

平成 24 年度
食品試験研究
成果情報

第 25 号

平成 25 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24年度に実施したこれらの研究を中心として、「普及成果情報」ならびに「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、「LC/MS/MSによる実用的な麦汚染かび毒一斉分析法」、「市販ポテトチップのアクリルアミド濃度モニタリング手法」、「ニュートリゲノミクスデータのアーカイブ化と機能性評価への活用」、「室間再現精度を高めた改良親水性ORAC法の開発と標準化」、「 β -クリプトキサンチンの血中濃度が高い閉経女性は骨粗しょう症になりにくい」、「補酵素安定化・高濃度合成法を導入した低コストGABA含有液の製造と食品利用」、「乳酸菌ラクトコッカスラクチスH61の摂取による肌の改善効果」、「食品・農産物評価のためのテクスチャー用語体系」、「コスト・環境負荷低減のための青果物のバルクコンテナ物流技術の開発」、「放射性セシウムを含む玄米粒認証標準物質」の10課題を掲載した。

また、「研究成果情報」として選定された19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25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 林 清

平成24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 LC/MS/MSによる実用的な麦汚染かび毒一斉分析法・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
食品総合研究所・食品安全研究領域
- 2 市販ポテトチップのアクリルアミド濃度モニタリング手法・・・・・・・・ 4
食品総合研究所・食品分析研究領域
- 3 ニュートリゲノミクスデータのアーカイブ化と機能性評価への活用・・・・・・・・ 6
食品総合研究所・食品機能研究領域、畜産草地研究所・畜産物研究領域
- 4 室間再現精度を高めた改良親水性ORAC法の開発と標準化・・・・・・・・ 8
食品総合研究所・食品機能研究領域、九州沖縄農業研究センター・作物
開発・利用研究領域
- 5 β -クリプトキサンチンの血中濃度が高い閉経女性は骨粗しょう症になりにくい・・・・・・・・ 10
果樹研究所・カンキツ研究領域
- 6 補酵素安定化・高濃度合成法を導入した低コストGABA含有液の製造と食品利用・・・・・・・・ 12
北海道農業研究センター・畑作研究領域
- 7 乳酸菌ラクトコッカスラクチスH61の摂取による肌の改善効果・・・・・・・・ 14
畜産草地研究所・畜産物研究領域
- 8 食品・農産物評価のためのテクスチャー用語体系・・・・・・・・ 16
食品総合研究所・食品機能研究領域
- 9 コスト・環境負荷低減のための青果物のバルクコンテナ物流技術の開発・・・・・・・・ 18
食品総合研究所・食品工学研究領域
- 10 放射性セシウムを含む玄米粒認証標準物質・・・・・・・・ 20
食品総合研究所・食品安全研究領域、食品分析研究領域、食品素材科学
研究領域、食品工学研究領域、応用微生物研究領域

2) 研究成果情報

- 1 麦類における出穂後尿素葉面散布は赤かび病の発病とかび毒蓄積に影響しない・・・・・・・・ 22
九州沖縄農業研究センター・生産環境研究領域
- 2 赤かび毒デオキシニバレノールとニバレノールの毒性は異なる・・・・・・・・ 24
食品総合研究所・食品安全研究領域
- 3 新規かび毒配糖体の検出・・・・・・・・ 26
食品総合研究所・食品安全研究領域
- 4 土壌pH上昇による野菜可食部カドミウム濃度低減効果の品目間差異・・・・・・・・ 28
東北農業研究センター・生産環境研究領域
- 5 放射線照射検知の信頼のおける指標化合物2-アルキルシクロブタン類・・・・・・・・ 30
食品総合研究所・食品安全研究領域
- 6 安定同位体比分析による国産・中国産および韓国産湯通し塩蔵ワカメの産地判別・・・・・・・・ 32
食品総合研究所・食品分析研究領域
- 7 シャークミルを用いた粉砕分画によるサトウキビ搾汁残渣のカスケード利用・・・・・・・・ 34
食品総合研究所・食品素材科学研究領域
- 8 高温におけるキシロース発酵能を強化した酵母を用いたバイオエタノール生産法・・・・・・・・ 36
食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域
- 9 凍り豆腐とそのタンパク質・イソフラボン成分が有する脂質代謝調節作用の解明・・・・・・・・ 38
食品総合研究所・食品機能研究領域

10	ハトムギタンパク濃縮物は2型糖尿病モデルマウスの脂質代謝を改善する	40
	東北農業研究センター・生産基盤研究領域	
11	「べにふうき」茶葉中に含まれる抗アレルギー物質ECG3”Me	42
	食品総合研究所・食品機能研究領域	
12	長時間浸漬でご飯をおいしくするデンプン分解酵素の米粒内分布に品種間差	44
	食品総合研究所・食品機能研究領域	
13	乳酸菌が生産するプラスミノーゲンを活性化する因子	46
	畜産草地研究所・畜産物研究領域	
14	食肉脂肪の結晶状態の非破壊評価法	48
	畜産草地研究所・畜産物研究領域	
15	米粉のパン加工適性評価のための吸水性簡易評価法	50
	食品総合研究所・食品素材科学研究領域	
16	NMR メタボロミクスによるジャガイモ疫病抵抗性品種・系統の識別マーカーの同定	52
	食品総合研究所・食品分析研究領域	
17	脂質ラフト構造破壊による酸化LDL受容体の機能制御	54
	食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域	
18	農産物の購入・調理・食事プロセスを把握できる食行動データ収集・分析システム	56
	中央農業総合研究センター・農業経営研究領域	
19	直売所における切り花需要量の予測ソフトウェア	58
	近畿中国四国農業研究センター・営農・環境研究領域	

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】 LC/MS/MS による実用的な麦汚染かび毒一斉分析法

【要 約】 この分析法は代表的な麦汚染かび毒であるデオキシニバレノール、ニバレノール、T-2 トキシン、HT-2 トキシン、ゼアラレノンについて高速液体クロマトグラフタンデム型質量分析装置 (LC/MS/MS) を用いて一斉分析できる。室間共同試験により妥当性が確認されている実用的な一斉分析法である。

【キーワード】 室間共同試験、妥当性確認、LC/MS/MS、一斉分析、かび毒

【担 当】 食品安全信頼・かび毒リスク低減

【代表連絡先】 電話 029-838-8085

【研 究 所】 食品総合研究所・食品安全研究領域

【分 類】 普及成果情報

【背景・ねらい】

麦赤かび病菌の一部はかび毒 (マイコトキシンともいう) 汚染を引き起こす。これらのかび毒の中でわが国ではデオキシニバレノール (DON) とニバレノール (NIV) が重要視されているが、DOV、NIV と同時にゼアラレノン (ZEA) も産生されることがある (図 1)。農林水産省では国産麦について DON、NIV、ZEA の汚染調査が行われているが、これらを一斉分析可能な実用的な分析手法は存在しない。一方、欧州食品安全機関 (EFSA) は T-2 トキシン (T-2) および HT-2 トキシン (HT-2) の含量について耐容一日摂取量 (TDI) 100 ng/kg 体重を設定している。このような背景から DON、NIV、ZEA、T-2、HT-2 を一斉分析法可能な実用的な分析手法の確立が望まれている。

【成果の内容・特徴】

1. 本分析手法は図 1 に示す 5 種類の麦汚染かび毒について高速液体クロマトグラフタンデム型質量分析装置 (LC/MS/MS) を用いて一斉分析できる。各種かび毒について所要時間 30 分程度で ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) 濃度レベルでの同時定量分析が可能である (図 2)。
2. 本分析手法は AOAC インターナショナルの「試験室間共同試験のガイドライン」を参照して実施された室間共同試験により妥当性が確認されている。12 機関に本分析手法を提供しかび毒添加麦を用いた添加回収試験を行ったところ、全ての条件 (3 濃度レベル、小麦・大麦) において良好な室間再現性 ($\text{HorRat} < 2$) が確認されている。例として、DON に関する試験結果を表 1 に示す。T-2 に関しては小麦の自然汚染試料を分析した場合でも良好な室間再現性が得られている。
3. LC/MS/MS によるかび毒の一斉分析法は多数報告されている。しかしながら DON、NIV、ZEA、T-2、HT-2 を一斉分析可能で室間共同試験による妥当性確認がなされた分析手法は従来報告例が無く、本成果が国内外を通じて最初の例である。

【普及のための参考情報】

1. 普及対象：かび毒汚染試験・検査機関、麦加工事業者、小麦および大麦生産者
2. 普及予定地域：国内全土、国際的にも情報を発信予定
3. その他：本分析法は行政部局のリスク管理のためのモニタリング・サーベイランス調査に活用されている。

[具体的データ]

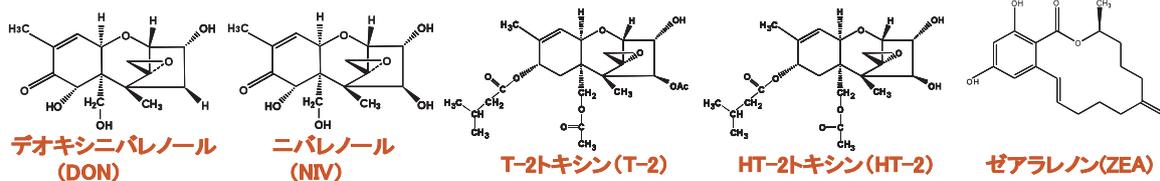


図1. 麦を汚染する主要かび毒

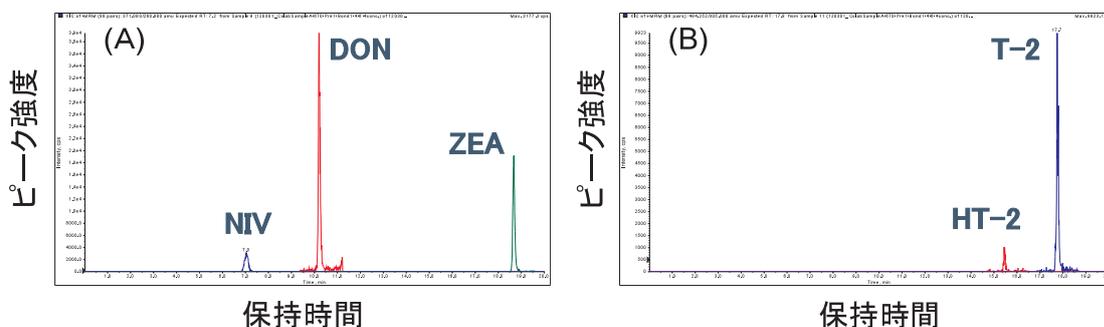


図2. かび毒添加小麦 (8-40 μg/kg 添加) のLC/MS/MS クロマトグラム
(A : 負イオン化条件、B : 正イオン化条件)

表1 室間共同試験結果(DON)

材料名(マトリックス)	低濃度(40 μg/kg)		中濃度(100 μg/kg)		高濃度(1000 μg/kg)	
	小麦	大麦	小麦	大麦	小麦	大麦
参加試験室数	12	12	12	12	12	12
有効試験室数	12	10	12	11	12	12
各試験室の併行測定回数	2	2	2	2	2	2
平均値	37.4	39.3	92.4	96.7	955.4	997.6
回収率 (%)	93.5	98.3	92.4	96.7	95.5	99.8
併行標準偏差 Sr (%)	4.0	4.2	5.8	10.1	64.1	85.4
併行相対標準偏差 RSDr (%)	10.6	10.6	6.3	10.4	6.7	8.6
室間再現標準偏差 S _R	8.0	5.3	17.0	19.3	140.7	142.8
室間再現相対標準偏差 RSD _R (%)	21.4	13.4	18.4	20.0	14.7	14.3
HorRat (Horwitz ratio)	1.0	0.6	0.8	0.9	0.9	0.9

(中川博之)

[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: 180a

予 算 区 分 : 委託プロ (リスク低減 (かび毒))

研 究 期 間 : 2008~2012 年度

研 究 担 当 者 : 中川博之

発 表 論 文 等 :

[成果情報名] 市販ポテトチップのアクリルアミド濃度モニタリング手法

[要 約] 生イモから製造されたポテトチップ中のアクリルアミド濃度は、原料イモの成分や貯蔵条件、加工条件等の違いにより変動する。本手法を用いて製品の買取り調査を行えば、市販ポテトチップ中のアクリルアミド濃度の地域／ロット／銘柄／販売月による変動に加え、原料の作柄やメーカーの低減対策等に起因する年次変動を明らかにできる。

[キーワード] アクリルアミド、モニタリング、ポテトチップ、リスク管理

[担 当] 食品安全信頼・フードチェーン安全

[代表連絡先] 電話 029-838-8033

[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]

加熱食品中のアクリルアミドは、健康への悪影響を未然に防止する観点から優先的なリスク管理が必要とされる危害要因であり、行政や食品企業は様々な低減対策に取り組んでいる。生イモから製造される市販ポテトチップ中のアクリルアミド濃度は、原料イモの成分や加工条件等の違いで変動する。摂取リスクの評価や、リスク管理措置の効果の検証には、この変動による濃度のばらつきを考慮した上で全国規模のデータを得る継続的な実態調査を設計する必要があるが、有効性が検証されたモニタリング手法はなかった。

そこで本研究では、アクリルアミド濃度の変動に対する地域／ロット／銘柄／販売月によるばらつきの寄与を検出可能な全国規模のサンプリング法を立案し、複数年のデータの解析から、モニタリング手法としての有効性を立証している。また、因果関係を直接立証するものではないが、調査期間中にメーカーが実施した対策の効果とみられる製品のアクリルアミド濃度の低下を検出している。

[成果の内容・特徴]

1. モニタリング手法による調査の流れを図1に示す。
2. 本手法は、①全国の6都市（札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡）で、②2ヶ月おきに、③メーカーが異なる2銘柄（A、B）について、④製造日の異なる2ロットの市販ポテトチップ各1袋をサンプリングしてアクリルアミド濃度を分析するものであり、2006年8月から2010年6月まで4年間に渡る576点の調査から有効性を立証している。
3. 調査期間全体のアクリルアミド濃度の変動に対するサンプリング要因別の影響の大きさの順位は、ロット>月≒銘柄 > 都市、である（表1）。
4. 調査開始後の2年間は、いずれの銘柄でも原料イモの貯蔵中の糖化の影響によるアクリルアミド濃度の周年変動（低：8、10月、高：2、4月）が見られるが、銘柄Aは2008年8月以降、銘柄Bも2009年8月以降は殆ど見られなくなっている（図2）。
5. 周年変動消失後は、いずれも銘柄についても以前に比べて低減している（表1、図2）。
6. 本研究の中で明らかとなった市販品中のアクリルアミド濃度の低下の理由は明確でないが、コーデックス委員会の「食品中のアクリルアミド低減のための実施規範」（CAC/RCP 67-2009）に記述されている方法等の導入によるメーカーの原料イモ管理や製造工程の改善によるアクリルアミド低減対策の効果である可能性も考えられる。

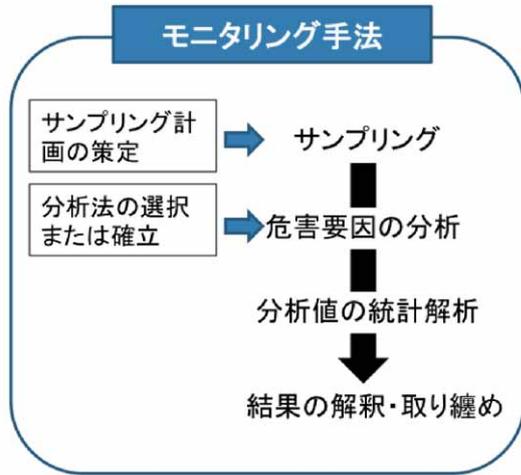
[普及のための参考情報]

1. 普及対象 アクリルアミド等の加工食品中の危害要因について実態調査を企画・立案する行政部局、モニタリング調査の委託を受ける分析機関。
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等 本研究の調査期間終了後、行政部局が引き続き本手法を用いてアクリルアミドのモニタリング調査を実施している。本手法は、低減が維持されているか、さらなる低減が進むかのモニタリングに用いることができる。

[具体的データ]

表1 アクリルアミド濃度のばらつきの要因別の大きさ

(値が大きいほど濃度のばらつきへの寄与が大きい)



a) 全期間を通じた解析

銘柄	ばらつきの要因			銘柄	濃度の 平均値
	都市	月	ロット		
A	0.19	0.23	0.43	—	1.06
B	0.00	0.42	0.58	—	1.46
全体	0.12	0.29	0.54	0.28	1.26

(ばらつきを標準偏差で表した) 単位: mg/kg

b) 低減後の解析

銘柄(期間)	ばらつきの要因			銘柄	濃度の 平均値
	都市	月	ロット		
A (2008.8~)	0.22	0.00	0.40	—	0.98
B (2009.8~)	0.07	0.00	0.42	—	1.09

(ばらつきを標準偏差で表した) 単位: mg/kg

図1 モニタリング手法による調査の流れ

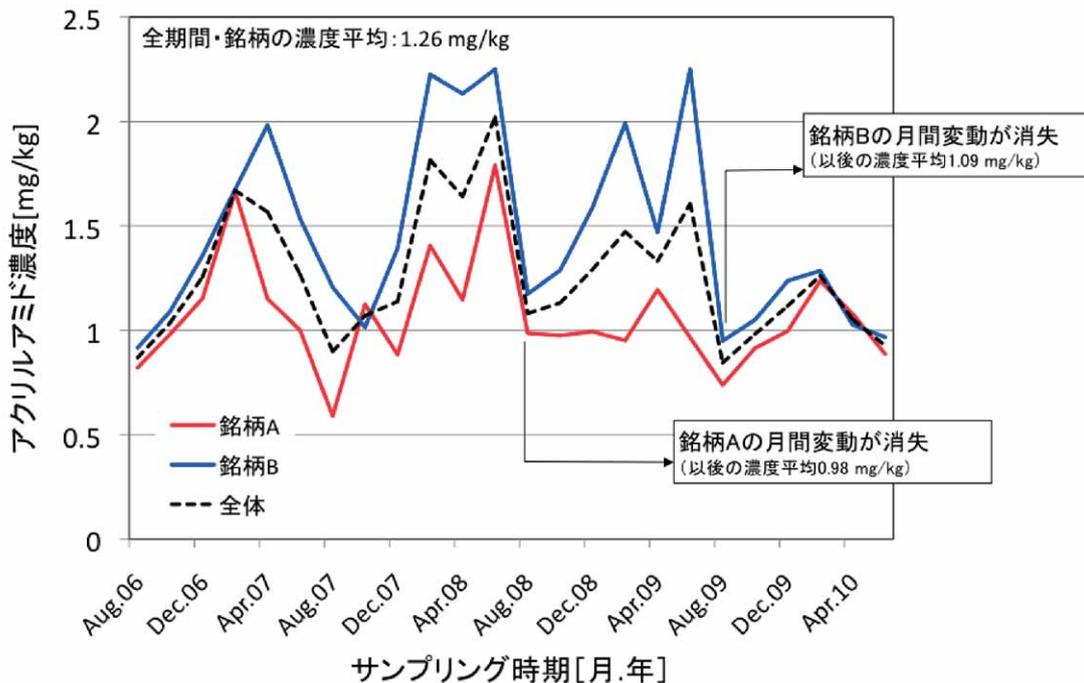


図2 市販ポテトチップ中のアクリルアミドの平均濃度の季節変動

(小野裕嗣、塚越芳樹、吉田充)

[その他]

中課題名：フードチェーンにおける危害要因の迅速・高精度評価技術及び衛生管理技術の開発

中課題番号：180c0

予算区分：交付金、高度化、実用技術、レギュラトリー

研究期間：2006～2012

研究担当者：小野裕嗣、塚越芳樹、吉田充

発表論文等：Tsukakoshi et al. (2012) *Food Addit. Contam. Part A*, **29**(8): 1212-1218

[成果情報名] ニュートリゲノミクスデータのアーカイブ化と機能性評価への活用

[要 約] 様々な食品成分の体への影響を明らかにするため、DNA マイクロアレイを用いて遺伝子発現変化を網羅的に解析したニュートリゲノミクスデータは、他の食品成分の解析・評価にも極めて重要な情報である。そこで当該データをアーカイブ化し、Web 上で公開する。

[キーワード] DNA マイクロアレイ、ニュートリゲノミクス、機能性評価、アーカイブ、データベース

[担 当] 食品機能性・機能性評価標準化技術

[代表連絡先] 電話 029-838-8041

[研 究 所] 食品総合研究所・食品機能研究領域、畜産草地研究所・畜産物研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・わらい]

ニュートリゲノミクスの手法である DNA マイクロアレイを用いた遺伝子発現の網羅解析によって様々な食品成分が体に与える影響を解析することで、一度に数万点の遺伝子発現変化に関する膨大なデータが得られる。これらのデータについて、様々な統計解析法を用いて生理的意味を抽出（マイニング）することで、食品成分の機能性を評価できるが、さらに、異なる解析法を用いる、あるいは特定の遺伝子群に着目すること等により新たな評価が可能である。そこで、ニュートリゲノミクスデータをアーカイブ化し、Web 上で公開する。これによって、食品の機能性評価研究の発展を目指す。

[成果の内容・特徴]

1. 食品成分の機能性評価の研究において得られたニュートリゲノミクスデータを項目毎に整理し、アーカイブ化することで、当該データをサーバに蓄積し、必要な情報を検索できるデータベースを構築した。
2. 「実験詳細」のページでは、フラボノイドのケルセチンやイソフラボンおよびリグナンのセサミン等、9種類の食品成分の機能性について、食品成分に関する情報及び既存の報告、評価した機能性と用いた生体材料、実験結果の要約、実験方法及び文献情報を閲覧できる（図1）。また、「実験データダウンロード」のページから DNA マイクロアレイを用いた遺伝子発現の測定データをダウンロードすることが可能である。
3. 「実験データ解析」のページでは、遺伝子発現解析の結果として、解析法、及び実験動物が機能性成分を摂取することで生じる肝臓の遺伝子発現変化のデータを閲覧できる。これにより、特定の機能やキーワードで遺伝子を検索することができる（図2）。
4. また「検索」のページから、食品成分、DNA マイクロアレイ、測定プロトコル、機能性、生体材料、遺伝子名、遺伝子オントロジーでの検索が可能である。
5. このようなニュートリゲノミクスデータベースを公表することによって、アクセスした人が食品成分名を入力することで、これまでの知見、機能性評価法、遺伝子発現解析及びその他の評価結果に関する詳細な情報が得られ、検索した食品成分の機能性を利用した食品開発や新たな機能性の発見、さらには検索された評価法を用いて解析し、結果を比較すること等により異なる食品成分の機能性解明にも役立つことが期待される。このように、食品の機能性に関わる包括的なデータと遺伝子発現の詳細なデータから成るアーカイブは、アーカイブ化された食品成分の新たな仮説に基づく解析と評価に活用できるだけでなく、他の食品成分の機能性評価に応用することも可能である。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：食品機能性研究に関わる農学、医学、薬学等の研究者を対象とする。
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：Web 上でデータベースとして利用するため全世界からアクセス、利用が可能である。

3. その他：公開するデータは随時追加する予定である。

[具体的データ]

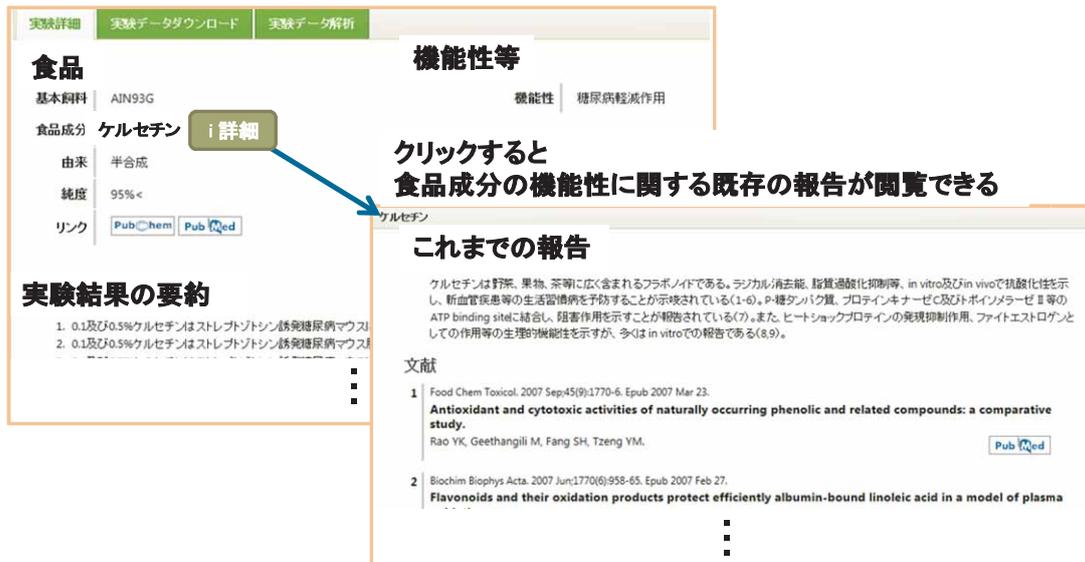
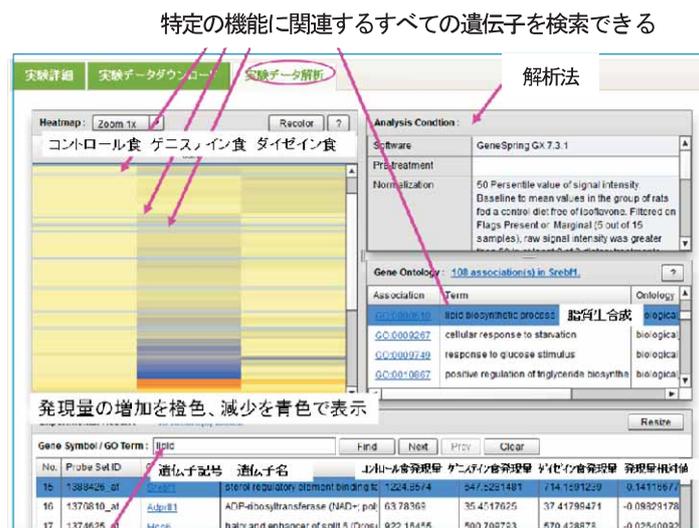


図1. ケルセチンについての「実験詳細」



キーワードに関連する遺伝子の発現量、遺伝子名等が検索できる

図2. 公開予定の「実験データ解析」例

(小堀真珠子、高橋陽子、鈴木チセ)

[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：基盤、委託プロ（食品プロ）

研究期間：2008～2012 年度

研究担当者：小堀真珠子、高橋陽子、鈴木チセ

発表論文等：ニュートリゲノミクス機能性評価データベースシステム、食品総合研究所機能性評価技術ユニット他、H25 年 3 月公開 (http://foodfunction.dc.affrc.go.jp)

【成果情報名】 室間再現精度を高めた改良親水性 ORAC 法の開発と標準化

【要 約】 改良親水性 ORAC（酸素ラジカル吸収能）法は、室間共同試験に用いた全ての試料（抗酸化物質溶液、農産物抽出液）で分析法の妥当性の判断基準を満たした、信頼性の高い抗酸化能評価法である。

【キーワード】 抗酸化能評価、ORAC（Oxygen radical absorbance capacity）、酸素ラジカル吸収能、妥当性確認、室間共同試験

【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】 食品総合研究所・食品機能研究領域、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】

農産物・食品が様々な生体調節機能を有することが広く知られるようになり、その中でも抗酸化能については、多くの研究が行われている。しかし、現在用いられている抗酸化能評価には原理の異なる多種多様な手法が混在しているため、同一の基準で抗酸化能を比較することができない。これらの手法のうち、ORAC 法は 1) 脂質過酸化連鎖反応に重要な役割を果たすペルオキシラジカルに類似したラジカルを用いた中性付近の pH での反応系を用いる 2) そのため、生体成分も同一の基準で評価可能であり、測定結果の生体適合性が高い 3) 蛍光プレートリーダーでの測定が可能で汎用性が高く、測定のコストが安価であるという優位性を有する。そこで、本研究では ORAC（酸素ラジカル吸収能）法の妥当性を確認し、農産物・食品の抗酸化能評価法の標準化を目指す。

【成果の内容・特徴】

1. ORAC 法の原法は、1993 年 米国農務省と国立老化研究所の研究者らにより開発され、抗酸化能測定法として広く用いられているが、室間再現精度（RSD_R）が低い（図）。
2. 原法から大幅に逸脱しない範囲での改良（表）を加えて開発した改良 ORAC 法では、AOAC の室間共同試験のハーモナイズドプロトコルに準じて実施した室間共同試験（配付試料：抗酸化物質溶液 5 種、農産物抽出液 5 種）の結果、すべての試料において分析法の妥当性判断の指標の一つである $0.5 < \text{HorRat} \leq 2$ を満たし、室間再現精度が改善される。そのため、本改良 ORAC 法は信頼性の高い測定法であると判断できる（図）。
3. 本測定法の普及により、高抗酸化能品種の選抜、抗酸化能を高める栽培法の開発や、第三者認証を伴った農産物の抗酸化能の表示等を通じ、抗酸化能を指標とした農産物・食品の高付加価値化・ブランド化がはかれる。また、抗酸化物質摂取による健康維持・向上効果に関する疫学調査のための基礎データが蓄積可能となる。

【普及のための参考情報】

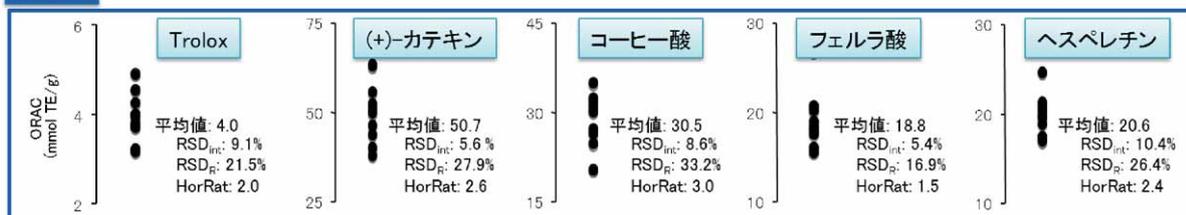
1. 普及対象：大学、地方自治体、企業等で食品分析に携わる全ての研究者、技術者、事業者
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：全国
3. その他：広報普及を目的とした農林交流セミナーを 2 回開催し、100 名近い応募者の中から、約 50 名が受講済み。大学、地方自治体、企業等からも問い合わせがある。2012 年度中に、親水性 ORAC（H-ORAC）法の標準作業手順書ならびに ORAC 値計算用テンプレートファイル（Microsoft Excel）を（独）農研機構 食品総合研究所ウェブサイト上に掲載し、ダウンロードを可能にする予定である。
4. 測定に必要な蛍光プレートリーダーの要件等については、標準作業手順書に記載している。

[具体的データ]

表 ORAC原法の問題点と改良法における変更点

方法	RSD _{int} (%)	RSD _R (%)	方法の問題点(斜体)と改良点(ブロック体)
ORAC原法	5.4 - 13.2	16.2 - 61.4	<i>機種特異的に96穴マイクロプレート内の位置によるウエル間の温度ムラが存在する</i> <i>試料添加量(20 μL)が少ないため、ピペッティングの誤差が大きく影響する</i> <i>試料の希釈倍率がH-ORAC値に影響する</i> <i>試料濃度中のメタノール濃度が異なる</i>
改良法	1.8 - 9.4	4.4 - 13.8	プレートシールを添付することによりウエル間の温度ムラを減少 試料添加量を35 μLに増やすことによりピペッティング誤差を減少 2段階測定を行うことにより希釈倍率を収束させる 試料中のメタノール濃度を固定する

従来法



改良法

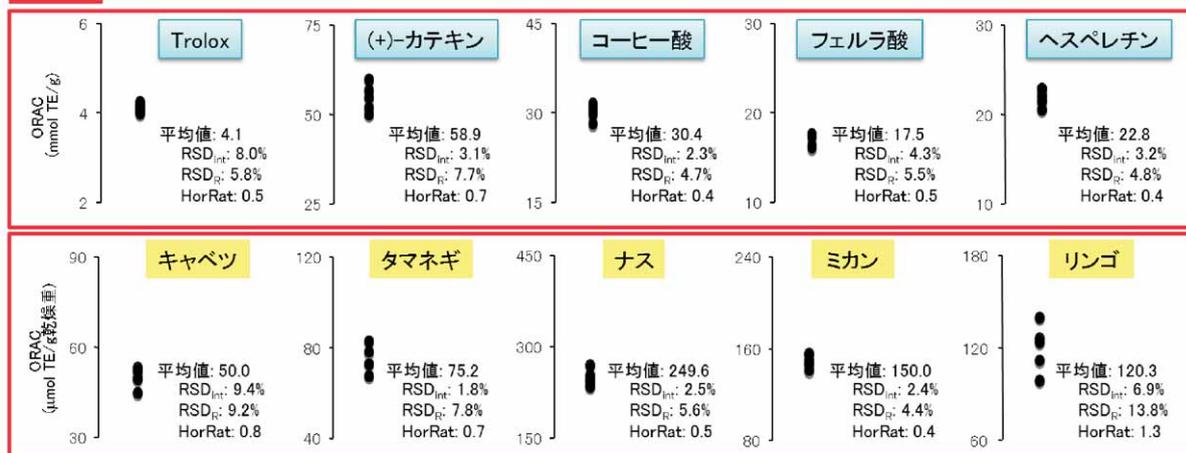


図 原法および改良法による室間共同試験における各試験室の測定結果
(渡辺純、石川祐子、沖智之)

[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、委託プロ (信頼機能)

研究期間 : 2008~2012年度

研究担当者 : 渡辺純、石川祐子、沖智之、日野明寛、安井明美、竹林純 (国立健康・栄養研)、山崎光司 (太陽化学)

発表論文等 : 1) 渡辺ら(2010)日本食品科学工学会誌、**57**(12): 525-531

2) Watanabe J. et al. (2012) Anal. Sci. 28(2): 101-108

3) Takebayashi J. et al.(2013) J. Food Comp. Anal. 29(1):25-31

[成果情報名] β -クリプトキサンチンの血中濃度が高い閉経女性は骨粗しょう症になりにくい

[要約] ウンシュウミカンに特徴的に多いカロテノイド色素である β -クリプトキサンチンの血中濃度が高い閉経女性は、低い人に比べて骨粗しょう症の発症率が有意に低い。ウンシュウミカンの摂取が閉経女性の健康な骨の維持・形成に有用である可能性が高い。

[キーワード] ウンシュウミカン、 β -クリプトキサンチン、カロテノイド、骨粗しょう症

[担当] 食品機能性・代謝調節利用技術

[代表連絡先] 電話 029-838-6453

[研究所] 果樹研究所・カンキツ研究領域

[分類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

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る。これまで当研究所では、国内主要ミカン産地の住民を対象にした栄養疫学調査（三ヶ日町研究）から、 β -クリプトキサンチンの血中濃度が高い閉経女性は骨密度が有意に高いことを明らかにしている。しかしながら、血中のカロテノイド濃度と骨粗しょう症の発症リスクとの関連を追跡調査で評価した報告は、これまでにない。

そこで、調査開始から4年後に457名の協力を得て追跡調査を実施し、血中カロテノイド濃度と骨粗しょう症の発症リスクとの関連を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 閉経女性のうち、調査開始時に既に骨粗しょう症を発症していた被験者を除いて、血中の β -クリプトキサンチン濃度について、低いグループから、高いグループまでの3グループに分け、各グループでの骨粗しょう症の発症率を解析すると、血中の β -クリプトキサンチンが高濃度のグループにおける骨粗しょう症の発症リスクは、低濃度のグループを1.0とした場合0.08となり、統計的に有意に低い（図1）。この関連は、ビタミンやミネラル類の摂取量などの影響を取り除いても統計的に有意である。
2. 調査開始から4年後の追跡調査で、新たに骨低下症及び骨粗しょう症を発症していた閉経女性では、調査開始時における血中 β -クリプトキサンチン濃度が、発症しなかった健康な被験者（平均値1.94 μ M）に対して、骨低下症では1.59 μ M、骨粗しょう症では1.16 μ Mとなり、4年間で骨密度が低下した被験者ほど調査開始時の血中 β -クリプトキサンチン濃度が統計的に有意に低い（図2）。
3. 今回調査した6種のカロテノイドのうち（ α 、 β -カロテン、リコペン、ルテイン、ゼアキサンチン、 β -クリプトキサンチン）、骨粗しょう症の発症リスク低減と有意な関連が認められたのは β -クリプトキサンチンのみである（発表論文参照）。一方、男性や閉経前の女性においてはこのような関連はみられない（発表論文参照）。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象・普及予定地域：本研究成果は β -クリプトキサンチンが豊富なウンシュウミカン摂取することが骨粗しょう症の発症予防に繋がる成果であり、その対象は全国の一般消費者から柑橘生産地における柑橘産業全般に渡る。
2. その他：骨粗しょう症の発症リスク低下が認められた血中 β -クリプトキサンチン高レベル群では毎日およそ4個のミカン摂取していたことから、骨粗しょう症の予防効果が期待できる具体的なミカンの推奨摂取量として消費者に情報提供できる。本研究成果は健康機能性に関連する確かなエビデンスとして、ウンシュウミカン並びに β -クリプトキサンチン高含有カンキツの消費促進の材料となることが期待され、論文発表後は様々なメディアに取り上げられた。今後はミカン及びその加工食品の消費拡大に繋げるための広報普及活動に積極的に活用すると共にカンキツ生産者団体や食品加工事業者等と連

携した情報普及活動を行う。

[具体的データ]

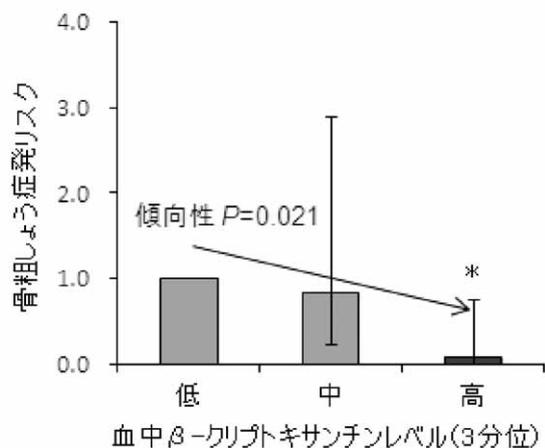


図1 血中β-クリプトキサンチンレベル別に見た骨粗しょう症の発症リスク(オッズ比^{脚注1})

年齢、身長、体重、閉経後の年数、喫煙・飲酒・運動習慣、サプリメント使用状況及び総摂取カロリーで調整。*低グループに対して危険率5%未満で有意(多変量調整ロジスティック回帰分析により検定)。傾向性: 多変量調整ロジスティック回帰分析により検定。

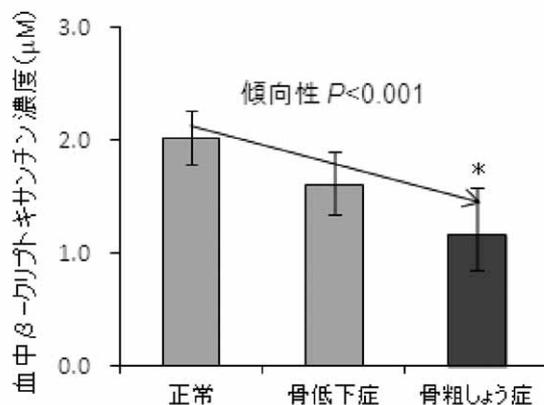


図2 追跡調査時における骨の状態別に見た調査開始時の血中β-クリプトキサンチン値

年齢、身長、体重、閉経後の年数、喫煙・飲酒・運動習慣、サプリメント使用状況及び総摂取カロリーで調整した幾何平均値。*正常グループに対して危険率5%未満で有意(Bonferroni multiple comparison testにより検定)。傾向性: 多変量調整線形回帰分析により検定。

脚注1) オッズとはある出来事が発生しない確率に対する発生する確率の比を示し、オッズ比は二つのオッズの比を現す。図-1では、血中β-クリプトキサンチンレベルの低いグループを基準(オッズ比1)としたとき、高いグループのオッズ比が0.08であり、これは血中β-クリプトキサンチンレベルの低いグループに比べて高いグループでは骨粗しょう症発症のリスクが92%低いことを意味する。

(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、果推協委託

研究期間 : 2005~2012年度

研究担当者 : 杉浦実

発表論文等 : Sugiura et al. (2012) *PLOS ONE*. 7(12): e52643

【成果情報名】 補酵素安定化・高濃度合成法を導入した低コスト GABA 含有液の製造と食品利用

【要 約】 小麦胚芽中のグルタミン酸脱炭酸酵素、グルタミン酸ナトリウム等を含む反応液に、リン酸溶液中で安定化させた補酵素（ピリドキサルリン酸）を汎用設備で自動投入することで、低コスト・高濃度（12%以上）に GABA を製造できる。

【キーワード】 GABA、食品、低コスト、ピリドキサルリン酸、安定化

【担 当】 食品機能性・代謝調節利用技術

【代表連絡先】 電話 029-838-8041

【研 究 所】 北海道農業研究センター・畑作研究領域

【分 類】 普及成果情報

【背景・ねらい】

GABA (γ -アミノ酪酸) は高めの血圧を下げる効果等が期待できる物質だが、液体品で4万円/kg、粉末品で4~11万円/kgと高価である。現在、低コスト化に向けて、小麦胚芽中のグルタミン酸脱炭酸酵素をグルタミン酸ナトリウムに添加した反応液に、固体の補酵素ピリドキサルリン酸を手動投入する GABA 合成法（以下従来法と呼ぶ）が提示されている。しかし、従来法は実験室レベルの方法であり、実用化にはさらなるコストダウンが必要である。そこで、1) 補酵素溶液の安定化による反応自動化（自動化による人件費削減）と2) GABA の高濃度合成、が可能な手法を開発し、試作プラントでの実証と GABA の食品利用時の残存率の検証等を行い、低コスト GABA 含有液と GABA 高含有食品を開発する。

【成果の内容・特徴】

1. 補酵素は低 pH リン酸溶液中で安定化する（図1）。従来法では、反応液上部に生成する厚い泡の層を人力で10分ごとにかき分けて、固体の補酵素を手動投入している。本法では、安定化した補酵素溶液を市販のペリスタポンプ等で反応液へ直接投入することにより自動化する（泡層はチューブで貫通）。
2. 実験室で開発した原料の最適投入比率はグルタミン酸ナトリウム 30%・小麦胚芽 10%であり、これによって従来法の2倍の12%(w/v)の GABA 含有液が得られる。また汎用設備を利用した 120L 規模の試作プラント実証においても同様の成績が得られる（図2）。その際、基質のグルタミン酸ナトリウムの GABA への転換率は100%である。
3. 従来法と比較し、GABA 1kg の作業時間は3分の1以下、原料価格と人件費の合計（試算）は半分以下となる（図3）。
4. GABA 含有液をパン、麺、菓子に配合した場合、添加した GABA の 60%以上が調理後も残存する（図4）。

【普及のための参考情報】

1. 普及対象 食品・食品素材製造・販売業者
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：販売実績として GABA 含有液 335L、GABA 含有液を添加したベーグル 8,100 個、バームクーヘン 48 個、GABA 強化もやし 5,400 個、GABA 強化トマトジュース 600 本（関連企業への聞き取り調査による）。GABA 強化穀物、GABA 強化ピワ葉茶等を開発中。関連特許許諾 6 件。
3. その他 GABA 含有液及びそれを配合した食品が販売中。GABA 含有液の製造、野菜への利用には特許実施利用許諾が必要。GABA は比較的安全性の高い化合物と報告されているが、GABA 含有液を利用した食品の製造は、含有量等を含め安全性に留意する。GABA 含有液に7%の食品添加用エタノールを加えることで室温6カ月保存後も大腸菌群、一般生菌は陰性となる。本法の GABA 合成原料は全て食品添加物、あるいは食品である。GABA 含有液は動物試験にて濃度依存的な血圧降下作用を示す。

[具体的データ]

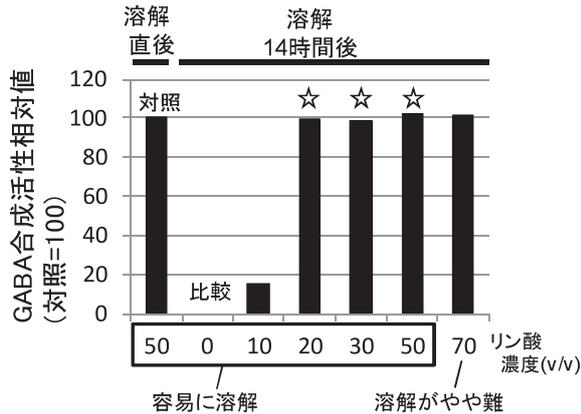


図1 補酵素の安定性と溶解性
リン酸溶液のpHは1.8。50%リン酸に溶解直後の活性を対照とした。リン酸0%・溶解14時間後(比較)は活性を検出できなかったが、リン酸20-50%(☆)は14時間後も活性が維持され、調製時の溶解性も容易であった。

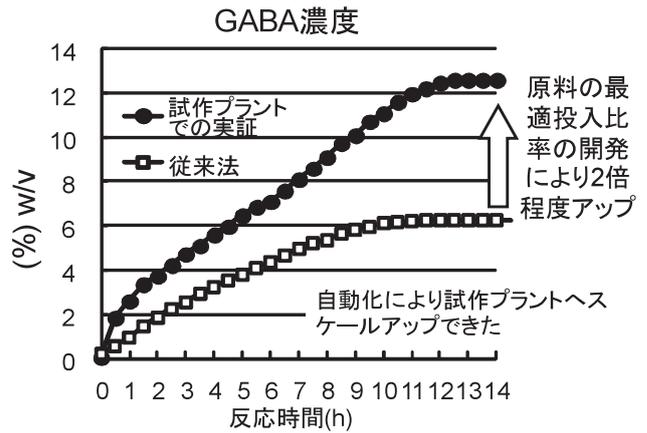


図2 実験室での最適GABA合成条件の試作プラントでの実証

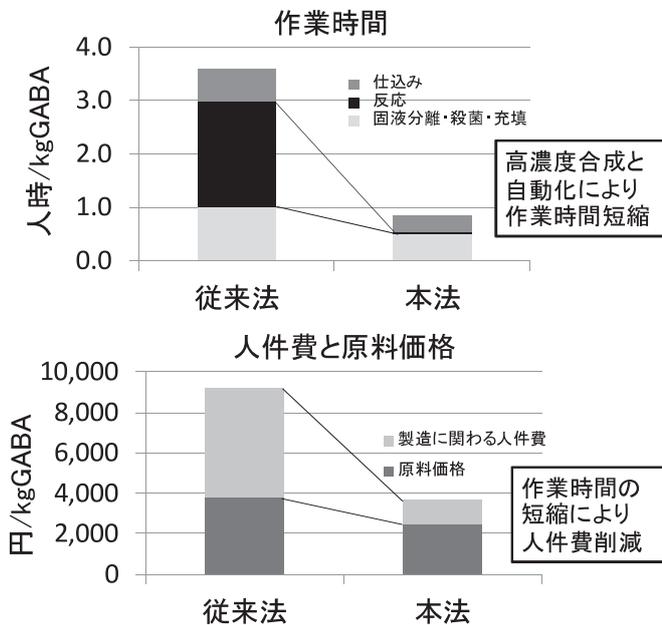


図3 GABA1kgあたりの作業時間、人件費と原料価格の比較(試算)

人件費は人時×1,500円(時給)として計算

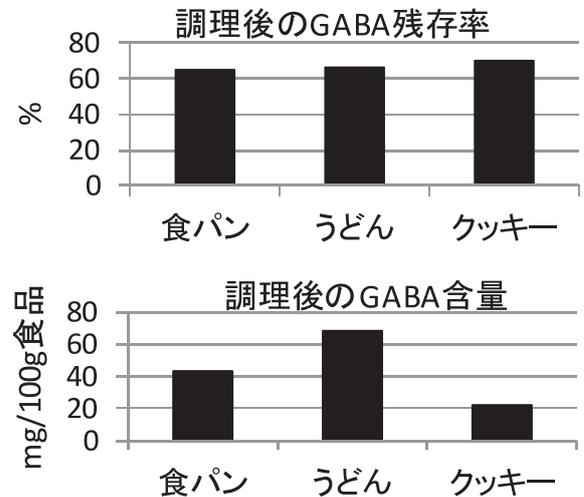


図4 GABA含有液を配合したパン、麺、菓子のGABA残存率と調理後のGABA含量

食パン・うどんには粉重の2%、クッキーには0.8%のGABA含有液を配合。調理後のGABA残存率は、調理後の食品100gあたりのGABA mgを、調理前生地100gあたりのGABA mgに対する割合で示した。

(鈴木達郎)

[その他]

予算区分：代謝調節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：310b0

予算区分：交付金、地域資源活用型研究

研究期間：2007～2011年度

研究担当者：鈴木達郎、遠藤千絵、瀧川重信、山内宏昭、野田高弘、船附稚子、森下敏和

発表論文等：1) 山内ら「γ-アミノ酪酸の効率的生産方法」特開 2009-011228

2) 鈴木ら「GABAを高濃度に含有する食用植物体及びその製造方法」特許第 4635159

3) 鈴木ら「GABA および/またはタウリンを含有する土耕栽培野菜およびキノコ、並びにそれらの製造方法」特許第 4868619

[成果情報名] 乳酸菌ラクトコッカスラクチス H61 の摂取による肌の改善効果

[要約] ラクトコッカスラクチス H61 の加熱処理菌体を 20～60 代の女性に 4 週間及び 8 週間摂取させた際、50～60 代において冬場の乾燥に伴う肌の水分量の減少が抑制される。若い年代を含めた年代で「H61 株の摂取により毛穴の目立ちが改善」との評価が得られる。

[キーワード] 乳酸菌、ヒト試験、肌、水分量

[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] 普及成果情報

[背景・ねらい]

既に、老化促進モデルマウスを用いて乳酸菌ラクトコッカスラクチス H61 が皮膚の潰瘍発生の抑制効果や脱毛の抑制効果等、皮膚の老化抑制効果を有することを見出しており、また、H61 株の生菌、加熱処理菌、発酵乳のいずれの形態でも同様の効果を持つことを確認している。本研究では、H61 株のヒトにおける効果を検証する目的で、H61 株の摂取がヒトの肌の状態へ及ぼす影響を調査する。

これまで 20～39 歳の女性に生菌を含んだヨーグルトを摂取させた場合、頬の弾力や乾燥の程度が改善されるという報告があるが、乳酸菌体のみ（死菌体）を用いた場合の、年代別のヒトの肌状態への影響については報告がない。本研究では H61 株の死菌体を被験物質とし、H61 株摂取における年齢の効果を調べるために年代別に解析を行う。

[成果の内容・特徴]

1. 畜産草地研究所内女性ボランティア（39 人）に H61 株加熱処理菌体（60mg:400 億個程度）を含む馬鈴薯デンプンまたは馬鈴薯デンプンのみ（プラセボ）を春期に 4 週間摂取させた（無作為単盲検試験）。水分計により頬の水分量を調べた結果、20～30 代及び 40 代では H61 株摂取による顕著な効果は見られないのに対し、50～60 代では H61 株摂取群で有意に増加する（図 1）。
2. 所内女性ボランティア（30 人）に上記の被験物質を秋～冬期に 8 週間摂取させた際（無作為二重盲検試験）、30 代及び 40 代では菌体投与の有無にかかわらず前腕水分量の季節的な減少が見られるのに対して、50～60 代では H61 株摂取群では摂取 8 週間後において水分量が有意に維持される（図 2）。さらに肌の状態に関するアンケート調査では 30 代、40 代、50～60 代においてプラセボ群（0%）に比べて H61 株摂取群（26.7%）の方が「毛穴の目立ちが改善された」と回答した人が有意に多い。
3. 加熱処理菌体の効果が確認されたことから、生菌を含む発酵食品以外にも様々な加工製品（サプリメント、菓子、ペットフード等）に H61 株の利用が可能である。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：食品産業関係者、消費者
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：全国
3. その他：H61 株を利用した製品は商品化されているが、茨城県内企業の販売に留まっている。H61 株の全国的な普及のためにはヒトでの効果及びその有用性をアピールする必要がある。本成果より H61 株の皮膚における効果が特に 50～60 代ヒトにおいて確認され、H61 株は高齢社会へ向けた食材として普及できることが示された。先行する乳酸菌の肌状態改善サプリメントの市場規模は 10 億円とされ多くの需要が期待できる。H61 株に係る特許は機構単独の特許であり多数の民間企業で利用できることから、現在、5 社の企業と特許実施許諾オプション契約を締結中である。H61 株による肌の改善効果と被験者の便通に相互作用はなく、また、「毛穴の目立ち」には肌のキメ、ハリが関与するものとされているが、メカニズムについては今後の検討課題である。

[具体的データ]

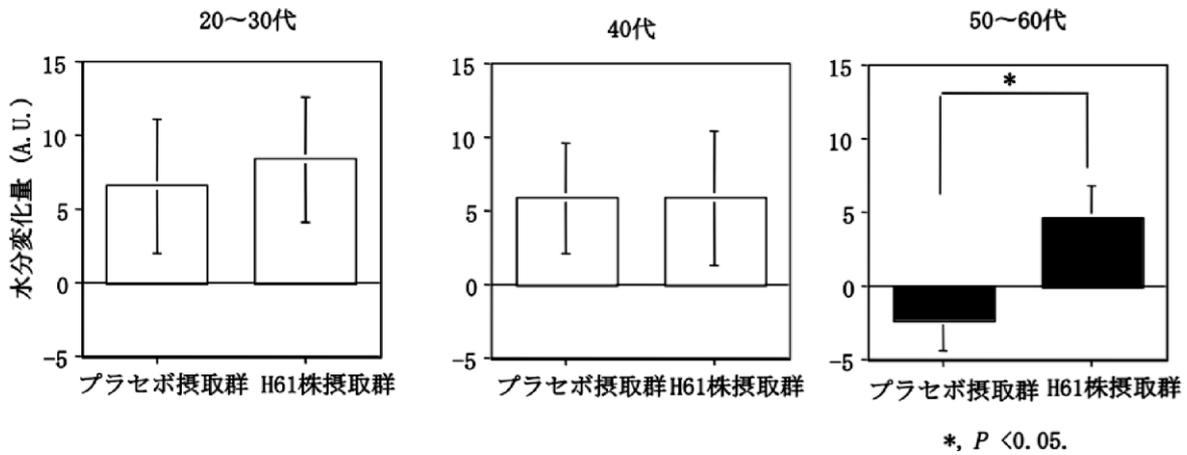


図1 春期における被験物質（プラセボ、H61株）摂取前後の頬水分量の変化
 試験開始前に被験者は無作為にプラセボ摂取群、H61株摂取群に分け、群間で水分量に差はなかった。一群あたり n=5~7。水分変化量：被験物質摂取後の数値から摂取前の数値を引いて算出。A.U.：任意の単位。

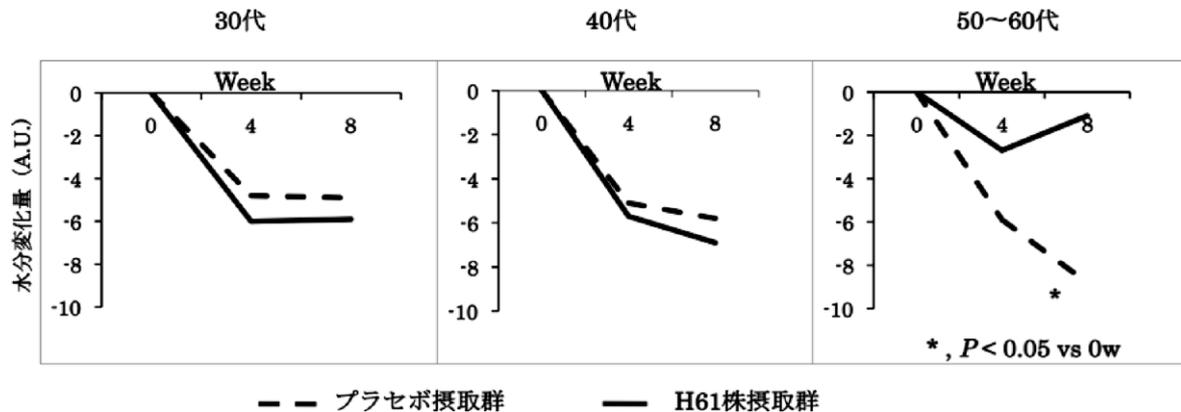


図2 秋～冬期における被験者の前腕水分量の変化
 試験開始前に被験者は無作為にプラセボ摂取群、H61株摂取群に分け、群間で水分量に差はなかった。一群あたり n=4~6。水分変化量：被験物質摂取後の数値から摂取前の数値を引いて算出。A.U.：任意の単位。

(木元広実)

[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、委託プロ（信頼機能）

研究期間：2010～2012年度

研究担当者：木元広実、青木玲二、佐々木啓介、鈴木チセ、水町功子

発表論文等：1)木元ら（2012）日本畜産学会報、83(2)：307-313

2) Kimoto-Nira et al. (2012) J. Nutr. Sci. volume 1: on line 06/12

[成果情報名] 食品・農産物評価のためのテクスチャー用語体系

[要 約] 官能評価の評価用語を迅速・的確に設定できる用語体系である。テクスチャー要素の観点から分類された日本語テクスチャー用語 445 語からなり、用語の対象食物名の情報を付した。食物名、用語、要素から検索できるデータベースとして広く利用できる。

[キーワード] 官能評価、テクスチャー（食感）評価、用語

[担 当] 食品機能性・食味・食感評価技術

[代表連絡先] 電話 029-838-8031

[研 究 所] 食品総合研究所・食品機能研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

食品や農産物のテクスチャー評価は、多彩な消費者のニーズに対応した食品の開発を進めるため、また、ジャパンプランドの農産物の品質の優位性を客観的に示すために必須である。テクスチャー評価において官能評価は欠かせないが、適切な評価用語（評価項目）の設定が難しいため、評価精度や再現性の向上が困難な状況にある。

これまでに、日本語のテクスチャー用語を収集し、公開した（2006 年度普及成果情報）。その後、用語が対象とする具体的な食物やテクスチャー要素に関する情報のニーズが多く寄せられた。そこで、官能評価における迅速かつ的確なテクスチャー用語の設定に貢献するため、テクスチャー要素、対象食物名の情報を含めた用語体系を構築する。

[成果の内容・特徴]

1. 本用語体系は、445 語のテクスチャー用語と、対象として 935 品目をカバーする食物名を含んでいる。用語分類は、大分類 3、中分類 15、小分類 64 からなる階層構造となっており、各分類にはテクスチャーの要素が命名されている（図 1）。本用語体系は、食物名からも、用語からも、要素からも検索できるデータベースとして利用可能である（図 2）。
2. 対象食物名は、選抜・訓練を受けた十分な経験のある官能評価員（パネリスト）18 名が、各用語について描写対象として思いつく限り列举した食物名を集約したものである。農産物から加工食品まで多岐にわたり、料理名も、原料名も含んでいる。
3. 大分類である力学的特性、幾何学的特性、その他の特性（水・油脂に関する特性）は、ISO11036 Texture Profile の 3 要素と対応している。また、分類は食品テクスチャー分野の研究者 96 名へのアンケートおよびその解析結果に基づき決定した、新規の分類手法によるものである。
4. テクスチャー用語の中には、複数の意味あるいは複合的な意味で使われる用語もあるため、大分類においては用語の重複を許している。すなわち、2 つ以上の大分類に属している用語もある。
5. 本用語体系は、官能評価における用語設定だけでなく、食品テクスチャーに関する情報の共有や発信に用いる用語の選定にも有効である。
6. ただし、特定の食物で慣習的に用いられている用語、従来のテクスチャーではない試料等への利用については、適宜、現場での修正が必要である。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：食品の開発および研究等、テクスチャーの官能評価を行う機関
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：数十機関からの利用が見込める。また、本用語体系を利活用する共同研究を数件予定している。
3. その他：本用語体系をデータベースとしてホームページ上で公開する（2012 年度中に公開予定）。すでに、食品企業、機構内外の研究機関、行政機関等から多くの問い合わせがある。

[具体的データ]

テクスチャー要素 テクスチャー用語	力学的特性 ←大分類3 1.破壊の表現 ←中分類15 (1)切れやすさの表現 ←小分類64 サクサク・サクッ・さっくり クッキー、スナック菓子、りんご… 歯切れがよい きゅうり、りんご、セロリ、大根… : (2)折れやすさの表現 バキバキ・バキッ せんべい、きゅうり、セロリ… バリバリ・バリッ せんべい、ポテトチップス、… : (3)繰り返し壊れる表現 シャキシャキ・シャキッ 水菜、レタス、キャベツ、セロリ… シャクシャク かき氷、梨、りんご、スイカ… :	幾何学的特性 1.空気や気泡に関する表現 (1)泡の表現 泡状の ビール、カプチーノ… ジュワジュワ 炭酸飲料、ビール… : (2)スポンジの表現 スポンジ状の スポンジケーキ、パン… パフパフの マシュマロ、スナック菓子… ぶわぶわ 油揚げ、みかん… : 2.粒子に関する表現 (1)小球体の粒子の表現 粒状の イクラ、タピオカ… :
----------------------	---	---

図1 用語体系のイメージ

ケース1

Q りんごの評価項目を決めたい

A 食物名「りんご」で検索

ここから目的に応じて分類を参考に絞り込み

力学的特性 中分類/小分類	
シャリシャリ	破壊/繰り返し壊れる
シャクシャク	破壊/繰り返し壊れる
歯切れがよい	破壊/切れやすさ
かたい	強靱/かたさ
:	:
幾何学的特性	
すかさか	空気・気泡/多孔質
かすかす	空気・気泡/多孔質
:	:
その他の特性(水・油脂)	
みずみずしい	多水分/にじみ出る
かすかす	乾燥/劣化
:	:

ケース2

Q つぶつぶ食材の官能評価をしたい

A テクスチャー要素「幾何学的特性」→「粒子」で検索

ここから目的に応じて分類を参考に絞り込み

中分類/小分類	
球状の, 粒状の, …	粒子/小球体
ぷちぷち, ぷつぷつ…	粒子/小球体の集合
ぼろぼろ, ぼろぼろ…	粒子/大きめの球体

ケース3

Q シャキシャキとサクサクはどう違う?

A 用語で検索

シャキシャキ ・少しずつ繰り返し壊れる感じの表現 ・類義語はシャリシャリ、シヨリシヨリ ・主に青果に使われる	サクサク ・スツと切れる感じの表現 ・類義語は歯切れがよい、裂けやすい ・小麦粉製品にも青果にも使われる
--	--

用語説明の参考に

図2 使用例のイメージ

(早川文代)

[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、科研費、民間団体の助成金

研究期間：2007～2012年度

研究担当者：早川文代、神山かおる、風見由香利、井奥加奈(大阪教育大)、阿久澤さゆり(東京農大)、西成勝好(大阪市大)、馬場康維(統計数理研)、山野善正(おいしさの科学研)

発表論文等：1)早川ら(2011)食科工、58(8):359-374

2) Hayakawa F. et al. (2013) J. Texture Stud., 44(2):140-159

[成果情報名] コスト・環境負荷低減のための青果物のバルクコンテナ物流技術の開発

[要 約] 新規バルクコンテナを青果物物流に導入した場合、段ボール箱による物流と比較して、包材コストを3割以上、物流に関わるCO₂発生量を3~4割削減可能である。ダイコン、キャベツ、タマネギなどでは流通時の品質保持が可能な積載条件での実用化が可能である。

[キーワード] 青果物、物流、バルクコンテナ、コスト、環境負荷

[担 当] 流通加工プロセス・先端流通加工

[代表連絡先] 電話 029-838-8014

[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]

青果物流通におけるコスト、環境負荷の低減を目指して、新規バルクコンテナによる青果物の物流技術を開発し、その効果を定量的に評価することを目的とした。青果物物流にバルクコンテナを適用するためには、バルク状態での荷扱いや輸送の際に生じることが懸念される物理的、生理的損傷を許容範囲内に抑えるための物流条件（適用可能品目、包装条件等）を明らかにする必要がある。また、バルクコンテナの導入による効果を定量的に評価し、導入促進を図るために青果物の生産・流通・販売関係者へ情報提供を行う。

[成果の内容・特徴]

1. 青果物物流への導入によりコスト、環境負荷の低減が期待される新規バルクコンテナ（以下、BCと略記）は、プラスチック製のパレットと上ぶた、複々両面段ボール製のスリーブから構成され（図1）、サイズが幅1,058×奥行（1,078~1,700）×高さ任意（内寸、mm）で10kg段ボール箱の十~数十倍の容積を有する、スチール製に比べて大幅に軽量である、繰返し使用が可能である（プラスチック部分は100回以上）、非使用時の容積が使用時の7分の1程度で返送時の輸送が高効率である、などの特徴を有する。
2. 生産量、形状、物理的特性などから、BC物流の適用が可能と考えられる青果物としてダイコン、キャベツ、タマネギ、ハクサイ、カブ、ニンジン、カボチャ、温州ミカン、ネーブルオレンジを選定し、BC利用時の品質保持対策などを検討した結果、
 - 1) ダイコンでは、BCへの充填方法をブロック積みから最密充填積みに変更することで、振動による損傷を段ボール箱におけるそれに対して同等以下に抑制できる（図2）。これらの積み方については段ボールでの実施されており、作業コストなどの増加はない。
 - 2) キャベツでは、落下処理により一時的に呼吸速度が上昇するが、1日以内に無処理との間に有意差がなくなること、落下高さを40cm未満に抑えることで無処理と比較して貯蔵中の糖含量に有意差がないことが示された（図3）。また実輸送試験の結果から、BCにおいても小袋と同様にMA包装（ガス組成調節による品質保持包装）が可能であり、段ボール箱輸送と同等の品質維持が可能であることを明らかにした。
 - 3) タマネギでは、北海道から茨城県までの実輸送試験の結果、プラスチック段ボール製のスリーブを採用する場合は、スリーブの補強（図1右）および、パレット・上ぶたへの穴加工による通気性改善により適用が可能であった。
3. 各種青果物についてBC物流のライフサイクルアセスメントを実施し、通常段ボール箱からBCへ転換することで、約3~7割の包材コスト低減（図4）と、3~4割程度の物流時温室効果ガス（CO₂相当量）排出量の削減が可能であることを示した。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：候補青果物の生産者（団体）、物流事業者、一次加工事業者、リース会社
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：キャベツは愛知県、群馬県、千葉県、神奈川県、北海道など、タマネギは北海道、佐賀県、兵庫県、愛知県、長崎県など

[具体的データ]



図1 新規バルクコンテナの使用時（左）、非使用時（中）、プラ段補強例（右）の状態

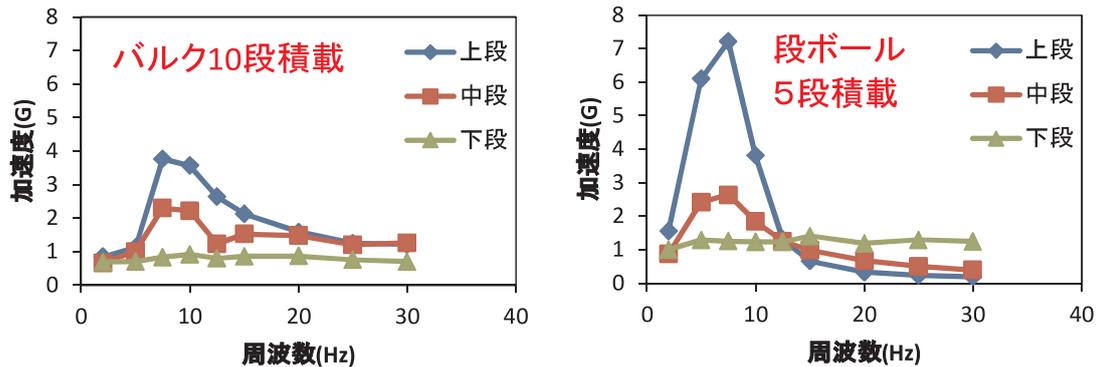


図2 ダイコン加速度の比較（新規バルクコンテナ：10段／容器、段ボール箱：2段／箱×5箱）（加振加速度0.6G。加速度と損傷程度との間にはほぼ比例関係がある。）

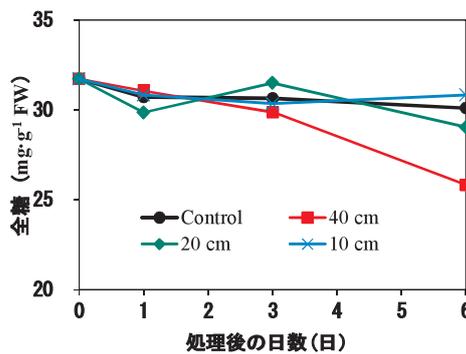


図3 落下高さがキャベツの糖含量に及ぼす影響（図中のa,bは有意差を示す）

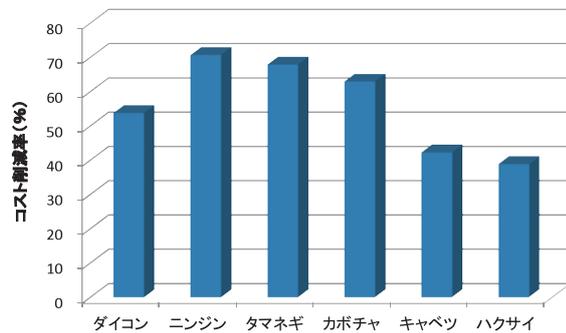


図4 BC物流の包材コスト削減率試算

（椎名 武夫、中村 宣貴）

[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：実用技術、交付金

研 究 期 間：2010～2012 年度

研究担当者：椎名武夫、中村宣貴、Manasikan THAMMAWONG、兼田朋子（特別研究員）、中野浩平（岐阜大学）、吉田誠、曾我綾香、鈴木美穂子、室井義広、山崎弘（神奈川県）、打田宏（全農）、西尾恵、安田慎一（ホクレン総研）、新實誉也、柏木俊幸、大野誠治、池口尚宏（キョーラク(株)）、横山幸一、藤ノ木隆、並木晋哉（王子インターパック(株)）

発表論文等：1)Thammawong et al. (2011) Food Preserv. Sci、37(6)：273-282

2) Thammawong et al. (2012) Food Preserv. Sci、38(5)：277-283

3) 兼田ら（2013）日本食品保蔵科学会誌、39(2)：67-74

【成果情報名】放射性セシウムを含む玄米粒認証標準物質

【要 約】 食品中の放射能濃度測定信頼性向上に貢献するために、国際規格に従った仕様で生産した、基準値よりわずかに低い濃度の放射性セシウムを含む玄米粒を用いた放射能濃度測定用の認証標準物質であり、頒布が開始されている。

【キーワード】 放射性セシウム、玄米、認証標準物質、国際規格、品質管理

【担 当】 放射能対策技術・移行低減

【代表連絡先】 電話 029-838-7325

【研 究 所】 食品総合研究所・食品安全研究領域、食品分析研究領域、食品素材科学研究領域、食品工学研究領域、応用微生物研究領域

【分 類】 普及成果情報

【背景・ねらい】

厚生労働省は、平成23年3月に定めた食品中の放射性物質の暫定規制値からより一層の食品の安全と安心を確保するため、放射性セシウム ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) に関して食品衛生法で新しい基準値を定め、平成24年4月1日から施行している。一般食品の放射性セシウムの基準値は100 Bq/kgと暫定規制値の1/5となっている。

より厳しい基準値の施行に伴い、放射能分析の品質管理が益々重要となっている。品質管理のための基準値に近い放射性セシウム濃度の標準物質の入手が困難であることから、特にニーズが高いと考えられる玄米を原料とした放射性セシウム分析用認証標準物質の開発と頒布を目指したものである。

【成果の内容・特徴】

1. 放射性セシウム分析用認証標準物質は、独立行政法人産業技術総合研究所（産総研）の計測標準総合センターとの共同研究の成果である。同センターは、放射能の国家計量標準を維持し、放射能標準を供給するとともに、放射能の高精度測定法を開発しており、さらに国家計量標準にトレーサブルな認証標準物質の頒布を行っている (<http://www.nmij.jp/service/C/>)。
2. 作製に当たっては、標準物質生産に関する国際規格である ISO ガイド 34 および ISO ガイド 35 ならびに試験所や校正機関が有するべき能力を定めた国際規格である ISO/IEC 17025 に従っている。
3. 平成23年産の玄米 90 kg（放射性セシウム濃度が約 80 Bq/kg）を粒のままよく混合し、均質化した。標準物質候補試料として、この均質化した玄米粒を 81 g ずつ（平均値 81.00 g、相対標準偏差 0.021 %）ポリプロピレン製測定容器（U8 容器、外径 55 mm、高さ 55 mm）600 個に、高さ 5 cm で充填し、25 kGy の γ 線照射により滅菌処理することで、防カビ・防虫処理を施している(図 1)。なお、U8 容器は、（公社）日本アイソトープ協会から頒布されている標準ガンマ体積線源で使用されている測定容器であることから、標準ガンマ体積線源と同様な幾何学条件での測定が可能である。
4. 標準物質候補試料の中から無作為にサンプリングした 12 個の試料の放射能測定値のばらつきは相対標準偏差で 3 % 程度であり、均質である。表 1 に示した本標準物質の放射能濃度の認証値は、産総研のゲルマニウム半導体検出器を用いて行った放射能測定により得られた値から決定している。
5. この認証標準物質を測定することで、基準値レベルの放射能濃度の測定において、その測定値が正しく測定・評価できていることの確認ができる。なお、農林水産省食料産業局長通知「食品中の放射性物質に係る自主検査における信頼できる分析等について（平成24年4月20日付け、24食産第445号）」では、信頼できる分析の要件として、分析者の内部精度管理（標準試料の測定値を定期的に確認すること）が示されている。

6. 参考値であるが、この標準物質に含まれる天然放射性核種である ^{40}K の放射能濃度は 72 Bq/kg である。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：国や地方自治体、公設試験研究機関、地方衛生研究所、登録検査機関、民間検査会社、民間企業等の農産物や食品の放射能検査機関あるいはその担当部署
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：全国、平成 24 年度は 600 個を生産
3. その他：平成 24 年 8 月 31 日より（独）産業技術総合研究所計量標準総合センターから頒布を開始し、平成 25 年 2 月までに 160 個以上を頒布。

[具体的データ]



図 1. 玄米認証標準物質（NMIJ CRM 7541-a）
（有効期限：U8 容器未開封で、2016 年 3 月 31 日）

表 1. 認証標準物質の認証値および拡張不確かさ*
（基準時間：2012 年 8 月 1 日 9:00:00 JST）

	放射能濃度 Bq/kg	拡張不確かさ Bq/kg
^{134}Cs	33.6	2.6
^{137}Cs	51.8	4.6
$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	85.4	5.3

*認証値の拡張不確かさは、合成標準不確かさと包含係数 $k=2$ から決定された値であり、約 95 % の信頼の水準をもつと推定される区間の半分の幅を表す。

（濱松潮香、川本伸一、松倉潮、五十部誠一郎、等々力節子、内藤成弘、奥西智哉、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

研究期間：2012 年度

研究担当者：濱松潮香、川本伸一、松倉潮、五十部誠一郎、等々力節子、内藤成弘、奥西智哉、木村啓太郎、柚木彰（産総研）、海野泰裕（産総研）、三浦勉（産総研）

発表論文等：農研機構・産総研の共同プレスリリース「放射性セシウムを含む玄米の認証標準物質を開発」平成 24 年 8 月 30 日

2) 研究成果情報

【成果情報名】 麦類における出穂後尿素葉面散布は赤かび病の発病とかび毒蓄積に影響しない

【要 約】 蛋白質含有率向上を目的とした出穂後の硬質小麦および二条大麦への尿
素の葉面散布は、赤かび病の発病とかび毒蓄積に影響しない。また、尿素を赤かび病防除
薬剤と混合散布しても、薬剤の効果は低下しない。

【キーワード】 赤かび病、かび毒、尿素、実肥、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 029-242-7728

【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】

硬質小麦等の麦類の生産においては、蛋白質含有率を高めるために出穂後の追肥（実肥）が必要となる場合がある。尿素の葉面散布は、赤かび病防除薬剤との混合施用による作業の省力化も可能であり、有用な実肥施用法と考えられるが、窒素施用により赤かび病への感受性が増してかび毒（デオキシニバレノール（DON）・ニバレノール（NIV））の汚染リスクが高まることが懸念されており、このことが本施用法の普及を妨げる一因となっている。これまでに、硬質小麦における硫酸の土壌表面散布による実肥施用は赤かび病およびかび毒蓄積に影響しないことが明らかになっているが（平成 18 年度研究成果情報）、窒素形態が異なる場合や、大麦における実肥の影響については不明である。そこで、硬質小麦および二条大麦における尿素葉面散布が赤かび病の発病とかび毒蓄積に及ぼす影響について、薬剤と混合施用した場合も併せ明らかにする。

【成果の内容・特徴】

1. 硬質小麦において、開花期およびその 10 日後の尿素 2%液葉面散布（1 回あたり窒素 1.38 kg/10a 相当）は収穫物の蛋白質含有率を高めるが、赤かび病の発病およびかび毒の蓄積には差を生じない（表 1、表 3）。
2. 二条大麦において、穂揃い期およびその 10 日後の葯殻抽出期の尿素 2%液葉面散布（1 回あたり窒素 1.38 kg/10a 相当）は収穫物の蛋白質含有率を高めるが、赤かび病の発病およびかび毒の蓄積には差を生じない（表 2、表 3）。
3. 硬質小麦、二条大麦のいずれにおいても、赤かび病防除薬剤（チオファネートメチル水和剤）の効果は尿素との混合散布により低下しない（表 1、表 2、表 3）。
4. 以上のことから、硬質小麦および二条大麦において、蛋白質含有率を高めるための出穂後の尿素的葉面散布および赤かび病防除薬剤との混合散布は赤かび病の発病とかび毒蓄積に影響しない。

【成果の活用面・留意点】

1. 硬質小麦および二条大麦において、蛋白質含有率向上を目的とした出穂後の尿素的葉面散布を赤かび病によるかび毒汚染リスク増大の懸念から控える必要はない。
2. 6%以上の尿素的液葉面散布では、葉焼けや芒焼けが生じることが知られている（平成 17 年度研究成果情報）。
3. 本成果はかび毒を低減するための農業生産工程管理（GAP）に活用できる。

[具体的データ]

表1 硬質小麦における出穂後の尿素の葉面散布および赤かび病防除薬剤との混合散布の影響(2009年)^{a)}

処理名	開花期・開花10日後 (2回)散布液	発病率 (%)	発病度 (0-100)	千粒重 (g)	赤かび 粒率(%)	蛋白質 含有率(%)	DON (ppm)	発病度 防除値	かび毒 (DON) 低減率
TM水和剤	TM水和剤	12	1	38.2	0.4	11.6	0.2	85	96
TM水和剤+尿素	尿素2%・TM水和剤 混合液	9	1	38.9	0.3	12.8	0.1	87	98
尿素	尿素2%液	65	7	37.1	2.3	13.0	5.2	0	3
無処理	-	65	7	33.8	3.8	12.3	5.4	-	-

a) 試験場所:九州沖縄農研内圃場(合志市)。供試品種:ミナミノカオリ。開花期に各処理区の1回目散布処理後、同日夕方に赤かび病菌(DON産生型菌株)の孢子懸濁液を圃場全体に噴霧接種した。3ブロック乱塊法で試験を実施。TM水和剤:チオファネートメチル水和剤(有効成分70%、1000倍希釈)。いずれの散布液も、展着剤(新グラミン)を添加し、150L/10a相当量を穂全体に散布した。開花25日後に発病調査を行い、成熟期収穫物について、蛋白質含有率(水分13.5%換算値)、かび毒濃度等を調査した。

表2 二条大麦における出穂後の尿素の葉面散布および赤かび病防除薬剤との混合散布の影響(2009年)^{a)}

処理名	穂揃い期 散布液	穂揃い10日後 (蒴殻抽出期) 散布液	発病率 (%)	発病度 (0-100)	千粒重 (g)	蛋白質 含有率 (%)	DON (ppm)	NIV (ppm)	DON+NIV (ppm)	発病度 防除値	かび毒 (DON+NIV) 低減率
TM水和剤	-	TM水和剤	16	1	45.8	8.4	0.1	0.1	0.2	81	89
TM水和剤+尿素	尿素2%液	尿素2%・TM水和剤 混合液	19	1	46.8	9.0	0.2	0.1	0.2	77	87
尿素	尿素2%液	尿素2%液	49	2	44.4	9.2	1.4	0.4	1.8	22	0
無処理	-	-	55	3	44.2	8.9	1.4	0.4	1.8	-	-

a) 試験場所:九州沖縄農研内圃場(合志市)。供試品種:ニシノチカラ。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)の畝間散布とスプリンクラー散水处理により、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。他は表1の脚注と同様。

表3 硬質小麦および二条大麦の試験データの分散分析結果の概略(2009年・2010年)^{a)}

要因	年次	硬質小麦試験					二条大麦試験				
		発病率 (%)	発病度 (0-100)	かび毒 濃度 (ppm)	蛋白質 含有率 (%)	千粒重 (g)	発病率 (%)	発病度 (0-100)	かび毒 濃度 (ppm)	蛋白質 含有率 (%)	千粒重 (g)
TM水和剤	2009	*** ↓	*** ↓	*** ↓	ns	* ↑	*** ↓	*** ↓	*** ↓	ns	** ↑
	2010	*** ↓	*** ↓	*** ↓	** ↓ ^{b)}	*** ↑	*** ↓	*** ↓	*** ↓	ns	ns
尿素	2009	ns	ns	ns	* ↑	ns	ns	ns	ns	* ↑	ns
	2010	ns	ns	ns	** ↑	ns	ns	ns	ns	** ↑	ns
TM水和剤×尿素 (交互作用)	2009	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2010	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

a) 硬質小麦は両年とも「ミナミノカオリ」、二条大麦は2009年は「ニシノチカラ」、2010年は「サチホゴールド」を供試。***, **, *は、各要因の効果それぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意であること、矢印は効果の方向(増加・減少)、nsは有意な効果が認められないことを示す。

b) これは赤かび病甚発生条件(無処理区のかび毒濃度:15.2ppm)の中で赤かび病を防除したことにより千粒重が増加したことの影響によると思われる。

(吉田めぐみ)

[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 : 2008~2011年度

研究担当者 : 吉田めぐみ、中島 隆、宮坂 篤、鈴木文彦、平八重一之

発表論文等 : 中島ら(2012)九病虫研会報、58:7-13

[成果情報名] 赤かび毒デオキシニバレノールとニバレノールの毒性は異なる

[要 約] ヒト白血球細胞をデオキシニバレノールで処理するとサイトカイン MIP-1 α と MIP-1 β の分泌を顕著に誘導したが、ニバレノール処理では両サイトカインの分泌は濃度に依存して減少した。このことは両かび毒の毒性作用は明確に異なることを示している。

[キーワード] 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 029-838-8085

[研 究 所] 食品総合研究所・食品安全研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

日本では赤かび毒デオキシニバレノール (DON) とニバレノール (NIV) による麦類の共汚染が観察されている。DON と NIV の化学構造は非常に似ており、違いはわずか1つの酸素原子である (図1)。両毒素が同じ毒性発現メカニズムで毒性を示すかどうかは、食品の安全性確保にとって重要である。本研究では、DON や NIV のようなトリコテセン系かび毒はヒトに白血球減少症を引き起こすことから、ヒト前骨髄球白血球細胞の培養細胞である HL60 を用いて両毒素の毒性の違いを比較・解析する。

[成果の内容・特徴]

1. DON (分子量 296) あるいは NIV (分子量 312) (図1) で細胞を 24 時間処理後、培養上清中のタンパク質性の生理活性因子であるサイトカインの分泌量を定量している。測定したサイトカインは、白血球の増殖や分化を阻害する活性を持つマクロファージ炎症タンパク質 (MIP) -1 α と MIP-1 β である。
2. 0.3 $\mu\text{g/ml}$ の DON 処理では、顕著に両サイトカインの分泌を誘導する (図2、3)。MIP-1 β の分泌亢進は、MIP-1 α より顕著である (図2、3)。これに対し、NIV 処理によって両サイトカインの分泌は濃度に依存して減少する (図2、3) ことから、NIV では DON とは異なり MIP-1 α と MIP-1 β のどちらの分泌も誘導しないと考えられる。このことは、DON と NIV の毒性作用に明確な違いがあることを示している。
3. DON は白血球の増殖・分化を阻害する活性を持つ MIP-1 α や MIP-1 β の分泌を誘導することから、DON に関しては両サイトカインの分泌による影響が白血球減少症の発症過程に関与している可能性がある。
4. 両毒素の毒性作用の違いをこれほど明瞭に示した研究は他にない。

[成果の活用面・留意点]

1. DON と NIV でサイトカインの分泌が異なることを示した本成果は、これらのかび毒のリスク評価における重要な情報となる。
2. 構造の類似したトリコテセン系かび毒の作用メカニズムを明らかにすることは、これらのかび毒のリスク管理上も重要である。本成果で示した細胞レベルでの毒性の違いを基に、さらに分子レベルでの解析を実施することによって、これらのかび毒の作用メカニズム解明につながる。
3. 本成果は、株化された培養細胞で観察された現象である。

[具体的データ]

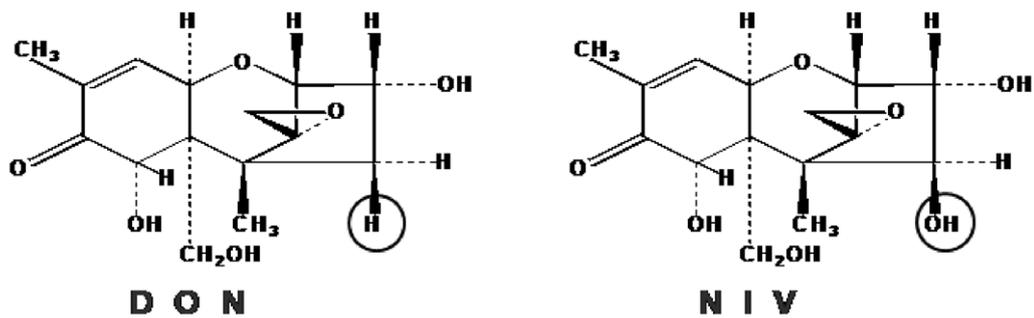


図1 DON と NIV の化学構造式 (○で示した酸素原子1つの違いである)

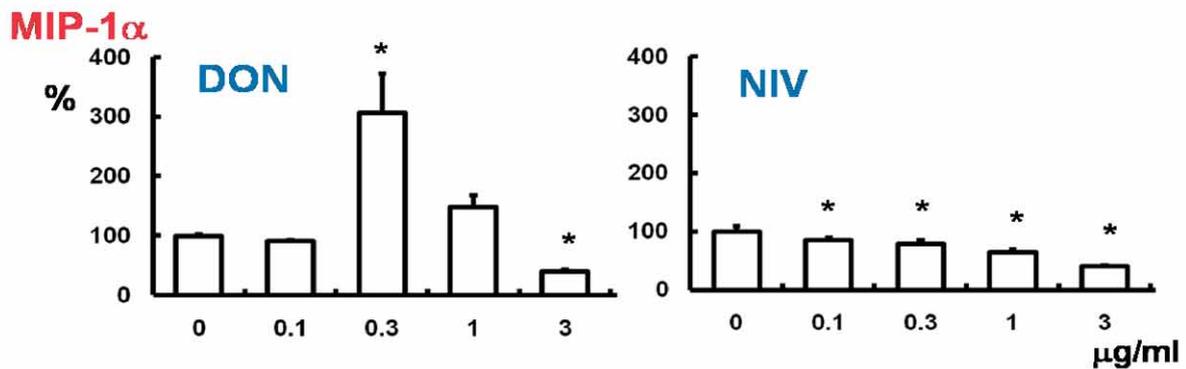


図2 MIP-1α 分泌に対する DON と NIV の影響 横軸は処理濃度、縦軸は相対分泌量を示す。値は平均値±標準偏差 (n = 4)。* は対照群と比べ統計的に有意な差 ($P < 0.05$)。

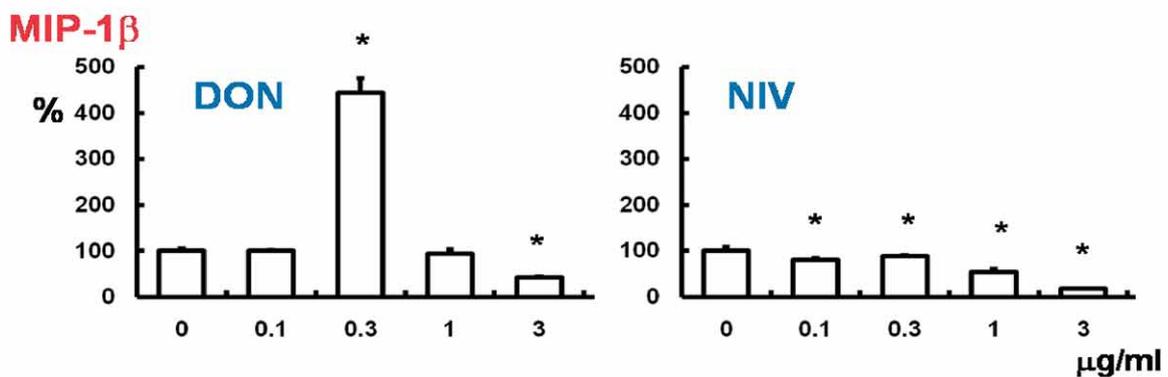


図3 MIP-1β 分泌に対する DON と NIV の影響 横軸は処理濃度、縦軸は相対分泌量を示す。値は平均値±標準偏差 (n = 4)。* は対照群と比べ統計的に有意な差 ($P < 0.05$)。

(長嶋 等)

[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 : 2011~2012 年度

研究担当者 : 長嶋 等

発表論文等 : Nagashima et al. (2012) Environ. Toxicol. Pharmacol. 34, 1014-1017

【成果情報名】新規かび毒配糖体の検出

【要 約】 赤かび病かび毒に汚染されたトウモロコシ試料について高分解能 LC/MS による精密質量を指標とした分析を行ない、今後わが国でもリスク評価対象となりうるタイプ A トリコテセン系かび毒の配糖体 4 種類を新規に検出している。

【キーワード】 赤かび病、かび毒、配糖体、LC/MS、マスクドマイコトキシン

【担 当】 食品安全信頼・かび毒リスク低減

【代表連絡先】 電話 029-838-8085

【研 究 所】 食品総合研究所・食品安全研究領域

【分 類】 研究成果情報

【背景・ねらい】

トリコテセン系かび毒は麦類やトウモロコシ等の赤かび病菌の一部が産生するかび毒である。わが国ではデオキシニバレノール (DON) とニバレノール (NIV) の汚染が重要視されている。近年、かび毒に糖が付加した配糖体 (マスクドマイコトキシンとも呼ばれる) の存在が報告されている。これらの配糖体は加水分解によりかび毒を遊離することから、新たなかび毒としてのリスクが懸念されている。トリコテセン系かび毒には各種の類縁体が存在することから、これらの配糖体も多様に存在することが予想されるが、その多くは存在が確認されていない。そこで高分解能高速液体クロマトグラフ質量分析装置 (LC/MS) を用いて新規かび毒配糖体の探索を行う。

【成果の内容・特徴】

1. 試薬標品が入手できない化合物であるため従来の手法では検出が不可能であったが、分子量 (組成式) から算出される分子イオンと派生する断片 (フラグメント) イオンの精密質量を指標として高分解能 LC/MS で分析することにより、存在が明らかではなかった新規かび毒配糖体の検出を可能にしている。
2. 赤かび病かび毒に汚染された輸入トウモロコシ粉末試料について高分解能 LC/MS を用いて T-2 トキシン (T-2) 由来の新規配糖体を検出している (図 1)。同様に、同試料において HT-2 トキシン (HT-2)、ネオソラニオール (NES)、ジアセトキシシルペノール (DAS) の由来の配糖体を新たに検出している (図 2)。
3. トリコテセン系かび毒の配糖体は DON、NIV およびフザレノン-X のようなタイプ B トリコテセンについてのみ報告例がある。本成果は T-2、HT-2、DAS、NES のようなタイプ A トリコテセンについても配糖体が存在することを示している。
4. 2011 年に欧州食品安全機関 (EFSA) は T-2 および HT-2 の含量について耐容一日摂取量 (TDI) 100 ng/kg 体重を設定している。今後これらのかび毒についてわが国でもリスク評価がなされる可能性も考えられることから、両者の配糖体の存在を明らかにしたことは重要な科学的知見を提供するものである。

【成果の活用面・留意点】

1. かび毒配糖体は加水分解によってかび毒を遊離する。従ってかび毒配糖体の存在を明らかにすることは、かび毒の潜在リスクを解明するために役立つ。一方、定量的な情報を得るためには、各種配糖体の試薬標品が必要である。
2. 本成果はトウモロコシ粉末についてのものであるが、高分解能 LC/MS を用いた分析法は他の農作物に含まれる各種未知化合物 (存在が明らかではない化合物) の探索にも利用可能である。

[具体的データ]

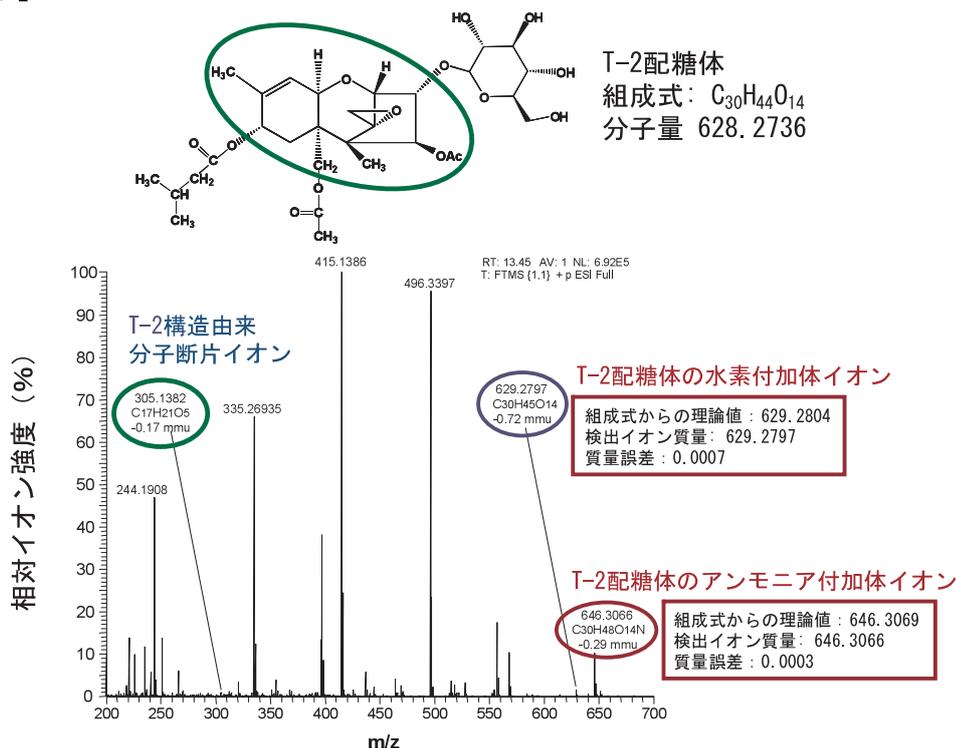


図1. T-2 トキシン配糖体検出時のマススペクトル

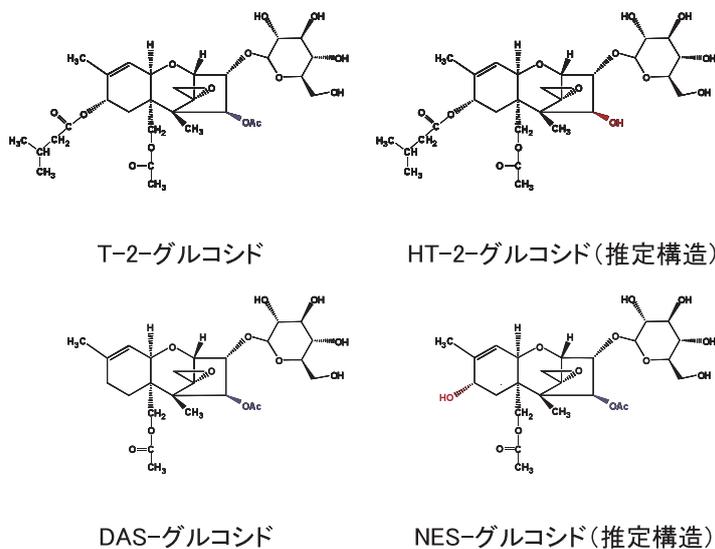


図2. 新たに検出されたかび毒配糖体

(中川博之)

[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: 2011~2012年度

研究担当者: 中川博之

発表論文等: Nakagawa H et al. (2012) World Mycotoxin Journal, 5: 271-280

[成果情報名] 土壌 pH 上昇による野菜可食部カドミウム濃度低減効果の品目間差異

[要 約] 野菜7品目のポット栽培試験のデータを線形混合モデルにより解析すると、栽培土壌のカドミウム濃度低下と比べて土壌 pH 上昇による可食部カドミウム濃度低減効果の方が品目間差異は大きい。土壌 pH 上昇による低減効果はキャベツで比較的高く、ニンジンで低い。

[キーワード] カドミウム、野菜、土壌 pH、品目間差異

[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] 東北農業研究センター・生産環境研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

野菜の可食部のカドミウム (Cd) 濃度低減においては土壌 pH の上昇や土壌中 Cd 濃度の低下が有効と考えられるが、これらに関する報告は少なく、対策技術は確立していない。野菜の可食部 Cd 濃度低減技術を開発するためには、各品目について土壌 pH と土壌中 Cd 濃度が可食部 Cd 濃度に与える影響を把握することが必要である。そこで、各土壌において土壌 pH を数段階にして得られるデータを解析可能な線形混合モデルを用いて野菜7品目(エダマメ、チンゲンサイ、レタス、ニンジン、ハクサイ、キャベツ、ブロッコリー)の可食部 Cd 濃度を推定し、各品目の土壌 pH 上昇と土壌中 Cd 濃度低下による低減効果を比較する。

[成果の内容・特徴]

1. 土壌 pH と土壌中 Cd 濃度に基づく野菜の可食部 Cd 濃度を以下の手順で推定する。

- 1) 現地圃場から採取した Cd 濃度 $0.1\sim 4.0\text{ mg kg}^{-1}$ の土壌 9 点(エダマメのみ 11 点)を土壌 pH が 2~3 段階となるよう調整したポット栽培試験に供試し(表 1)、得られた野菜の可食部 Cd 濃度、 0.1 mol L^{-1} 塩酸浸出による土壌中 Cd 濃度、土壌 pH を線形混合モデル(式 1)に当てはめる。

$$\text{式 1 } \log([\text{可食部 Cd 濃度}]_{i,j}) = \text{切片} + a([\text{0.1 mol L}^{-1} \text{ 塩酸浸出 Cd 濃度}]_i - 0.21) \\ + b([\text{栽培後の土壌 pH}]_{i,j} - 6.1) + [\text{各土壌のランダム切片}]_i + [\text{残差}]_{i,j}$$

注 1) 添え字の i, j は土壌 i の j 番目の値、 a, b は 0.1 mol L^{-1} 塩酸浸出 Cd 濃度と土壌 pH の係数

注 2) ランダム要因に各供試土壌を指定し、各土壌の傾きが一定で切片が異なるランダム切片モデル。切片を日本の畑土壌の平均値(0.1 mol L^{-1} 塩酸浸出 Cd 濃度 0.21 mg kg^{-1} 、土壌 pH 6.1)に設定した。

- 2) 野菜各品目について式 1 の切片、 a, b より土壌 pH と土壌中 Cd 濃度による可食部 Cd 濃度推定値の等値線図を作成する(図 1)。

2. 全 7 品目の可食部 Cd 濃度は土壌 pH の上昇と土壌中 Cd 濃度の低下に伴い低減する(図 1)。土壌 pH 5.5 から 6.5 に上昇時の可食部 Cd 濃度の低減率は、土壌中 Cd 濃度 1.9 から 0.5 mg kg^{-1} に低下時の低減率より品目間差異が大きく、その低減効果はキャベツで比較的高く、ニンジンで低い。

[成果の活用面・留意点]

1. 土壌 pH 上昇または土壌中 Cd 濃度低下による可食部 Cd 濃度の低減効果についての品目間差異に関する情報は、アルカリ資材施用やファイトレメディエーションなど野菜の Cd 濃度低減対策の参考として活用できる。

2. 土壌 pH と土壌中 Cd 濃度の条件が一定の場合、可食部 Cd 濃度は品目によって異なるため、品目転換対策の参考となる。

[具体的データ]

表 1 ポット栽培試験の供試土壌の Cd 濃度と供試品目

土壌名	土壌中Cd濃度 mg kg ⁻¹	エダマメ	チンゲンサイ	レタス	ニンジン	ハクサイ	キャベツ	ブロッコリー
多腐植質普通黒ボク土	0.07	○	○	○	○	○	○	○
典型普通黒ボクグライ土	0.90	○						
多腐植質普通黒ボク土	1.05		○	○	○			
典型普通黒ボクグライ土	1.99	○	○	○	○	○	○	○
多腐植質普通黒ボクグライ土	2.39	○	○	○	○	○	○	○
多腐植質普通黒ボク土	2.99					○	○	○
腐植質普通黒ボク土	4.03	○						
細粒質普通灰色低地土	0.41	○	○	○	○	○	○	○
細粒質普通褐色低地土	0.45	○	○	○	○	○	○	○
中粒質灰色化低地水田土	1.12		○	○	○	○	○	○
中粒質グライ化灰色低地土	1.89		○	○	○			
細粒質普通褐色低地土	2.16	○						
細粒質灰色化低地水田土	2.21	○						
細粒質普通褐色低地土	2.66	○						
細粒質普通褐色低地土	2.93					○	○	○
細粒質グライ化灰色低地土	3.35			○	○	○	○	○
播種日		6月26日	5月27日	5月11日	5月27日	4月24日	4月13日	7月6日
収穫日		9月3日	7月7日	7月22日	8月25日	6月27日 ~7月10日	7月21日	9月29日 ~10月9日

注 1) 土壌名は農耕地土壌分類第 3 次改訂版、土壌中 Cd 濃度は 0.1 mol L⁻¹ 塩酸浸出による。

注 2) 各品目について栽培面積上位の 1 品種を供試した。

注 3) チンゲンサイは 1/5000a、その他は 1/2000a ポットを使用した。

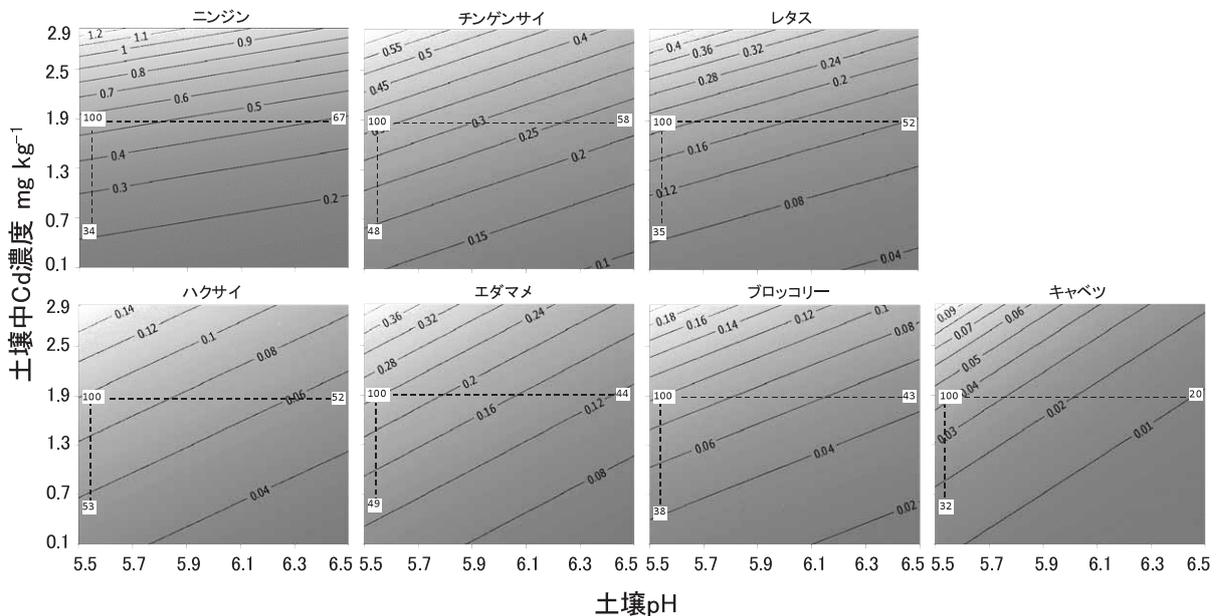


図 1 土壌 pH と土壌中 Cd 濃度による可食部 Cd 濃度推定値の等値線図

注 1) 図の色が明るいほど作物の Cd 濃度が高い。図中白枠の数字は土壌中 Cd 濃度 1.9 mg kg⁻¹ で土壌 pH 5.5 における可食部 Cd 濃度を 100 とした場合、土壌 pH 5.5 から 6.5 に上昇した時および土壌中 Cd 濃度 1.9 から 0.5 mg kg⁻¹ に低下した時の可食部 Cd 濃度の値を示す。

注 2) 対数尤度から計算した予測式の決定係数 エダマメ: 0.77、チンゲンサイ: 0.77、キャベツ: 0.82、レタス: 0.67、ハクサイ: 0.57、ニンジン: 0.39、ブロッコリー: 0.79

注 3) 図の推定値は、土壌の違いにより変動する。

(戸上和樹)

[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 : 実用技術、交付金

研 究 期 間 : 2007~2012 年度

研 究 担 当 者 : 戸上和樹、吉住佳与、工藤一晃、青木和彦、三浦憲蔵

発 表 論 文 等 : 戸上ら(2011) 日本土壌肥料学雑誌、82(3):191-199

[成果情報名] 放射線照射検知の信頼のおける指標化合物 2-アルキルシクロブタノン類

[要 約] 2-アルキルシクロブタノン類を検出するための高感度分析法を開発し、この化合物が非照射品には存在しない照射特異的な分解生成物であることを再確認できたことから、アルキルシクロブタノン類は信頼のおける照検知用指標物質であると判断される。

[キーワード] 食品照射、検知技術、2-アルキルシクロブタノン類、GC-HRMS

[担 当] 食品安全信頼・信頼性確保

[代表連絡先] 電話 029-838-8047

[研 究 所] 食品総合研究所・食品安全研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

脂質由来の放射線照射特異的な分解生成物として食品中に生じる 2-アルキルシクロブタノン類 (2-ACBs) を GC-MS で検出する方法が照射食品検知のためのコーデックスの標準分析法に採用されている。2008 年、この化合物が非照射の天然カシューナッツおよびナツメグ中に存在するとの報告があり、この方法の照射検知法としての信頼性に疑義が生じている。

本研究では、2-ACBs を高感度に検出する分析法を開発し、ナツメグおよびカシューナッツについて、2-ACBs の天然存在の真偽を確認し、2-ACBs を指標物質とする植物性食品の照検知法の信頼性を検討する。

[成果の内容・特徴]

1. 高分解能ガスクロマトグラフィー質量分析 (GC-HRMS) を用いることで、2-ACBs を高感度検出できる。
2. 非照射ナツメグに $0.016 \mu\text{g/g}$ の 2-デシルシクロブタノン (2-DCB) 標準化合物を添加した試料の GC-HRMS 分析では 2-DCB が確認できるが、同条件で同時分析した無添加 (コントロール) 試料には 2-DCB は検出されない。(図 1)。
3. 同様にナツメグ 5 ロットおよびカシューナッツ 2 ロットの非照射検体を GC-HRMS により分析しても、供試したいずれの検体でも 2-ACBs は検出されない。
4. ガンマ線照射したナツメグ、カシューナッツには、脂肪酸組成に応じた 2-ACBs が線量依存的に生成する。(図 2)。1 kGy あたりの生成効率は、前駆体脂肪酸 1mmole あたり 1.3~3.8nmole である。
5. 5 kGy 以上の照射ナツメグ中の 2-DCB および 2-ドデシルシクロブタノン(2-dDCB)は、貯蔵に伴って減少するが、30 週間後にも検出可能である。(表 1)

[成果の活用面・留意点]

1. 本研究の結果から、天然(非照射)ナツメグ及びカシューナッツ中に 2-ACBs は検出されず、他に天然存在を追認した論文も報告されていないことから、わが国でも厚生労働省が通知している 2-ACBs を指標とした照射検知法は信頼性のおけるものと判断される。
2. 2-ACBs の遺伝毒性を懸念する研究報告があるが、照射食品中の含有量は微量であり、同化合物を含む照射食品の摂取による健康影響について世界保健機関 (WHO)、欧州食品安全機関 (EFSA) 等は問題にしていない。

[具体的データ]

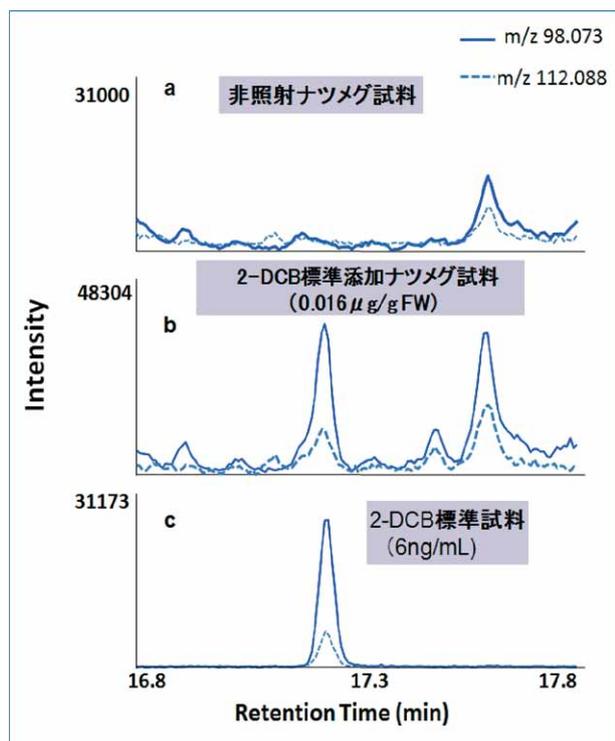


図1 天然非照射ナツメグのGC-HRMSクロマトグラム (2-DCB 溶出時間付近)

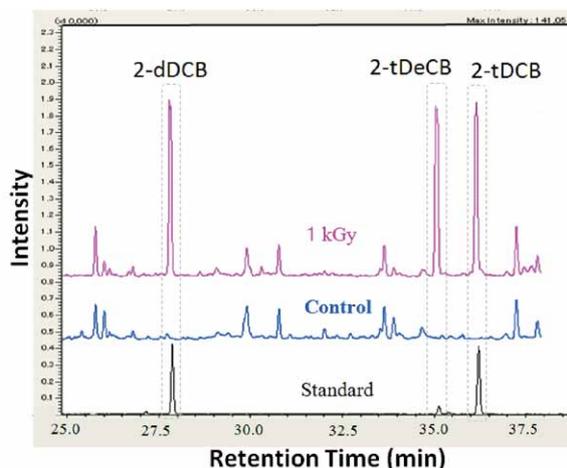


図2 非照射および照射カシューナツのGC-MS クロマトグラム比較 (m/z=98)
 2-dDCB: 2-ドデシルシクロブタン、
 2-tDeCB: 2-テトラデセニルシクロブタン
 2-tDCB: 2-テトラデシルシクロブタン

表1 照射ナツメグの室温貯蔵中の2-DCBと2-dDCBの濃度変化¹ ($\mu\text{g/g FW}$)

貯蔵期間 (Weeks)	2-DCB			2-dDCB		
	0 kGy	5 kGy	10 kGy	0 kGy	5 kGy	10 kGy
0	ND ²	1.52 ^a	2.52 ^a	ND	0.21 ^a	0.41 ^a
1	ND	1.30 ^a	2.57 ^a	ND	0.19 ^a	0.42 ^a
5	ND	1.51 ^a	2.05 ^b	ND	0.20 ^a	0.31 ^b
15	ND	1.16 ^b	1.96 ^b	ND	0.18 ^b	0.29 ^b
30	ND	0.99 ^b	1.64 ^c	ND	0.17 ^b	0.27 ^b

Welch's t-test ($p > 0.05$) で検定, a-c: 同一記号は同一列内で有意差無し

1: 4 検体の分析値の平均, 2: N.D.不検出

(等々力節子)

[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 : 交付金、食品健康影響評価

研究期間 : 2009~2015

研究担当者 : 等々力節子、亀谷宏美、陳蘇蘇 (筑波大)

発表論文等 : 1) Chen,S et al Food Chem.,**134**(1) 359-365 (2012)

2) Chen,S et al 食品照射 **47**, 19-28 (2012)

[成果情報名] 安定同位体比分析による国産・中国産および韓国産湯通し塩蔵ワカメの産地判別

[要約] 日本（三陸産・鳴門産）・中国・韓国において湯通し塩蔵ワカメを入手し、炭素・窒素同位体比を用いて産地判別の可能性を検証したところ、鳴門産の窒素同位体比は、三陸産・韓国産・中国産よりも有意に高く判別が可能である。

[キーワード] 産地判別、安定同位体比、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 029-838-8059

[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]

2008年から2012年にかけて連続して国産ワカメの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。一般的に、水界生態系における一次生産者の炭素・窒素同位体比は、生育環境中の無機態炭素・無機態窒素の濃度やそれらの炭素・窒素同位体比などの影響を反映する。よって、固着性の藻類であるワカメの炭素・窒素同位体比は、その生育環境を反映し、地域によって変動すると考えられる。本研究では、2011年産の日本（三陸産・鳴門産）・中国・韓国において浜単位で産地が明らかとなっている湯通し塩蔵ワカメを入手し、炭素・窒素同位体比を用いて産地判別の可能性を検討する。

[成果の内容・特徴]

- 1.三陸産湯通し塩蔵ワカメの炭素・窒素同位体比は、それぞれ $-17.7\pm 2.3\%$ （平均値 \pm 標準偏差）、 $1.4\pm 1.9\%$ 、鳴門産は、 $-16.6\pm 0.9\%$ 、 $10.7\pm 1.1\%$ 、中国産は $-17.5\pm 1.8\%$ 、 $3.0\pm 2.5\%$ 、韓国産は $-16.1\pm 1.2\%$ 、 $0.5\pm 1.6\%$ となり、とくに鳴門産の窒素同位体比が他の3地域よりも有意に高い値を示す（ $p<0.001$ ）（図1）。
- 2.鳴門産において地域別に窒素同位体比を比較すると、北泊は $11.1\pm 0.4\%$ （平均値 \pm 標準偏差）、北灘は $11.8\pm 0.4\%$ 、鳴門町は $10.6\pm 0.6\%$ 、丸山は $11.8\pm 0.5\%$ 、里浦は $10.4\pm 0.5\%$ 、和田島は $9.8\pm 0.2\%$ 、福村は $9.0\pm 0.4\%$ となり、どの地域においても鳴門産は窒素同位体比が高い傾向が見られるが、和田島および福村については、鳴門産の中では比較的窒素同位体比が低い傾向が認められる。
- 3.炭素・窒素同位体比の分析結果を用いて、鳴門産とその他（三陸・中国・韓国）の2群について線形判別分析を行った結果、判別関数を構築した試料について、正答率を計算すると、鳴門産は98.4%（64点中）、その他産は99.4%（148点中）となる（図2）。

[成果の活用面・留意点]

- 1.鳴門の一部地域（和田島・福村）の検体については、窒素同位体比が比較的低いことから、判別分析ではグレーゾーンに入る可能性がある。
- 2.本研究に用いたのは、2011年産品のデータのみであり、年変動の可能性が示唆されることから、安定同位体比の年変動の有無を調査する必要がある。
- 3.三陸産・中国産・韓国産についての判別も含め、より詳細な判別のためには、安定同位体比についても元素数を増やし、さらに微量元素分析結果を総合し、判別精度を高めることが求められる。

[具体的データ]

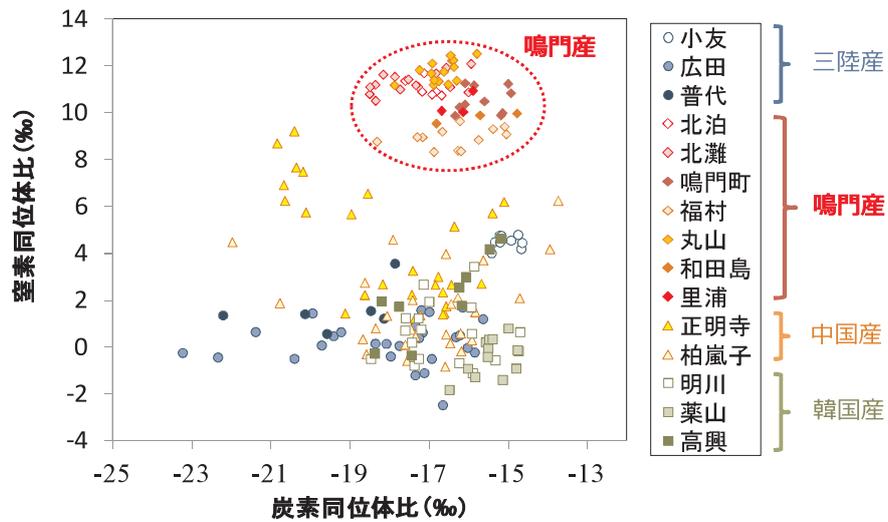


図1 湯通し塩蔵ワカメの炭素・窒素同位体比分布

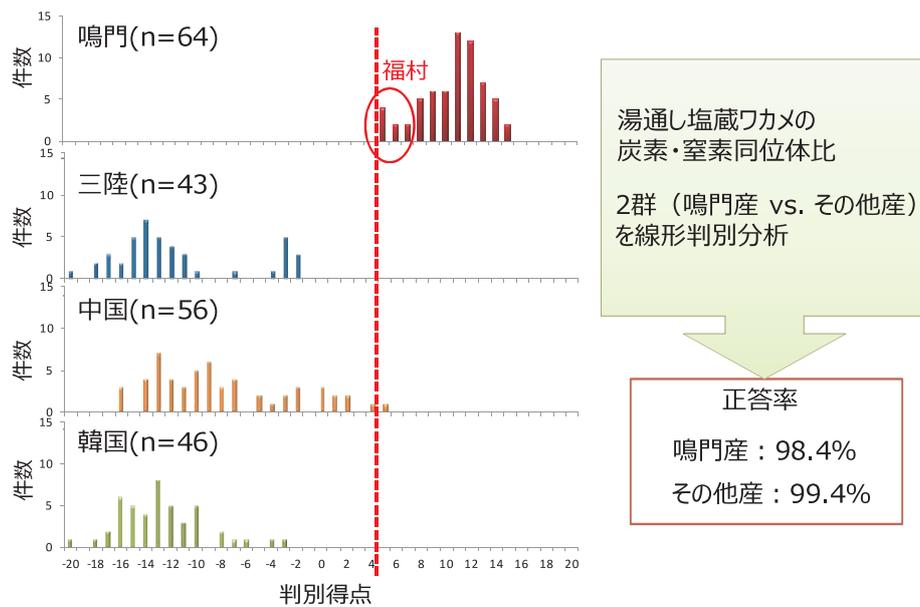


図2 線形判別関数による判別得点の頻度分布

(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 : 2011~2015

研究担当者 : 鈴木彌生子

発表論文等 : 鈴木彌生子ら (2013) 、日本食品科学工学会誌、60:1-10

[成果情報名] シャークミルを用いた粉砕分画によるサトウキビ搾汁残渣のカスケード利用

[要 約] サトウキビ搾汁残渣をシャークミル粉砕し、スクリーン通過の有無により二画分に分離する。両者の成分組成および酵素糖化性の差に基づき、通過画分は RT-CaCCO 法による繊維質糖化に利用し、非通過画分はボード原料・ボイラー燃料に供する工程を提案する。

[キーワード] サトウキビ、バガス、カスケード利用、糖化技術、RT-CaCCO 法

[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 029-838-8015

[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]

サトウキビ搾汁残渣（バガス）は、微量のショ糖を含み腐敗性が高いことから、大部分が製糖工場のボイラー燃料として処理されている。その一方で、余剰バガスを燃料用エタノール製造原料として糖化するための技術開発が国内外で精力的に行われている。そこで、本研究では、腐敗性が高い繊維質の糖化に有効な常温アルカリ前処理技術（RT-CaCCO 法、2010 年度研究成果情報）の 1 回搾汁後のバガスへの適用性を確認する。その際には、まずバガスをシャークミルにより粉砕し、スクリーン通過特性に基づき二画分に分離し、前処理効果がより大きい画分のみを糖化原料として利用することで、品質レベルに応じた利用（カスケード利用）を図る。

[成果の内容・特徴]

1. サトウキビ「農林 8 号」を卓上小型圧搾機（マツオ TM-120-01）により 1 回搾汁し、ショ糖を粗取りした後のバガス（ショ糖高含有バガス、含水率 50.6%）を得た。これを R&D マルチミル（グローエンジニアリング RD1-15）により異なる処理時間でシャークミル粉砕し、2:8、4:6、6:4 および 8:2 の湿重量比となる 4 組（8 種類）の 5 mm スクリーン通過画分（P）と非通過画分（N）を調製した（図 1）。
2. ショ糖高含有バガスおよび各画分を 70℃で 3 日以上乾燥した後、高速粉砕機（大阪ケミカル PM-2005）で微粉砕（0.5 mm スクリーン通過画分として回収）し、微粉砕物の成分分析を行った（表 1）。その結果、P 画分は、N 画分と比較してショ糖濃度が高いのに対して、セルロース、キシランおよびリグニンの濃度が低く、この結果から、P 画分はショ糖を含む柔組織に富むのに対して、N 画分は木化細胞壁に富むことが示唆された。
3. 微粉砕物を用いて RT-CaCCO 法前処理および酵素糖化を行うため、微粉砕物に対して 20%重量の水酸化カルシウムと 20 倍重量の脱イオン水を混合し、密封後に室温で 7 日間静置した後、炭酸ガス注入により pH6 とし、セルラーゼ製剤、β-グルコシダーゼ製剤およびキシラナーゼ製剤を加えて 50℃で 72 時間の酵素糖化を行った。酵素糖化率は、微粉砕物の繊維性糖質からの可溶性糖質回収率として計算した（図 2）。その結果、P 画分の方が N 画分よりも RT-CaCCO 法による前処理効果が高いことが明らかとなった。このように、バガスの酵素糖化性が高い部分（P 画分）と木部細胞壁に富む部分（N 画分）に分画することにより、前者を RT-CaCCO 法による糖化原料とし、後者をボード原料やボイラー燃料用途に供するカスケード利用が有効と期待される。

[成果の活用面・留意点]

1. 1 回搾汁ではショ糖が繊維質内に残るが、現行工程での洗浄水添加・繰り返し搾汁を省くとともに、バガス中のショ糖を繊維とともにバイオエタノール製造工程に供する。
2. RT-CaCCO 法は、腐敗性が高い原料の長期湿式貯蔵技術としての役割もあり、ショ糖を含む原料の長期安定供給が可能となり、プロセスの効率化に繋がることが期待される。
3. 最適粉砕条件は、カスケード利用を考慮した際のバガスの分配比の設定値に影響を受ける。P 画分の回収に必要な粉砕時の負荷は、P 画分の量が増すにつれて増大する。

[具体的データ]

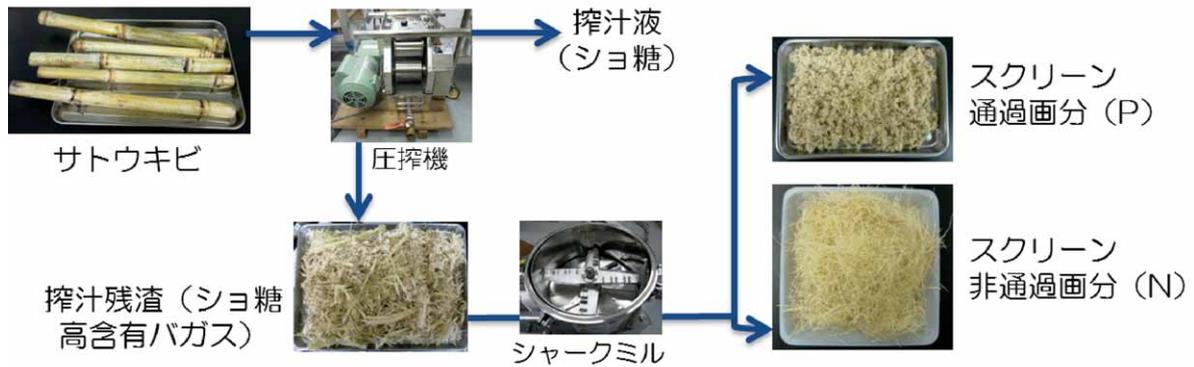


図1 サトウキビ搾汁残渣のシャークミル粉碎・分画工程の概要

シャークミル装置内スクリーンの通過の有無により P 画分と N 画分に分離。搾汁残渣 10 量を投入し、粉碎時間を変化させることにより、異なった湿重量（記号の前に数字として記載）で同時に得られる 4 組（8 種類）の試料（2P と 8N、4P と 6N、6P と 4N、そして 8P と 2N）を調製した。

表1 各画分（乾燥微粉末）の主要成分量

試料・画分	主要成分量 (% ^a ± SD ^b)			
	ショ糖	セルロース	キシラン	リグニン ^c
Ctrl	16.5 ± 0.9	30.2 ± 0.7	15.5 ± 0.9	17.0 ± 0.4
2P	19.6 ± 0.4	25.3 ± 0.5	15.7 ± 1.4	15.5 ± 0.5
8N	15.0 ± 0.1	31.6 ± 0.3	16.3 ± 0.3	17.0 ± 0.7
4P	17.9 ± 0.2	28.2 ± 0.4	16.3 ± 0.4	15.8 ± 0.1
6N	15.3 ± 0.2	31.5 ± 0.3	16.9 ± 1.0	16.4 ± 0.5
6P	17.7 ± 0.2	27.7 ± 0.8	15.2 ± 0.3	16.8 ± 0.0
4N	14.2 ± 0.4	33.3 ± 0.5	17.1 ± 0.9	17.7 ± 0.4
8P	16.3 ± 0.3	28.9 ± 0.6	15.9 ± 0.3	16.6 ± 0.3
2N	12.6 ± 0.3	34.5 ± 0.1	17.2 ± 1.0	17.7 ± 0.1

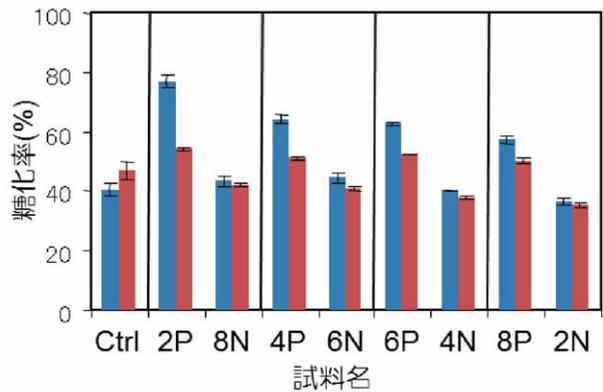


図2 各画分（微粉末）を前処理・中和後に酵素糖化した際の糖化率

横軸数字は表1と同じ。

繊維質多糖の酵素糖化率として評価。

青色(各画分に対する二本棒の左側)：六炭糖の糖化率(%)、赤色(右側)：五炭糖の糖化率(%)。

(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：2012～2015 年度

研究担当者：徳安健、池正和、城間力、朴正一、荒金光弘、石川葉子（九沖農研）、寺島義文（国際農研）

発表論文等：城間力ら：Bioresour. Technol. (2012) 116:529-532

[成果情報名] 高温におけるキシロース発酵能を強化した酵母を用いたバイオエタノール生産法

[要約] 高温におけるキシロース発酵能を強化した酵母株を用いて同時異性化発酵を行うことにより、稲わら等のリグノセルロース系バイオマスに多く含まれるキシロースを、40℃でキシロースに酵素変換しながらエタノールに発酵する技術である。

[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、稲わら

[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 029-838-8061

[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]

再生可能資源であるバイオマスから生産されるエタノール（バイオエタノール）は、ガソリンの代替燃料として利用することにより、地球温暖化抑制に寄与するものとして注目されている。食料との競合を避けるために、稲わらのようなリグノセルロース系バイオマスからバイオエタノールを生産することが求められているが、これらのバイオマスには一般的な酵母が利用できないキシロースも多く含まれており、キシロースを効率的にエタノールに変換する技術が必要である。バイオエタノールの生産には、糖化と発酵を同時に行う並行複発酵がしばしば用いられるものの、リグノセルロース系バイオマスの並行複発酵では、酵素による糖化の最適温度（約50℃）と酵母による発酵の最適温度（約30℃）とが大きく異なるという問題が生じている。本研究ではリグノセルロース系バイオマスにおける並行複発酵の効率化を図るために、40℃でキシロースをエタノールに変換する方法を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 40℃でキシロースを発酵可能な酵母を開発するために、40℃においてキシロース発酵の代謝中間産物であるキシロースを発酵可能な酵母の単離を行った。食品総合研究所のカルチャーコレクションを検索した結果、*Candida glabrata* NFRI 3163 が得られた。
2. *C. glabrata* NFRI 3163 を用いて同時異性化発酵（図1）によるキシロースの発酵を試みた。その結果、NFRI 3163 は40℃、72時間の発酵によって、2% (w/v) キシロースから理論収率の49%でエタノールを生産した（図2a）。本株では、エタノール収率の低下の原因となるキシリトールの蓄積も見られた。
3. エタノール収率向上のために、*C. glabrata* NFRI 3163 に対して、自身のキシロキナーゼ遺伝子の高発現とアルドースレダクターゼ遺伝子の破壊による代謝系の改良を行った（図1）。改良株である *C. glabrata* 3163 dgXK1 を用いて同時異性化発酵を行ったところ、40℃、72時間の発酵によって、2% (w/v) キシロースから理論収率の75%に相当する0.78% (w/v) エタノールを生産することができた（図2b）。また、キシリトールの蓄積も非常に低いレベルに抑制することができた。
4. 水酸化カルシウムで前処理した稲わらを原料に、*C. glabrata* 3163 dgXK1 を用いて並行複発酵と同時異性化発酵を組み合わせることでエタノール生産を行った。その結果、実際のバイオマスを原料とした場合でも、40℃においてキシロースが消費されエタノールが生産されることを確認した（図3）。

[成果の活用面・留意点]

1. 本法では、他生物種由来の遺伝子を必要としないため、セルフクロニングによる酵母の改良が可能である。
2. 稲わらを原料に用いた場合には、発酵時間120時間においても発酵液中にキシロースの残存が見られたため、添加酵素量の最適化等の更なる検討が必要である。

[成果情報名] 凍り豆腐とそのタンパク質・イソフラボン成分が有する脂質代謝調節作用の解明

[要 約] 凍り豆腐を摂取したラットの血清脂質濃度は低下する。その作用は、凍り豆腐中のタンパク質成分が肝臓での脂質合成を抑制するために生じる。一方、イソフラボン成分は脂質代謝にほとんど影響しない。

[キーワード] 大豆食品、肝臓、脂質代謝、DNA マイクロアレイ解析

[担 当] 食品機能性・代謝調節利用技術

[代表連絡先] 電話 029-838-8041

[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・わらい]

大豆やその加工食品には、大豆タンパク質やイソフラボン等の機能性成分が含まれている。これらの成分は血中脂質濃度低下作用を示し、心臓病の予防や脂質代謝の改善に効果があると言われている。一般に、食品の機能性は特定の食品成分の作用から推測されているが、食品そのものの機能性と同一とは限らない。しかし、食品そのものが有する機能性の評価が必要である、との視点に立った研究はほとんど報告されていない。本研究では、食品そのものの例を凍り豆腐（高野豆腐）として、これを摂取したラットで脂質代謝調節作用が見られるかを確認し、その作用に関わる食品成分と作用機構を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 4週齢の雄ラットを6群に分け、各群の食餌タンパク質含量を20%としたカゼイン食(C)、低イソフラボン大豆タンパク質食(S)、凍り豆腐食(T20)、凍り豆腐とカゼインのタンパク質が各10%の食餌(T10)、またはT20に相当する量のイソフラボン(0.012%)を添加したカゼイン食(CI)および大豆タンパク質食(SI)で2週間飼育すると、カゼイン群(C、CI)と比較して、大豆タンパク質群(S、SI)および凍り豆腐群(T10、T20)は体重増加量および血清脂質濃度が減少する(表1)。
2. DNA マイクロアレイとGOデータベース(Gene Ontology; 各生物種の遺伝子関連情報をまとめ、用語等を統一して定義したもので、Web上で無料公開されている)を用いて、食餌の影響を受ける代謝系を遺伝子発現レベルで解析できる。肝臓では、凍り豆腐や大豆成分が含まれる食餌によって、主に脂質代謝系の遺伝子発現が変化する(表2)。
3. 表2にある「脂質代謝関連の生物学的プロセス(機能)」に含まれる遺伝子の発現量を個別に測定すると、カゼイン群と比較して大豆タンパク質群および凍り豆腐群で発現量が低下する遺伝子が多く存在し、その大半が脂質合成に関連する遺伝子である(図1)。したがって、凍り豆腐の脂質代謝調節作用は、豆腐のタンパク質成分に起因する。
4. 一方、食餌イソフラボン量に応じて血清イソフラボン濃度は上昇するが(表1)、血清脂質濃度(表1)および脂質代謝関連の遺伝子発現(図1)には影響が見られないため、凍り豆腐中のイソフラボンは脂質代謝には関与しない。
5. 大豆粉食で同様の動物試験を行い、DNA マイクロアレイデータを比較すると、凍り豆腐は大豆の機能性と正の相関があり、全般的に大豆より機能性が強化されている(図2)。

[成果の活用面・留意点]

1. DNA マイクロアレイ解析により、凍り豆腐の脂質濃度低下作用、および関与する成分(大豆タンパク質)と作用メカニズム(肝臓での脂質合成抑制)が明らかになる。
2. 本手法は、「成分」ではなく「食品」として摂取するときの機能性を明確に示すことができるため、食品中のどの成分が有効なのか、食品として摂取しても機能性は保たれるのか、等の検証が可能であり、大豆食品以外の機能性評価でも活用が期待される。
3. 本研究ではデータの標準化にパラメトリック法を用いているため、同じ標準化方式を適用すれば、異なる実験系のDNA マイクロアレイ解析データと直接比較が可能である。

[具体的データ]

表1 凍り豆腐は体重増加量および血清脂質濃度を低下させる

	カゼイン C	カゼイン+ イソフラボン CI	大豆タンパク質 S	大豆タンパク質 +イソフラボン SI	凍り豆腐+ カゼイン T10	凍り豆腐 T20
摂食量 (g/day)	20.3 ± 1.3	20.2 ± 1.0	18.6 ± 1.4	19.6 ± 2.0	19.1 ± 1.2	18.6 ± 2.2
体重増加量 (g/day)	9.81 ± 0.66 ^a	10.0 ± 0.91 ^a	7.61 ± 0.98 ^c	8.57 ± 1.70 ^{bc}	8.99 ± 0.80 ^{ab}	8.39 ± 1.39 ^{bc}
血清脂質濃度 (mmol/L)						
中性脂肪	1.91 ± 0.19 ^{ab}	2.04 ± 0.38 ^a	1.64 ± 0.67 ^{abc}	1.37 ± 0.49 ^{bc}	1.32 ± 0.48 ^c	1.29 ± 0.50 ^c
遊離脂肪酸	0.725 ± 0.131 ^{ab}	0.733 ± 0.053 ^a	0.639 ± 0.192 ^{abc}	0.581 ± 0.119 ^{bc}	0.536 ± 0.088 ^c	0.559 ± 0.163 ^c
血清総イソフラボン濃度 (μmol/L)	0.345 ± 0.178 ^a	1.09 ± 0.30 ^b	0.783 ± 0.290 ^{ab}	1.81 ± 0.54 ^c	0.560 ± 0.233 ^a	1.06 ± 0.30 ^b

凍り豆腐は大豆と添加剤(にがり=塩化カルシウム、重曹=炭酸水素ナトリウム)を原材料とする市販品である。数値は各群7-8匹の平均値±標準偏差。異なるアルファベットは群間に有意差(P<0.05)があることを示す。

表2 凍り豆腐や大豆成分は肝臓の脂質代謝に強い影響を与える

ランク	GO ID	生物学的プロセス名	解析で選択された遺伝子数	プロセスに含まれる遺伝子数	P値
1	8152	代謝プロセス	90	819	0
2	55114	酸化還元	65	427	0
3	6629	脂質代謝プロセス	35	205	7.86E-12
4	8610	脂質合成プロセス	23	90	1.53E-11
5	42493	薬物への応答	35	289	4.78E-08
6	1676	長鎖脂肪酸代謝プロセス	8	13	1.13E-07
7	6631	脂肪酸代謝プロセス	17	87	2.87E-07
8	6694	ステロイド合成プロセス	14	63	7.17E-07
9	6633	脂肪酸合成プロセス	12	48	1.33E-06
10	7067	有糸分裂	16	89	1.83E-06
11	38	超長鎖脂肪酸代謝プロセス	6	9	2.79E-06
12	6879	細胞鉄イオン恒常性	10	35	3.16E-06
13	6695	コレステロール合成プロセス	9	28	3.84E-06
14	6637	アシルCoA代謝プロセス	7	18	1.37E-05
15	8202	ステロイド代謝プロセス	13	72	1.58E-05
16	51301	細胞分裂	17	119	1.72E-05
17	10033	有機物への応答	17	123	2.60E-05
18	14070	環式有機物への応答	18	138	3.21E-05
19	7584	栄養への応答	18	142	4.60E-05
20	7049	細胞周期	26	267	9.17E-05

各群5匹の肝臓 RNA サンプルを用い、DNA マイクロアレイ解析でカゼイン群と比べ他群で発現量が有意に異なる遺伝子を選択。その遺伝子が関与する生物学的プロセス(機能)を調べ、6個以上の遺伝子が含まれるプロセスでP値が小さいもの上位20を示す。赤で示すプロセスが脂質代謝に関連する。

C CI S SI T10 T20

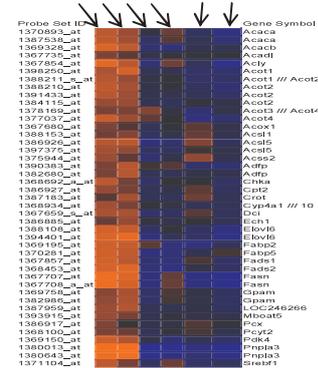


図1 食餌タンパク質が肝臓での遺伝子発現を変化させる

各群での脂肪酸代謝関連遺伝子の発現量。赤が発現量の上昇、青が低下を示す。

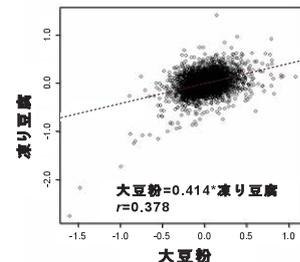


図2 大豆と凍り豆腐の機能性(遺伝子発現変化の傾向)は相関する

各遺伝子のDNAマイクロアレイデータから、カゼイン群と大豆粉群(大豆粉試験; X軸)、C群とT20群(凍り豆腐試験; Y軸)の遺伝子発現量の差をとり、両試験間の相関を調べた。(高橋陽子)

[その他]

中課題名: 代謝調節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: 310b0

予算区分: 委託プロ(機能性プロ、医食同源プロ)

研究期間: 2007~2012年度

研究担当者: 高橋陽子、小西智一(秋田県立大・生物資源科学)

発表論文等: Takahashi Y. and Konishi T. (2011) J. Agric. Food Chem. 59(16):8976-8984

[成果情報名] ハトムギタンパク濃縮物は2型糖尿病モデルマウスの脂質代謝を改善する

[要 約] ハトムギ種子由来のタンパク濃縮物を摂食する糖尿病マウスは、種子を摂食するマウスと比較して糞への胆汁酸、コレステロールの排泄が多く、血漿コレステロール低減作用等脂質代謝が一層改善されるとともに、血漿及び肝臓の脂質過酸化物増加が抑制される。

[キーワード] ハトムギ、タンパク濃縮物、2型糖尿病モデルマウス、脂質代謝改善、脂質過酸化物増加抑制

[担 当] 食品機能性・代謝調節利用

[代表連絡先] 電話 029-838-8041

[研 究 所] 東北農業研究センター・生産基盤研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・わらい]

日本を含めて世界では糖尿病を構成要因とするメタボリックシンドローム該当者数の増加が医療費増大の要因となっており、食事による予防の重要性が一層増している。生薬ヨクイニンの原料であるハトムギ種子は多くの薬理効果があるとされ、健康食品にも利用されている。しかし、ハトムギの生体内機能とその作用機構の解明は進んでいない。本研究では、ハトムギのメタボリックシンドローム予防食としての用途の提唱を目的として、種子から調製したタンパク濃縮物または種子粉碎物を2型糖尿病モデルマウス (*db/db*) に投与することにより、これらが生体内反応に及ぼす効果を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. ハトムギ種子（「はとじろう」、タンパク含量 18%）粉碎物に α -アミラーゼ、グルコアミラーゼ処理後、脂質を溶媒除去することにより調製したタンパク濃縮物（タンパク含量 64%）は、プロラミン（15 kDa、17 kDa、22 kDa、25 kDa、27kDa）を主要タンパク質として含み（写真）、レジスタントプロテイン含量が 32% と多い。
2. ハトムギ種子あるいはタンパク濃縮物を摂食した2型糖尿病モデルマウスでは、どちらも血漿コレステロール、トリグリセリドの低下、動脈硬化指数の改善が認められるが、血漿コレステロール量低下及び動脈硬化指数の改善作用は、タンパク濃縮物の方が強く（表1）、ハトムギのタンパクが種子の脂質代謝改善作用に寄与していることを示す。
3. ハトムギ種子あるいはタンパク濃縮物の摂食によりマウス糞中の胆汁酸、コレステロール含量が増加するが、タンパク濃縮物摂食マウスの方が、より排泄量が多い（図1）。この作用は、胆汁酸吸着能が報告されているレジスタントプロテインにより胆汁酸が糞中に排泄されることから、肝臓での胆汁酸合成が亢進し、その結果、基質であるコレステロールが消費されることに起因するものである。
4. ハトムギ種子の摂食により血漿及び肝臓の過酸化脂質（TBARS）濃度は低下傾向となり、ハトムギタンパク濃縮物の摂食ではいずれも有意に低下することから、ハトムギタンパク濃縮物は、生体内酸化ストレス亢進の抑制効果を示す（図2）。

[成果の活用面・留意点]

1. ハトムギ種子及びタンパクを食品素材として利用する際の知見となる。
2. ハトムギタンパク濃縮物中のレジスタントプロテインはペプシン、パンクレアチンを作用させ、残渣を重量測定することにより測定している。
3. レジスタントプロテイン（ダイズ）は、試験管内実験による胆汁酸吸着能が報告されている。
4. 糖尿病マウス間では体重増加量、肝臓重量、副睾丸周辺脂肪（内臓脂肪）組織重量に差は認められない。

[具体的データ]

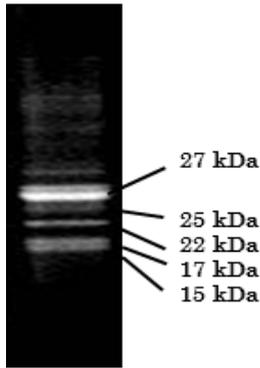


写真 ハトムギタンパク濃縮物の電気泳動図

表 1 ハトムギタンパク濃縮物は2型糖尿病モデルマウスの脂質代謝を改善する

血漿測定項目	コントロール食	ハトムギ種子*食	ハトムギタンパク濃縮物食
総コレステロール (mg/dL)	181 ± 4 ^a	172 ± 6 ^a	153 ± 3 ^b
HDL コレステロール (mg/dL)	103 ± 2	103 ± 4	96 ± 2
動脈硬化指数**	0.76 ± 0.04 ^a	0.68 ± 0.03 ^{ab}	0.60 ± 0.03 ^b
トリグリセリド (mg/dL)	85 ± 4 ^a	64 ± 4 ^b	54 ± 2 ^b

*ハトムギ種子は、標準的な栽培法により 2009 年に東北農業研究センターで栽培、収穫したものを使用、殻は除去し種皮は除去していない。

** (総コレステロール-HDL コレステロール) / HDL コレステロール

マウス (各群 8 匹) にコントロール食、ハトムギ種子 (20%) 食、ハトムギタンパク濃縮物 (20%) 食を 21 日間摂食させる。数値は平均値±標準誤差、異なるアルファベットは統計的に有意差が有ることを示す (p<0.05)。

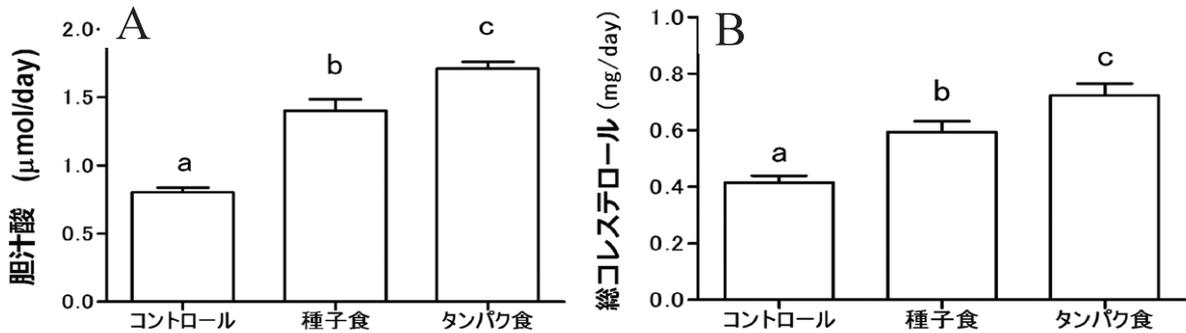


図 1 ハトムギタンパク濃縮物 (タンパク食)、種子 (種子食) は糖尿病マウスの糞への胆汁酸 (A)、コレステロール (B) の排泄を促進する

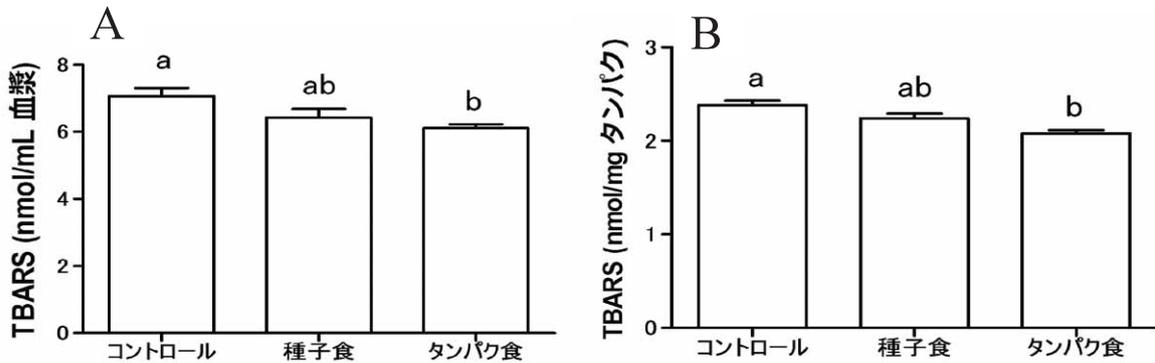


図 2 ハトムギタンパク濃縮物 (タンパク食)、種子 (種子食) は糖尿病マウスの脂質過酸化物質 (TBARS) を抑制する (A) 血漿、(B) 肝臓

(渡辺 満、加藤 晶子)

[その他]

中 課題名 : 代謝調節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 : 310b0

予算区分 : 委託プロ (食品)、交付金

研究期間 : 2010~2012 年度

研究担当者 : 渡辺 満、加藤 晶子

発表論文等 : Watanabe M. et al. (2012) Food Sci. Technol. Res. 18(3): 383-390

[成果情報名] 「べにふうき」茶葉中に含まれる抗アレルギー物質 ECG3”Me

[要 約] エピカテキン-3-0 (3-0-メチル) ガレート (ECG3”Me) は、エピガロカテキン-3-0-(3-0-メチル) ガレート (EGCG3”Me) より強くマスト細胞からのヒスタミン遊離を抑制する。ECG3”Me は「べにふうき」に多く含まれ、EGCG3”Me 含有量と相関する。

[キーワード] ECG3”Me、ヒスタミン遊離抑制、「べにふうき」緑茶

[担 当] 食品機能性・生体防御利用技術

[代表連絡先] 電話 029-838-8011

[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]

「べにふうき」には、抗アレルギー物質である EGCG3”Me が多く含まれているが、EGCG3”Me だけでは「べにふうき」の示すヒスタミン遊離抑制作用を説明できない。そこで、「べにふうき」茶葉中の新たなヒスタミン遊離抑制物質を探索し、その物質含有量を茶品種間で比較する。

[成果の内容・特徴]

1. 「べにふうき」茶葉熱水抽出液中に含まれているカテキン類のマスト細胞からのヒスタミン遊離抑制活性は、ECG3”Me > GCG3”Me (EGCG3”Me の熱異性体)、EGCG3”Me > GCG (EGCG の熱異性体)、CG、EGCG > ECG > EGC > GC の順に強く (図 1)、ECG3”Me は、今までヒスタミン遊離抑制物質として知られていた EGCG3”Me より強い抑制活性を示す ($P < 0.05$)。
2. 「べにふうき」茶葉中の ECG3”Me と EGCG3”Me 含有量は、正の相関関係を示す ($r = 0.803$) (図 2)。
3. ECG3”Me は、測定した 47 品種中「べにふうき」に最も多く含有されており、三番茶の「べにふうき」には 1.05% 含有されている (表 1)。EGCG3”Me を含まない品種は多いが、ECG3”Me はほとんどの品種に少量ながらも含まれている。

[成果の活用面・留意点]

1. 「べにふうき」緑茶は、ヒト介入試験にて季節性・通年性アレルギー性鼻炎の症状軽減効果、アトピー性皮膚炎用ステロイド薬の使用量軽減効果が認められており、主要な抗アレルギー物質は EGCG3”Me であることが示されている (農研機構研究成果情報 ; <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/1998/vegetea98-61.html>, <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2003/vegetea03-08.html>, <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2005/vegetea05-04.html>)。
2. 本報で示す抗アレルギー作用は、初期アレルギーで主に働くマスト細胞刺激時のヒスタミン遊離抑制活性である。
3. ECG3”Me が「べにふうき」に多く含まれ、EGCG3”Me 含有量と相関することは、「べにふうき」緑茶の強い抗アレルギー作用に寄与していると考えられる。

[具体的データ]

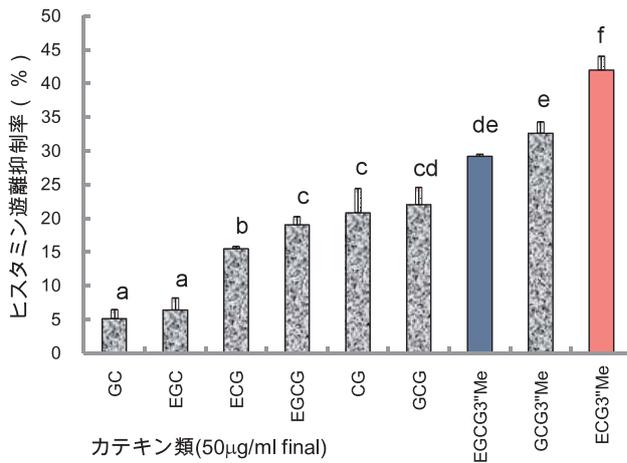


図1. 「べにふうき」茶葉中カテキン類のマウス骨髄誘導マスト細胞からのヒスタミン遊離への影響

生理食塩水を対照とした比率で表し、平均値±SD。異なった英字間で有意差あり (P<0.05)。

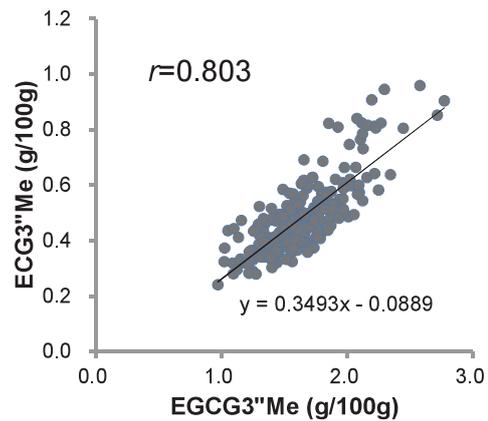


図2. 「べにふうき」茶葉中 EGCG3" Me 含有量と ECG3" Me 含有量との相関関係

「べにふうき」は鹿児島、静岡、沖縄、大分の一番茶～秋冬番茶の256点を分析。

表1 茶品種および茶期別の茶葉中 ECG3"Me と EGCG3"Me 含有量

品種	一番茶 (g/100g)		二番茶 (g/100g)		三番茶 (g/100g)	
	ECG3"Me	EGCG3"Me	ECG3"Me	EGCG3"Me	ECG3"Me	EGCG3"Me
べにふうき	0.38±0.00	0.74±0.01	0.65±0.01	1.90±0.01	1.05±0.01	3.16±0.03
べにほまれ	0.27±0.01	0.62±0.01	0.44±0.01	1.13±0.03	0.35±0.01	1.04±0.03
べにふじ	0.20±0.00	0.83±0.01	0.36±0.01	1.89±0.04	0.68±0.03	3.07±0.15
おくむさし	0.17±0.01	0.26±0.00	0.17±0.03	0.26±0.00	0.13±0.00	0.45±0.01
りょうふう	0.16±0.00	0.25±0.01	0.15±0.01	0.32±0.01	0.19±0.00	0.80±0.02
ゆたかみどり	0.16±0.01	0.12±0.00	0.15±0.00	0.24±0.01	0.13±0.01	0.44±0.02
みなみさやか	0.15±0.01	0.26±0.01	0.17±0.00	0.42±0.00	0.24±0.01	0.85±0.02
さやまかおり	0.14±0.01	0.00	0.09±0.00	0.00	0.06±0.01	0.00
かなやみどり	0.12±0.01	0.25±0.01	0.09±0.01	0.42±0.01	0.15±0.01	0.73±0.09
さえみどり	0.10±0.00	0.00	0.06±0.01	0.00	0.04±0.00	0.00
そうふう	0.10±0.00	0.12±0.00	0.09±0.01	0.15±0.00	0.15±0.01	0.54±0.01
ふうしゅん	0.09±0.01	0.00	0.05±0.00	0.00	0.04±0.00	0.00
青心烏龍	0.07±0.01	0.00	0.06±0.00	0.00	0.03±0.00	0.00
おくゆたか	0.06±0.00	0.00	0.04±0.00	0.00	0.03±0.00	0.00
やぶきた	0.05±0.00	0.00	0.05±0.00	0.00	0.06±0.00	0.00

(山本 (前田) 万里)

[その他]

予算区分：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：2012年度

研究担当者：山本 (前田) 万里、立花宏文 (九州大学)、物部真奈美 (野茶研)

発表論文等：抗アレルギー剤及びこれを含有する飲食品、外用剤、化粧品 (特開 2007-186462)

Maeda-Yamamoto M et al. (2012) J. Agric Food Chem, 60(9):2165-2170

【成果情報名】長時間浸漬でご飯をおいしくするデンプン分解酵素の米粒内分布に品種間差

【要約】 米飯の「甘味」「つや」には、米内在性酵素がデンプンを分解してできる還元糖の寄与が大きい。米粒および炊飯過程でのデンプン分解酵素分布を解析した結果、長時間浸漬の「おいしさ」に寄与する分解酵素の分布と溶出挙動には品種間差が認められる。

【キーワード】 米、炊飯、品種間差、デンプン分解酵素、アミラーゼ

【担当】 食品機能性・食味・食感評価技術

【代表連絡先】 電話 029-838-7300

【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】

炊飯中に米デンプンから生成する還元糖は、飯の「甘味」「つや」への寄与が大きいことが知られている。これまで長時間浸漬により還元糖量が増加することが報告されているが、何処でどの酵素により還元糖が生成するかは知られていない。米の「おいしさ」の向上に資するために、長時間浸漬時の還元糖量増加に寄与するデンプン分解酵素の米粒内分布を調べ、品種間や調理中の溶出挙動の差を明らかにする。

【成果の内容・特徴】

1. 「日本晴」「コシヒカリ」「羽二重糯」から抽出した粗酵素液では、可溶性デンプンを基質とした場合の、還元糖生成活性とグルコース生成活性との差である「見かけのアミラーゼ（オリゴ糖生成）活性」の反応温度依存性は品種間で異なる傾向がある（図1）。
2. 玄米を外側から研削して得た画分（100-90%[糠]、90-80%、80-70%、70-0%[胚乳]）で、抗体を用いて酵素の有無を調べた結果（図2A）、いずれの品種においても α アミラーゼ II-3（至適温度 25℃付近）、イソアミラーゼ 1（至適温度 40℃付近）とプルラナーゼ（至適温度 40℃付近）は胚乳中に、 α アミラーゼ I は外層部に存在する（図2B）。 α アミラーゼ II-4（至適温度 37℃付近）は「羽二重糯」でのみ、外層部に加えて胚乳にも存在している。酵素活性の至適温度から、これらの酵素が炊飯前の浸漬時に働くことが示唆される。
3. 「日本晴」と「コシヒカリ」では、浸漬時に外層部にある α アミラーゼ I と α アミラーゼ II-4 が炊飯液中に溶出し、胚乳にある α アミラーゼ II-3、イソアミラーゼ 1、 α グルコシダーゼ、プルラナーゼは大部分が飯粒中に留まる（図3）。両品種では、炊飯液への酵素溶出温度が 60℃まで上がっても浸漬中とほとんど変わらない（図3右、「コシヒカリ」の例）。
4. 以上の結果から長時間浸漬（1～16 時間）中の還元糖増加に関わるデンプン分解酵素の分布に品種間差があり、炊飯中の還元糖生成は胚乳にある α アミラーゼ II-3、イソアミラーゼ 1、プルラナーゼ、 α グルコシダーゼの作用で起こると考えられる。

【成果の活用面・留意点】

1. 今後免疫染色や Elisa 法に適した抗体を開発し、炊飯中の酵素の絶対量分布と各温度における酵素の比活性を解析して、酵素活性の時空間動態を明らかにすることにより「おいしさ」と強い相関を持つ酵素を特定する必要がある。
2. アミロースが無い「羽二重糯」で α アミラーゼ II-4 が胚乳中に存在していることから、デンプンの微細構造に応じてデンプン分解酵素の分布が変わる可能性がある。つまりアミロース含量の異なる品種だけでなく、同一胚乳内のデンプン微細構造の違いにより酵素分布が異なる可能性もある。
3. アミラーゼは食味だけでなく、高温障害による白濁粒の発生にも関与している。高温障害防止を目的に低アミラーゼ活性を指標とする育種選抜の際には、食味とのバランスを考慮する必要がある。

【成果情報名】 乳酸菌が生産するプラスミノーゲンを活性化する因子

【要 約】 *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* NIAI C59 株は、ヒトおよびウシプラスミノーゲンを活性化しプラスミン活性を発現させる。該活性は NIAI C59 株の生育定常期に生産され、熱および広範囲の pH に安定であり、pH 10.0 以上の緩衝液により菌体から容易に抽出される。

【キーワード】 乳酸菌、乳製品、プラスミノーゲン、プラスミン、プラスミノーゲン活性化

【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】

プラスミノーゲン (Plg) は血中に存在するプロテアーゼプラスミンの不活性前駆体である。Plg は活性化因子の作用によりプラスミンに変換され、血栓素となるフィブリノーゲンやフィブリンを溶解する。生体における Plg 活性化因子 (PA) は組織 Plg 活性化因子 (tPA) およびウロキナーゼであるが、細菌が生産するストレプトキナーゼやスタフィロキナーゼも Plg を活性化することが知られている。また、乳酸菌に由来する PA 活性はこれまで報告がない。

牛乳中には Plg およびプラスミンが含まれており、 β -カゼインに作用して γ -カゼインとプロテオースペプトンを生成するなど乳タンパク質の分解を行っている。また、チーズの熟成において乳中プラスミン活性が関与することが示唆されている。今回は、PA 活性を生産する乳酸菌を探索し、該活性のいくつかの性質を明らかにする。

【成果の内容・特徴】

1. 各種乳酸菌を MRS または M17 培地で 14 時間培養し菌体を調製した。ヒト Plg およびプラスミン基質 (Tosyl-Gly-Pro-Lys *p*-nitroanilide) を含む pH 7.4 の緩衝液に菌体を一定量加え、30°C で一定時間反応後、405nm の吸光度を測定して遊離した *p*-ニトロアニリンを定量したところ、*Lactococcus lactis* ssp. *lactis* NIAI C59 株と NIAI 527 株、および *Lactobacillus paraplantarum* NIAI C75 株に高い PA 活性を見いだした (図 1)。Plg 非存在下では 405nm の吸光度の増加は認められない。
2. NIAI C59 株はヒト Plg だけでなくウシ Plg も活性化する。
3. PA 活性は、100°C、10 分加温に対して非常に安定であり、また、pH 3.0-9.0 の範囲では 30°C、3 時間処理で活性低下はほとんど認められない。
4. NIAI C59 株培養中の Plg 活性化能は、生育定常期である培養 15 時間後から増加し、21 時間後にプラトーに達する (図 2)。
5. 菌体を pH 10.0 以上の緩衝液で洗浄すると、1 回の洗浄操作で 80%以上の活性が洗浄液へ移行する。

【成果の活用面・留意点】

1. 乳酸菌の PA 活性に関する初めての知見である。高い PA 活性を示した NIAI C59 株、NIAI 527 株、および NIAI C75 株から、最も高活性の NIAI C59 株を選択し以降の試験を実施した。NIAI C59 株はチーズから分離された乳酸菌である。
2. 高 PA 活性株は菌種には依存せず菌株特異的である。
3. 該活性は菌体から容易に抽出できるため、菌体だけでなく無細胞抽出物も Plg 活性化剤として利用可能である。

[具体的データ]

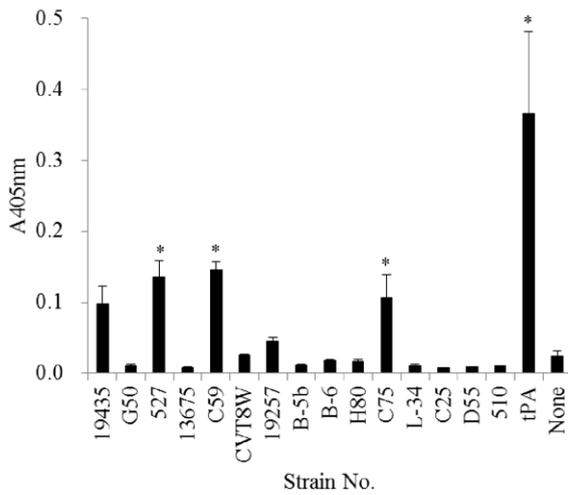


図1. 乳酸菌のPA活性の探索

* None に対して有意に異なる ($p < 0.05$).

19435, *Lc. lactis* ssp. *lactis* ATCC19435^T; G50, *Lc. lactis* ssp. *lactis* NIAI G50; 527, *Lc. lactis* ssp. *lactis* NIAI 527; 13675, *Lc. lactis* ssp. *lactis* ATCC13675^T; C59, *Lc. lactis* ssp. *lactis* NIAI C59; CVT8W, *Lc. lactis* ssp. *lactis* CVT8W; 19257, *Lc. lactis* ssp. *cremoris* ATCC19257^T; B-5b, *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* B-5b; B-6, *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* B-6; H80, *Lb. coryniformis* NIAI H80; C75, *Lb. paraplantarum* NIAI C75; L-34, *Lb. plantarum* L-34; C25, *Leuconostoc mesenteroides* NIAI C25; D55, *Pediococcus acidilactici* NIAI D55; 510, *Streptococcus thermophilus* 510; tPA, tissue plasminogen activator (positive control).

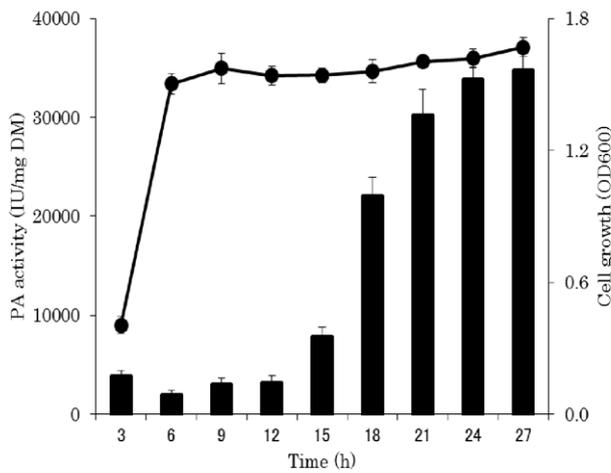


図2. C59株培養中のPA活性

PA活性1ユニットはWHO human melanoma tPA reference standard に定義される活性量。DM, 乾燥菌体重。
Bar, PA活性; Circle, 菌の生育。

(野村将)

[その他]

予算区分：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：野村将

発表論文等：1)Nomura M. (2012) *Biosci. Biotech. Biochem.* 76(8):1459-1462

[成果情報名] 食肉脂肪の結晶状態の非破壊評価法

[要 約] 食肉の品質と価格に影響する食肉脂肪の結晶度および結晶多形の種類と含量は、可搬型ラマン分光装置を用いることで、食肉生産や格付の現場において非破壊かつ簡便に評価できる。

[キーワード] 脂肪、結晶度、結晶多形、品質評価、食肉

[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]

冷却された食肉脂肪の結晶状態（結晶度と結晶多形の種類や含量）は、食肉脂肪のかたさ等の物性を決め、食肉の品質と価格に影響する。しかし、食肉脂肪の結晶度や結晶多形を、食肉生産の現場で枝肉の状態のまま非破壊かつ簡便に評価できる方法はない。ラマン分光は分子の構造解析に長年用いられている非破壊分析法であり、近年、光ファイバプローブを備えた使いやすい可搬型機が開発されている。そこで、可搬型ラマン分光装置を用いて、枝肉脂肪の結晶状態の非破壊評価法を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 光ファイバプローブを備えた可搬型ラマン分光装置（785-nm 励起）を用いて、冷却・冷蔵保存中の枝肉（剥皮）の皮下脂肪のラマンスペクトルを得る（図1）。
2. スペクトル中の特定のバンドの強度を利用した式1および2より、枝肉に付着した水や温度変化の影響を受けることなく、脂肪の結晶度と結晶多形の種類と含量を非破壊的に評価することができる（図2）。

$$\text{結晶度 (\%)} = \frac{(1.3)I_{1130}}{I_{1297}+I_{1305}} \times 100 \quad (1)$$

$$\beta' \text{型結晶多形含量 (\%)} = \left(\frac{1}{0.493} \right) \frac{I_{1418}}{I_{1297}+I_{1305}} \times 100 \quad (2)$$

式中、 I はバンド面積、下付き文字はバンドの波数を表す。 $I_{1297}+I_{1305}$ は、脂肪を構成する炭化水素鎖の量に対応するスペクトル内部標準であり、温度に依存しない。 I_{1130} は結晶中に存在している all-trans 型炭化水素鎖の量、 I_{1418} は β' 型結晶多形特有の結晶格子中に含まれる炭化水素鎖の量に、それぞれ対応する。1.3 および $1/0.493$ は強度補正係数である。

3. 豚枝肉の皮下脂肪（ロイン部皮下脂肪外層組織（第3-4腰椎部））の結晶度は、と畜20分後から4.3℃にて冷却・冷蔵保存をおこなう場合、枝肉の冷却がほぼ完了し格付がおこなわれる冷却開始24時間後までに約30%に上昇し、そのうちの約三分の一が β' 型結晶多形である（図2）。残る三分の二は β 型および α 型であると推定される。24時間後以降は、結晶状態に顕著な変化は見られない。

[成果の活用面・留意点]

1. 脂肪は特徴的な強いラマンバンドを持ち、また脂肪組織の主成分であるため、生体試料に特有の問題である蛍光や脂肪以外の成分由来のラマン散乱光は問題にならない。これらの問題がないことが確認できれば、食肉だけでなく脂肪を基材とする他の食品についても本法を応用可能である。
2. 本法による測定値は、抽出油脂に応用されている核磁気共鳴法や熱分析などの手法により求められる値と必ずしも一致しない。

[具体的データ]

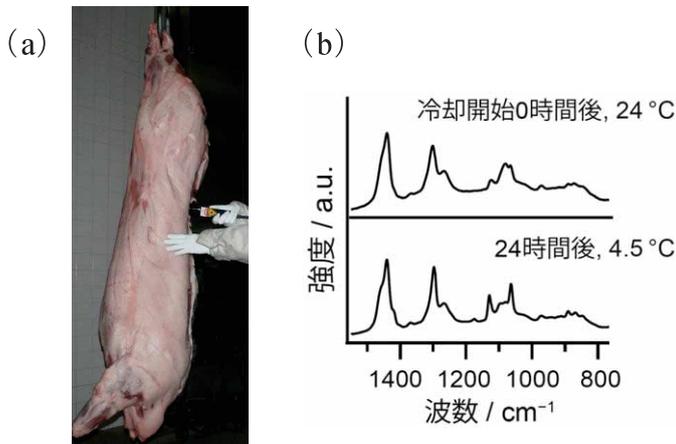


図1 可搬型ラマン分光装置による豚枝肉皮下脂肪のラマンスペクトル測定 (a) と、得られたラマンスペクトルの例 (b)。スペクトル測定部近傍の枝肉表面温度も示す。

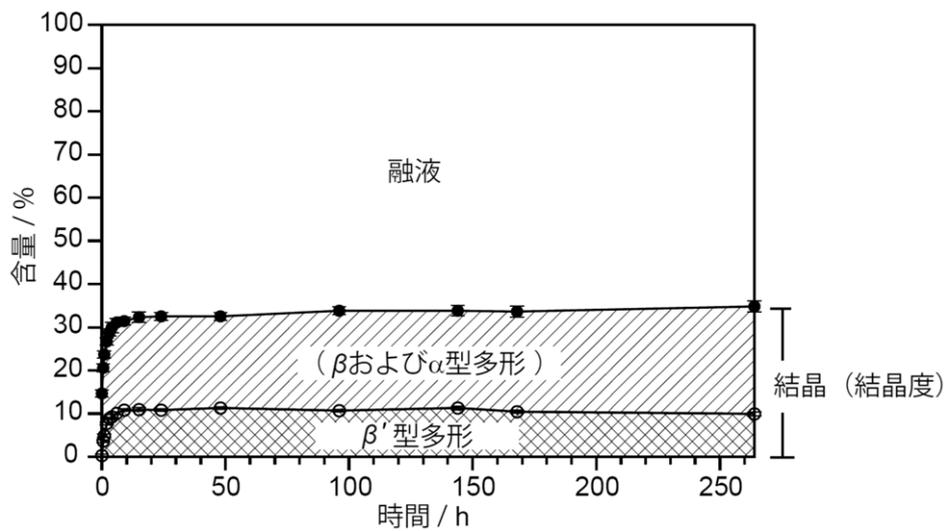


図2 豚枝肉の皮下脂肪における脂肪の結晶度および各結晶多形含量の冷却・冷蔵保存中の変化 (n = 6。168時間以降は n = 3)

(本山三知代)

[その他]

予算区分：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、委託プロ (国産飼料)

研究期間：2011～2012年度

研究担当者：本山三知代、千国幸一、成田卓美、相川勝弘、佐々木啓介

発表論文等：1)Motoyama M. et al. (2013) *J. Agric. Food Chem.* 61:69-75

[成果情報名] 米粉のパン加工適性評価のための吸水性簡易評価法

[要 約] 米粉の吸水性は、穴のあいたアルミ容器と水を張ったバットを用いて簡単に評価することができる。米粉は吸水率と吸水時間により分類され、粉碎方法により特徴がある。吸水量が少なく、吸水の速い米粉を用いたパンの比容積が高い。

[キーワード] 米粉、吸水性、米粉パン

[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 029-838-8053

[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]

米粉の吸水性は、その製パン適性に影響を及ぼしていると考えられる。米粉の吸水量を評価する方法はこれまでもあったが、吸水速度を含めて総合的に評価する手法がない。米粉のパン加工適性には、米粉の粒度分布、損傷澱粉含量、アミロース含量が大きく関与していると言われており、これらは吸水性に影響を及ぼす要因であると考えられる。本研究では、簡易に吸水性を評価できる方法を開発し、各種米粉について吸水性を評価する。また、物理化学的特性との関連を解析し、米粉パンに適した米粉の品質特性を明らかにすることを目標とする。

[成果の内容・特徴]

1. 底に1 cm 間隔で1～2 mm の穴を開けたアルミ製容器（例えばラピッドビスコアナライザーのカップ）を用いる方法で、吸水性を評価することができる（図1）。この方法は、水を張ったバットに粉を入れた容器を浸し、初期は1～2分間隔、その後は5～10分毎に水から容器を引き上げ、重量を測定するもので、特殊な装置を必要としない。

2. 時間経過に伴う吸水率の変化は、 t を測定時間、 Y を全吸水率として、

$$Y=A \times (1-e^{-K \times t})+B \quad (\text{式1})$$

を当てはめることができる（図2）。このとき、 A は吸水率、 K は吸水速度係数、 B は初期吸水率を表す。1.の試験によって得られた吸水量から乾物重に対する全吸水率 Y を計算して、 t と Y を軸にしたグラフにプロットし、GraphPad Prism等の統計解析ソフトを用いて式1に当てはめ、 A 、 K 、 B を算出する。 A の半分の吸水にかかる時間である半吸水時間 $H=\ln(2)/K$ は、吸水速度の目安となる。

3. 各種米粉は、吸水率 A と半吸水時間 H に基づいて分類ができる。吸水性は概ね粉碎方法により特徴があり、品種に依らない。小麦粉/米粉=70/30の粉を用いて、加水率を一定にして製パンした米粉パンの比容積との関連を解析すると、吸水率 A が小さく（＝吸水量が少なく）、半吸水時間 H が短い（＝吸水が速い）米粉の比容積が高い（図3）。このような米粉は、湿式気流粉碎によって得られる。

4. 物理化学的特性との関連では、損傷澱粉含量と吸水率 A には正の相関が認められる。アミロース含量はいずれとも相関は認められない。また、半吸水時間 H は粒度分布との関連が認められる。

5. アニーリングおよび湿熱処理により澱粉の結晶化度を調製した米粉では、示差走査熱量測定による糊化エンタルピーと吸水率 A との間に高い相関が認められ（図4）、澱粉の結晶性が吸水特性の決定要因であることが示唆される。

[成果の活用面・留意点]

1. 同じ湿式気流粉碎でも、製粉事業者によって性質の異なる米粉ができることがあり、粉碎方法だけでは特性を規定することはできない。

[具体的データ]



図1 米粉吸水性評価用装置

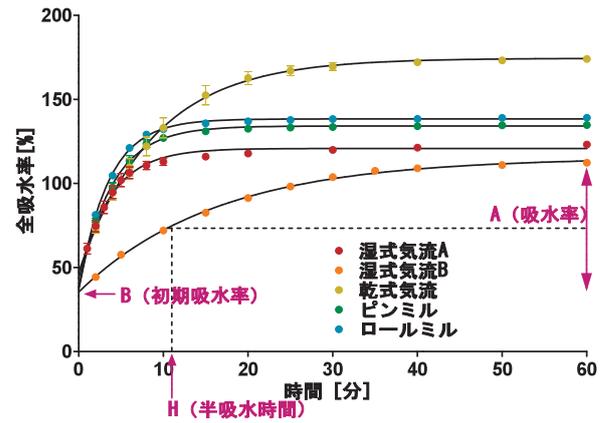


図2 吸水過程の解析と曲線への当てはめ

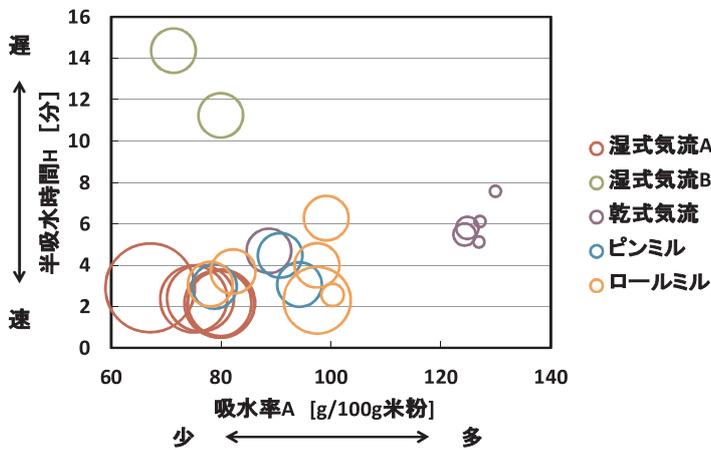


図3 各種米粉の吸水性と米粉パンの比容積との関連。円の大きさはパン比容積を表す。

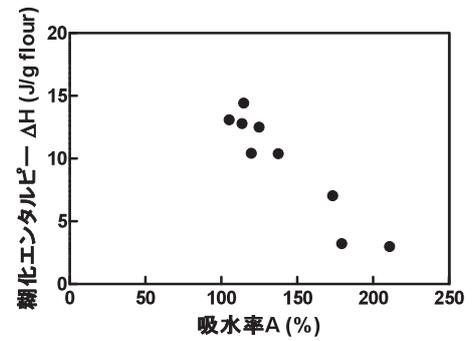


図4 調製米粉の糊化エンタルピーと吸水率Aとの関連。

(松木順子、奥西智哉、岡留博司)

[その他]

予算区分：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：交付金、委託プロ（加工プロ）

研究期間：2009～2012年度

研究担当者：松木順子、奥西智哉、岡留博司

発表論文等：1)松木(2012)応用糖質科学、2(1):7-11

【成果情報名】 NMR メタボロミクスによるジャガイモ疫病抵抗性品種・系統の識別マーカーの同定

【要約】 圃場で栽培した疫病発症前のバレイショ健全葉抽出物の ¹H-NMR スペクトルは、疫病抵抗性の程度に応じて異なる代謝物プロファイルを示す。この違いを反映するマーカー代謝物の一つは L-リンゴ酸であり、簡易で安価な疫病抵抗性識別方法として有効である。

【キーワード】 NMR、メタボローム、ジャガイモ疫病、L-リンゴ酸

【担当】 加工流通プロセス・先端流通加工

【代表連絡先】 電話 029-838-8014

【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】

ジャガイモ疫病は、疫病菌 *Phytophthora infestans* によって引き起こされる重要病害であり、茎葉枯死および塊茎の腐敗による減収などの被害をもたらす。疫病菌の各レースに対しては、種々の抵抗性遺伝子（R 遺伝子）が知られており、これらを組み合わせ持つレース特異的抵抗性（真性抵抗性）を示すバレイショ品種が育種されている。一方、疫病菌レースは次々と分化し、レース 1~11 をはじめ種々の病原性を有するものが見出されている。既存の真性抵抗性品種に病原性を示すレースが発生すると罹病被害が大きくなるため（図 1）、近年は、複数の遺伝子が関与し、どのレースにもある程度の抵抗性を示し、罹病しても病状が軽い圃場抵抗性に着目した育種が進められている。

しかし圃場抵抗性の評価には、①多様なレースに対して部分的な抵抗性を示す複数の遺伝子群を特定する必要がある、②室内での接種試験では期待通りの抵抗性を発揮しない場合があり、人工接種による評価が難しい、③無防除栽培圃場での検定は数ヶ月の期間と多くの労力を要する、等の問題がある。そこで本研究では、バレイショの系統や品種の圃場での疫病抵抗性を迅速に判別するための新たな指標の探索を目的とし、NMR 法によるメタボローム解析を行う。

【成果の内容・特徴】

1. NMR 法による迅速なメタボローム解析は、図 2 に示す方法によって行う。疫病発症前の健全葉の水抽出物の ¹H-NMR スペクトルを計測し、統計解析に供する。
2. 葉水抽出物の ¹H-NMR スペクトルの階層的クラスター解析では、抵抗性に対応した階層構造（クレード）が見出される（図 3）。
3. この疫病抵抗性を反映するクレード形成に寄与の大きい代謝物の一つが L-リンゴ酸なので、この代謝物をジャガイモ疫病抵抗性のマーカー代謝物として利用できる。
4. 葉水抽出物中の L-リンゴ酸は、市販の酵素法キットを使用して簡易に定量可能である。
5. L-リンゴ酸は、乾燥重量 1 mg の葉に約 10 μg~50 μg 程度含まれ、罹病度を表す AUDPC 値が低い（すなわち、抵抗性が強い）品種ほど含量が多い（図 4）。

【成果の活用面・留意点】

1. 本技術により、疫病菌を接種せずに抵抗性を判別できる。
2. 本技術は、疫病発症直前の圃場試料に対して有効であるが、その他の時期に採取された試料についても検証が必要である。
3. 圃場における疫病菌レースの分布は年により変化する可能性があり、それにともない抵抗性マーカー代謝物も変わる可能性があるため、数年にわたる調査が必要である。

[成果情報名] 脂質ラフト構造破壊による酸化 LDL 受容体の機能制御

[要約] 動脈硬化発症の初期に重要な役割を担う酸化 LDL 受容体 (LOX-1) は、細胞膜上の微小領域である“脂質ラフト”に集結してクラスターを形成し、機能を発揮する。食生活改善により脂質ラフト構造を変化させることにより、LOX-1 の機能制御が可能となる。

[キーワード] 酸化 LDL、酸化 LDL 受容体(LOX-1)、脂質ラフト、クラスター形成、動脈硬化

[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 029-838-8013

[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]

酸化 LDL 受容体 (LOX-1) は、動脈硬化発症の初期に重要な役割を果たしているが、食生活改善による機能制御が可能だと考えられている。LOX-1 は、2 量体形成後に細胞膜上でクラスターを形成し機能を発揮することが明らかにされており、クラスター形成は、LOX-1 機能制御の重要な標的と考えられてきた。

そこで、食品摂取による LOX-1 制御手法、および、動脈硬化発症抑制に効果的な農林水産物や食品の新規評価手法の開発を目指し、LOX-1 のクラスター形成機構を解明する。

[成果の内容・特徴]

1. ヒト冠状動脈内皮細胞 (human coronary artery endothelial cells: HCAEC) では、LOX-1 は脂質ラフトに局在するが、パルミトイル化阻害剤 (2-ブロモパルミチン酸: 2BP) により、脂質ラフトへの局在が阻害される (図 1)。
2. パルミトイル化が予想されるシステイン残基に変異を導入した変異 LOX-1 発現細胞株を作製し、酸化 LDL 認識能を評価すると、36 番目と 46 番目の Cys を Ser に置換した変異体 (C36S、C46S および C36S/C46S) において、酸化 LDL を認識し取り込む機能が顕著に低下する (図 2)。
3. ショ糖密度勾配遠心法により LOX-1 の局在を確認すると、変異 LOX-1 (C36S、C46S および C36S/C46S) では脂質ラフトへの局在性が低下する。さらに、いずれの変異体でもパルミトイル化の効率が低下する (図 3)。
4. 脂質ラフトを構成するコレステロールの断片化を引き起こすナイスタチンを培地に添加することにより脂質ラフト構造に変化が起こり、LOX-1 の酸化 LDL 認識と細胞内への取り込みが顕著に阻害される (図 4)。
5. 以上から、LOX-1 は、パルミトイル化により脂質ラフトに局在しクラスターを形成することにより、巨大分子である酸化 LDL を認識し取り込むことが可能になる。さらに、脂質ラフト構造の破壊により、LOX-1 の酸化 LDL 認識活性を制御可能であると考えられる。

[成果の活用面・留意点]

1. LOX-1 が発現している内皮細胞は血流と接しており、脂質ラフト構造は血中成分の影響を受け易い。そのため、脂質ラフト構造破壊による LOX-1 の機能制御が可能である。
2. 血中成分は、摂取する食品の影響を受け易い。そのため、食品を介した LOX-1 機能制御が期待される。
3. 脂質ラフト構造破壊を介した LOX-1 のクラスター形成阻害の測定手法、ならびに、動脈硬化発症を抑制し血管の健康を維持する農林水産物や食品開発分野における新たな評価手法として活用可能である。

[具体的データ]

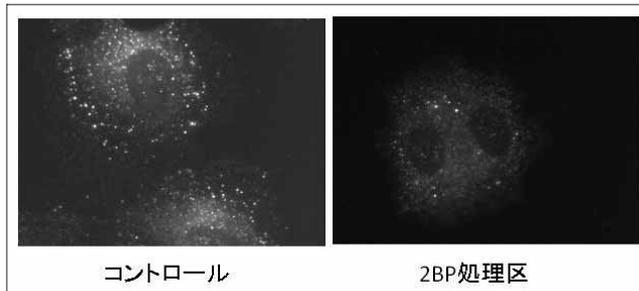


図 1. 2BP 処理 HCAEC における LOX-1 の分布 (左) LOX-1 (白い点) は、HCAEC 上では細胞膜上の脂質ラフトに存在する。(右) 2BP 処理により脂質ラフトへの局在が阻害される。

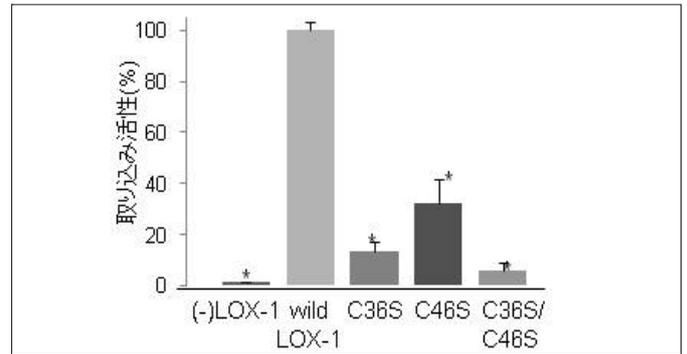


図 2. 変異 LOX-1 の酸化 LDL 取り込み活性評価 C36, C46 を Ser に置換した変異 LOX-1 は酸化 LDL 取り込み能が低下する。

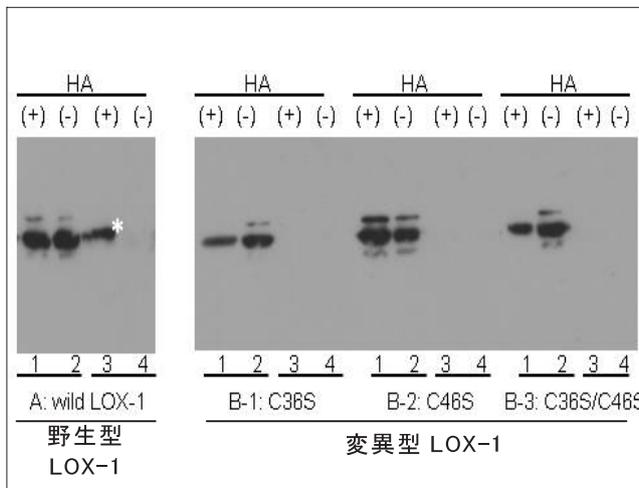


図 3. Acyl-biotinylated exchange 法¹⁾による LOX-1 パルミトイル化の確認

パルミトイル化を受けている場合、レーン 3 にシグナルが検出される。

(A)野生型 LOX-1 で確認される特異的シグナル (*) は、(B)変異 LOX-1 では検出されない。¹⁾ (Nat.Proc.2, 1572, 2007)

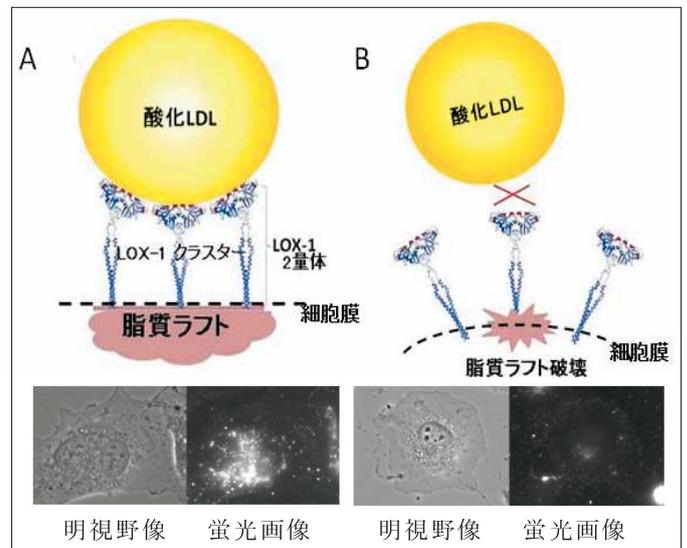


図 4. 脂質ラフト破壊による LOX-1 機能の阻害

(A) 内皮細胞(HCAEC)は、LOX-1 を介して酸化 LDL を取り込む。(取り込まれた酸化 LDL が蛍光画像では白い点として観察される。)
 (B) ナイスタチンにより脂質ラフト構造を破壊された内皮細胞(HCAEC)では、酸化 LDL 取り込みが低下する。(取り込まれた酸化 LDL が蛍光画像でほとんど観察されない。)

(町田幸子)

[その他]

予算区分：新需要創出のための生物機能の解明と新たな生物機能の解明・改変技術の開発
 中課題番号：330d0

予算区分：交付金、科研費基盤 B、JST A-Step

研究期間：2011～2015

研究担当者：町田幸子

発表論文等：1) M. K. Kuramochi, et al.(2012) *The Biochemical Journal* **442**:171-180, 2) T. Shibata, et al.(2011) *J.Biol.Chem.* **286**: 19943-19957、3) 町田幸子ら「ワンタッチ式細胞動態観察装置」特許第 5062587 号、2012/8/17 登録、4) 松永茂ら「細胞動態の観察装置」特許第 502477 号、2012/6/29 登録、5) 町田幸子ら「酸化 LDL 受容体に作用するリポソーム」特願 2012-72404、2012/3/27 出願

【成果情報名】 農産物の購入・調理・食事プロセスを把握できる食行動データ収集・分析システム

【要 約】 消費者の農産物（食品）の購入・調理・食事データを Web 上で収集するとともに、定量データ分析及び定性データ分析を行うシステムである。農産物消費の特徴の把握や消費拡大方策の提案などに活用できる。

【キーワード】 食行動データ、消費者、Web、農産物、定量・定性分析

【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】 研究成果情報

【背景・ねらい】

多様化した世帯構成・ライフスタイルの中での農産物の利用実態や消費者ニーズの解明には、統計データやアンケート調査だけでは不十分であり、特に規格・品質や用途が多様な農産物では、購入から調理、食事に至る一連の食行動を過程全体で捉える必要がある。そこで、消費者が Web から食品の購入や食事等の食行動を簡単に入力することで食行動データを収集し、得られた定量データ及び定性データを解析するためのシステムを開発する。

【成果の内容・特徴】

1. 本システムは、食行動データ収集システムと分析システム（定量データ分析と定性データ分析）から成る（図 1）。収集システムはパスワード管理機能付きの Web ソフトウェアで、消費者モニターが Web 上のシステムから入力する。入力されたデータはサーバー上に蓄積され、そのデータを CSV 形式でダウンロードして分析システムに用いる。
2. 収集システムでは、各種消費者属性や食材在庫等の入力（基本登録）の後、日々の買い物（購入先、価格等商品属性、選択理由等）と食事（メニュー、使用食材、メニュー選択理由等）を入力する（図 2）。入手食材は在庫登録され、食事ごとに使用食材を入力すると在庫量も減少するため、食材の利用過程が把握できる。また、購買理由やメニュー選択理由、調理後の食材の評価を記録することで消費者の意識も併せて把握できる。
3. 定量データ分析システムでは、消費者属性や購買・食事データから分析したい項目を選択し、マイクロソフト社エクセルのピボット機能によりクロス集計等の基礎集計を行う。また、データセット（CSV 形式）が作成され、定量データを用いた高度な分析（多変量解析）に利用できる。分析例（表 1）では、朝食では簡単な野菜料理の有無、夕食ではあと 1 品野菜料理を作るかが世帯の生鮮野菜購入量に影響しており、消費拡大には「朝食に一品野菜を添えよう」等の具体的な提案が必要なことが明らかになっている。
4. 定性データ分析システムでは、開発済みのテキストマイニングソフトウェア「二値化くん」（2009 年度成果情報）により、食品の購買理由やメニュー選択理由などの文章データを形態素へ分解するとともにキーワードの抽出・二値化を行い、キーワードの出現頻度等の基礎集計を行う。また、データセット（CSV 形式）が作成され、定性データを用いた高度な分析に利用できる。分析例（図 3）では、野菜や肉、魚等は作ろうとする料理を想定し、その材料として購入していることから、ある野菜の購買を促す場合には産地や機能性に加え、その野菜を用いた料理の提案が有効である可能性が示されている。

【成果の活用面・留意点】

1. 研究機関等の研究者が農産物の利用実態と消費者属性・意識を関連づけて把握することで、消費の特徴の把握や農産物の販売方法、消費拡大方策の提案等に活用できる。
2. 本システムの利用には、管理者（開発者）への申請が必要である。管理者はマルチインスタンス機能を用いて申請者ごとにパスワードを割り当て、利用を許可する。

[具体的データ]

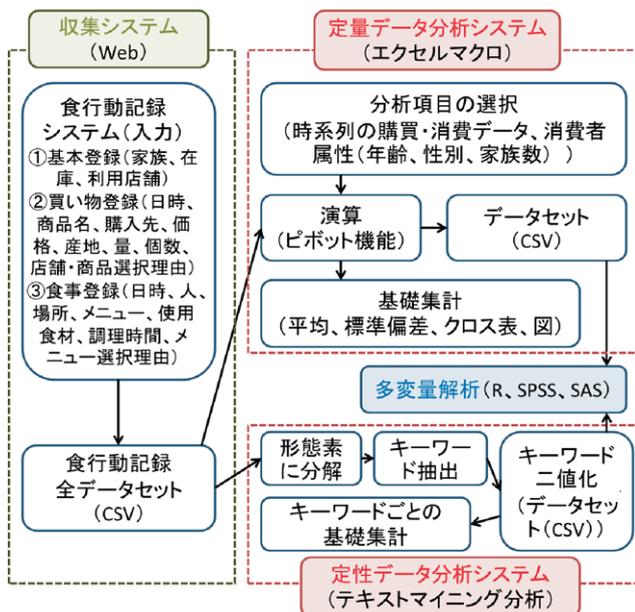


図1 食行動データ収集・分析システムの構成

表1 定量データ分析の例ー食事における生鮮野菜の使用状況ー(分析システムでデータセット作成後に多変量解析を実施)

消費者モニターグループ	食事	生鮮野菜を使用したメニュー数(食事一回あたり)	生鮮野菜を使ったメニューの出現回数(2週間あたり)	
			そのまま一品・付け合わせ(生)	そのまま一品・付け合わせ(加熱)
生鮮野菜購入量	少	0.6	7.8	0.9
	中	0.6	7.1	2.2
	多	1.2	11.2	3.4
生鮮野菜購入量	少	1.4	12.2	1.5
	中	1.7	12.1	1.6
	多	2.5	13.6	2.0

注1)消費者モニター42人の2週間の食事データを分析したものである。生鮮野菜の購入量によりモニターを3グループに分けて比較した。

- 2)「そのまま一品・付け合わせ(生)」とは、カットしただけのもの。カットしたトマトやキュウリなど。同様に「そのまま一品・付け合わせ(加熱)」は、カットして茹でる・焼く等の加熱処理のみを行ったもの。茹でブロッコリーなど。
 3)青色は、3要因の分散分析の結果10%水準で有意であった項目。また、Tukey法による多重比較を行い、10%水準で有意であったものは#を示した。

The screenshot shows a web-based input form for meal data. Fields include '食事日' (Meal Date), '食事時刻' (Meal Time), '食事場所' (Meal Location), 'だれが' (Who), '食形態' (Meal Type), '調理者' (Cook), and 'メニュー' (Menu). The menu section has dropdowns for '大分類' (Main Category), '小分類' (Sub-category), and '名称' (Name), with checkboxes for '食べた(食べる)人' (Who ate). There are also sections for '調理時間' (Cooking Time) and '使用食材' (Ingredients Used).

図2 収集システムの入力画面

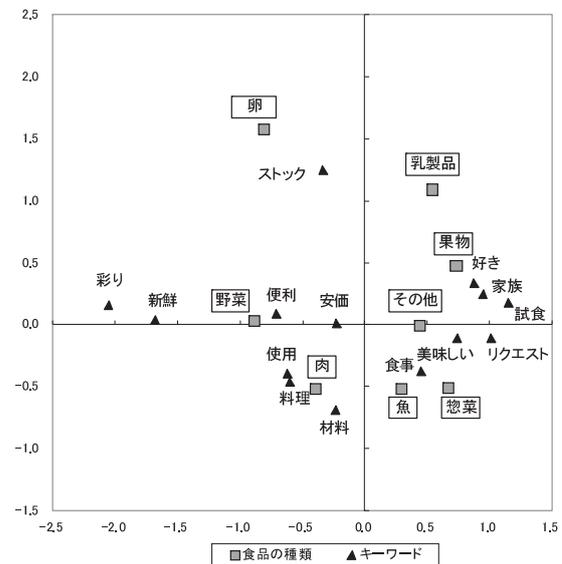


図3 定性データ分析の例ー食品の種類と購入理由のコレスポネンス分析ー(分析システムでデータセット作成後に多変量解析を実施)

(山本淳子、大浦裕二、磯島昭代、河野恵伸)

[その他]

予算区分：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：2008～2012年度

研究担当者：山本淳子、大浦裕二、磯島昭代、河野恵伸、小野史

発表論文等：1) 山本ら(2009)フードシステム研究 16(3):100-105

2) 小野ら(2011)フードシステム研究 18(3):203-208

3) 磯島ら(2011)東北農業研究 64:169-170

【成果情報名】直売所における切り花需要量の予測ソフトウェア

【要約】 直売所での切り花販売において、POS データ等から、欠品による売り逃し分を含めた需要量の事後的な推測や、日内・週間・年間の需要量を事前に予測するソフトウェアである。需要量の目安を、直売所スタッフが出荷者に提供することに利用できる。

【キーワード】 直売所、切り花、需給ミスマッチ、需要量予測、POS、Excel

【担当】 加工流通プロセス・食農連携

【代表連絡先】 電話 084-923-4100

【研究所】 近畿中国四国農業研究センター・営農・環境研究領域

【分類】 研究成果情報

【背景・ねらい】

直売所での切り花販売は休日と平日など日々の需要量の変動が大きく、品目毎に残品や欠品が多く発生している場合がある。残品や欠品を減少させるためには、需要量を予測し、それに合わせて出荷することが有効と考えられる。そこで、需要量の目安や出荷者間の調整のための情報を、直売所スタッフが出荷者に提供するためのツールとして、直売所 POS データ（POS レジスターで収集されるデータ）等をもとに切り花需要量を推測・予測するソフトウェアを開発する。

【成果の内容・特徴】

1. 本ソフトウェアは Excel ファイル（マクロ有効ブック）である（図 1）。直売所の切り花品目について、POS データ等を入力し分析することで、1) 欠品による売り逃し分を含めた需要量（販売量＋売り逃し分）を事後に推測（売り逃し推測）、2) 営業時間内でのその日の需要量を事前に予測（日内予測）、3) 週間日別の需要量を事前に予測（週間予測）、4) 年間日別の需要量を事前に予測（年間予測）、することができる（表）。
2. 売り逃し推測と日内予測には、対象品目の 2 週間分程度の POS データ（販売年月日、時刻、点数）と各日に売り切れたか売れ残ったかの記録が必要である。週間予測と年間予測には、対象品目の 3 年間日別の需要量（売り逃し推測による）あるいは販売量データが必要である。販売量データを用いた場合には、予測結果に売り逃し分は考慮されない。日別販売量は、本ソフトウェアで POS データから集計することもできる。
3. 日内予測の結果は数値で、その他の結果は表及び折れ線グラフで表示される。
4. 直売所 K のユリ販売での年間予測の精度を、出荷実績（出荷者の予測を反映していると考えられる）と比較したところ同程度か若干良好である（図 2）。

【成果の活用面・留意点】

1. 本ソフトウェアは、切り花を販売する直売所スタッフが使用することを想定している。
2. 日内予測は、当日の追加的な出荷を出荷者に要請する際の参考にできる。直売所スタッフによる週間予測に合わせて、ユリの開花予測技術（2012 年度成果情報「ユリ切り花の開花日予測・処理導出ソフトウェア」）、特定日開花技術（同「小ギクとユリのつぼみ期収穫切り花の特定日開花調節技術」）を出荷者が利用すると、需要量に合わせた出荷が可能となり、効果的と考えられる。売り逃し推測と年間予測は、総会等の会議や部会活動等において次期の検討材料にできる。これら機能のうち一部のみの利用もできる。
3. 本ソフトウェアを運用するには、本ソフトウェアの結果をもとに、例えば天気やイベント情報、競合店舗の状況等の個別事情を別途勘案することが望ましい。
4. 推測・予測対象品目は、POS レジスターに品目コードが設定されている必要がある。
5. 本ソフトウェアは、Excel2007 と 2010 で動作を確認している。本ソフトウェアと操作マニュアルは、農研機構内の <http://fmrp.dc.affrc.go.jp/programs/> を通じて配付予定である。

[具体的データ]

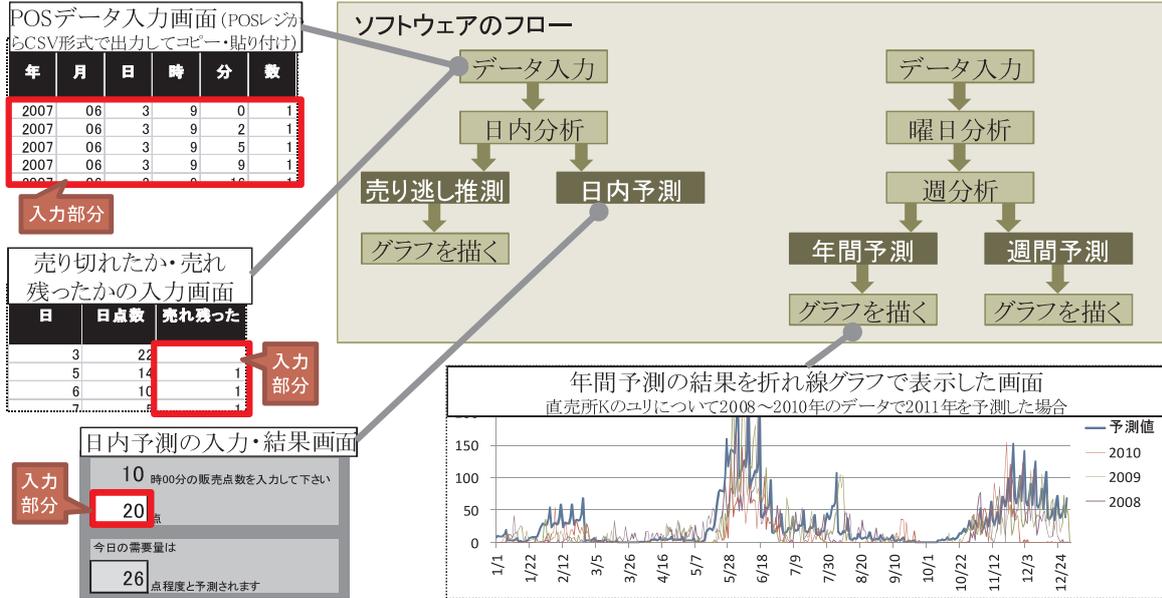


図1 ソフトウェアのフローと各入力・結果画面

表 ソフトウェアの概要

		売り逃し推測	日内予測	週間予測	年間予測
使用するタイミング	いつ(時点)	いつでも	一日の販売量の半分が売れる時刻(RT)	日曜日の営業終了後	各年度の営業終了後
入力データ	何で(必要なデータ)	2週間分程度のPOSデータと、各日に売り切れたか売れ残ったかの記録	推測したい期間のPOSデータ	過去3年分の日別需要量ないし販売量	
出力データ	いつの(期間)	推測したい期間	その日	翌月曜日から3週間	翌年度1年間
	何が分かり	需要量(売り逃し分+販売量)		需要量(ただし販売量を入力した場合は売り逃しが考慮されない)	
用途	何に使えるか	次期の生産・出荷の検討材料	追加的な出荷を出荷者に要請する際の参考	週内の出荷量調整の参考(ユリ開花予測技術と特定日開花技術と併用が効果的)	次期の生産・出荷の検討材料

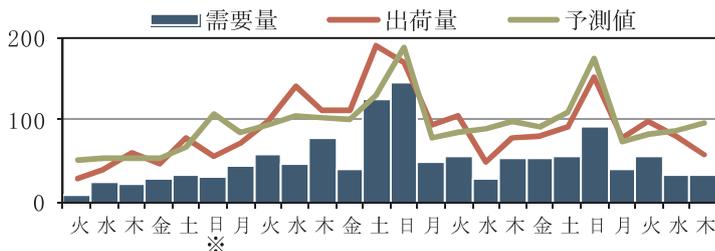


図2 年間予測結果と出荷量及び需要量
注：直売所Kのユリについて販売量を入力して2011年を予測した例。表示は5/24～6/16。この間は常に売れ残っていたため、売り逃しがなく、需要量と販売量が一致する。※は台風が最接近した日。この他3回目の日曜日を含め前年より雨の日が多かった。

(吉田晋一)

[その他]

予算区分：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、実用技術

研究期間：2010～2012年度

研究担当者：吉田晋一、豊原憲子(大阪環農水総研)

発表論文等：1) 豊原ら(2013) 収穫後開花調節による特定日開花技術:13-16

2) 吉田(2013) 職務作成プログラム登録、機構-M15

**食品試験研究成果情報
第25号**

平成 25 年 3 月 30 日 印刷 平成 25 年 3 月 31 日 発行

〒305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12

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

印刷所 佐藤印刷株式会社

本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用
しています。

本誌より転載・複製する場合には食品総合研究所の許可を得て下さい。

