と同等の同時異性化発酵能を有する酵母株を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 食品総合研究所カルチャーコレクションから、40℃で高いキシロース発酵能を示す *S. cerevisiae* St10-1-1 株を単離した。本株は 3163 dgXK1 の親株 *C. glabrata* NFRI 3163 株よりは低いものの、既知の高キシロース発酵性 *S. cerevisiae* ATCC 24860 株より、40℃で顕著に高いキシロース発酵能を示す（図1）。
2. St10-1-1 株のキシロース発酵能をさらに増強するため、セルフクローニングによるキシロキナーゼ遺伝子 (*XKS1*) 高発現株の作出を行う。まず、St10-1-1 ゲノム DNA を鋳型にセルフクローニングに必要な遺伝子領域を PCR によって増幅し、それらを連結することで、リンカー配列や異種遺伝子を含まない DNA 断片を構築する（図2）。次に、St10-1-1 の突然変異により単離したリジン要求性変異株に、この DNA 断片を導入し、リジン非要求性株を選抜する。得られた St10 TEF1p-*XKS1* 株のゲノム中には、野生型 *XKS1* に加えて、高発現型 *XKS1* (*TEF1p-XKS1*) が存在する。
3. スラリー濃度 20% (w/w) の稲わら糖化液に相当する 5.6% (w/v) グルコース及び 4.2% (w/v) キシロースを含む培地を用いて同時異性化発酵を行うことにより、St10 TEF1p-*XKS1* は、親株 St10-1-1 や *C. glabrata* 3163 dgXK1 よりも早くキシロースを消費し、48時間発酵で 4.3% (w/v) のエタノールを生産する（図3）。St10 TEF1p-*XKS1* のエタノール収率は理論収率の 85% であり、3163 dgXK1 の収率（80%）を上回る。

[成果の活用面・留意点]

1. 今後、St10 TEF1p-*XKS1* がセルフクローニング株に該当することを担保するためのより詳細な科学的根拠を集積する必要がある。
2. St10 TEF1p-*XKS1* は 3163 dgXK1 と比べ副産物（グリセロール、キシリトール）の生成量が多いことから、これらを抑制すると更にエタノール収率が增加する可能性がある。

[具体的データ]

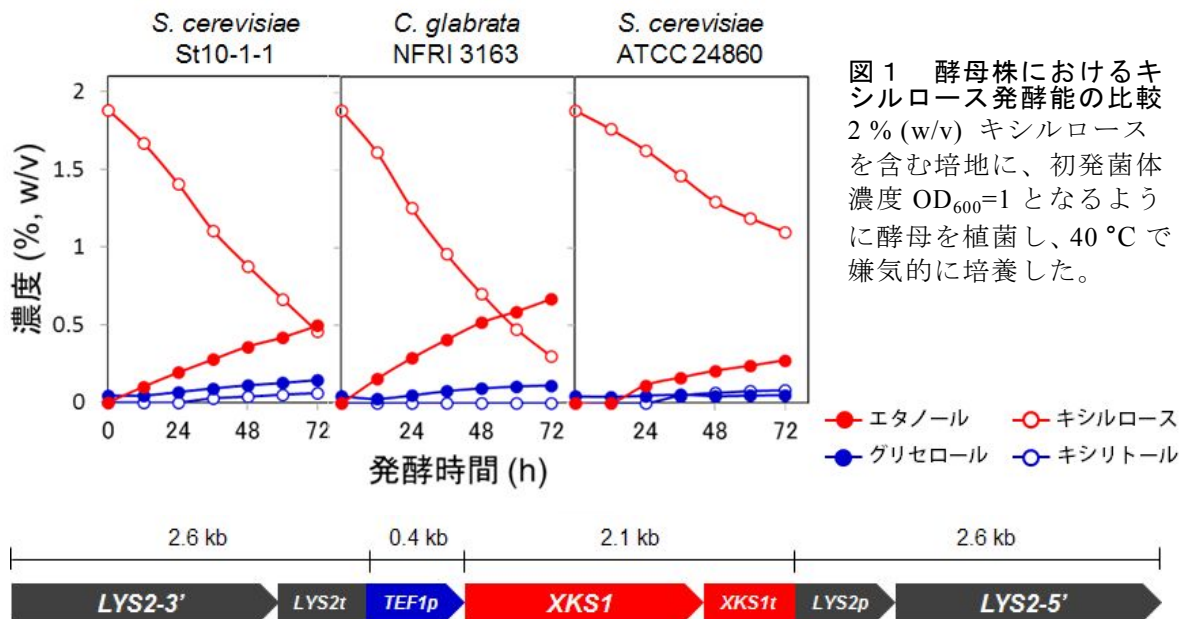


図1 酵母株におけるキシロース発酵能の比較
2% (w/v) キシロースを含む培地に、初発菌体濃度 $OD_{600}=1$ となるように酵母を植菌し、40 °Cで嫌氣的に培養した。

図2 セルフクロニングに用いた DNA 断片の構造

翻訳伸長因子プロモーター (*TEF1p*) をキシロロキナーゼ遺伝子 (*XKS1*) に連結することにより、高発現型 *XKS1* (*TEF1p-XKS1*) を作成した。この両端に、リジン要求性相補マーカー遺伝子 *LYS2* の 3'-末端側半分 (*LYS2-3'*) と 5'-末端側半分 (*LYS2-5'*) を付加し、*S. cerevisiae* 染色体上の *LYS2* 遺伝子座で相同組換えが起こるようにした。遺伝子名の後の *p* はプロモーター領域を、*t* はターミネーター領域を示す。

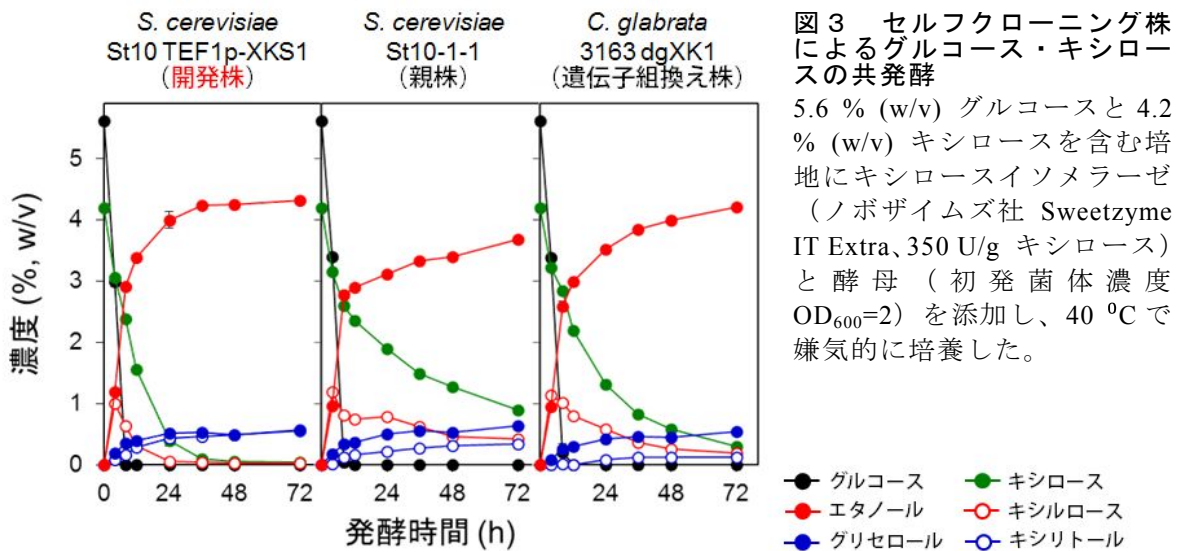


図3 セルフクロニング株によるグルコース・キシロースの共発酵
5.6% (w/v) グルコースと 4.2% (w/v) キシロースを含む培地にキシロースイソメラーゼ (ノボザイムズ社 Sweetzyme IT Extra, 350 U/g キシロース) と酵母 (初発菌体濃度 $OD_{600}=2$) を添加し、40 °Cで嫌氣的に培養した。

(榊原祥清)

[その他]

中課題名：セルロース系バイオマスエタノール変換の高効率・簡易化技術の開発
中課題番号：220c0
予算区分：交付金、委託プロ (バイオ燃料)
研究期間：2012～2013 年度
研究担当者：榊原祥清、中村敏英、徳安健
発表論文等：榊原祥清ら 「キシロースを高温で発酵する方法」 特開 2014-14360

[成果情報名] 2型糖尿病合併症バイオマーカーの同定とその検出方法

[要 約] 糖尿病合併症の危険因子である終末期糖化産物(AGEs)を認識する受容体(RAGE)を固定化したビーズを開発し、新規バイオマーカーの同定と検出法の開発を行った。新規機能性評価手法への発展が期待される

[キーワード] 糖尿病合併症、RAGE、バイオマーカー

[担 当] 食品機能性・機能性評価標準化技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

糖尿病合併症は、「生活の質(QOL)」の著しい低下を招くが、2型糖尿病合併症は食品による予防が可能である。一方、糖尿病合併症の危険因子である終末期糖化産物 (advanced glycation end products: AGEs)は、構造が多様で AGEs 様活性を示す分子を広く検出する手法は確立されていない。

そこで、食品の2型糖尿病合併症予防効果を評価する手法の確立、および、新規バイオマーカーの検出を目指し、AGEsを認識する受容体 (Receptor for AGEs: RAGE)を固定したビーズを開発し、その有効性を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. RAGEを固定化したビーズを作製し、2型糖尿病発症マウスの血清と尿から、発症時に特異的なタンパク質を同定する(図1)。
2. 血清から同定されたヘモペキシン(HPX)は、ヘム鉄を結合し、その複合体がRAGEに作用し細胞を活性化させる(図2)。
3. 尿中から同定されたナプシンA(NP-A)は、高血糖刺激により細胞が障害を受ける前の段階で、近位尿細管上皮細胞からの分泌が亢進する。
4. NP-Aは、2型糖尿病合併症のバイオマーカーとして有望である。
5. 尿中の微量マーカーであるNP-AがRAGE固定化ビーズの濃縮効果により検出されたことは、RAGE固定化ビーズは微量マーカーの検出に有効である。

[成果の活用面・留意点]

1. NP-Aは、組織が障害を受け放出される尿中アルブミンと異なり、高血糖などの刺激に反応して分泌量が亢進する可能性がある。そのため、2型糖尿病合併症(特に腎症)の発症前や初期バイオマーカー候補となり得る。
2. RAGEビーズを活用することにより、従来法では検出限界以下である微量マーカーの検出手法の開発が期待される。
3. 新規バイオマーカーの検出手法が確立されることにより、農林水産物・食品の2型糖尿病合併症予防機能を評価するキットの開発が期待される。

[具体的データ]

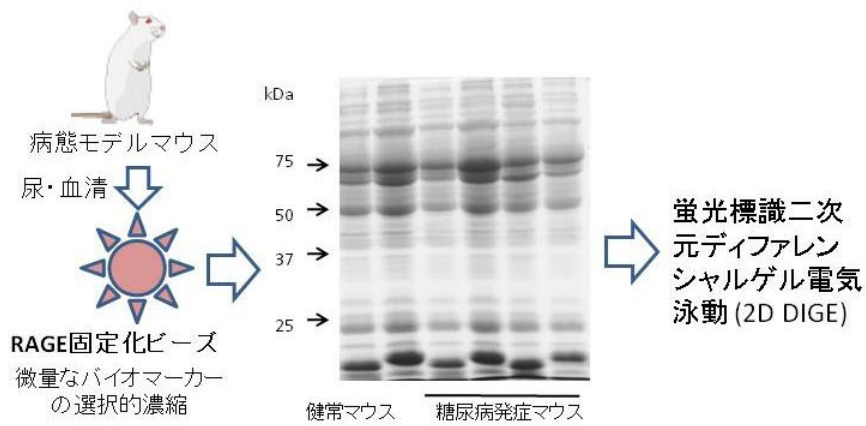


図 1. 検出が不可能な微量分子を RAGE 固定化ビーズで選択的に濃縮した後、ポリアクリルアミドゲル電気泳動、さらに、蛍光標識二次元ディファレンシャルゲル電気泳動 (2D DIGE)で解析することにより、新規バイオマーカーを分離・同定した (同定は質量分析による)。

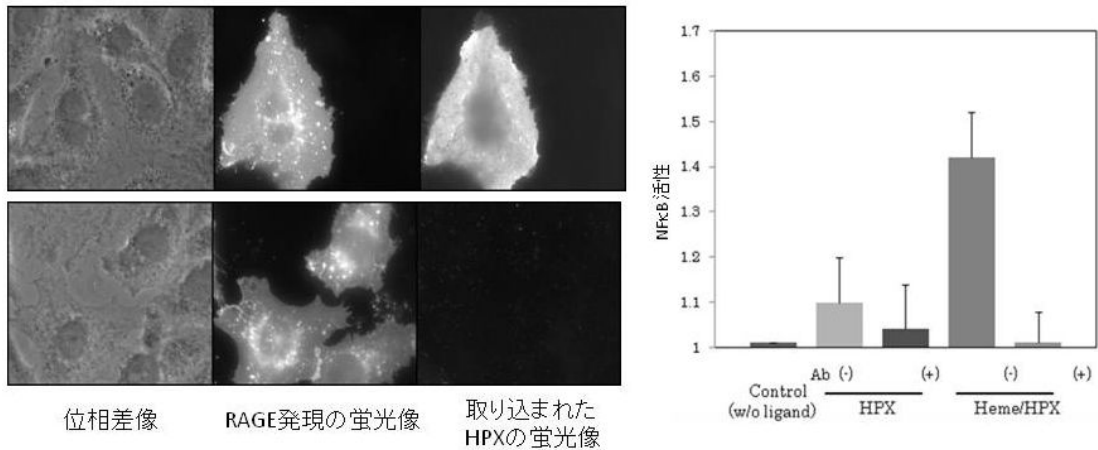


図 2. HPX は Heme と複合体を形成し RAGE 発現細胞に作用する
 左：Heme/HPX (白い点) が RAGE 発現細胞に結合している様子。右：NFκB の活性化をレポーターアッセイ (NFκB が活性をルシフェラーゼの活性で検出するシステム) で確認した結果。RAGE 中和抗体処理により (Ab+) NFκB の活性は抑制され、Heme/HPX は、RAGE を介して NFκB を活性化していることが確認された。

(町田幸子)

[その他]

中 課 題 名：健康機能性に関する成分分析法及び評価法の開発と標準化

中課題番号：310a0

予算区分：交付金

研究期間：2011～2015

研究担当者：町田幸子

発表論文等：1) 町田幸子ら「AGEを認識する分子」特許第 5093711 2012 年 9 月 28 日登録
 2) 町田幸子ら「糖尿病合併症マーカーとなり得る新規 RAGE リガンド」特願 2012-81577 2012 年 3 月 30 日出願
 3) 町田幸子ら「AGEを認識するリフォールディングされた分子」特許第 4911575 号 2012 年 1 月 27 日登録

[成果情報名] ラットではβ-クリプトキサンチンは多くの臓器でβ-カロテンよりも蓄積されやすい

[要 約] β-クリプトキサンチンは肝臓だけでなく、腎臓や脾臓、膵臓、脳など様々な組織に取り込まれ、その濃度は多くの組織でβ-カロテンよりも高く、生体利用性が高いと考えられる。β-クリプトキサンチンとβ-カロテンの生体調節機能の違いを解明する上で重要な知見となる。

[キーワード] β-クリプトキサンチン、β-カロテン、臓器移行性、生体利用性

[担 当] 食品機能性・代謝調節利用技術

[代表連絡先] 電話 054-369-7100

[研 究 所] 果樹研究所・カンキツ研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

消化管より吸収された食品機能性成分は血液循環を介して様々な組織に取り込まれ、標的の臓器においてその成分が有する抗酸化作用や抗炎症効果等により、がん等の生活習慣病の発症予防効果が期待される。β-クリプトキサンチンはウンシュウミカンに多く含まれているカロテノイド色素であり、これまで当研究所では、ミカンの摂取量が多いほど血中β-クリプトキサンチン濃度が著しく上昇すること、またβ-クリプトキサンチンはβ-カロテン等の他のカロテノイドと比較して吸収されやすいことを疫学的な検討から明らかにしている。しかしながら、吸収されたβ-クリプトキサンチンの体内動態については不明な点が多い。そこでラットを用い、β-クリプトキサンチンとβ-カロテンの臓器移行性を比較し、両カロテノイドの生体調節機能解明のための一助とする。

[成果の内容・特徴]

1. β-クリプトキサンチンを20ppmの濃度で添加した飼料をラットに4週間自由摂取させたのち、各臓器中のβ-クリプトキサンチン蓄積量をHPLCで分析したところ、肝臓で最もその蓄積量が多く、以下、卵巣、脾臓、子宮、腎臓、睾丸、膵臓、脳、心臓、肺の順に多く蓄積される(図1)。
2. 一方、同様にβ-カロテンを20ppmの濃度で添加した飼料をラットに4週間自由摂取させたのち、各臓器中のβ-カロテン蓄積量を分析したところ、肝臓で最もその蓄積量が多く、以下、卵巣、膵臓、子宮、睾丸、腎臓、脳、心臓の順に多く蓄積される(図1)。
3. β-クリプトキサンチンの臓器中濃度は、肝臓、腎臓、脾臓、全脳、子宮ではβ-カロテンの濃度より有意に高いが、卵巣では逆にβ-カロテンの濃度の方が有意に高い。またβ-カロテンは肺及び脾臓において検出されない。
4. 対照群として用いた通常飼料中にはβ-クリプトキサンチンとβ-カロテンがそれぞれ0.07ppm、0.26ppm含有されているが、対照群のラットでは、β-クリプトキサンチンは肝臓、またβ-カロテンは肝臓と卵巣においてのみ微量検出される。
5. β-クリプトキサンチン投与群とβ-カロテン投与群とでは摂餌量や体重変化に差がみられないことから、多くの組織においてβ-クリプトキサンチンはβ-カロテンよりも蓄積量が多く、その生体利用性が高い。

[成果の活用面・留意点]

1. β-クリプトキサンチンとβ-カロテンの臓器への蓄積量の差は、両者の生体調節機能の特徴を解明する上で重要な知見となる。
2. 本研究成果は齧歯類であるラットを用いた実験結果である。したがって、そのままヒトへの適用を示す結果では無い。今後はよりヒトに近い動物種を用いて検討する必要がある。

[具体的データ]

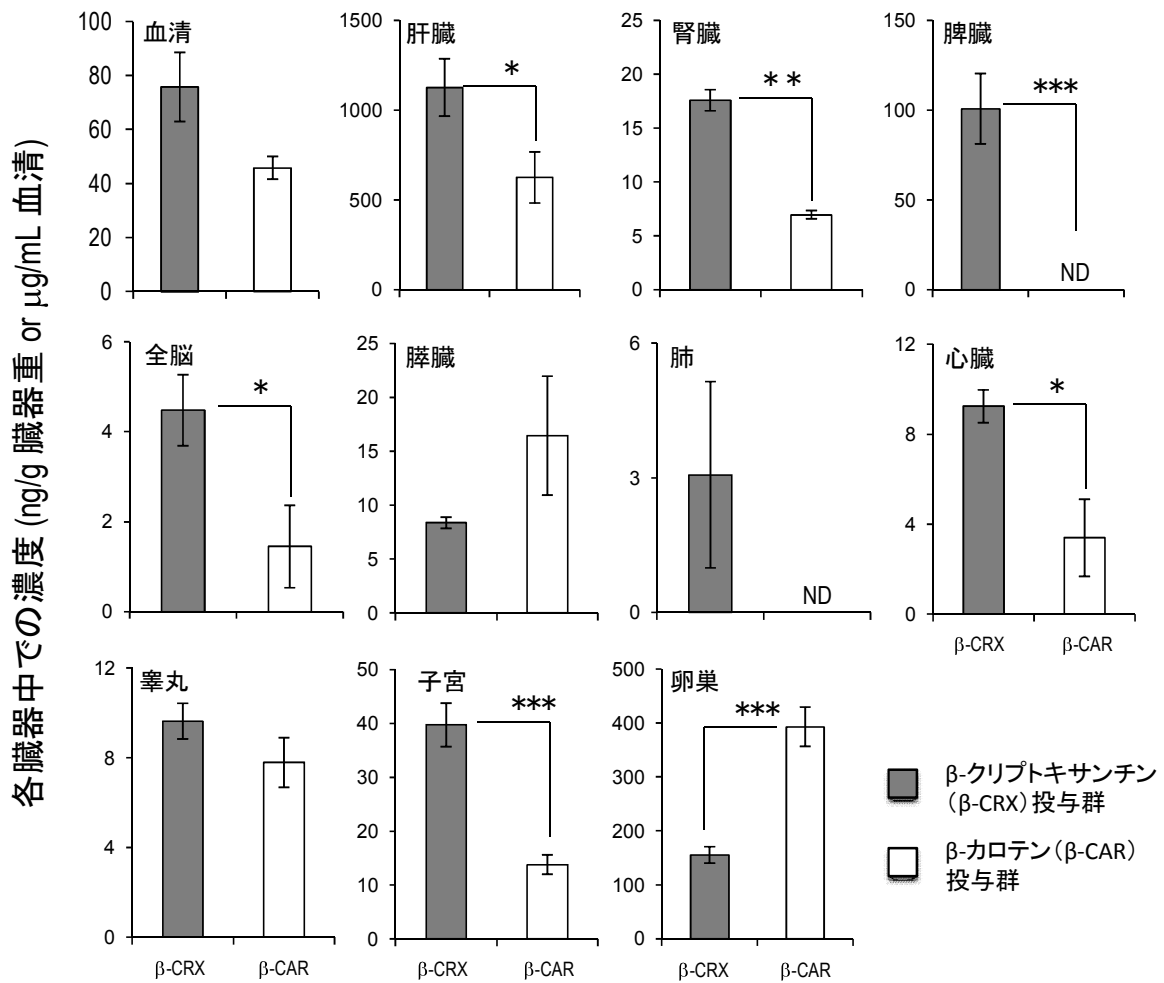


図1 各臓器中でのβ-クリプトキサンチンとβ-カロテン濃度
β-クリプトキサンチンとβ-カロテンをそれぞれ20ppm含む餌で4週間飼育し、各組織中のカロテノイド量をHPLCで測定した。*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001 vs β-カロテン投与群

(杉浦 実)

[その他]

中課題名：農産物・食品の機能性解明及び機能性に関する信頼性の高い情報の整備・活用のための研究開発

中課題番号：310b0

予算区分：交付金、実用技術

研究期間：2010～2012年度

研究担当者：杉浦実

発表論文等：Sugiura et al. (2013) *Biological & Pharmaceutical Bulletin*. 36(1): 147-151. Sugiura et al. (2014) *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 印刷中

[成果情報名] ネギ葉身内部の粘液は経口投与によりマウス免疫系を活性化する

[要約] ネギの葉身内部に分泌されている粘液は、マウスに経口投与することにより生体防御機能を担うマクロファージ、ナチュラルキラー（NK）細胞を活性化し、免疫機能高める。

[キーワード] ネギ、粘液、免疫活性化、マクロファージ、NK細胞

[担当] 食品機能性・生体防御利用技術

[代表連絡先] 電話 050-3533-3861

[研究所] 野菜茶研・野菜病虫害・品質研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

ネギは免疫活性増強作用のある民間薬として用いられてきたが、科学的根拠に基づいた解析はなされていない。そこで、ネギの抽出物の免疫活性化作用について培養細胞系およびマウスへの経口投与により解析し、機能性素材としてのネギの有用性を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. ネギの葉身内部に分泌される水溶性粘液（図1）は、葉身部に蒸留水をかけ手でしごくことで容易に採取でき、「下仁田」ネギでは1本あたり約3gの粘液凍結乾燥粉末が得られる。
2. マクロファージ様細胞株 J774.1 細胞（ 1×10^5 cells/200 μ L/well）にネギ葉身部（緑葉部）、葉鞘部（軟白部）の抽出物または粘液凍結乾燥粉末を添加すると、粘液凍結乾燥粉末（1000 μ g/mL）を添加した場合のみインターロイキン-12 産生量が高まる（図2）。
3. 粘液凍結乾燥粉末（10 mg/400 μ L）をマウスに2回（2日間）経口投与すると、腹腔マクロファージからのインターロイキン-12 産生量（図3A）と貪食活性（図3B）が高まり、粘液は *in vitro* だけでなく *in vivo* においてもマクロファージを活性化する。
4. 粘液凍結乾燥粉末（5～10 mg/400 μ L）をマウスに2回経口投与すると、脾臓ナチュラルキラー（NK）細胞の活性が高まる（図4）。
5. マクロファージは異物を早期に認識し排除する細胞であり、活性化するとインターロイキン-12 等の産生量や貪食活性が高まる。また、NK細胞は癌細胞やウイルス感染細胞の排除に与る細胞であり、インターロイキン-12 により活性が高まる。したがって、これらの作用は免疫系の活性化経路に沿った一連の現象である。
6. 以上の結果は、ネギにはマクロファージやNK細胞を活性化することにより免疫機能高める作用があること、および、その活性が葉身内部に分泌されている粘液にあることを示している。

[成果の活用面・留意点]

1. ネギ粘液は100℃、60分間加熱しても上記の免疫活性化作用は失われないので、ネギ葉身を加熱調理しても有効である。
2. ネギの品種間で活性の強弱は有るが、特定の品種に限定される活性ではない。
3. マウスでの効果であり、ヒトへの応用はさらに検討が必要である。
4. 本成果は粘液含有部位である葉身部の摂食の推奨およびレシピ開発、活性の高い品種開発、粘液の機能性素材としての利用に繋がる。

[具体的データ]



図1 ネギ葉身内部の粘液

ネギ葉身部を垂直方向に裂いて撮影した。蒸留水をかけ手で撮るとと粘液が採取できる。

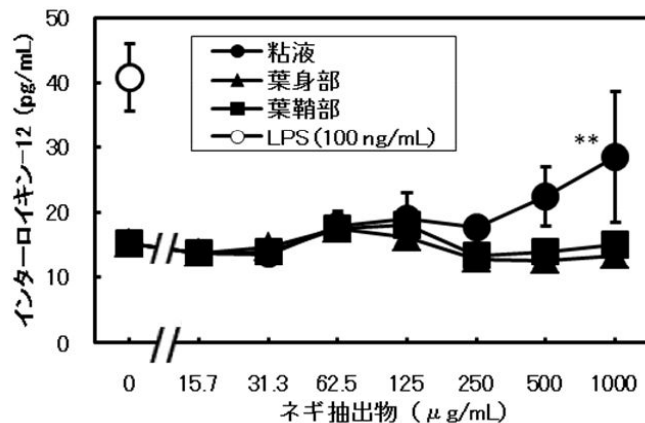


図2 ネギ抽出物のインターロイキン-12誘導量の比較

マクロファージ様細胞 J774.1 培養系 (1×10⁵ cells/200 μL/well) にネギ抽出物を添加し 18 時間培養後の上清中のインターロイキン-12 を ELISA (酵素免疫測定法) で定量した。 (**: p<0.01)

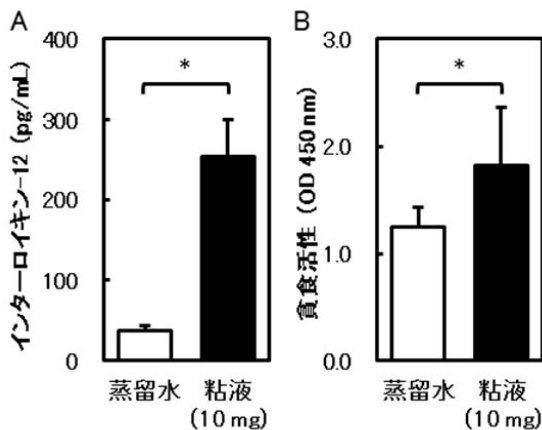


図3 ネギ粘液の経口投与による腹腔マクロファージ活性化作用

ICR マウス (6 週齢、♂、n=6) に蒸留水に再溶解したネギ粘液を 24 時間間隔で 2 回経口投与した。3 時間後に腹腔マクロファージを採取し、18 時間培養後、上清を ELISA で測定した (A)。また、同細胞にラベルされたザイモザン (酵母細胞壁抽出物) を添加し、貪食されたザイモザンを比色定量した (B)。 (*: p<0.05)

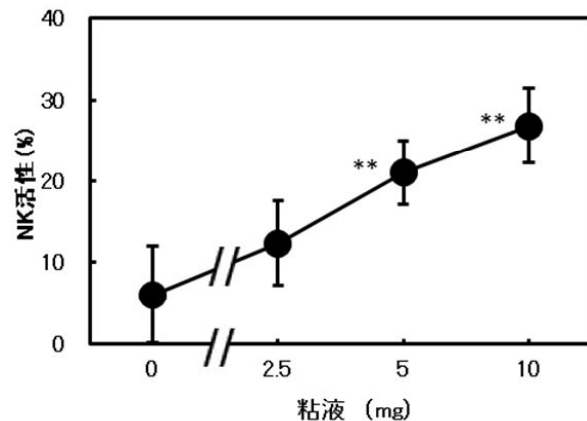


図4 ネギ粘液の経口投与によるNK細胞活性化作用

ICR マウス (6 週齢、♂、n=4) に蒸留水に再溶解したネギ粘液を 24 時間間隔で 2 回経口投与した。3 時間後に脾細胞を採取し、YAC-1 細胞 (NK 細胞に感受性があるリンパ腫細胞) と 18 時間混合培養した。死滅した YAC-1 細胞を WST-1 試薬で比色定量した。 (**: p<0.01)

(上田浩史)

[その他]

中課題名：生体防御作用に関する健康機能性解明と有効利用技術の開発

中課題番号：310c0

予算区分：交付金

研究期間：2011～2013 年度

研究担当者：上田浩史、竹内敦子

発表論文等：1) 上田ら「ネギ属由来の成分を含む免疫賦活剤、免疫賦活剤の製造方法、食品組成物、及び免疫賦活方法」特願 2012-506761

2) Ueda H. et al. (2013) Biosci. Biotechnol. Biochem. 77 (9):1809-1813

[成果情報名] 乳酸菌由来の芳香族乳酸は紫外線照射による角化細胞の炎症反応を抑制する

[要約] 乳酸菌 *Lactobacillus plantarum* が産生する芳香族乳酸の光学活性はL体であり、L体およびラセミ体の芳香族乳酸は、ヒト株化角化細胞への紫外線B波照射により引き起こされる炎症性サイトカインの産生を阻害する。

[キーワード] 抗酸化物質、インドール乳酸、光学活性、インターロイキン6

[担当] 食品機能性・生体防御利用技術

[代表連絡先] 電話 029-838-8611

[研究所] 畜産草地研究所・畜産物研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

皮膚に対する紫外線B波(280-315nm)は主に表皮を構成する角化細胞に作用し、炎症反応を引き起こすことで組織にダメージを与える。抗酸化物質は活性酸素(ラジカル)を捕捉することにより、紫外線照射による過酸化物の産生を抑制し、角化細胞の炎症反応を抑制する。本研究は、乳酸菌が産生する抗酸化物質を、ジフェニルピクリルヒドラジル(DPPH)消去活性を指標に探索し、その構造を決定すると共に、乳酸菌 *L. plantarum* が産生する抗酸化物質が、培養角化細胞の紫外線B波照射により引き起こされる炎症性サイトカインの産生を阻害するか検証したものである。

[成果の内容・特徴]

1. 乳酸菌 *L. plantarum* が産生する抗酸化物質は、4-ヒドロキシフェニル乳酸(HPLA)、3-インドール乳酸(ILA)と同定される。同菌が産生する芳香族乳酸の光学活性はいずれもL体である(図1)。
2. ヒト株化角化細胞であるHaCaT細胞に紫外線B波を60[mJ/cm²]の強度で照射した場合、4-ヒドロキシフェニル乳酸(最終濃度1-100 μM)または3-インドール乳酸(最終濃度100 μM)の培養液への添加により、炎症性サイトカイン(インターロイキン6)の産生が抑制される(図2)。
3. L体の4-ヒドロキシフェニル乳酸の炎症性サイトカイン産生抑制効果は、ラセミ体で同等であると認められる(図2)。

[成果の活用面・留意点]

1. インターロイキン6産生を抑制するためには、紫外線の照射前に4-ヒドロキシフェニル乳酸・3-インドール乳酸を培養液に添加する必要がある。
2. 最終濃度100 μMまでの範囲内で、芳香族乳酸の細胞毒性は認められない。

[具体的データ]

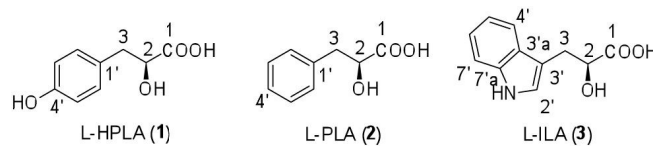


図1 乳酸菌ラクトバチルス・プランタラムが産生する芳香族乳酸 (1)L-HPLA: 4-ヒドロキシフェニル乳酸 (L) (2)L-PLA: フェニル乳酸 (L) (3)L-ILA: 3-インドール乳酸 (L)

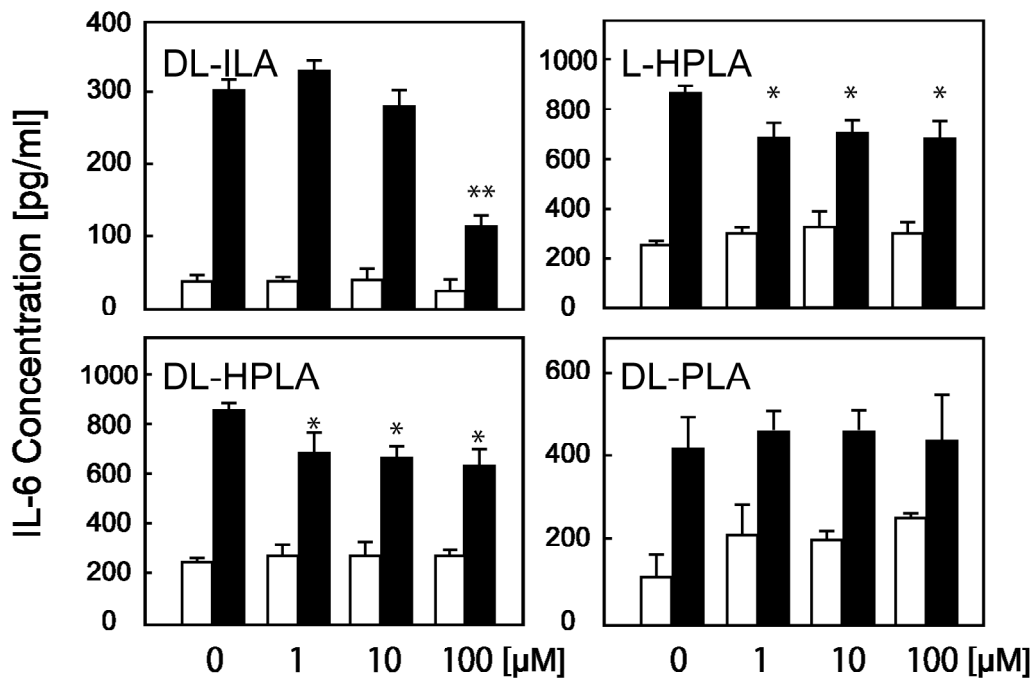


図2 紫外線B波を照射したヒト角化細胞でのインターロイキン6産生に対する (ILA)・4-ヒドロキシフェニル乳酸 (HPLA)・フェニル乳酸(PLA)添加の効果 □は照射なし。■は 60[mJ/cm²]の紫外線B波を照射。**と*は HPLA 非添加の場合と比較して、それぞれ 1%および5%の有意水準で有意差があることを示す。

(高山喜晴)

[その他]

中 課題名 : 生体防御作用に関する健康機能性解明と有効利用技術の開発

中課題番号 : 310c0

予算区分 : 交付金・先行的試行的研究課題

研究期間 : 2011~2013 年度

研究担当者 : 鈴木チセ、青木 (吉田) 綾子、高山喜晴、青木玲二、川澄俊之 (日本女子大)、鈴木陽子 (日本女子大)、小坂実沙 (日本女子大)、市田佳澄 (日本女子大)、新藤一敏 (日本女子大)

発表論文等 : 1) Suzuki Y. et al. (2013) Biosci. Biotechnol. Biochem. 77(6):1299-1302

2) Aoki-Yoshida A. et al. (2013) Biosci. Biotechnol. Biochem. 77(8): 1766-1768

[成果情報名] 新たな胃消化シミュレーターを用いた食品の消化動態の観測

[要 約] ヒト胃のぜん動運動を定量的に模擬することのできる胃消化シミュレーターを開発し、物理的・化学的消化作用を考慮した *in vitro* 胃消化試験を可能にする。本シミュレーターは、食品粒子が胃モデル内部で消化されていく挙動を直接観察することができる。

[キーワード] 胃消化シミュレーター、ぜん動運動、直接観察、食品粒子

[担 当] 食品機能性・食味・食感評価技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品工学研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

超高齢社会の到来に伴い、消化性の良い高齢者向け食品、および血糖値の急激な上昇を防ぐ食品等に対するニーズが高まっている。ヒトの胃消化動態の解析は、食品の中に含まれている栄養成分の放出特性を把握する上で重要である。胃のぜん動運動に駆動される物理的消化は、食品粒子の微細化および成分の放出に重要な役割を担っているが、既存の胃消化を模擬する装置では、消化液による化学的消化のみを評価している場合が多い。そこで、ヒト胃のぜん動運動が定量的に模擬され、なおかつ物理的消化作用と化学的消化作用を考慮可能な胃消化シミュレーターを開発する。また、この胃消化シミュレーターを用いて食品粒子の胃内での微細化挙動を観察・評価・解析する。

[成果の内容・特徴]

1. 開発した胃消化シミュレーター（以下 GDS と略記）は、食品の胃消化において中心的な役割を担っている幽門部を単純化した構造と機能を有している（図 1）。GDS 中の胃モデル容器部では、胃壁を模したゴム板を出口（幽門）方向に進行するローラーで圧縮することで、ぜん動運動を模擬している。ぜん動運動の進行速度、幅、振幅等は、ヒトに関する文献値を参考にして設定している。また、胃モデル容器の前後面は透明であり、内容物の消化挙動を随時観察できる。
2. GDS を用いた *in vitro* 消化実験は、人工唾液と食品から構成される胃内容物を人工胃液が入っている胃モデル容器に入れた状態で 37℃ で最長 180 分間行う。図 2 は人工唾液（30 mL）と混合した 5 mm 角に切った絹ごし豆腐（80 g）に、人工胃液（pH 1.3, 200 mL）を加えた *in vitro* 胃消化試験の例である。GDS を用いた *in vitro* 胃消化試験に供された豆腐粒子は、時間の経過に伴って徐々に微細化されていく。豆腐粒子の微細化は、ぜん動運動による胃壁の収縮を模擬したゴム板の収縮部近傍で起きている。また、豆腐粒子表面が人工胃液中に溶解する化学的消化が起きることも観察される。180 分間の *in vitro* 胃消化試験の後に、胃内容物の篩い分けを行う。幽門サイズと同程度の篩の目開き（2.36 mm）より小さい粒子の割合を求めることができる。

[成果の活用面・留意点]

1. GDS の利用により、胃のぜん動運動に駆動される食品粒子の消化挙動を評価することができる。
2. 胃モデル容器の透明な前後面を介して、*in vitro* 胃消化試験中における食品粒子の微細化挙動を詳細に観察することができる。
3. 投入する食品や消化液は任意で混合物でも良く、食品の量や大きさは加工・咀嚼条件に応じて変えられる。

[具体的データ]

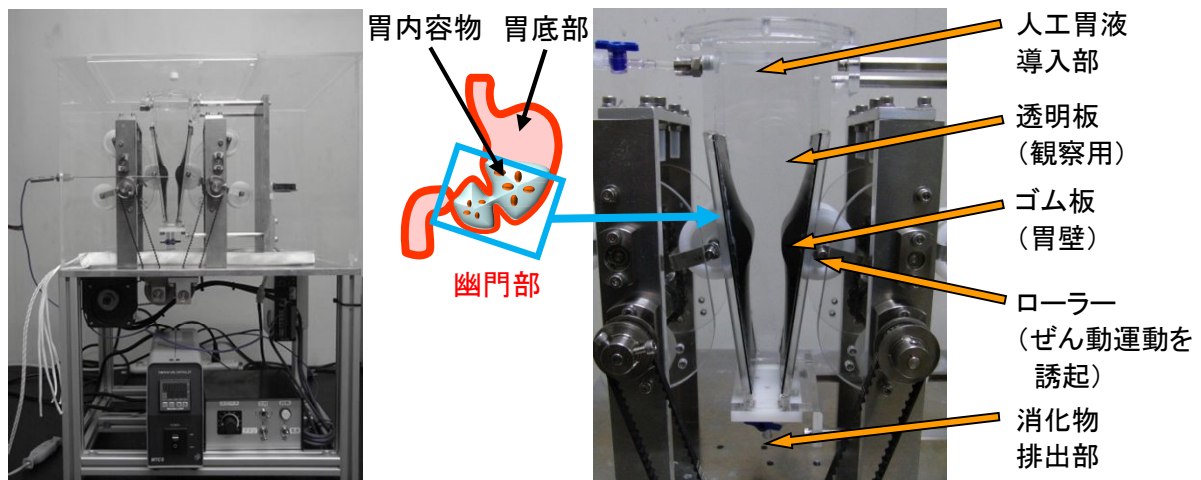


図 1 GDS の外観（左）と構造（右）

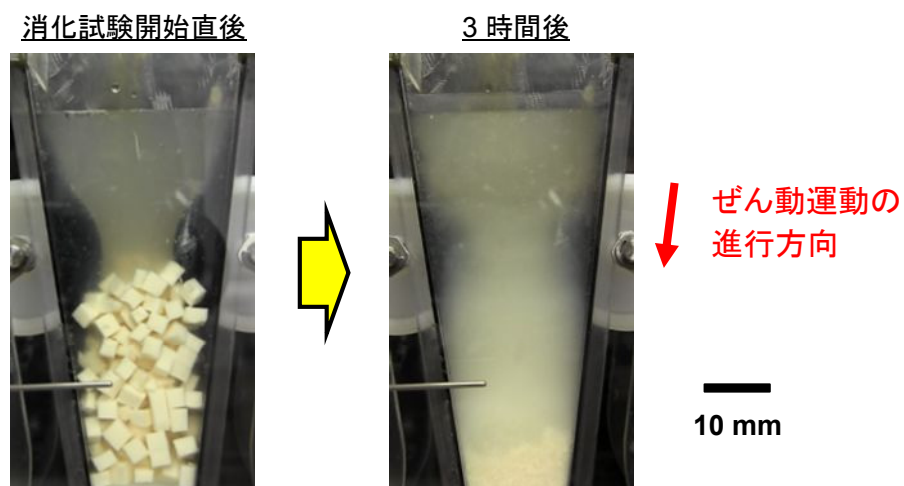


図 2 GDS を用いた絹ごし豆腐粒子の *in vitro* 胃消化挙動の観察結果

(小林功)

[その他]

中 課題名：食味・食感特性の評価法及び品質情報表示技術の開発

中課題番号：310d0

予算区分：交付金、民間団体の助成金

研究期間：2011～2013 年度

研究担当者：小林功、植村邦彦、市川創作（筑波大）、神津博幸（筑波大）

発表論文等：1) 小林ら「胃モデル装置」特願 2013-011949

2) Kozu H. et al. (2014) Food Sci. Technol. Res. 20(2) in press

[成果情報名] 摂食中のヒトの舌活動測定と測定値に基づくやわらかい食品物性の新規評価法

[要 約] 超音波画像診断装置等を用いて、摂食時の舌の力学特性、筋活動、運動等の測定値を得る。ヒト舌の力学特性に近い人工舌を組み込んだ機器測定により、舌で潰して食べられる食品か、あるいは歯で噛まなくてはならない食品かを容易に判定できる。

[キーワード] テクスチャー、食品ゲル、人工舌、超音波画像診断装置、筋電位

[担 当] 食品機能性・食味・食感評価技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品機能研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

食品のテクスチャー（食感）は美味しさを左右するだけでなく、安全に摂食できるか否かを決定する重要な因子である。高齢化が進む中、テクスチャーを制御した、いわゆる介護食品のニーズも高まっている。介護食品の力学特性として、歯で噛まずに舌で容易に潰せることが要求される場合が多いが、要介護者と食品を生産・供給する健常者とはテクスチャー感覚が異なるため、客観的な数値基準が必要とされている。

本研究は、介護食品等の食べやすいテクスチャーの食品を客観的に簡易に示す手法開発を目的としたものである。食品を自然に食べているヒトの生理学的測定値から、食べやすさに関わる因子を明らかにし、一般的な機器測定による食べやすさの評価を目指す。

[成果の内容・特徴]

1. ヒトの摂食中の筋活動は、表面筋電位でモニターできる（図1）。これまで主に測定されてきた咬筋等の閉口筋に加えて、開口や舌の動きを反映する舌骨上筋群の筋電位を測定する。被験者には、摂食開始時、嚥下時ごと、および終了時にボタンを押させる。
2. 筋電位は、第一嚥下の前後（図1のT1とT2）で異なるパターンとなる。T1ではリズムミカルな咬筋の活動が観察され、歯で咀嚼する時の筋活動が、T2では、主に、嚥下できる食塊を作るために舌が働く時の筋活動が示される。噛まずに舌と硬口蓋の間で押し潰して食べられるやわらかい食品では、T1期のパターンが見られない筋電図が得られる。
3. 外部からは見えない舌運動は、医療用超音波画像診断装置によりモニターできる（図2）。超音波の反射強度を輝度で示した通常のB（Brightness）モード画像で、舌の中央線を選ぶ。その線に沿った舌表面の超音波プローブからの距離の時間的変化をM（Motion）モードで解析し、最大変位、運動時間、速度等の舌運動測定値を得る。
4. 嚥下のタイミングは、超音波Mモード画像に嚥下音センサー出力を同時に記録するとわかる（図2）。食塊を口腔内の舌上から後方の咽頭部に送るため、嚥下時に現れる舌の上下運動は、食品物性と食塊量に影響される。
5. ヒトの舌の力学特性は、シート状の圧力センサーで測定する。食品を潰そうと力を入れた状態の舌は、力を抜いた状態より約10倍かたくなる。
6. ヒトの舌に近い力学的性質をもつソフトマテリアルを利用して人工舌を作成し、力学測定装置に組みこんだ試験を行う。舌で容易に押し潰せるやわらかい食品は人工舌上で壊れるが、歯で噛む必要のあるかたい食品は壊れない（図3）。

[成果の活用面・留意点]

1. 超音波法は、嚥下障害の診断に多用されるビデオフルオログラフィーと比較して、造影剤を入れない食品を試料にでき、被曝の危険性がなく、検査室や技師も不要という利点がある。
2. 咀嚼挙動解析の手法はどれも非侵襲であり、高齢者の摂食挙動評価にも応用できる。
3. 人工舌を用いた評価系は、試食しなくても、舌で潰して食べられるか否かが簡単に判定できるため、介護食品開発に活用できる。

[具体的データ]

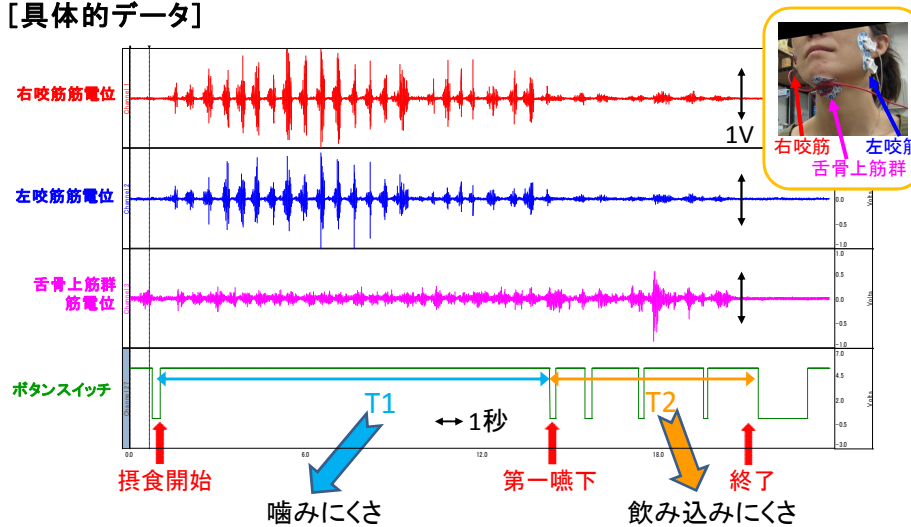


図1 一口大の食品ゲルを自由に摂食している時の筋電図
写真のように電極を配置する。被験者には嚥下ごとにボタンを押させている。

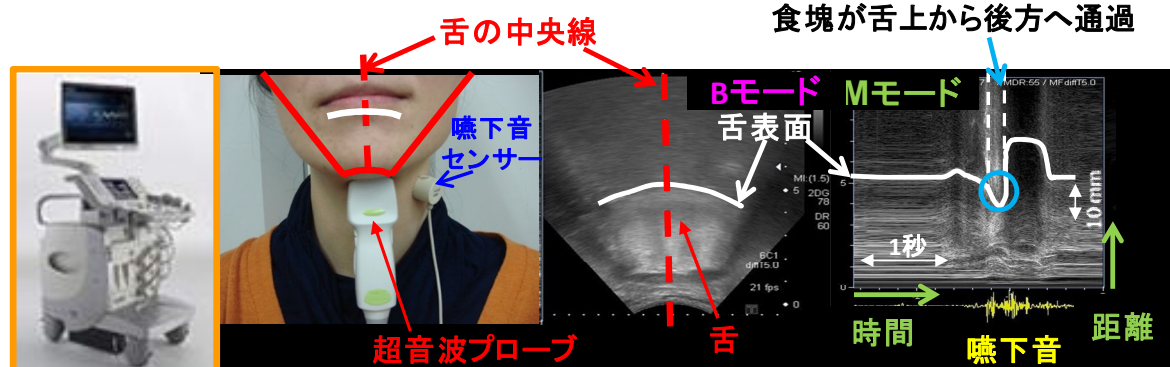


図2 超音波画像診断装置（左）を用いた摂食中の舌運動の測定

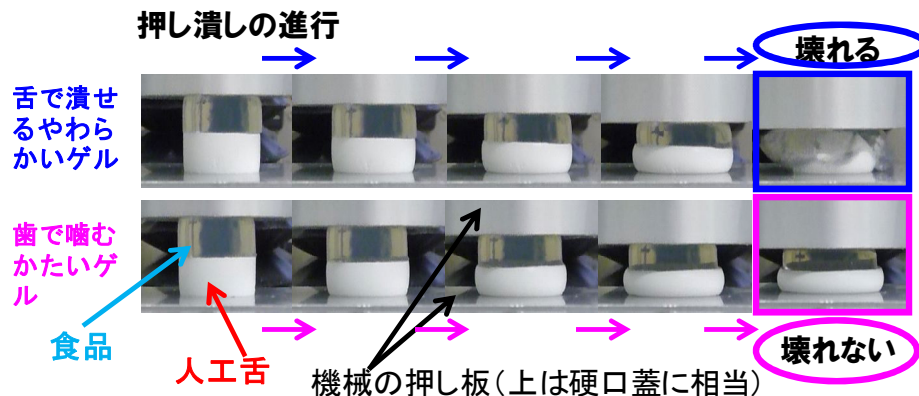


図3 ヒトの舌に近い力学特性をもつ人工舌の上での食品の圧縮試験

(神山かおる)

[その他]

中 課題名：食味・食感特性の評価法及び品質情報表示技術の開発

中課題番号：310d0

予算区分：実用技術開発、交付金

研究期間：2010～2013年度

研究担当者：神山かおる、早川文代、高智紅、西成勝好(大阪市大)、船見孝博(三栄源エフ・エフ・アイ)、石原清香(三栄源エフ・エフ・アイ)、中馬誠(三栄源エフ・エフ・アイ)、中尾(木子)理美(三栄源エフ・エフ・アイ)

発表論文等：1) Ishihara S. et al. (2011) J. Texture Stud. 42(4):254-267 2) Ishihara S. et al. (2013) J. Texture Stud. 44(2):104-114 3) Gao Z.H. et al. (2013) J. Texture Stud. 44(5):387-396 4) 神山ら「舌で押しつぶして食しやすい固形状食品の簡易評価法」特開 2013-64691

[成果情報名] 紅茶・烏龍茶および抹茶の標準化された客観的味強度評価法

[要 約] 紅茶・烏龍茶の苦味・渋味は、ポリフェノール類を標準物質とする味覚センサー法によって普遍性の高い強度値として示すことができる。抹茶のうま味・渋味強度評価には、試料溶液調製法を改良することによって通常のリーフ緑茶用の従来法が適用可能である。

[キーワード] 味覚センサー、標準化、紅茶、烏龍茶、抹茶

[担 当] 食品機能性・食味・食感評価技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品分析研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

食品の味を客観的に評価するために、市販の味覚センサー装置の利用が普及しつつある。しかし、ほとんどの場合、その測定値は実際の食品試料に対する相対値であり、普遍性の高いデータを獲得する事は困難である。この問題を解決するために、安価で容易に入手可能な化学物質を味の標準物質として用い、これまでに通常のリーフ緑茶のうま味と渋味について標準化された強度評価法を開発している。

本研究では、新たに紅茶と烏龍茶の苦味・渋味を標準化する方法を開発するとともに、上述の緑茶のうま味・渋味評価法を抹茶に応用し、評価手法の適用範囲の拡大を図る。

[成果の内容・特徴]

1. 紅茶・烏龍茶では、試料溶液中における苦味センサー（INSENT 社製 SB2C00 型）の膜電位変化量と、試料溶液中で渋味センサー（同社製 SB2AE1 型）に吸着した化学成分に起因する膜電位変化量を、それぞれ苦味と渋味の強さとする。
2. インド・スリランカ産の紅茶、中国・台湾産の烏龍茶の試料溶液は、茶葉 2.00 g を熱湯（純水）200 mL で 5 分間浸出させて調製する。
3. 紅茶・烏龍茶の苦味センサー出力値は 2.00 mM（基準点）と 0.500 mM の没食子酸エチル水溶液によって較正される。それらの渋味センサー出力値は 0.650 mM（基準点）と 0.260 mM のエピガロカテキン-3-O-ガレート（EGCg）水溶液によって較正される。味強度は、各標準物質の 20%濃度差に相当するセンサー出力値を一目盛りとする尺度上の値として示される。
4. 官能試験とセンサー結果の関係（図 1、2）から、味覚センサー出力に基づいて推定される紅茶・烏龍茶の苦味と渋味の各強度は、同一尺度上で比較が可能である（図 3）。
5. 抹茶の評価では、茶葉 2.00 g を熱湯（純水）200 mL で 5 分間浸出させた後、粉末茶葉を遠心分離で速やかに除去することによって試料溶液を調製し、リーフ緑茶用の従来法（<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2006/vegetea06-18.html>、<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2008/vegetea08-06.htm>）が適用できる。
6. 茶道用と食品材料用の市販抹茶に対して本法を用いると、用途別の茶の特徴を解析できる（図 4）。

[成果の活用面・留意点]

1. CTC 製法（Crush=押しつぶす、Tear=引き裂く、Curl=丸める工程を含む製法）で作られた抽出効率の高い紅茶等に対しては、試料溶液調製法の変更が必要である。
2. 緑茶の苦味評価に対する本法の適用可能性は未確認である。
3. 抹茶のうま味評価用試料溶液は、2%w/v のポリビニルポリピロリドンで 30 分間処理し、ポリフェノール化合物を除去する。
4. 本法によって数値化された味強度は、異なる測定者や測定日、測定場所で得られたデータ間でも比較できるため、味情報のグローバルなコミュニケーションが可能になる。

[具体的データ]

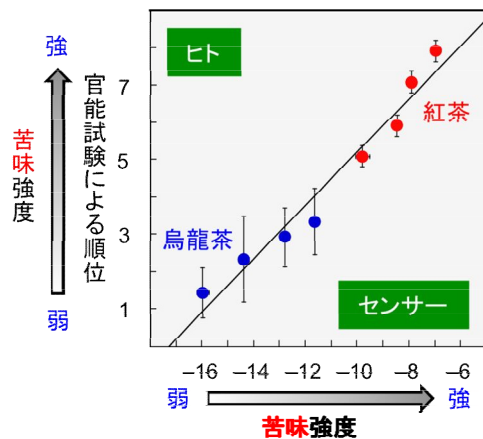


図1 紅茶・烏龍茶浸出液の苦味についての味覚センサーによる推定強度と官能試験の結果との関係 (エラーバーは標準偏差を表す)

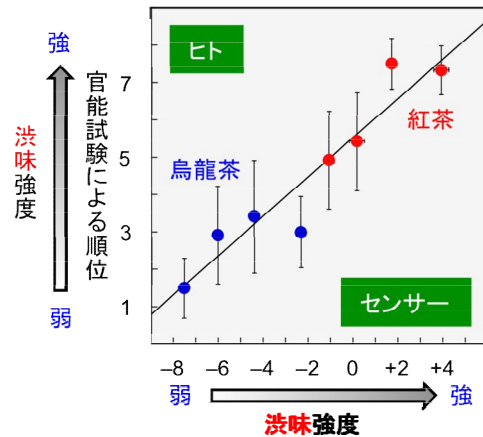


図2 紅茶・烏龍茶浸出液の渋味についての味覚センサーによる推定強度と官能試験の結果との関係 (エラーバーは標準偏差を表す)

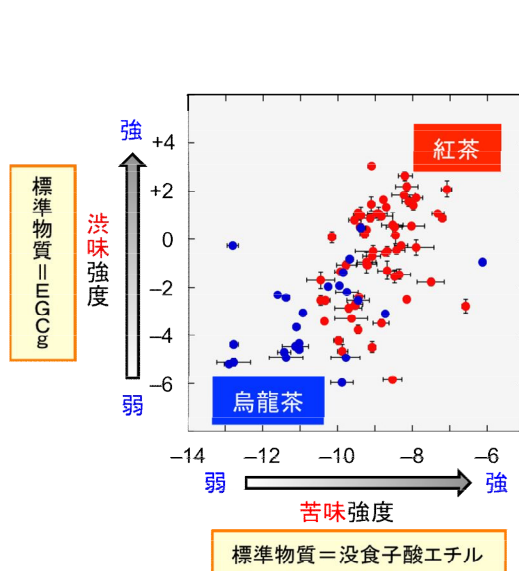


図3 紅茶と烏龍茶の苦味・渋味強度の解析例 (エラーバーは標準偏差を表す)

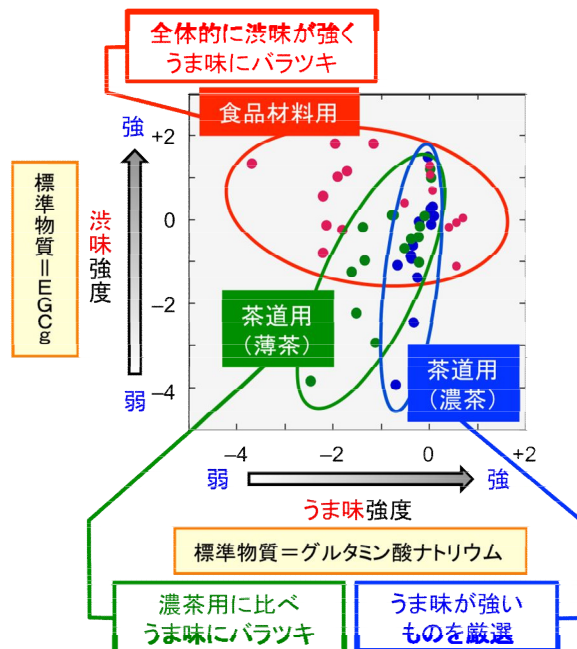


図4 用途の異なる市販抹茶のうま味・渋味強度の解析

(図1、2、3は発表論文1から、図4は発表論文2から修正して転載)

(林宣之、氏原ともみ)

[その他]

中課題名：食味・食感特性の評価法及び品質情報表示技術の開発

中課題番号：310d0

予算区分：交付金

研究期間：2011~2013年度

研究担当者：林宣之、氏原ともみ、陳栄剛 (INSENT)、入江和江 (INSENT)、池崎秀和 (INSENT)

発表論文等：1) Hayashi N. et al. (2013) Food Res. Int. 53(2):816-821

2) Ujihara T. et al. (2013) Food Sci. Technol. Res. 19(6):1099-1105

[成果情報名] ペチュニアにおける花の香気成分生産のメタボロームプロファイリング

[要約] ペチュニアの強香系統の花冠におけるグルコース-6-リン酸以降の代謝産物の濃度は、香気成分と同調した昼夜変化を示す。香気成分量の昼夜変化の発生には、基質濃度による芳香族化合物の生合成制御が関与している。

[キーワード] 香気成分、生合成制御、昼夜変化、ペチュニア、メタボローム

[担当] 加工流通プロセス・品質評価保持向上

[代表連絡先] 電話 029-838-6816

[研究所] 花き研究所・花き研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

ペチュニアの野生種の一つである *Petunia axillaris* の香気成分は芳香族化合物であり、その発散量は、昼多く夜少なくなる昼夜変化を有する。また、*P. axillaris* には、香りの強弱が異なる系統が存在する。香気成分の昼夜リズムおよび香りの強弱を制御する生合成段階を明らかにするために、*P. axillaris* の強香系統と弱香系統について花冠の代謝産物のメタボロームプロファイリングを行う。

[成果の内容・特徴]

1. 強香系統のスクロース、フルクトース、グルコースの濃度は夜間に増加しない。一方で弱香系統のそれらの糖の濃度は夜間高くなる昼夜変化を示す（図1）。
2. 強香系統については、グルコース-6-リン酸（G6P）以降の代謝産物の濃度は、香気成分と同調した昼夜変化を示す（図1）。
3. 弱香系統については、6-ホスホグリセリン酸（6PG）を含むいくつかの代謝産物とシキミ酸の下流の代謝産物の濃度は著しく低い（図1）。G6P から 6PG への代謝とシキミ酸の代謝が抑制されている。弱香系統の夜間の糖の蓄積は、それらの代謝の抑制が影響しているものと考えられる。
4. 香気成分量の昼夜変化の発生には、G6P 以降の各生合成段階での基質濃度による生合成制御が関与している。
5. 強香系統では、香気成分のメチル基供与体である S-アデノシルメチオニン（SAM）の濃度は昼多く夜少なくなる変化を示す一方で、他の SAM 回路の構成化合物である S-アデノシル-L-ホモシステインとメチオニンは、香気成分と同じ昼少なく夜多くなる変化を示す（図1）。SAM 回路の化合物濃度もまた、メチル基受容体の基質濃度に影響を受けている。

[成果の活用面・留意点]

1. 花の芳香気成分生産制御には、基質濃度の貢献が高い。
2. 花の香気成分の発散調節には、糖代謝という生合成の初期の段階からの制御の有効性が期待できる。

[具体的データ]

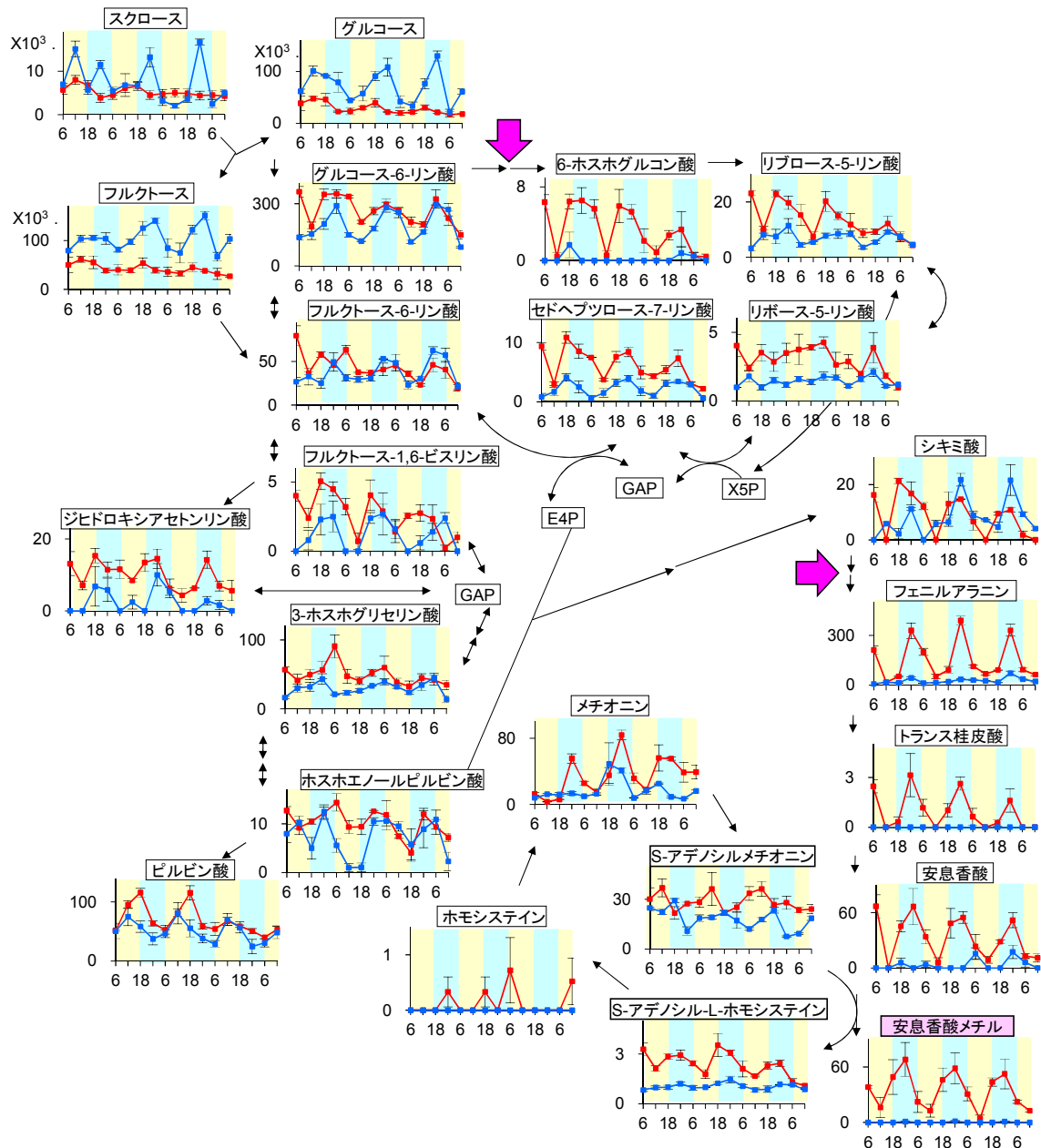


図1 ペチュニアの香り成分生産のメタボロームプロファイリング

赤：強香系統、青：弱香系統。黄色：明期、水色：暗期。□：香り成分。➡：弱香系統にて代謝が抑制されている部位。単位は nmol gFW⁻¹。開花後 2 日目より 6 時間おきに採取。E4P (エリトローズ-4-リン酸)、GAP (グリセルアルデヒド-3-リン酸)、X5P (キシルロース-5-リン酸) は非検出。

(大久保直美、中山真義)

[その他]

中 課題名：農畜産物の品質評価・保持・向上技術の開発

中課題番号：330a0

予算区分：交付金

研究期間：2008～2012 年度

研究担当者：大久保直美、酒井友幸（山形農総セ園研）、安藤敏夫（千葉大園芸）、中山真義、曾我朋義（慶応大生命先端研）

発表論文等：Oyama-Okubo N. et al. (2013) Phytochemistry 90: 37-42

[成果情報名] チューリップの香気成分解析と香りの分類

[要 約] チューリップの香気成分はモノテルペン、セスキテルペン、脂肪族化合物、および鎮静効果があるとされる 3,5-ジメトキシトルエンを含む芳香族化合物である。主要香気成分の割合と生花の官能評価から、チューリップの香りは9種類に分類される。

[キーワード] 官能評価、香気成分解析、3,5-ジメトキシトルエン、チューリップ

[担 当] 加工流通プロセス・品質評価保持向上

[代表連絡先] 電話 029-838-6801

[研 究 所] 花き研究所・花き研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

チューリップの花の香りの質は、カンキツ様の香り、ハチミツ様の香り、青臭い香りなど、バラエティに富んでいる。しかし、チューリップの香りはバラやユリなど芳香が認識されている花きの香りに比べ弱いいため、一般には浸透してない。また、チューリップは香料として利用された経緯がないことから、香気成分の分析例はほとんどない。そこで、香りに特徴のある51品種のチューリップの香気成分をGC-MSを用いて解析し、チューリップの香りの質の多様性を化学的に明らかにする。さらに、香りをチューリップの新たな魅力として提案するために、チューリップの香りを香気成分解析結果と生花の官能評価により分類する。

[成果の内容・特徴]

1. チューリップの主要香気成分は、5つのモノテルペン（ユーカリプトール、リナロール、*d*-リモネン、トランス- β -オシメン、 α -ピネン）、4つのセスキテルペン（カリオフィレン、 α -ファルネセン、ゲラニルアセトン、 β -イオノン）、6つの芳香族化合物（アセトフェノン、ベンズアルデヒド、ベンジルアルコール、3,5-ジメトキシトルエン、サリチル酸メチル、2-フェニルエタノール）、5つの脂肪族化合物（オクタナール、デカナール、2-ヘキサナール、シス-3-ヘキサノール、シス-3-酢酸ヘキセニル）である（図1）。
2. 主要香気成分の割合と生花の官能評価から、チューリップの香りは、アニス（甘さとスパイシー感のある外国のお菓子のような香り）、ウッディ（木質系の香り）、グリーン（青臭い香り）、シトラス（オレンジなど柑橘系の香り）、スパイシー（薬のようなスパイス様の香り）、ハーバル（ハーブのような香り）、ハーバル・ハニー（ハーブ様からハチミツ様の香りに変化）、フルーティ（ベリーやリンゴなどフルーツの香り）、ローズィ（バラ様香り）の9種類に分類される（図1）。それらの香りを特徴づける成分は、図1に示すとおりである。
3. スパイシーに分類されたチューリップの主要香気成分である3,5-ジメトキシトルエンは鎮静効果があるとされ、「黄小町」、「カプリ」などに多く含まれる（図1）。

[成果の活用面・留意点]

1. チューリップを販売する際、香りのアピールに活用できる。
2. 芳香性育種のための指標となりうる。例えば2-フェニルエタノールに由来するバラ様の香りを育種目標とする場合には、「ダイアナ」と「モントルー」、あるいは2-フェニルエタノールを含む「モンテカルロ」などハーバル・ハニーに分類された品種を組み合わせる。

[具体的データ]

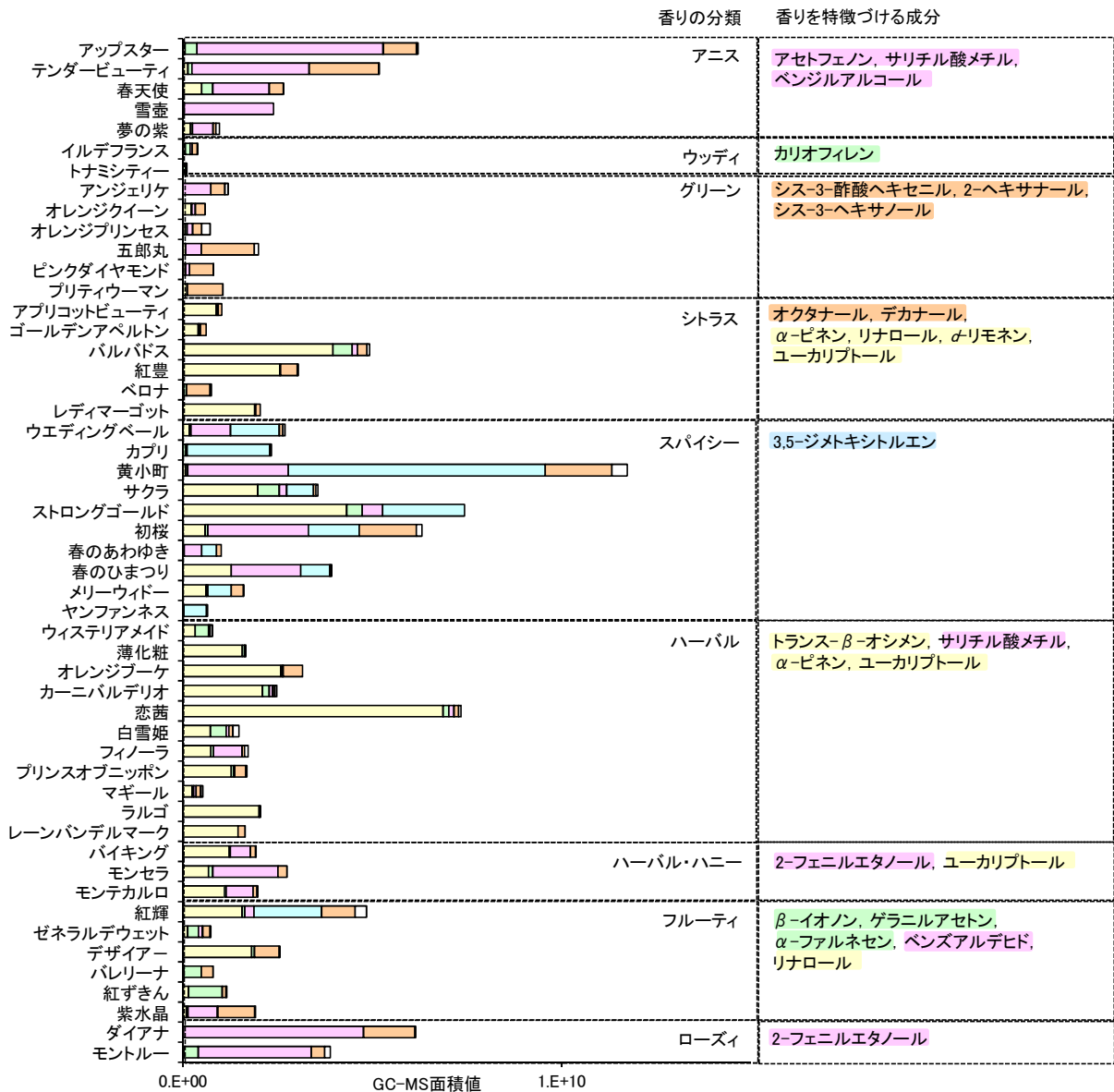


図1 チューリップの花の発散香気成分と香りの分類および香りの特徴づける成分
 ■モノテルペン, ■セスキテルペン, ■芳香族化合物(除 3,5-ジメトキシトルエン),
 ■3,5-ジメトキシトルエン, ■脂肪族化合物, □その他.

(大久保直美)

[その他]

中課題名：農畜産物の品質評価・保持・向上技術の開発

中課題番号：330a0

予算区分：農食事業

研究期間：2011～2013年度

研究担当者：大久保直美、辻俊明（富山農水総七園研）

発表論文等：Oyama-Okubo N. and Tsuji T. (2013) J. Japan. Soc. Hort. Sci. 82: 344-353

[成果情報名] 乳酸菌由来カロテノイドは乳酸菌のマルチストレス耐性向上に利用できる

[要 約] *Enterococcus gilvus* から分離したカロテノイド生合成遺伝子 *crtNM* を発現させることで、カロテノイドを生産することができる。カロテノイド生産によって、乳酸菌のマルチストレス耐性（過酸化水素・低 pH・胆汁酸・リゾチームに対する耐性）が向上する。

[キーワード] 乳酸菌、カロテノイド、遺伝子発現、マルチストレス、ストレス耐性向上

[担 当] 加工流通プロセス・品質評価保持向上

[代表連絡先] 電話 054-369-7110

[研 究 所] 畜産草地研究所・畜産物研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

乳酸菌は食品製造過程や消化管内において、酸化ストレスや酸・消化酵素によるストレスを受け、乳酸菌の活性および有用な機能性等が低下する。そのため、乳酸菌にストレス耐性を付与する技術開発が求められており、乳酸菌のストレス耐性機構を利用した乳酸菌の育種が行われている。また、ストレス耐性機構の構成因子である抗酸化物質は、動物の腸内酸化ストレスを軽減することも報告されており、乳酸菌のストレス耐性機構の研究は産業利用上重要である。

本研究では、乳酸菌のストレス耐性に着目し、カロテノイドの機能を明らかにする。乳酸菌がカロテノイドを生産することは報告されているが、乳酸菌由来カロテノイドの機能はまったくわかっていない。しかしながら、植物が生産するカロテノイドと同様に、宿主の酸化ストレス耐性等に関与していることが予想された。そこで、カロテノイド生合成遺伝子を単離し、カロテノイド非生産菌で強制発現させることで、カロテノイドが乳酸菌のストレス耐性に与える影響を明らかにし、カロテノイド生産乳酸菌の産業的な利用価値を見出す。

[成果の内容・特徴]

1. カロテノイドを生産する乳酸菌はウシ生乳からすでに分離している。16S rRNA 解析により *Enterococcus gilvus* に分類される（CR1 株、アクセッションナンバー：AB742448）。
2. *E. gilvus* から単離したカロテノイド生合成遺伝子は、プロモーター領域を含む *crtN* および *crtM* 遺伝子群から構成される（図 1）（アクセッションナンバー：AB742449）。
3. 当該遺伝子をカロテノイド非生産性乳酸菌に導入・発現させることで、カロテノイド *diaponeurosporene* が生産され、菌体が黄色化する（図 2）。
4. カロテノイドを生産させることで、 H_2O_2 （酸化ストレス）、酸・胆汁酸（消化管内でのストレス）、リゾチーム（溶菌酵素）に対する乳酸菌のマルチストレス耐性が向上する（図 3）。

[成果の活用面・留意点]

1. 単離したプロモーターを含むカロテノイド生合成遺伝子は、カロテノイド生産に利用できる。
2. 乳酸菌由来カロテノイドは乳酸菌のマルチストレス耐性向上に利用できる。
3. 当該作用のメカニズムの解明が必要である。

[具体的データ]

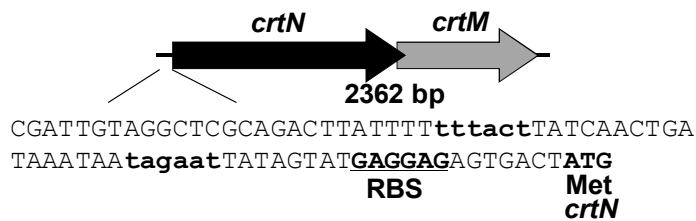


図1. *Enterococcus gilvus* から Inverse PCR 法を用いて単離したカロテノイド生合成遺伝子 *crtN* と *crtM*。生合成遺伝子上流には、ribosomal binding site (RBS) とプロモーター領域が存在。

MG1363 (pRH100) (pRC)



図2. カロテノイド非発現株 MG1363(pRH100)および発現株 MG1363(pRC)の菌体懸濁液。カロテノイド生合成遺伝子 *crtNM* を、シャトルベクターpRH100に導入してカロテノイド発現ベクターpRCを作製し、pRCをカロテノイド非生産株 *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* MG1363に導入した。

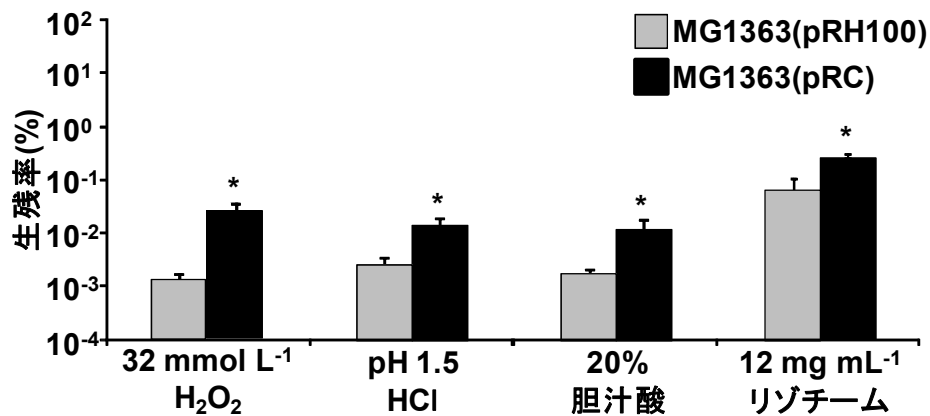


図3. カロテノイド非発現株 MG1363(pRH100)と発現株 MG1363(pRC)の各ストレス処理 (37°C、90 分間)における生残率。なお、非ストレス存在下をコントロールとし、生残率(%)=(ストレス存在下の菌数÷非ストレス存在下の菌数)×100で算出した(n=3)。*: p<0.05 有意差あり (Student's t-test による)。

(萩達朗)

[その他]

中課題名：農畜産物の品質評価・保持・向上技術の開発

中課題番号：330a0

予算区分：交付金

研究期間：2011～2013 年度

研究担当者：萩達朗、小林美穂、野村将

発表論文等：1)萩ら「カロテノイド生合成遺伝子発現による乳酸菌の環境ストレス耐性向上技術」特願 2013-036597

2)Hagi T. et al. (2013) Folia Microbiol. 58 (6):515-522

3)Hagi T. et al. (2013) J. Appl. Microbiol. 114(6):1763-1771

【成果情報名】 ウシ半腱様筋および咬筋の microRNA 発現プロファイル

【要 約】 ウシ半腱様筋（そとももの一部）および咬筋（ほほにく）では、牛肉質に影響する遺伝子発現調節因子 microRNA の発現プロファイルが異なる。両筋で計 192 種の microRNA が発現し、このうち miR-196a/b および miR-885 は半腱様筋でのみ発現する。

【キーワード】 ウシ、骨格筋、次世代シーケンサー、microRNA、網羅的解析

【担 当】 加工流通プロセス・品質評価保持向上

【代表連絡先】 電話 029-838-8611

【研 究 所】 畜産草地研究所・畜産物研究領域

【分 類】 研究成果情報

【背景・ねらい】

microRNA は長さ 22 塩基長程度（成熟型）の翻訳調節機能をもつ RNA であり、ウシでは現在 783 種の成熟型がデータベースに登録されている。microRNA の成熟型はタンパク質との複合体を形成し、標的 mRNA が分解や翻訳阻害される際に mRNA の配列を認識する役割を果たす。近年、骨格筋の発生を調節する microRNA が報告されている。

骨格筋は収縮に必要な ATP の生産を解糖系に依存する速筋型と、ミトコンドリア内酸化的リン酸化に依存する遅筋型の 2 種に大別される。ウシでは速筋型の半腱様筋と遅筋型の咬筋の間でタンパク質や代謝物質等の構成が異なり、このことが保水性等の肉質に部位間差をもたらしている。骨格筋構成成分の含有量は遺伝子発現の変化によって大きく変動するため、microRNA の発現が食肉構成成分の変動に影響すると考えられる。そこで本研究では、肉質の異なる両筋間で microRNA の網羅的発現解析を行い、発現プロファイルの違いを明らかにする。

【成果の内容・特徴】

1. 骨格筋に発現する microRNA の配列は、黒毛和種牛（去勢、28 ヶ月齢）3 頭の骨格筋試料（半腱様筋（そとももの一部）および咬筋（ほほにく））から市販キットにより調製した small RNA を含む total RNA を試料とし、次世代 DNA シーケンサー（Illumina Genome Analyzer II）により網羅的に決定、カウントされたものである。
2. 骨格筋 microRNA 発現プロファイルは、網羅的に決定された配列データから、以下の条件で得られたものである。すなわち、（1）18-45 塩基長の配列のみについて、microRNA 以外の配列情報を除去した後に microRNA のデータベース miRBase (<http://www.mirbase.org/>) で既知配列との照合を行う。（2）各 microRNA について、それぞれの最頻配列を決定する。（3）配列毎のカウント数を発現量とした定量結果を試料間で 75 パーセントイルにより正規化する。
3. ウシ骨格筋には計 192 種の既知 microRNA のほか、新規候補 microRNA が存在する。
4. 網羅的発現解析用の統計的有意差検定プログラム DESeq による網羅的定量比較の結果によれば、各筋で有意に高く発現する microRNA が計 10 種存在する（擬陽性確率 < 0.05、表 1）。
5. miR-196a/b および miR-885 は半腱様筋に特異的に発現する（表 1）。網羅的定量比較の結果は、定量的 PCR で得られる代表的な microRNA の発現傾向と一致し、今回の microRNA 発現プロファイルとその比較方法が妥当であるといえる（図 1）。

【成果の活用面・留意点】

1. 得られた microRNA プロファイルは、牛肉の部位を特徴づけるマーカー開発や、品質差を解明する研究基盤として活用可能。
2. 次世代 DNA シーケンサーによるカウント数を発現定量に用いる際は、データの信頼性確保のため、少なくとも全解析検体のうち 3 試料でカウント数 5 以上の配列のみを対象とするなど、一定の基準を設ける必要がある。

[具体的データ]

表1. ウシ骨格筋2部位(半腱様筋と咬筋)に発現するmicroRNA
 青字は半腱様筋に多い種、赤字は咬筋に多い種

MicroRNA	平均リード数 (n=3)		擬陽性確率
	半腱様筋 (そとももの一部)	咬筋 (ほほにく)	
bta-miR-196a	1,353	0	2.52E-21
bta-miR-885	536	0	1.47E-15
bta-miR-196b	399	1	1.35E-13
bta-miR-185	69	694	5.14E-06
bta-miR-486	16,258	2,688	1.31E-05
bta-miR-10b	49,348	10,480	7.51E-05
bta-miR-365-3p	13,252	3,065	0.0010
bta-miR-155	39	194	0.0022
bta-miR-193b	13,574	3,513	0.0027
bta-miR-504	317	48	0.0048
bta-miR-1	1,918,437	602,618	0.0577

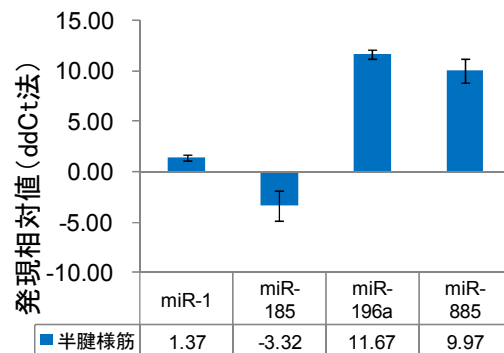
半腱様筋に
限定的

計192種の既知配列
と計20種の新規候
補配列が得られた。

bta-はウシの microRNA であることを表す。参考までに骨格筋特異的な miR-1 も記載。

図1. 定量的PCRによる、半腱様筋におけるmicroRNAの発現相対値(ddCt法で咬筋=0とした)

相対的発現傾向は、次世代シーケンサーでカウントされたリード数の結果(表1)と合致した。miR-1は筋肉形成に重要で発現量の多いmicroRNA。



(室谷進)

[その他]

中 課 題 名 : 農畜産物の品質評価・保持・向上技術の開発

中課題番号 : 330a0

予 算 区 分 : 科研費、交付金

研 究 期 間 : 2010~2013 年度

研究担当者 : 室谷進、谷口雅章、柴田昌宏、大江美香、尾嶋孝一、中島郁世、千国幸一

発表論文等 : Muroya S, et al. (2013). J Anim Sci. 91(1):90-103

[成果情報名] 消費者は「かみ切りやすく」かつ「変形しやすい」牛肉をやわらかいと感じる

[要約] 消費者が「やわらかい」と評価する牛肉の食感は、客観的には「かみ切りやすく」かつ「変形しやすい」食感である。さらに、消費者は、牛肉のやわらかさを判断する際に「かみ切りやすさ重視群」と「変形しやすさ重視群」に分類できる。

[キーワード] 牛肉、消費者、やわらかさ、評価

[担当] 加工流通プロセス・品質評価保持向上

[代表連絡先] 電話 029-838-8611

[研究所] 畜産草地研究所・畜産物研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

「やわらかさ」は日本の消費者が牛肉に求める重要な品質の一つであり、その改善と評価、表示が求められている。しかし、「やわらかさ」という言葉は一意ではない可能性があり、品質改良目標や評価指標とするためにはより客観性を担保する必要がある。これまでに牛肉において「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」は異なる食感であり、分けて評価すべきことが明らかにされている。そこで、消費者が感じる牛肉の「やわらかさ」と、客観的な「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」の関係を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 本成果は、分析型官能評価により「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」を客観的かつ定量的に評価した4種類の牛肉サンプルを用いた結果である。
2. 107名の一般消費者(表1)に評価させた上記サンプルの「やわらかさ」を目的変数とし、分析型官能評価による「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」を独立変数として重回帰分析すると、消費者が感じる「やわらかさ」は、「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」と有意に相関する($P<.001$ 、図1(A))。消費者は「かみ切りやすく」かつ「変形しやすい」牛肉を「やわらかい」と判断していることがわかる。
3. 消費者は、「やわらかさ」評価の結果からクラスター解析すると2タイプに分類可能である。第1群(かみ切りやすさ重視群)の「やわらかさ」評価は「かみ切りやすさ」のみと関係がある($P<.001$ 、図1(B))。一方、第2群(変形しやすさ重視群)の「やわらかさ」評価は「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」の両方と関係がある($P<.001$ 、図1(C))。
4. アンケート調査の結果より(図2)、「かみ切りやすさ重視群」「変形しやすさ重視群」の間では牛肉に対して「噛みしめる感じ」を求める度合いが異なる。

[成果の活用面・留意点]

1. より多くの消費者が「やわらかい」と感じる牛肉を生産するためには、「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」の両方を改善する必要がある。
2. 食肉の「やわらかさ」評価および表示において、「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」を指標とすることができる。
3. 本成果における「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」の範囲は、ホルスタイン去勢牛サーロインを内部温度50℃、60℃、72℃、92℃まで加熱して調製した4種の牛肉サンプルの範囲内に限定され、この範囲を大きく外れた食肉における消費者の「やわらかさ」評価は別途検討が必要である。

[具体的データ]

表 1 消費者型パネリストの人数

人数(人)		
年齢層	性別	
	女性	男性
20-29	12	11
30-39	11	12
40-49	10	10
50-59	10	11
60-	10	10

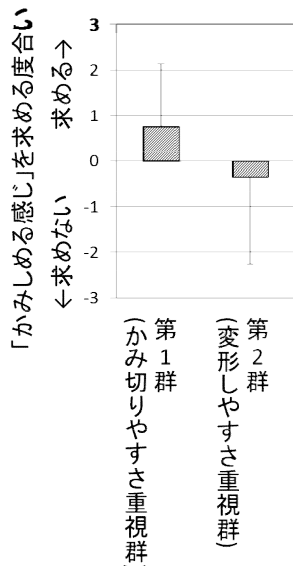


図 2. 2 種類の消費者群における牛肉に対する「かみしめる感じ」を求める度合い (値は平均値±標準偏差、両群間に有意差あり (P<.05))

[その他]

中 課題名 : 農畜産物の品質評価・保持・向上技術の開発

中課題番号 : 330a0

予算区分 : 交付金、科研費

研究期間 : 2009~2013 年度

研究担当者 : 佐々木啓介、本山三知代、成田卓美、萩達朗、尾嶋孝一、大江美香、中島郁世、橋内克弘、室谷進、野村将、千国幸一

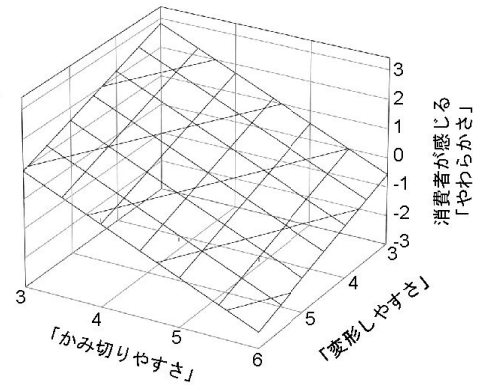
発表論文等 : 1)Sasaki K. et al. (2013) Asian-Aust. J. Anim .Sci. 26: 1490-1495

2) Sasaki K. et al. (2014) Meat Sci. 96: 994-1002

(A) 全消費者 (107名)

$$\text{やわらかさ} = 8.11 + (-1.13) \times \text{かみ切りやすさ} + (-0.63) \times \text{変形しやすさ}$$

$$R = 0.193 (P < .001)$$

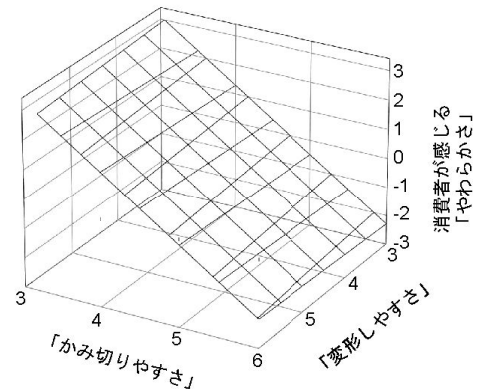


(B) 第1群 (56名)

「かみ切りやすさ重視群」

$$\text{やわらかさ} = 8.21 + (-1.79) \times \text{かみ切りやすさ}$$

$$R = 0.389 (P < .001)$$



(C) 第2群 (51名)

「変形しやすさ重視群」

$$\text{やわらかさ} = 8.00 + (-0.41) \times \text{かみ切りやすさ} + (-1.42) \times \text{変形しやすさ}$$

$$R = 0.251 (P < .001)$$

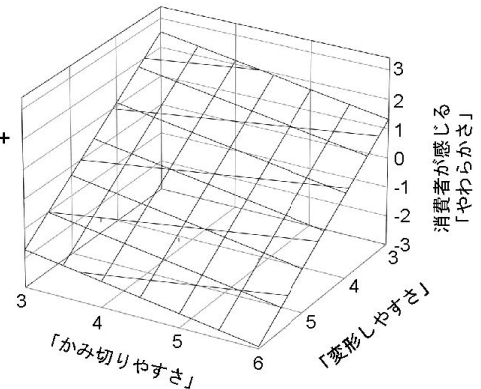


図 1. 4 種の牛肉サンプルに対して消費者が感じる「やわらかさ」評価と分析型官能評価による「かみ切りやすさ」「変形しやすさ」評価との関係

(佐々木啓介、本山三知代)

[成果情報名] 米粉パン特有のテクスチャーを回復率や伸長率の測定によって数値化する

[要 約] 変形率 80%まで圧縮した際のクラムの回復率や貫通試験によって得られた荷重曲線の破断点後の傾きが、米粉パン特有の噛んだ時の食感に關与する指標として使用できる。パンの老化とともにこれらの数値は変動するので、老化の指標としても利用できる。

[キーワード] 米粉パン、テクスチャー、老化、回復率、貫通試験

[担 当] 加工流通プロセス・食品高付加価値化

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品機能研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

米粉を配合したパン（米粉パン）は小麦粉 100%のパンとは異なる独特なテクスチャーをもつことが知られており、「もちもちとした食感」等の表現がよく使われている。この独特なテクスチャーは複合的な要素をもつため、総合的な評価よりはそのテクスチャーの各構成要素を機器測定によって客観的な数値として示すことが、米粉パンのテクスチャー評価法として有効である。そこで、米粉を配合することによって生じるユニークなテクスチャーの構成要素を多面的な機器測定で明らかにし、米粉パンの品質制御・改良やパンの老化の指標として使用できる客観的なパラメータを提示することを目的とする。

[成果の内容・特徴]

1. 大変形下（変形率 80%）での圧縮試験を 2 回繰り返した時のクラムの厚さの比率を回復率として測定した結果、小麦粉 100%のパンに比べると米粉パンの回復率は顕著に低く、焼成 1 日目まではアミロース含量の少ない米粉を配合したパンほど回復率が低い（図 1）。米粉をパンに配合することによってクラムの組織の内部結着力が高まり、圧縮した時の戻りにくさが独特の食感につながっていると推察される。また、そのクラムの戻りにくさの特徴は米粉のアミロース含量が低いほど増強される。
2. 小麦粉 100%のパンでは回復率の経時変化はほとんど見られないが、米粉パンでは保存にともない増加する傾向が認められたため、米粉パン特有の老化の指標として有効である（図 1）。
3. クラムの中心部を球型のプランジャーが貫通することによって抽出できる伸びる過程での破断特性に米粉パン特有の特徴が見られ、破断点後の伸長率が小麦粉 100%のパンより高い傾向が認められる（図 2）。
4. 貫通試験に球型のプランジャーを使用することによって、米粉パンの老化にともなう伸長率の減少、および破断荷重値の減少（もろさの増加）が観察できる（図 3）。貫通試験で測定した伸長率の経時変化の傾きから老化速度をもとめると、小麦粉パンよりも米粉パンの方が速い。
5. パンの引っ張り試験は試料を固定した箇所が破断しやすいため、過去の測定例が少ないが、ピザ用の突き刺しタイプの固定治具を用いることによって、各種パンの特徴を明らかにできる。焼成日は米粉パンのクラムの伸長率が小麦粉パンよりも高く、さらに米粉のアミロース含量が低下するに従い、伸長率が増加する傾向が見られる（図 4）。

[成果の活用面・留意点]

1. 米粉パン特有の食感に關与しているクラムの内部結着力による戻りにくさや、伸びる感覚が客観的な数値として示せる評価法を確立したことによって、パンの品質改良や米粉の品種改良にこれらの評価法の活用が期待される。また、従来の老化の指標である「かたさ」の変化だけではなく、米粉パンの品質を多面的に測定することができる。
2. 引っ張り試験に関しては、試料を固定した箇所が破断しやすいため、クラムの密度が高い部分に固定治具のピンを突き刺すと、測定安定化が図られる。

[具体的データ]

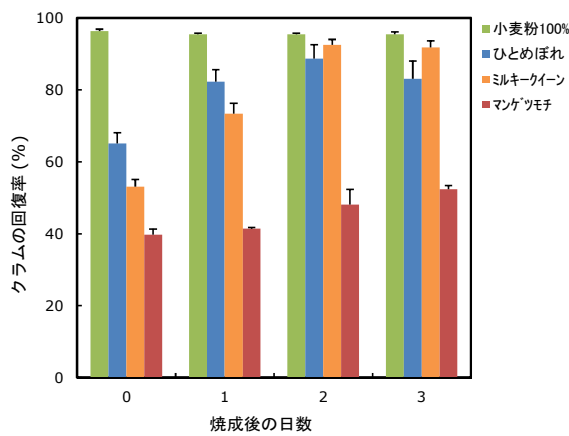


図1. 圧縮試験による回復率の比較

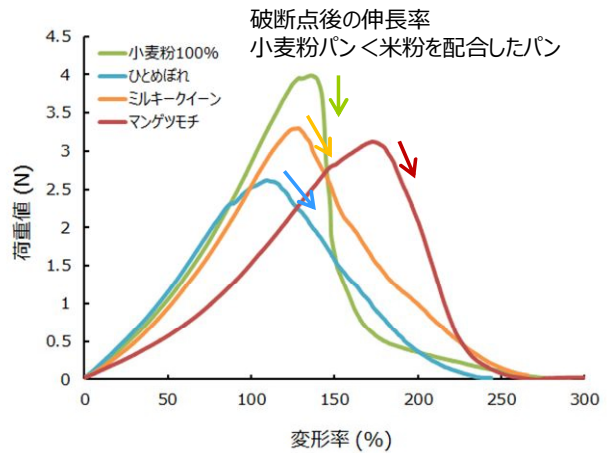


図2. 貫通試験による荷重-変形率 (伸長率) 曲線

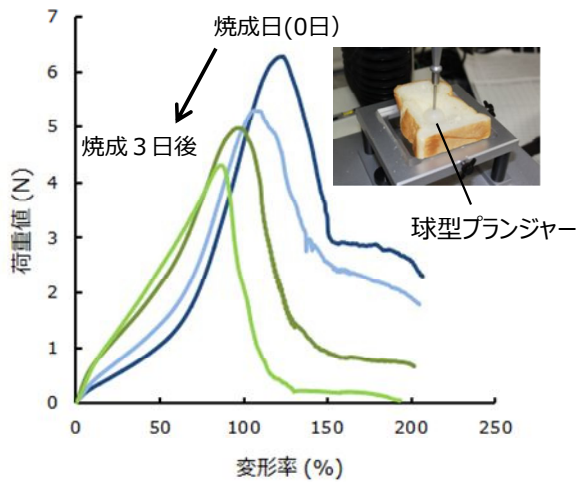


図3. 貫通試験による荷重-変形率 (伸長率) 曲線の経時変化

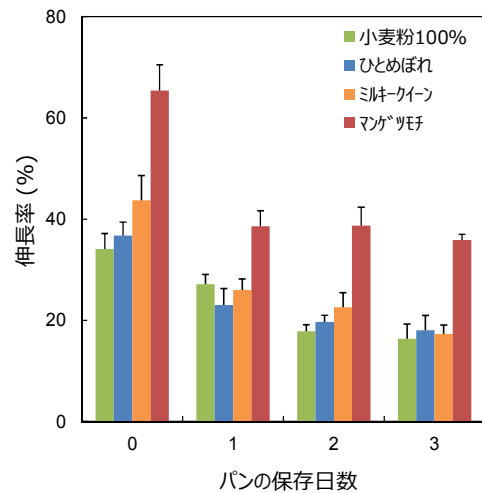


図4. 引っ張り試験による伸長率の比較

(佐々木朋子)

[その他]

中 課題名 : 食品及び食品素材の高付加価値化技術の開発
 中課題番号 : 330b0
 予算区分 : 委託プロ (米粉プロ)、交付金
 研究期間 : 2010~2013 年度
 研究担当者 : 佐々木朋子、奥西智哉
 発表論文等 : 1) Sasaki T. et al. (2014) Cereal Chem. 91(2): 146-151.

[成果情報名] 脂質による脂溶性機能成分の生体利用性向上

[要 約] 食品中の脂溶性機能成分には生体利用性が低いものが多い。本研究では消化シミュレーションやヒト腸管モデル細胞を使った評価系により、種々の脂質が機能成分の可溶化過程及び腸管細胞による吸収過程において生体利用性を向上させる特性を持つ事を明らかにする。

[キーワード] カロテノイド、混合ミセル、脂質、生体利用性、Caco-2

[担 当] 加工流通プロセス・食品素材高付加価値化

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品素材科学研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

野菜・果物中の代表的な脂溶性機能成分であるカロテノイドは生体利用性が低い。消化の過程でカロテノイドは、食品マトリックスから遊離、摂取した脂質中に溶解、胆汁により消化液中に分散、さらに膵液の働きによって混合ミセル中に可溶化される。混合ミセルは胆汁酸、モノアシルグリセロール、脂肪酸、リン脂質、コレステロールから成り、ここではじめて腸管細胞による吸収が可能となる（図1）。一般に油（単純脂質）で調理することで食品脂溶性機能成分の吸収は高まると言われる。本研究では、機能性成分の生体利用性向上を図るため、カロテノイドの可溶化・吸収における単純脂質、リン脂質や糖脂質等の複合脂質を含めた様々な脂質の役割を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 試験管消化試験は、様々な野菜や果物中の機能性成分の可溶化に及ぼす、脂質等の食品成分の影響を調べることができる。本研究では人参中に含まれるβ-カロテンの可溶化に及ぼす様々な脂質の影響を検討する（図2）。人参中のβ-カロテンは脂質無添加では可溶化率は低いが、大豆油、大豆レシチン（リン脂質を多く含む）、ショ糖脂肪酸エステルの添加により大きく増加する。単純脂質同様に複合脂質はカロテノイドの可溶化を促進して生体利用性を高める可能性を示している。
2. 消化の過程で脂質は加水分解され、混合ミセルを構成する成分にもなるため、機能成分の吸収にも影響を与えることが予想される。Caco-2 ヒト腸管モデル細胞を用いて、混合ミセルに可溶化したカロテノイドの吸収における脂質加水分解物の影響を調べる（図3）。混合ミセルへのリゾリン脂質(A)、モノアシルグリセロ糖脂質(B)の添加は、腸管細胞によるカロテノイドの取込量を著しく高める。脂質は、カロテノイドの可溶化だけでなく、吸収をも高めて生体利用性を向上させる特性を有する。

[成果の活用面・留意点]

1. 脂質の効果は、カロテノイド以外の栄養・機能成分にも適用できると考えられる。例えば、脂溶性ビタミンD、E、Kの他、ケルセチン等の水難溶性の成分においても同様の効果が期待できる。
2. 脂質には摂取カロリー増加の懸念があるが、機能性成分の生体利用性向上には重要である。
3. グリセロ糖脂質は葉物野菜等を通じて日常的に摂取されているが、食品素材としては利用されていない。グリセロ糖脂質の吸収率は低いと考えられており、低カロリーで生体利用性を高める新素材としての高度利用が期待できる。
4. これらの知見に基づいた脂質との食べ合わせ、調理、加工等を工夫することにより、通常の食事下での栄養・機能成分の生体利用性向上が図れる。

[具体的データ]

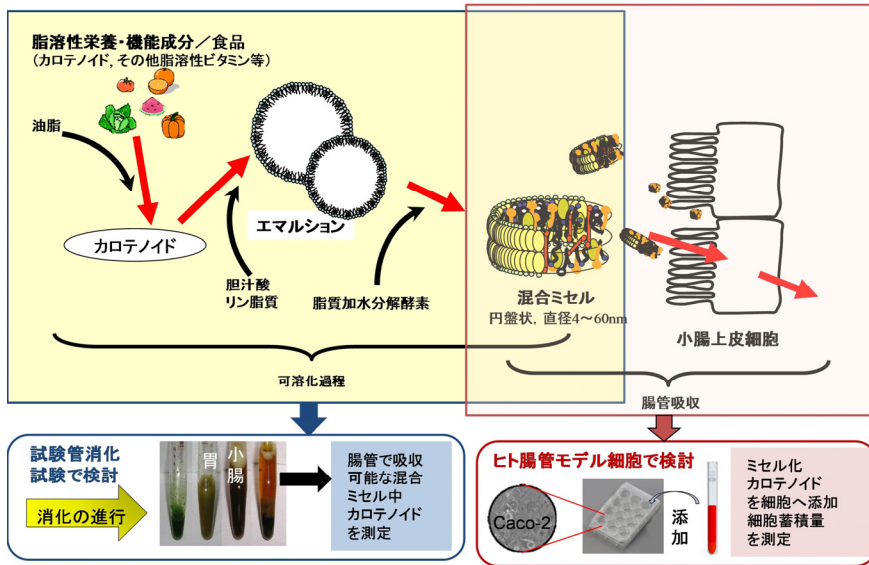


図1 食品脂溶性機能成分の可溶化・吸収過程と試験法の概要

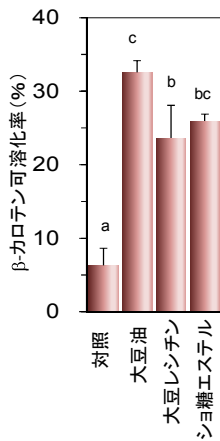


図2 試験管消化試験での人参β-カロテンの可溶化に及ぼす脂質の影響
異なるアルファベットは有意差あり ($p < 0.05$)

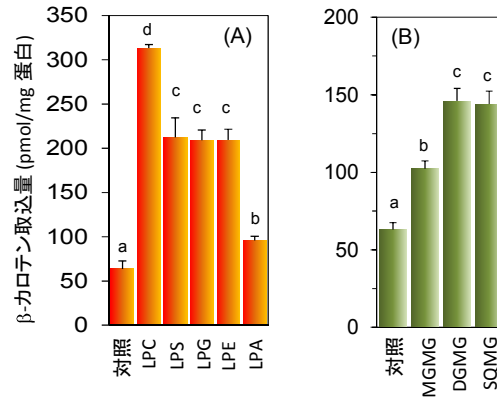


図3 Caco-2 ヒト腸管モデル細胞による混合ミセル化β-カロテンの吸収に及ぼす複合脂質の影響

LPC, リゾホスファチジルコリン; LPS, リゾホスファチジルセリン; LPG, リゾホスファチジルグリセロール; LPE, リゾホスファチジルエタノールアミン; LPA, リゾホスファチジン酸; MGMG, モノガラクトシルモノアシルグリセロール; DGMG, ジガラクトシルモノアシルグリセロール; SQMG, スルホキノボシルモノアシルグリセロール;
異なるアルファベットは有意差あり ($p < 0.05$)

(小竹英一、長尾昭彦)

[その他]

中課題名：食品素材高付加価値化

中課題番号：330b0

予算区分：交付金、科研費基盤C

研究期間：2009-2013年度

研究担当者：小竹英一、長尾昭彦

発表論文等：1) Kotake-Nara E. et al. (2010) Biosci. Biotechnol. Biochem. 74(1): 209-211

2) Kotake-Nara E. & Nagao A. (2012) Biosci. Biotechnol. Biochem. 76(5): 875-882

3) Nagao A. et al. (2013) Biosci. Biotechnol. Biochem. 77(5): 1055-1060

4) 福田真人ら「穀粉組成物」特願 2013-263202

[成果情報名] 数値流体力学(CFD)の適用による包装容器内の通風効率改善

[要 約] 青果物用包装容器における通風効率の改善において、数値流体力学 (CFD) によるシミュレーションを導入することにより、実物による性能評価の大半を省略し、効率的に高性能な包装容器形状を見出すことができる。

[キーワード] 数値流体力学 (CFD)、包装容器、通気孔、青果物

[担 当] 加工流通プロセス・先端流通加工

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品工学研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

段ボール箱を主体とした青果物の包装容器には、冷却やガス交換のために内部に十分な気流速を確保できる機能が求められることがある。このような機能を持つ包装容器を得るべく、様々な形状を実際に製作するためには大きな労力を要する。一方、空間における流体の挙動を解析する手法として、数値流体力学 (CFD) がある。本研究では、CFD を用いてイチゴ用包装容器の内部空間における気流速を可視化するとともに、通気孔レイアウトの違いが内部空間における気流速に及ぼす影響を評価する。

[成果の内容・特徴]

1. 図1で示した包装容器 (縦 210×横 290×高さ 45.3 (mm)、初期空間温度 15.7℃) において片側の通気孔から 21.5℃の空気を流速 1.2 m/s で流入させた際の、イチゴを詰めたパック上層空間における温度変化を熱電対により計測し、CFD による計算値と比較すると (実測とシミュレーションとの整合性確認)、双方の誤差は平均 0.24℃であり、CFD によるシミュレーションは実用可能な精度を有しているものと判断できる。
2. 図1で示した包装容器におけるイチゴパック上層空間の気流速を CFD により可視化したものを図3に示す。この空間においては、気流が殆ど生じない部位が存在する可能性が考えられる。また、そのような部位は、通気孔の拡大によっても解消されないものと予測され、図1の包装容器における通気孔の数およびレイアウトでは通風効率の向上に限界があるものと判断できる。
3. 2における結果を踏まえ、包装容器妻面における通気孔を図1より1組増やした図4に示す包装容器を基本形態 (通常レイアウト) として、通風効率の向上に関するシミュレーションを実施した場合、通常レイアウトではトレー周辺において気流速が小さい部位が存在するものと想定されるが (図5 a)、包装容器妻面における通気孔を敢えて非対称に配置することにより (改良レイアウト)、トレー周辺における気流速を通常のレイアウトよりも大きくできる可能性が考えられる (図5 b)。

[成果の活用面・留意点]

1. 流通現場における、品目や品種の特性の違いに起因する包装容器形状のアレンジの要望に即座に対応することができる。
2. 通気孔レイアウトの改良により通風効率が改善できれば、通気孔径を通常のものよりも小さくすることができ、包装容器の強度の向上が期待できる。
3. シミュレーションによって得られた形状に基づいて実際に包装容器を製作し、その性能を評価する際には、対象品目の品質への影響に関する評価を併せて実施する必要がある。

[具体的データ]



図1 実測とシミュレーションとの整合性確認の対象とした包装容器（縦 210×横 290 × 高さ 45.3 (mm)）

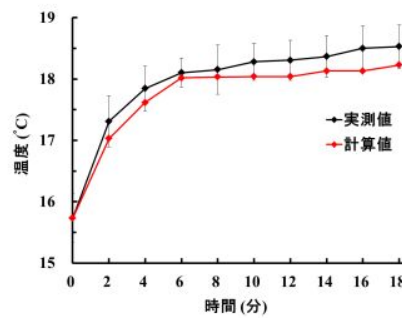


図2 イチゴパック上層空間における温度変化の実測値とシミュレーション値との比較（初期空間温度 15.7°C）

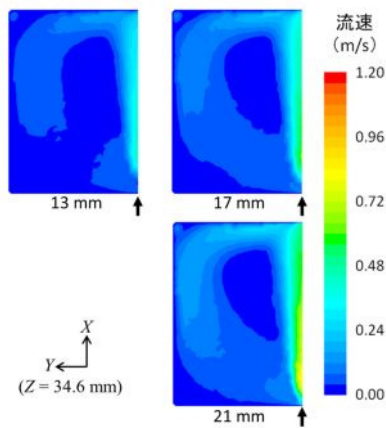


図3 通気孔径の違いがイチゴパック上層空間における気流速に及ぼす影響（図1の点線より左側。通気速度：1.2 m/s、↑は通気方向を示す）



図4 通気孔レイアウト改良シミュレーションのための基本形態（通常レイアウト）

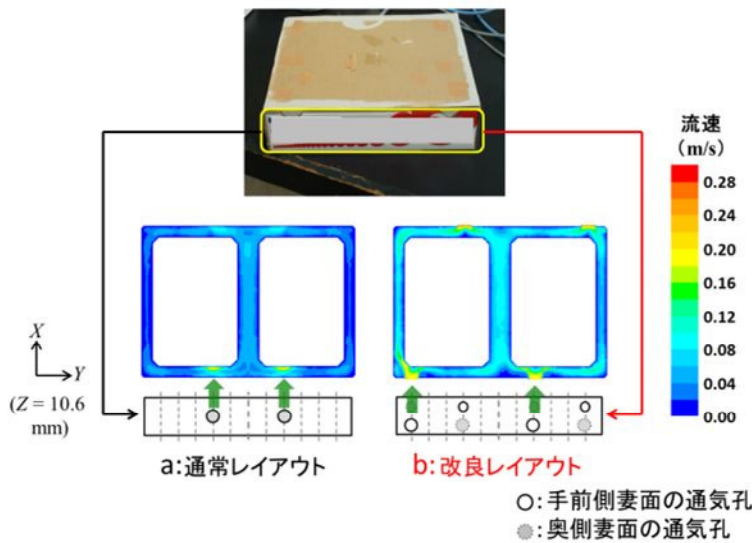


図5 イチゴ包装容器における通気孔レイアウトの違いが包装容器内のトレイ周辺における気流速に及ぼす影響（通気速度：0.2m/s、↑は通気方向を示す）

（北澤裕明）

[その他]

中 課題名：先端技術を活用した流通・加工利用技術及び評価技術の開発
 中課題番号：330c0
 予算区分：交付金
 研究期間：2011～2013 年度
 研究担当者：北澤裕明、船木達也（産総研）、中尾光博（鹿児島大）
 発表論文等：Kitazawa H. et al. (2012) *Food Sci. Technol. Res.*, 18(4): 525-534

[成果情報名] 中高圧処理によるかぶら寿しの促成製造

[要 約] 伝統食品であるかぶら寿しの製造工程に中高圧処理を導入することより、従来製法では約 4 週間を要するブリ塩漬（えんし）工程が 1 日間で完了するため、全加工工程を約 5 週間から約 10 日間に短縮することができる。

[キーワード] 中高圧処理、伝統食品、促成製造、かぶら寿し

[担 当] 加工流通プロセス・先端流通加工

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品工学研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

伝統食品の製法は、特に醗酵を伴うと長期間を有するために、最適化が不十分であることが多いが、新たな技術の導入により製造工程の短縮化が求められている。中高圧処理には、液体の含浸促進効果などが知られていることから、ブリ塩漬に長時間を要する「かぶら寿し」の製造工程に中高圧処理を導入する促成製造技術の開発を目指す。

[成果の内容・特徴]

1. かぶら寿しの伝統製法では、ブリの塊を約 4 週間かけて塩漬し、その後スライスし、別に調製した甘酒及び塩漬カブと併せ、更に 1 週間最終的に醗酵させるため、合計で約 5 週間を必要とする（図 1）。
2. ブリの塩漬工程に中高圧処理を導入（図 2）し、予めスライスしたブリへの塩及びその他成分の浸透を促進し、組織（筋繊維束）の間隙を広げる（図 3）ことにより、塩漬工程を 1 日に短縮する。
3. 中高圧処理を導入してブリを塩漬し、最終製品とした促成製造のかぶら寿しでは、色調が向上（図 4）し、アミノ酸含量が増え、品質も向上する。
4. かぶら寿し製造では、約 4 週間を要しているブリ塩漬工程を、1 日間に短縮できる。最も時間がかかるブリの塩漬工程を短くすることにより、かぶら寿しの全製造工程を約 5 週間から約 10 日間に短縮する効率的生産が可能となる（図 2）。

[成果の活用面・留意点]

1. 中高圧処理設備の導入には相応の初期投資が必要であるが、有償加工を請け負う企業と連携して実用化することで、設備投資を抑制することができる。
2. 中高圧処理設備を導入する際には、季節的に生産する食品のみの製造では採算が合わないことが多いため、魚醤促成製造、二枚貝等の開脱殻等と組み合わせ、年間を通じて稼働させるための工夫が必要である。
3. 本技術は他の魚種及び漬け汁を用いた食品にも適用できる。

[具体的データ]

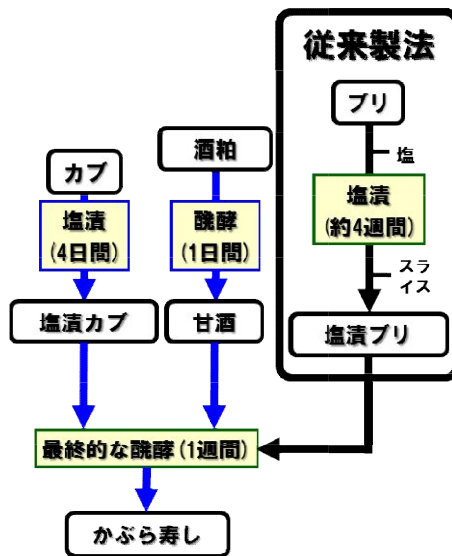


図1 かぶら寿しの伝統製法

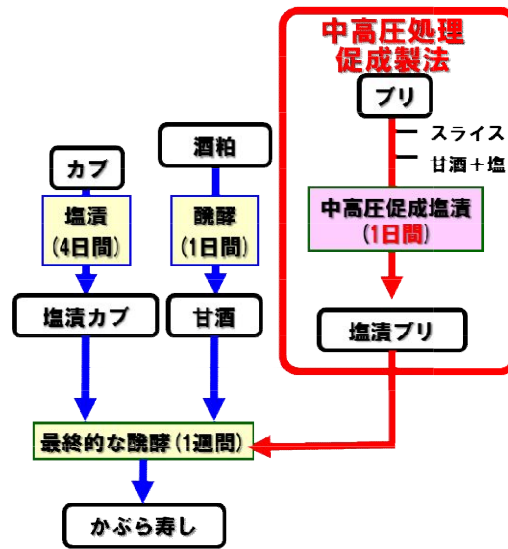


図2 かぶら寿しの新規製法

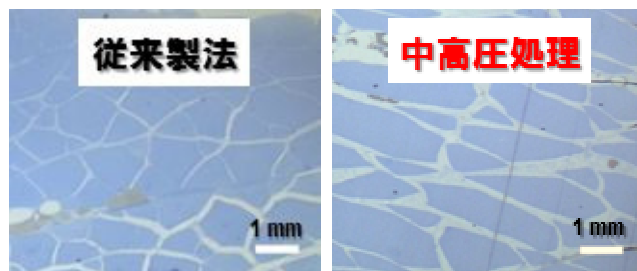


図3 中高圧処理による組織（筋繊維束）間隙の増大



図4 中高圧処理を導入して製造したかぶら寿しの塩漬ブリの色調向上

(山本和貴)

[その他]

中課題名：先端技術を活用した流通・加工利用技術及び評価技術の開発

中課題番号：330c0

予算区分：競争的資金（農水省・実用技術開発事業 21042）

研究期間：平成21年度～23年度

研究担当者：山本和貴・小関成樹・メルバパヅアオルテガ（食総研）；三輪章志・中村恵美・有手友嗣（石川県）

発表論文等：三輪章志, 中村恵美, 有手友嗣, 山本和貴, 小関成樹, メルバパヅアオルテガ, 中高圧処理による魚肉の加工方法, 特許出願 2011-196586; 特許公開 2013-55912

[成果情報名] ホスファターゼ欠損麹菌の育種により加熱処理不要でだし入り味噌が製造できる

[要 約] イノシン酸を分解する酸性ホスファターゼの主要なアイソザイム欠損麹菌を育種するとともに、その他のアイソザイムの生産を抑制する製麹工程により、高温加熱せずにだし入り味噌の製造が可能となる。だし入り味噌の高品質化、低コスト化につながる。

[キーワード] 麹菌、だし入り味噌、イノシン酸分解、酸性ホスファターゼ

[担 当] 加工流通プロセス・食品生物機能利用

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・応用微生物研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

消費者の嗜好と利便志向に合わせて、核酸系調味料（イノシン酸等を含有）を添加した調味味噌が製造されている。核酸系調味料の旨味成分の分解防止のため、現状では 80℃15 分間以上の高温加熱処理による、味噌中の麹菌酸性ホスファターゼの失活が不可欠である。一方で、加熱臭による風味低下が問題となっている。そこで麹菌 (*Aspergillus oryzae*) のホスファターゼ生産機構を解明し、ホスファターゼ低生産麹菌の作出・使用により高温加熱処理工程を回避することにより、高品質な調理味噌が製造可能であり、且つ低コスト省エネルギー型の新規な製造技術の開発を目指した。

[成果の内容・特徴]

1. 麹菌ゲノム解析株 (*A. oryzae* RIB40) のゲノム情報中には、リン酸存在下で発現が抑制される酸性ホスファターゼ様遺伝子と相同的な遺伝子 13 種類 (*aphA-M* と命名) が見出される。
2. 味噌用低ホスファターゼ実用株 KBN8048 のホスファターゼ様遺伝子 *aphA-M* をリアルタイム PCR 装置を用いて発現量を定量化すると、米麹で発現量の高い 8 遺伝子と豆麹で高い 5 遺伝子に分類される。
3. 前者は米麹へのリン酸添加量に依存して遺伝子発現が抑制される。一方、後者の中で最も遺伝子発現量が多く、麹菌の主要なイノシン酸分解酵素の遺伝子 *aphC* は、米麹へのリン酸添加によりその遺伝子発現量が増大する。(図 1、表 1)。
4. KBN8048 及びその *aphC* 遺伝子欠損セルフクロニング株を用いた米麹培養を行い、それらへのリン酸添加を行うと、特に *aphC* 遺伝子欠損株で濃度に応じて酸性ホスファターゼ活性及びイノシン酸分解活性が低下する(図 2)。
5. *aphC* 遺伝子が欠失した麹菌株を育種すれば、製麹助剤であるリン酸塩を添加して製麹を行い、醸造した味噌は、イノシン酸分解活性が低く、高温加熱せずにだし添加できると期待される。

[成果の活用面・留意点]

1. *aphC* 変異株は、培地へのリン酸添加で酸性ホスファターゼ活性が親株よりも低下する変異株の中から選択可能である。
2. 味噌用実用株として味噌メーカーに提供するためには、保存菌株の調査や変異処理により低ホスファターゼ株を育種選択していくことが必要であり、さらに味噌メーカーでの実証試験が必要である。
3. 今後、種麹メーカー等で本提案の育種法の実証が必要となる。

[具体的データ]

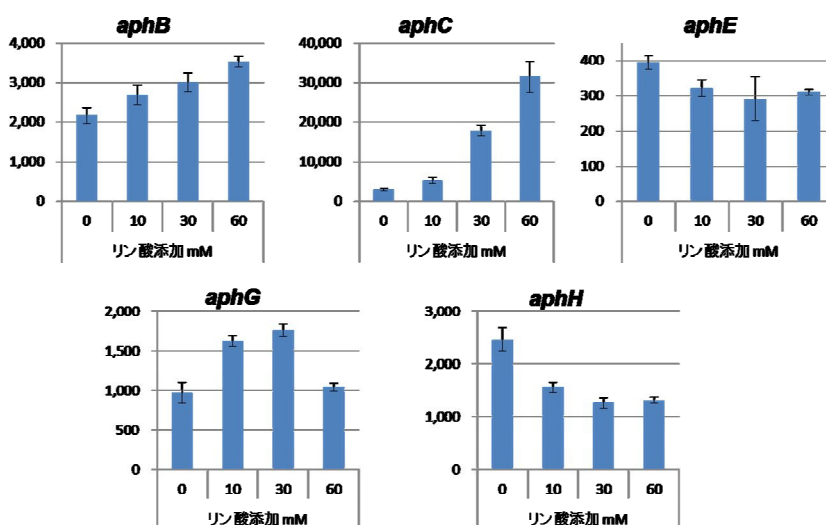


図1 KBN8048 株における酸性ホスファターゼ遺伝子のリン酸添加による遺伝子発現への影響
リアルタイム PCR 装置により遺伝子発現量を定量的に測定した。ここでは一部の遺伝子について示した。横軸はリン酸添加量で、 α 化米に添加したリン酸水溶液の濃度、縦軸は PCR 液中に存在する鋳型 cDNA のコピー数を示す。

表 1. 麹菌酸性ホスファターゼ遺伝子のリン酸添加による発現変化

発現量減少	aphA	aphD	aphF	aphI	aphJ	aphK	aphL	aphM
発現量増大	aphB	aphC	※	aphE	aphG	aphH		

※最も増大量が大きい

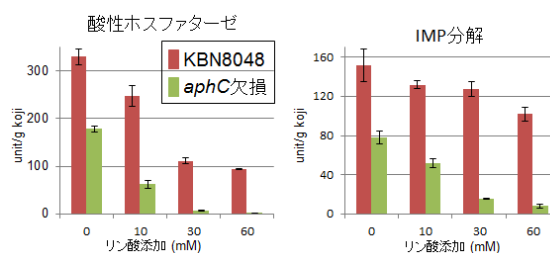


図2 KBN8048 及びその *aphC* 遺伝子欠損セルフクローニング株を用いた米麹培養のリン酸添加による酵素活性への影響
酸性ホスファターゼ活性及びイノシン酸分解活性を示した。リン酸添加量は、 α 化米に添加したリン酸水溶液の濃度

(楠本憲一、服部領太、鈴木聡)

[その他]

中課題名：新需要創出のための生物機能の解明とその利用技術の開発

中課題番号：330d0

予算区分：交付金、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業

研究期間：2009～2011年度

研究担当者：楠本憲一、丸井淳一郎（現 JIRCAS）、多田功生、門馬真里、服部領太、鈴木聡、和久豊（ビオック）、杉本達哉（ナカモ）、北本則行（あいち食品工業技術センター）

発表論文等：1) Marui J. *et al.* (2012) *Food Sci. Technol. Res.* 18 (1): 83-90

2) Yoshino-Yaduda S. *et al.* (2012) *Food Sci. Technol. Res.* 18 (1): 59-65

3) Marui J. *et al.* (2013) *Int. J. Food Microbiol.* 166(2): 238-243

4) Yoshino-Yaduda S. *et al.* (2014) *Food Sci. Technol. Res.* in press

[成果情報名] ゲノム重複による遺伝子の多コピー化を利用した微生物育種法

[要 約] ゲノム重複はゲノム DNA が部分的に多コピー化する現象であり、薬剤耐性遺伝子等の適当な選択マーカー遺伝子の利用によりゲノム重複株が選抜できる。これを活用して微生物の有用遺伝子の発現を増大させる微生物育種が可能となる。

[キーワード] ゲノム重複、多コピー化、微生物育種、遺伝子発現、選択マーカー

[担 当] 加工流通プロセス・食品生物機能利用

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

発酵細菌等の有用機能をより効率的に向上させる微生物育種法の開発が望まれている。ゲノム重複は複製の過程でゲノム DNA が部分的に多コピー化される現象である。ゲノム重複が起こる頻度は低いが、コピー数の増加が有利な環境下では多コピー化が促進されることになるため、適当な選択マーカーを利用することによりゲノム重複の微生物育種への活用が期待できる(図1)。そこで、クロラムフェニコール耐性遺伝子(*cat*)を選択マーカーとして導入した枯草菌(*B. subtilis*)を用いて、ゲノム重複を介した微生物育種法の効果を検証した。

[成果の内容・特徴]

1. *B. subtilis* TI74 株は、*B. subtilis* 168 株ゲノム上の *amyE* 遺伝子領域に *cat* 遺伝子及び β -ガラクトシダーゼ遺伝子(*lacZ*)を含む約 5.3kb の外来 DNA を挿入して作製した(図2)。
2. *cat* 遺伝子を1コピー有する TI74 株はクロラムフェニコール(Cm) 5 μ g/mL に耐性であるが、高濃度(50 - 80 μ g/mL)の Cm を含む寒天培地に適量の菌体をプレーティングすることにより高耐性株を取得できる。試験した全ての高耐性株において *cat* 遺伝子のコピー数が増加しており、*cat* 遺伝子による選抜は極めて有効である(表1)。
3. 選抜した全ての株において、*lacZ* 遺伝子のコピー数は *cat* 遺伝子のコピー数と一致しており(表には示さず)、 β -ガラクトシダーゼ活性も増大する(表1)。

[成果の活用面・留意点]

1. Cm 60 μ g/mL 以上で選抜した場合、平均コピー数が一定になることから、Cm 耐性能が最大になっていると考えられる(表1)。
2. Cm 60 μ g/mL では、*lacZ* 遺伝子のコピー数が増加しているにも拘らず β -ガラクトシダーゼ活性が増大しないことから、添加している高濃度の Cm がタンパク質合成に影響している可能性が考えられる(表1)。
3. *cat* 遺伝子プロモーターを低発現プロモーターに置換することにより、さらにコピー数を増加させることも可能である。
4. 他の薬剤耐性遺伝子やアミノ酸合成の遺伝子等でも利用可能であるが、ゲノム重複株の出現頻度は使用する薬剤や濃度によって異なるため、予め検討する必要がある。
5. 目的微生物が元来有する薬剤耐性遺伝子を重複させたい目的領域にセルフクローニングして利用することも可能である。
6. 数百 kb の領域が重複することもあるが、重複領域の長さとの出現頻度は逆相関関係にある。
7. コピー数を一定に保つためには、常に選択薬剤を添加するか、高耐性株の取得後に RecA のような組換え関連タンパク質を欠損させる必要がある。
8. 微生物だけでなく、作物育種等にも活用できる可能性がある。
9. ゲノム重複を抑制することにより細菌の薬剤耐性菌の出現を抑制できる可能性がある。

[具体的データ]

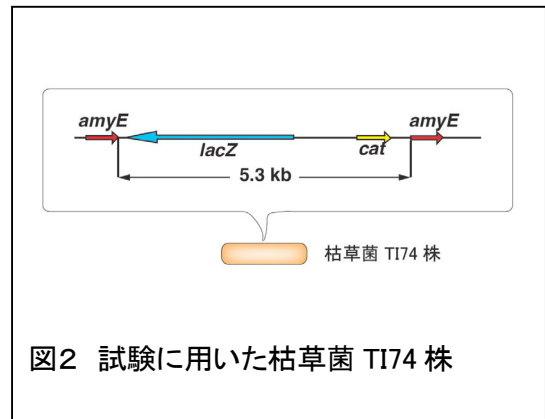
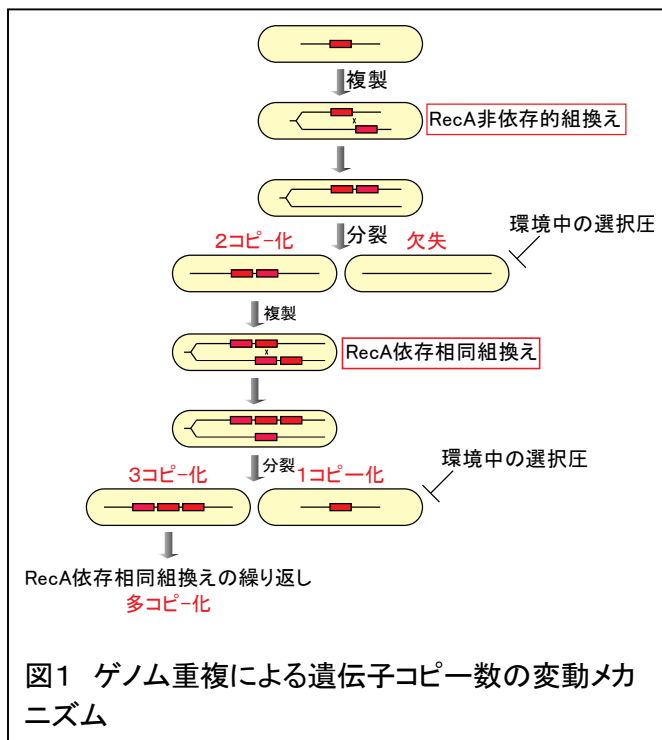


表1 Cm 耐性遺伝子を利用したゲノム重複による枯草菌育種

	選択に用いた Cm 濃度 (μg/mL)				
	5	50	60	70	80
<i>cat</i> 重複株数/試験株数	0/9	17/17	10/10	10/10	10/10
<i>cat</i> コピー数 (平均)	0.94±0.045	5.0±0.96	12±3.0	12±1.7	11±1.3
<i>cat</i> コピー数 (最低-最高)	0.84-0.98	2.7-6.8	8.2-15	8.1-14	9.1-14
β-ガラクトシダーゼ活性 (平均、U/ml)	110±22	270±90	310±58	240±46	250±53
β-ガラクトシダーゼ活性 (最低-最高)	64-140	170-530	250-450	180-330	190-360

cat 重複株は *rpsJ* 遺伝子コピー数に対する *cat* コピー数の比が 2 以上のものとした。分母はコピー数の定量を行なった菌株数を示す。これら試験した全ての株について、β-ガラクトシダーゼ活性を測定した。

(稲岡隆史)

[その他]

中 課題名 : 新需要創出のための生物機能の解明とその利用技術の開発

中課題番号 : 330d0

予算区分 : 交付金

研究期間 : 2011-2015

研究担当者 : 稲岡隆史

発表論文等 : 稲岡隆史ら (2014) 食研報、78:印刷中

[成果情報名] 新規糖質ホスホリラーゼの発見とそれらを利用したオリゴ糖製造技術

[要 約] 糖質ホスホリラーゼはオリゴ糖の合成に利用できる有用酵素であるが、これまで報告されている種類は多くない。今回、新たに4種の酵素を同定した。これらの新規ホスホリラーゼを利用して、種々の α グルコシド及び β マンノシドを効率的に合成できる。

[キーワード] オリゴ糖、ホスホリラーゼ、実用的製造技術、N-結合型糖鎖、セロビオン酸

[担当] 加工流通プロセス・食品生物機能利用

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所] 食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

通常良く行われている糖質加水分解酵素を利用したオリゴ糖製造では原料と同じ結合を持つオリゴ糖しか製造することができない。一方糖質ホスホリラーゼを用いたオリゴ糖製造法では原料と異なる結合のオリゴ糖を製造することが可能である。しかしながら、ホスホリラーゼの種類が少ないこと及びホスホリラーゼを利用する反応系の開発が進んでいないことから製造可能なオリゴ糖のバリエーションが少なかった。これらの難点を解消するために、新規なホスホリラーゼの探索とそれら酵素を利用するオリゴ糖合成複合酵素系の構築を行った。

[成果の内容・特徴]

1. 腸内細菌 *Bacteroides thetaiotaomicron* から発見した Man β 1,4GlcNAc ホスホリラーゼ (表 1) は N 結合型糖タンパク糖鎖のコア構造に含まれる二糖の Man β 1,4GlcNAc を特異的に加リン酸分解する酵素である。 β マンノシドは化学合成の難しい糖として知られており、本酵素の利用により生化学的に重要な二糖である Man β 1,4GlcNAc を効率的に製造することが可能である。
2. 植物病原性細菌 *Xanthomonas campestris* および糸状菌 *Neurospora crassa* ゲノム中に確認された新規酵素セロビオン酸ホスホリラーゼ (表 1) はセロビオン酸及び Glc β 1,3GlcUA を加リン酸分解する。セロビオン酸はいくつかの糸状菌によるセルロース分解の過程においてセロビオースデヒドロゲナーゼにより生成することが知られていたが、セロビオン酸自体の代謝過程は不明であった。本酵素の利用により、糸状菌によるセルロース分解に関する理解が進むとともに、セロビオン酸の合成が容易となる。
3. 塩湖土壌に生息する細菌 *Bacillus selenitireducens* には 2-O- α -グルコシルグリセロールホスホリラーゼ、また、非病原性リステリア属細菌 *Listeria innocua* には 1,2- β -マンノビオースホスホリラーゼといった新規ホスホリラーゼをコードする新規遺伝子が見いだされる。(表 1)
4. α -グルコース 1-リン酸を α -マンノース 1-リン酸または β -グルコース 1-リン酸に変換する酵素系を開発した。 α -マンノース 1-リン酸および β -グルコース 1-リン酸生成型ホスホリラーゼを組み合わせることで、蔗糖・澱粉・セロビオース等の安価な糖資源を出発原料として α グルコシド及び β マンノシドを調製することができる。(図 1)

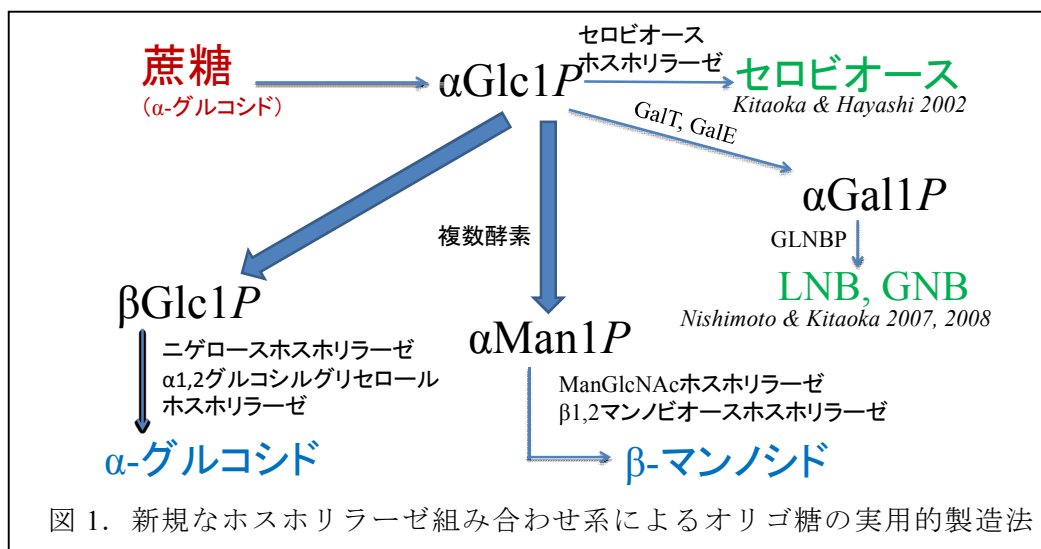
[成果の活用面・留意点]

1. 本研究で見いだされたホスホリラーゼをスクロースホスホリラーゼとの組み合わせ反応を行うことにより、Man β 1,4GlcNAc、セロビオン酸などの有用なオリゴ糖を実用的に製造することが可能である。

[具体的データ]

EC番号	酵素名	反応機構	生成物	ファミリー
2.4.1.1	グリコーゲンホスホリラーゼ	保持型	α -Glc1P	GT35
2.4.1.7	スクロースホスホリラーゼ	保持型	α -Glc1P	GH13
2.4.1.8	マルトースホスホリラーゼ	反転型	β -Glc1P	GH65
2.4.1.20	セロビオースホスホリラーゼ	反転型	α -Glc1P	GH94
2.4.1.30	1,3- β -オリゴグルカンホスホリラーゼ	反転型	α -Glc1P	NI
2.4.1.31	ラミナリビオースホスホリラーゼ	反転型	α -Glc1P	GH94
2.4.1.49	セロデキストリンホスホリラーゼ	反転型	α -Glc1P	GH94
2.4.1.64	トレハロースホスホリラーゼ (反転型)	反転型	β -Glc1P	GH65
2.4.1.97	1,3- β -グルカンホスホリラーゼ	反転型	α -Glc1P	NI
2.4.1.211	1,3- β -Gal-HexNAcホスホリラーゼ	反転型	α -Gal1P	GH112
2.4.1.216	トレハロース6-リン酸ホスホリラーゼ	反転型	β -Glc1P	GH65
2.4.1.230	コージビオースホスホリラーゼ	反転型	β -Glc1P	GH65
2.4.1.231	トレハロースホスホリラーゼ (保持型)	保持型	α -Glc1P	GT4
2.4.1.247	1,4- β -D-Gal-L-Rhaホスホリラーゼ	反転型	α -Gal1P	GH112
2.4.1.279	ニゲロースホスホリラーゼ	反転型	β -Glc1P	GH65
2.4.1.280	<i>N,N'</i> -ジアセチルキトビオースホスホリラーゼ	反転型	α -GlcNAc1P	GH94
2.4.1.281	1,4- β -Man-Glcホスホリラーゼ	反転型	α -Man1P	GH130
2.4.1.282	1,3- α -D-Glc-L-Rhaホスホリラーゼ	反転型	β -Glc1P	GH65
2.4.1.*	β -1,4-マンノオリゴ糖ホスホリラーゼ	反転型	α -Man1P	GH130
2.4.1.*	Man β 1,4GlcNAcホスホリラーゼ	反転型	α -Man1P	GH130
2.4.1.*	セロビオン酸ホスホリラーゼ	反転型	α -Glc1P	GH94
2.4.1.*	1,2- α -グルコシルグリセロールホスホリラーゼ	反転型	β -Glc1P	GH65
2.4.1.*	1,2- β -マンノビオースホスホリラーゼ	反転型	α -Man1P	GH130

表 1.
既知のホスホリラーゼ
太字：過去に筆者らの見つけた酵素
赤字：今回発見した酵素
*酵素番号未確定



(北岡本光)

[その他]

中 課題名：新需要創出のための生物機能の解明とその利用技術の開発

中課題番号：330d0

予算区分：交付金、委託プロ（農食事業）

研究期間：2011～2013 年度

研究担当者：北岡本光・西本完

発表論文等：1) Nihira T. et al. (2014) PLoS ONE, 9(1):, e86548

2) Nihira T. et al. (2013) FEBS Lett., 587(21): 3556-3561

3) Nihira T. et al. (2013) J. Biol. Chem., 288(38): 27366-27374

[成果情報名] 放射性セシウム大豆の加工・調理における加工係数

[要 約] 原料大豆の放射性セシウム濃度から最終加工・調理品の放射性セシウム濃度を推定する場合に活用される加工係数は、豆腐、納豆、煮豆においてそれぞれ 0.12、0.40、0.20 である。

[キーワード] 放射性セシウム、大豆、加工係数、豆腐、納豆、煮豆

[担 当] 放射能対策技術・移行低減

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研 究 所] 食品総合研究所・食品安全研究領域、応用微生物研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

一般食品に含まれる放射性セシウム濃度($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)は食品衛生法で基準値 100 Bq/kg と規定されており、正確なリスク評価・管理のためには、その加工・調理過程における放射性セシウムの動態も把握する必要がある。国内産大豆は 80 %以上が豆腐、納豆、煮豆に加工・調理された状態で消費されていることから、加工・調理過程での放射性セシウムの動態を解明し、正確な科学データを行政、大豆を扱う食品産業および消費者に提供し、リスク管理や食品への放射能影響に関する正しい理解促進に役立てる。

[成果の内容・特徴]

1. 豆腐（充填豆腐）、納豆、煮豆の放射性セシウムの加工係数【加工後の放射性セシウム濃度 (Bq/kg, 新鮮重) / 加工前の放射性セシウム濃度 (Bq/kg, 新鮮重)】は 0.12、0.40、0.20 となり（表 1）、原料大豆に比べ加工・調理品での放射性セシウム濃度は低減する。これらの結果は農林水産省などの報告と同じである。
2. 放射性カリウムの加工係数は、豆腐、納豆、煮豆でそれぞれ 0.12、0.42、0.22（表 1）であり、日本食品標準成分表 2010（文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会報告）における市販品での総カリウム（放射性＋非放射性カリウムの総量）の加工係数（豆腐、納豆、煮豆でそれぞれ 0.07、0.35、0.17）と同程度である。1. と 2. の結果から、大豆の調理・加工における放射性セシウムの動態はカリウムの動態と同じであると考えられる。
3. 放射性セシウムの残存割合【加工品に含まれる放射性セシウム (Bq) / 原料に含まれる放射性セシウム (Bq) × 100】（%）を計算すると、豆腐（充填豆腐）、納豆、煮豆において、原料大豆に含まれる放射性セシウムのそれぞれ 67、85、45 %が加工・調理品中に残存しており（図 1）、豆腐加工ではおからとして 30 %、納豆加工では加圧蒸煮排水として 17 %、煮豆調理では煮汁として 45 %の放射性セシウムが除去される。納豆の製造過程においては、発酵前の蒸煮大豆と納豆の残存割合に有意な差がなく（図 1）、発酵工程において放射性セシウムの低減や増加はない。

[成果の活用面・留意点]

1. 原料大豆の放射性セシウム濃度に加工係数をかけると、その加工・調理品の放射性セシウム濃度となる。加工係数を目安とすることにより、原料大豆の放射性セシウム濃度から豆腐、納豆、煮豆およびおからの放射性セシウム濃度を推定できる。
2. 行政のリスク管理や食品中の放射性物質の正しい理解促進のために活用できる。しかし、実際の商品では、加工・調理での加水量や工程が製造者によって異なることから、この加工係数と完全には一致せず、数値に幅があることを理解しておく必要がある。
3. 充填豆腐は、絹ごし豆腐や木綿豆腐のように水さらしや圧縮行程がないことから、絹ごし豆腐や木綿豆腐と比較すると放射性セシウムの残存割合が高いと予想される。

[具体的データ]

表 1 大豆の加工・調理における放射性セシウムと放射性カリウムの加工係数

加工品名	加工係数*		
	放射性セシウム	放射性カリウム	
豆腐	おから	0.18	
	豆乳	0.13	
	豆腐	0.12	0.12
納豆	加圧蒸煮豆	0.40	
	納豆	0.40	0.42
煮豆	-	0.20	0.22

*加工係数は「加工後の放射性物質濃度 (Bq/kg, 新鮮重) / 加工前の放射性物質濃度 (Bq/kg, 新鮮重)」で算出し、3 回の独立した実験の平均値を示した。

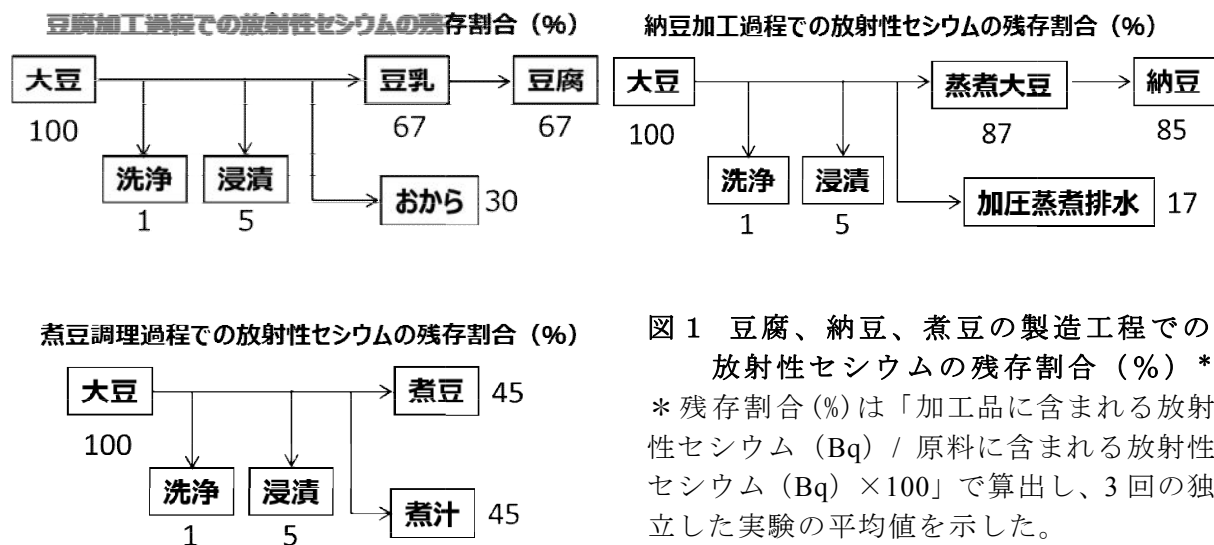


図 1 豆腐、納豆、煮豆の製造工程での放射性セシウムの残存割合 (%) *
*残存割合 (%)は「加工品に含まれる放射性セシウム (Bq) / 原料に含まれる放射性セシウム (Bq) × 100」で算出し、3 回の独立した実験の平均値を示した。

(八戸真弓、濱松潮香、木村啓太郎)

[その他]

中 課 題 名 : 農作物等における放射性物質の移行動態の解明と移行制御技術の開発

中課題番号 : 510b0

予 算 区 分 : 交付金、助成金 (すかいらーく)

研 究 期 間 : 2013 年度

研 究 担 当 者 : 八戸真弓、濱松潮香、久保雄司 (茨城工技セ)、丹治克男 (福島農総セ)、中川力夫 (茨城工技セ)、木村啓太郎

発 表 論 文 等 : 八戸ら、*Journal of Food Protection*, 76(6), 1021-1026 (2013)

環 境 パ ラ メ タ ・ シ リ ー ズ 4 増 補 版 (2013) 「食品の調理・加工における放射性核種の除去率」 (公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター、分担執筆)

