

平成 23 年度
食品試験研究
成果情報

第 24 号

平成 24 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23年度に実施したこれらの研究を対象に、「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」は5課題で、「小麦赤かび病を適期に防除するための開花期予測システム」、「新系統遺伝子組換えダイズ MON89788 の定量分析法の開発および妥当性確認」、「アレルギーモデル動物の血管透過性を利用したアレルギー重症度の定量方法」、「「ごはんパン」に適した炊飯米特性と製造条件」、「蛍光指紋によるパン生地中のグルテン・デンプン分布の可視化」である。

「研究成果情報」として21課題、他の大課題で選定された「研究成果情報」3課題を掲載した。

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24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23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 小麦赤かび病を適期に防除するための開花期予測システム	2
近畿中国四国農業研究センター・水田作研究領域、九州沖縄農業研究センター・生産環境研究領域	
2 新系統遺伝子組換えダイズMON89788の定量分析法の開発および妥当性確認	4
食品総合研究所・食品分析研究領域	
3 アレルギーモデル動物の血管透過性を利用したアレルギー重症度の定量方法	6
食品総合研究所・食品機能研究領域	
4 「ごはんパン」に適した炊飯米特性と製造条件	8
食品総合研究所・食品素材科学研究領域	
5 蛍光指紋によるパン生地中のグルテン・デンプン分布の可視化	10
食品総合研究所・食品工学研究領域	

2) 研究成果情報

1 加熱した食用油に生じる有害アルデヒド4-hydroxy-2E-nonenalおよび類縁化合物4-hydroxy-2E-hexenalの定量分析法	12
食品総合研究所・食品分析研究領域	
2 スタック品種の混入に影響を受けない新規組換え体混入率評価法の確立	14
食品総合研究所・食品分析研究領域	
3 紫黒米と黒大豆中の総アントシアニン量を測定する分析法の妥当性確認	16
九州沖縄農業研究センター・作物開発・利用研究領域	
4 ハクサイ及びオレンジハクサイのカロテノイド組成と抗酸化能	18
東北農業研究センター・生産基盤研究領域	
5 ヒエ、ハトムギ種子は2型糖尿病モデルマウス(<i>db/db</i>)の脂質代謝を改善する	20
東北農業研究センター・生産基盤研究領域	
6 栄養成分による体内時計のリセット	22
食品総合研究所・食品機能研究領域	
7 ケルセチンの肥満抑制作用および肝臓への脂肪蓄積抑制機構の解明	24
食品総合研究所・食品機能研究領域	
8 ラクトコッカス属乳酸菌体の修飾によるインターロイキン12誘導能の増強法	26
畜産草地研究所・畜産物研究領域	
9 「サンルージュ」含有アントシアニンの茶期別および葉位別変動特性と生理活性	28
野菜茶業研究所・茶業研究領域	
10 有機栽培されたチャ生葉の窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$ 値)の年次変動	30
食品総合研究所・食品分析研究領域	
11 甘味受容体の構造特性を利用した、甘味物質のブレンド効果の評価	32
食品総合研究所・食品機能研究領域	
12 リンゴ「つがる」では予冷することで1-MCP処理による鮮度保持効果が高まる	34
果樹研究所・栽培・流通利用研究領域	
13 寒玉系キャベツの加工品質に及ぼす収穫時期と貯蔵の影響	36
野菜茶業研究所・野菜病害虫・品質研究領域	
14 エチレンおよび受粉によりササ系リンドウの花持ちは短縮する	38
花き研究所・花き研究領域	
15 ラマン分光による牛脂および豚脂の迅速判別法	40
畜産草地研究所・畜産物研究領域	

16	グリシンとD-アラニンをペプチドから遊離する新規麹菌アミノペプチダーゼ	42
	食品総合研究所・応用微生物研究領域	
17	トマト果柄のジョイントレス形質に関与する新規遺伝子	44
	食品総合研究所・食品バイオテクノロジー研究領域	
18	高齢化地域での地元農産物の集荷・加工・販売・配達を支援する情報システム	46
	中央農業総合研究センター・農業経営研究領域	
19	農産物直売所の地域農業への影響評価計測方法	48
	中央農業総合研究センター・農業経営研究領域	
20	農産物中の放射性セシウムの簡易分析法の開発	50
	食品総合研究所・放射性物質影響ワーキンググループ	
21	麦類の加工工程における放射性セシウムの動態解析	52
	食品総合研究所・放射性物質影響ワーキンググループ	

3) 関連資料(「食品安全信頼」、「食品機能性」、「加工流通プロセス」以外の大課題評価会議で承認された成果情報)

1	プロアントシアニジンフリー大麦系統の子実蓄積されるフラボノイド	54
	九州沖縄農業研究センター・水田作園芸研究領域	
2	サトウキビの低温アルカリ(LTA)前処理による六炭糖回収とバイオエタノール製造	56
	食品総合研究所・食品素材科学研究領域	
3	多様なエタノール変換プロセスに対応可能な糖化酵素生産システムの構築	58
	食品総合研究所・食品素材科学研究領域	

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] 小麦赤かび病を適期に防除するための開花期予測システム

[要 約] 小麦赤かび病の防除適期である開花期をリアルタイムのアメダスデータを使って毎日予測し、予測した結果を Web 上に公開するシステムである。西日本の小麦主要6品種について、簡単な操作で開花期の予測日を知ることができる。

[キーワード] 赤かび病、小麦、開花期、アメダス、無人ヘリコプター防除

[担 当] 食品安全信頼・かび毒リスク低減

[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・水田作研究領域、九州沖縄農業研究センター・生産環境研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

小麦の赤かび病対策では、開花期における防除が重要である。しかし、開花期は年によって2～3週間異なり、開花期を予測する手法も無いため、無人ヘリコプター等による集団防除の日程調整がつかず適期防除を困難にしている。そこで、西日本の小麦主要品種について、気象データから開花期を予測する手法を開発する。さらに、予測結果を Web 上に公開するシステムを構築し、適期防除を可能にする。

[成果の内容・特徴]

1. 播種日から小麦赤かび病の防除適期である開花期（50%の穂が開花した日）の予測日を知ることができる。現在までは日長と実測の日平均気温（リアルタイムのアメダスデータ）、現在以降は日長と平年の日平均気温を使って予測する。
2. 開花期を予測できる品種は「農林61号」、「シロガネコムギ」、「チクゴイズミ」、「ニシノカオリ」、「ミナミノカオリ」、「ふくさやか」の6品種である。
3. 開花期の予測日は Web 上で公開され、リアルタイムのアメダスデータをもとに毎日更新される。
4. 開花期の予測日を得るまでの手順を示す（図1）。
 - ① http://pc78.cgk.affrc.go.jp/wheat/index_mugi.html にアクセスする。
 - ② 品種を選択する。
 - ③ 県を選択する。
 - ④ アメダス観測点を選択する。
 - ⑤ 播種日毎に開花期が表示される。
5. 発育予測モデルでは誤差約3日（Root Mean Square Error）で開花期の予測ができ（図2、表1）、実用に耐えうる。
6. 開花2週間前の予測では、予測日以降の日平均気温が平年より1℃高いと開花は予測日より1日早まり、同様に2℃では3日、3℃では5日早まる（表1）。
7. 本システムの利用により、集団防除の日程調整や適期防除が可能となる。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象 小麦生産者、普及センター。
2. 普及予定地域・普及予定面積 「農林61号」、「シロガネコムギ」、「チクゴイズミ」、「ニシノカオリ」、「ミナミノカオリ」、「ふくさやか」を栽培している地域。68,000ha（2007年作付面積）。
3. その他 農林水産省消費・安全局から各府県に本システムの紹介あり。各府県の農業試験場や普及センターで利用実績あり。

[具体的データ]

リアルタイムアメダスを用いた麦の発育ステージ予測(試験運用中)
 アメダス観測点の気温をもとに麦の発育ステージ(出穂期、開花期、成熟期)を予測します
 品種を決定してください

①、②

麦の品種
 ■発育予測 ■
 チクゴイズミ シロガネコムギ 農林61号 ふくさやか ニシカオリ

③

「チクゴイズミの発育予測」
 ■県 ■
 北海道 青森県 岩手県 宮城県 秋田県
 山形県 福島県 茨城県 栃木県 群馬県
 注1) 予測情報の利用 埼玉県 千葉県 東京都 神奈川県 新潟県 富山県 石川県 福井県 岐阜県 静岡県 愛知県 三重県 滋賀県 京都府 兵庫県 奈良県 和歌山県 徳島県 香川県 高松県 岡山県 広島県 山口県 鳥取県 島根県 佐賀県 長門県 熊本県 大分県 宮崎県 鹿児島県 沖縄県

④

注2) 予測情報には
 注3) ご利用の地域
 注4) 根雪がある地域
 注5) アメダス
 注6) 成熟期

⑤

品種: チクゴイズミ
 アメダスコード: 67401
 最終更新日 2010年10月4日

気象図

播種日	葉立日	出穂期	開花期	成熟期
2010年10月1日	11月17日	2月17日	4月12日	5月28日
(平年値)	(11月17日)	(2月16日)	(4月12日)	(5月28日)
2010年10月2日	11月19日	2月20日	4月13日	5月29日
(平年値)	(11月19日)	(2月23日)	(4月13日)	(5月28日)
2010年10月3日	11月21日	2月29日	4月15日	5月29日
(平年値)	(11月21日)	(2月28日)	(4月15日)	(5月29日)
2010年10月4日	11月24日	3月8日	4月17日	5月30日
(平年値)	(11月24日)	(3月8日)	(4月17日)	(5月30日)

図1 開花期の予測日を見るまでの手順

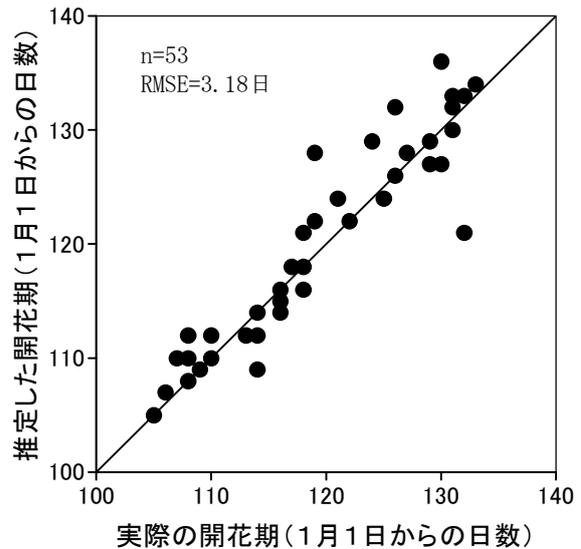


図2 発育予測モデルの予測精度
 注) 2011年に9県から収集した開花期のデータで検証

表1 開花3週間前からの予測結果と誤差

品種	播種日 年/月/日	実際の 開花期 月/日	予測日			
			開花期	開花1週 間前	開花2週 間前	開花3週 間前
農林61号	2008/ 11/18	4/24	4/26(+2)	4/28(+4)	5/1(+7)	5/1(+7)
シロガネコムギ		4/21	4/23(+2)	4/26(+5)	4/29(+8)	4/28(+7)
チクゴイズミ		4/22	4/24(+2)	4/27(+5)	4/29(+7)	4/29(+7)
農林61号	2010/ 11/17	5/7	5/7(0)	5/8(+1)	5/6(-1)	5/5(-2)
シロガネコムギ		5/2	5/5(+3)	5/4(+2)	5/2(0)	5/1(-1)
チクゴイズミ		5/2	5/5(+3)	5/5(+3)	5/3(+1)	5/2(0)

注) 近畿中国四国農業研究センター(福山)のデータで検証
 2005年以降で開花が最も早かった年と遅かった年での検証例
 開花2週間前から開花までの気温は、2008年播種では平年より約3℃高く推移、
 2010年播種では平年より約1℃低く推移

(黒瀬義孝)

[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、委託プロ(生産工程)
 研究期間: 2008~2011年
 研究担当者: 黒瀬義孝、丸山篤志、中島隆、平八重一之
 発表論文等: Maruyama et al. (2010) J. Agric. Meteorol. 66:41-50

[成果情報名] 新系統遺伝子組換えダイズ MON89788 の定量分析法の開発および妥当性確認

[要約] リアルタイム PCR 法を利用した、新規遺伝子組換えダイズ MON89788 の定量検知法を開発した。本検知法は、混入率が 0.1 %の試料においても、20 %以下の室間精度で定量が可能であり、我が国の遺伝子組換え食品検査の公定法として採用される見通しである。

[キーワード] 遺伝子組換え、定量分析、ダイズ、リアルタイム PCR、妥当性確認

[担当] 食品安全信頼・信頼性確保

[代表連絡先] 電話 029-838-8079

[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]

我が国では、遺伝子組換え(GM)農産物の食品としての利用に関し、表示制度が導入されている。非GM農産物は任意表示であるが、GM農産物の不使用を表示するためには、原料農産物が生産から流通の過程において非GM農産物として分別管理されることが求められる。適切な分別生産流通管理の目安として、GM農産物の非意図的な混入が5 %まで許容されている。国による表示制度の検証、あるいは企業による製品の品質保証の面等から、信頼のおける検知法の整備が強く求められている。これまで、当研究グループが中心となり、様々なGM農産物検知技術の開発を行い、表示制度の担保に貢献してきた。

GMダイズに関しては、10年以上にわたりRoundup Ready ダイズ(RRS)が主要系統としてほぼ独占的に栽培されてきたが、新系統MON89788の商業栽培が開始され、我が国でも食品として利用される可能性が出てきたことから、検知法の開発・整備が強く求められるにいたった。そのため、MON89788の定量分析法を開発し、妥当性確認を行った。

[成果の内容・特徴]

1. これまで、GMダイズの検知法に関しては、RRS 特異的検知法しか整備されておらず、新系統 MON89788 の検出には対応できていなかった (図1)。さらに、GM農産物に幅広く導入されている Cauliflower mosaic virus 由来の 35S promoter(P35S)領域も MON89788 には存在しないことから、系統特異的領域を用いて検知法を開発を行った。
2. MON89788 検知のための PCR 標的領域は、RRS を含む他の GM 農産物には反応せず、MON89788 特異的であることが確認された (図2)。
3. 公定法として採用されるには、開発された分析法の妥当性確認を行うことが重要である。分析法の妥当性確認方法としては、複数の試験室が、詳細に作成された手順書に従ってブラインド試料を分析し、精度を評価する試験室間共同試験が最も望ましいと考えられている。MON89788特異的定量分析法の試験室間共同試験を実施し、性能指標を評価したところ、MON89788の混入率が0.1 %の場合であっても、測定値のかたより(真度)を示す偏差は約5%、ばらつき(精度)を示す室間再現相対標準偏差は20%以下であり、定量下限値は0.1%以下であることが示された(表1)。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象 遺伝子組換え検査を実施する各種検査機関
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等 収量性に優れた従来品種を母本とする MON89788 は、RRS に比べて1割程度の増収量が期待されることから、今後の GM ダイズの主要系統になると予想される。今後、輸入農産物等に混入する可能性が高いことから、本法の公定法化後には、我が国の遺伝子組換え検査実施機関において幅広く利用されることが考えられる。
3. その他 MON89788 検知法開発に関しては、商業栽培が開始された 2009 年前後から、官民間問わず多くの問い合わせを受けている。

[具体的データ]

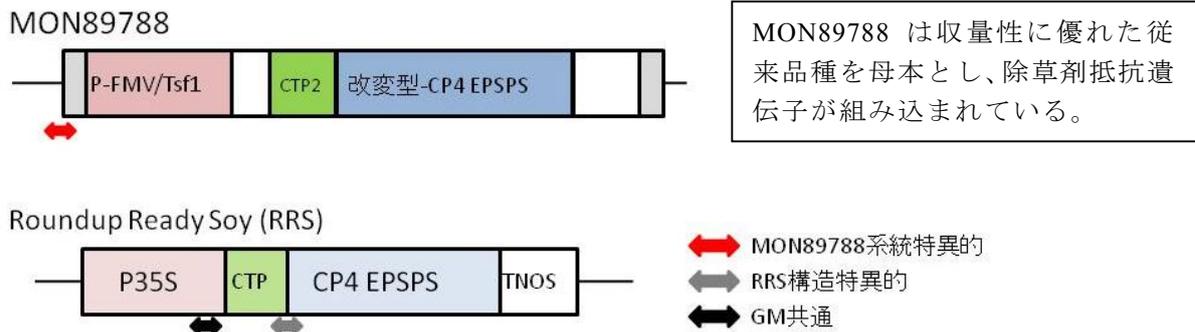


図1. MON89788 と RRS の遺伝子構造および標的 PCR 領域

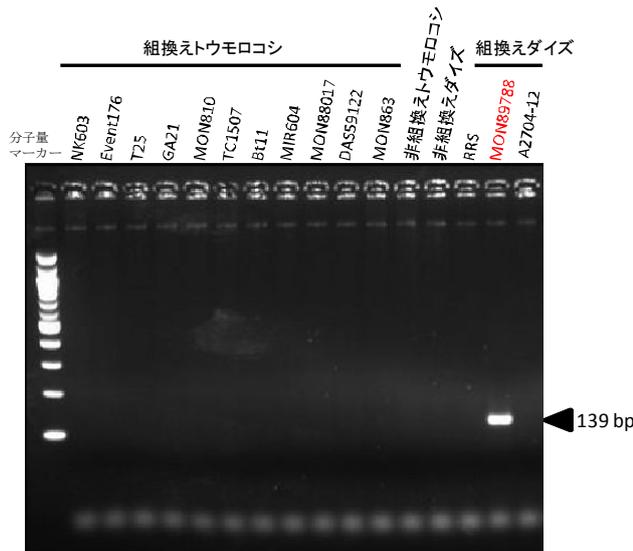


図2. MON89788 検知法におけるプライマーの特異性確認

表1. MON89788 定量分析法 試験室間共同試験結果

GM混入率 (%)	参加試験 室数	真度		精度
		平均値 (%)	偏差 (%)	室間再現相対標準偏差 (RSD _R) (%)
0.00	3	0.00	nd	nd
0.10	3	0.105	5.00	19.4
0.50	3	0.442	-11.7	16.8
5.0	3	4.85	-3.00	5.92
10.0	3	9.18	-8.20	6.32

(高畠令王奈、真野潤一、古井聡、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（新農業展開ゲノムプロジェクト）

研究期間：2011-2015

研究担当者：高畠令王奈、真野潤一、古井聡、橘田和美

発表論文等：Takabatake R. et al. (2010) Food Hygiene and Safety Science 51(5): 242-246.

[成果情報名] アレルギーモデル動物の血管透過性を利用したアレルギー重症度の定量方法

[要約] 遺伝子組換えマウスを用い、抗原経口投与のみでアレルギーを誘導し、即時型アレルギー症状の重症度指標として精密に定量するモデルを開発する。本方法は、食品の抗アレルギー活性やアレルギー予防活性などを評価することができる。

[キーワード] アレルギーモデル動物、皮膚アナフィラキシー、症状の定量化、抗アレルギー活性

[担当] 食品機能性・生体防御利用技術

[代表連絡先] 電話 029-838-8055

[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]

農産物等の抗アレルギー活性の探索には、アレルギーモデル動物を用いることが多い。しかし、マウス等はアレルギーを起こしにくいいため、免疫増強剤（アジュバント）と抗原の混合物を腹腔内に注射するなど、ヒトとかけ離れた過剰な抗原感作が必要であり、また症状の評価も重篤度と相関の低い血清 IgE 抗体価の測定で代用されることが多い。また、即時型アレルギー症状モデルである皮膚アナフィラキシー様反応の重篤度評価には、血漿成分をダイレクトブルーなどの色素で標識し、血管透過性亢進により血漿成分が漏出した箇所直径、あるいは漏出箇所標本から有機溶媒で抽出した色素量の測定などが用いられるが、作業が煩雑であり、測定誤差も大きい。そこで、本法ではヒトのアレルギーに近い発症機序を有するアレルギーモデル動物の確立とアレルギー症状評価の定量化を目指した。本法により、農産物・食品に見られる弱い抗アレルギー活性をも効率的に検出する。

[成果の内容・特徴]

1. 当該モデルは、卵白アルブミン（OVA）に特異的に応答する遺伝子組換えマウス（DO11.10）を用い、OVA を経口投与するだけで短期間（2 週間）に抗原感作、特異抗体の産生などのアレルギー性免疫応答を誘導できる。また、抗原の皮内接種により即時型アレルギー反応である皮膚アナフィラキシー様反応を惹起し、バイオイメージャー等を利用すれば症状重篤度を個体のまま測定することができる（図 1）。
2. 蛍光色素をトレーサーとして用いることにより血漿成分の漏出量を蛍光強度として直接測定できるため、簡便・安全かつ従来法より 1/10 以下の時間で即時型アレルギー症状の重篤度を定量できる（図 2）。
3. 当モデルは、抗原感作の段階から発症（皮膚アナフィラキシー様反応）までの免疫応答を総合的に評価できる。そのため、抗原特異的脱顆粒抑制活性、抗ヒスタミン活性などの抗アレルギー活性だけではなく、図 3 に示すようなアレルギー予防活性の測定のほかアレルギー発症リスクの検討にも用いることが可能である。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象：抗アレルギー性食品の開発業者、アレルギーリスク等の検査機関、アレルギー研究を行う大学・研究機関など
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：企業との共同研究（3 件）において、当モデルにより食品の抗アレルギー性評価を行い、成果の一部として特許出願を行っている。
3. その他：学会および食品総合研究所の成果展示会等において、いくつかの企業・大学から当モデルの使用についての問い合わせがある（10 件）。

[具体的データ]

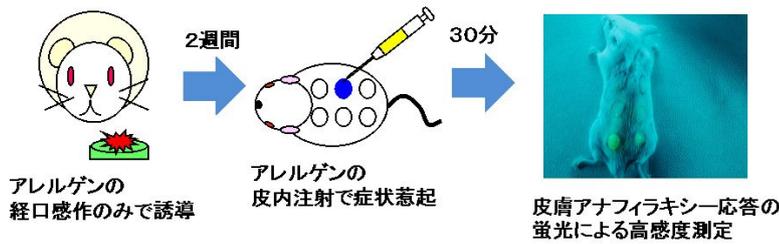


図1 アレルギー重症度のインデックス化方法

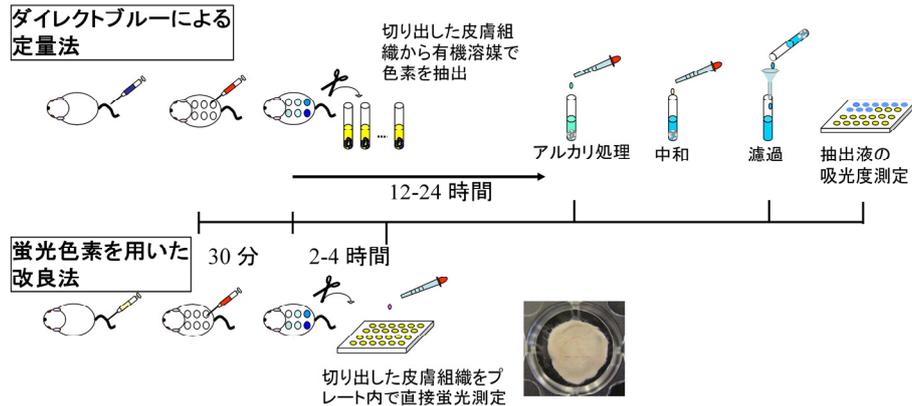


図2 血管透過性亢進の測定法（従来法との比較）

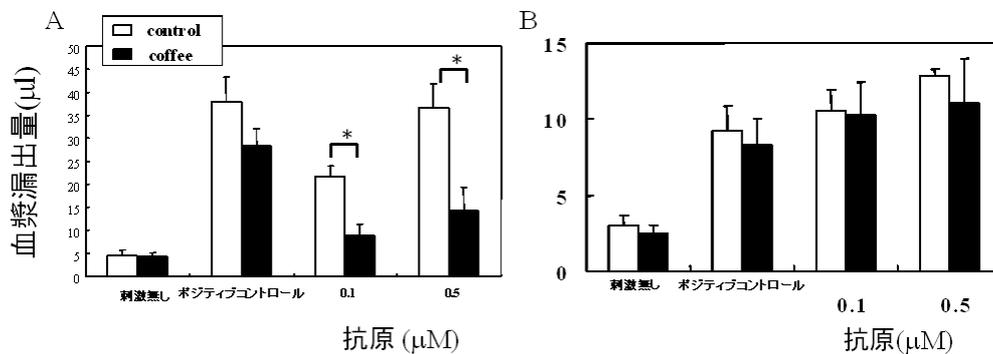


図3 本モデル系を用いたアレルギー予防効果の検出

A:感作期間中コーヒーを飲用させた場合の皮膚反応強度

B:皮膚アナフィラキシー反応惹起直前にコーヒーを飲用させた場合の皮膚反応強度

(後藤真生、石川(高野)祐子、八巻幸二)

[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)、科研費

研究期間 : 2007~2011 年度

研究担当者 : 後藤真生、石川祐子、新本洋士 (玉川大学)、八巻幸二

発表論文等 : 1) Masao Goto et.al.(2009) Biosci. Biotech. Biochem. 73(11) 2439-2444

2) 後藤、石川「アレルギー重症度のインデックス化方法」特許登録 2011年10月7日 (第4834819号)

[成果情報名]「ごはんパン」に適した炊飯米特性と製造条件

[要 約] 小麦粉の一部を炊飯米で代替した「ごはんパン」の膨らみには、米成分ではアミロース含量が、炊飯米特性では表層の粘りが大きく影響する。グルテン膜にかわり糊化澱粉が観察され、生地形成の混捏条件は小麦粉製パンより弱めが適している。

[キーワード] ごはんパン、炊飯米、米粉、比容積、アミロース

[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 029-838-8045

[研 究 所] 食品総合研究所・食品素材科学研究領域

[分 類] 普及成果情報

[背景・ねらい]

わが国の食料自給率は40%を下回り、他の先進国と比しても低い水準で推移している。食料安全保障上、自給率を向上させることは急務である。そのため、従来小麦粉が利用されてきた製パン分野に、国内生産できる米を用いることが推進されている。

炊飯米はパン材料として好適である（奥西、食科工、2009；奥西、平成20年度農研機構成果情報（技術・参考））が、どのような炊飯米が適しているか等の「ごはんパン」製造条件が示されてこなかった。これらの情報は、特にホームベーカリーメーカーおよび中小製パン業から要望があることから、製パンに影響する炊飯米特性を明らかにするとともに、製パン条件を提案することを目標とする。

[成果の内容・特徴]

1. 小麦粉の0-30%を炊飯米で置換（乾物換算）し、パンの比容積（膨らみ）を比較したところ、もち米および低アミロース米、中アミロース米、高アミロースの順に比容積が大きくなり、大半の良食味品種では20%程度の置換率で比容積が最大となる（図1）。パンの比容積群から計算で求められる最大値を米品種に固有の最大比容積と定義した。米成分ではアミロース（負の相関）とタンパク質（負の相関）が最大比容積に関与する。炊飯米特性では表層の粘り（正の相関）が最大比容積に大きく寄与する（表1）。
2. 発酵終了後のドウの顕微鏡観察では、炊飯米添加により糊化澱粉が気泡膜を形成している様子が捉えられ（図2）、小麦粉パンで見られるようなグルテンネットワークによる発酵ガス保持とは異なることが推察される。
3. 実機を用いた製造条件では、生地の完成（デベロップ）に要する時間（表2のMあるいはH）は小麦粉製パンより短くなる。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象 ホームベーカリーメーカーや中小製パン業界が当面の普及対象である。炊飯米の調達が比較的簡便である（炊飯米5合で20斤程度製パン可能）ことがその理由である。大規模製パン業界への普及を妨げるものではない。
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等 ホームベーカリー5万台程度の普及台数を予定している。
3. その他 小麦粉製パンに比べて生地の完成に時間を要さないが、反面、オーバーミキシングになりやすい。パナソニック（株）に情報提供を行い、同社が2011年秋に「ごはんパン」コース搭載のホームベーカリーを発売した。信州大学と長野県佐久市が同市で行っているコンソーシアムに技術指導を行い、「ごはんパン」が特産品のひとつとして開発されている。新潟県等の小規模ベーカリーに技術指導を行い、古代米を用いたごはんパンが月100本（1本は1斤程度）以上製造販売されている。

[具体的データ]

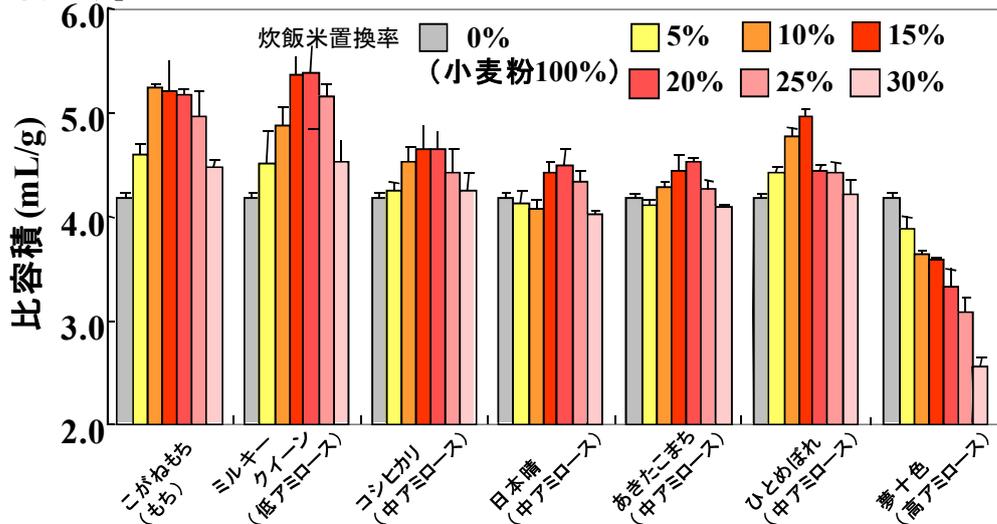


図1. 米品種および置換率ごとのパン比容積

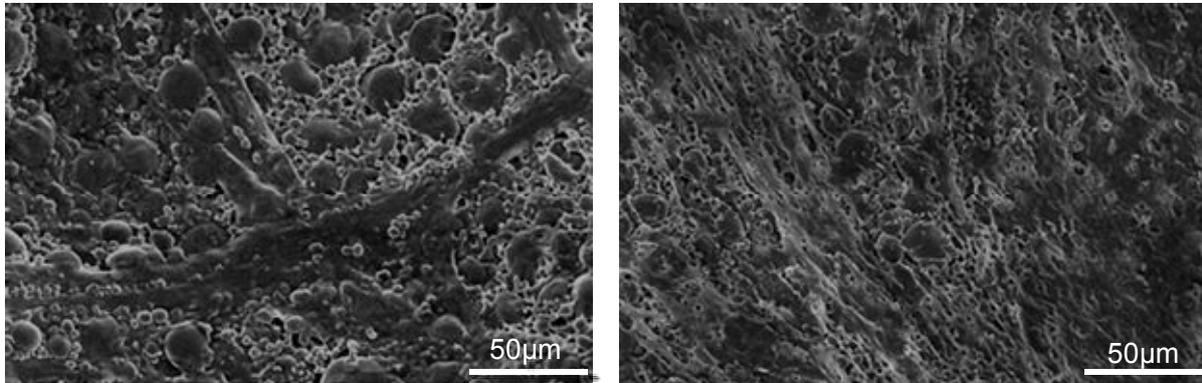


図2. 発酵直後のドウの電子顕微鏡写真

左:小麦粉パン;右:30%ごはんパン(糊化澱粉が気泡膜を形成)

表1 米特性値がパン比容積に与える影響

米の各特性		最大比容積との相関
米成分	アミロース含量	-0.896
	タンパク質含量	-0.801
炊飯米特性	表層硬さ	-0.753
	表層粘り	0.921
	全粒硬さ	-0.263
	全粒粘り	0.784

表2 各パンのミキシング条件

パン材料組成	ミキシング条件
小麦粉パン	L2M5?L2M5H1
10%ごはんパン	L3M2?L3M5H1
20%ごはんパン	L3M2?L3M4
30%ごはんパン	L3M2?L3M2

L・M・Hはそれぞれ低速・中速・高速、数字はミキシング時間(分)、?
?はショートニング投入を表す。

(奥西智哉)

[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 : 交付金

研 究 期 間 : 2009~2011 年度

研 究 担 当 者 : 奥西智哉

発 表 論 文 等 : Effects of rice properties on bread made from cooked rice and wheat flour blend.:

K.Iwashita, K.Suzuki, K.Miyashita, T.Okunishi: Food Sci. Tech. Res. 17(2) : 121-128 (2011)

[成果情報名] 蛍光指紋によるパン生地中のグルテン・デンプン分布の可視化

[要 約] 蛍光指紋計測とイメージング技術を組み合わせた「蛍光指紋イメージング手法」を開発し、パン生地中のグルテン・デンプン分布を可視化した。これまで可視化が困難であった生体由来の物質や成分も、蛍光指紋で判別ができれば可視化につなげることができる。

[キーワード] 蛍光指紋、励起蛍光マトリクス、イメージング、類似度

[担 当] 加工流通プロセス・先端流通加工

[代表連絡先] 電話 029-838-8047

[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]

製パン時の品質に重要な影響を与えるパン生地ミキシング時の各成分の分布状態の解明には、これまで染色による観察が試みられている。しかし、操作の煩雑さ、試料へのアーティファクト、定量性等、様々な問題点が残されていた。そこで、光による非接触計測に着目し、新たな可視化手法を開発した。通常、蛍光は、ひとつの励起光に対する1本の蛍光スペクトルであるのに対し、蛍光指紋は、励起光を変化させながら、その応答である複数の蛍光スペクトルを集積した3次元データ（図1）である。これは物質に固有の形状を示すため、様々な物質の同定に用いられる。これをさらに発展させ、画素ごとに蛍光指紋を測定できる蛍光指紋イメージング装置を開発し、各画素に対して、物質を同定するアルゴリズムを適用することにより、パン生地中のグルテンとデンプンの分布を可視化する。

[成果の内容・特徴]

1. 蛍光指紋イメージングは、蛍光指紋計測をイメージングに拡張した手法で、励起光側と蛍光観察側の両方にフィルタの切り替え機構を持つ蛍光指紋イメージング装置（図2）により、画素単位で蛍光指紋を取得する。事前に測定された教師試料であるグルテンあるいはデンプンの蛍光指紋とパン生地中の各画素における蛍光指紋との類似度を計算し、その類似度に対応した擬似カラーを割り当てる。
2. 上記の蛍光指紋イメージング手法を用いて、画素毎にパン生地中のグルテン・デンプンの存在確率を同定し、その分布を可視化したものが図3右である。
3. 同じ試料部位に対する染色画像（図3左）との比較から、両者は類似したパターンを示していたが、蛍光指紋イメージングは、染色むらや染色液の浸透性などの影響がないため、コントラストの高い画像が得られ、また、各画素におけるグルテンとデンプンの存在割合は補完関係（グルテン+デンプン=1の関係）にあることも明らかになり（文献1）、可視化結果は妥当なものであると評価できる。
4. ミキシング途中のさまざまなパン生地にも本手法を適用したところ、図4の結果が得られ、最適なパン生地は、グルテンとデンプンがよく混ざり、かつ、大きな気泡が少ないことが可視化により、明確に示されている。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象 本手法はパンに限らず生体由来の成分分布及び物質の検知・同定・定量等に使えるため、食品に係る分析評価部門、機器開発メーカー、大学・研究機関で普及が期待される。
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等 イメージング装置3台、蛍光分光光度計3台が本技術の推進に稼働中である。
3. その他 イメージング計測は、分布の可視化が特徴であるがコストと手間がかかる。一方、蛍光分光光度計（現在、日立ハイテク F-7000、日本分光 FP-8500 の2機種のみ測定可能）による1点測定であれば、低コスト・短時間の計測が可能である。普及に向けて、現場ではどちらを目的としているかで、両者を使い分けることが重要である。

[具体的データ]

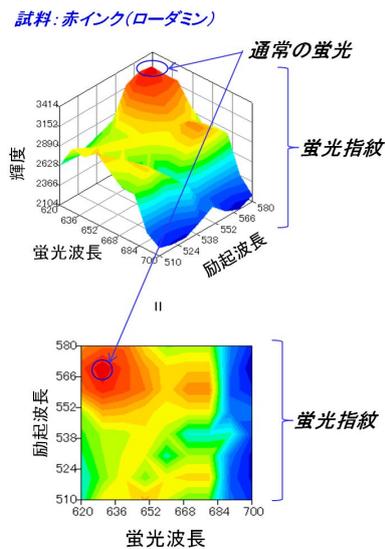


図1 蛍光指紋

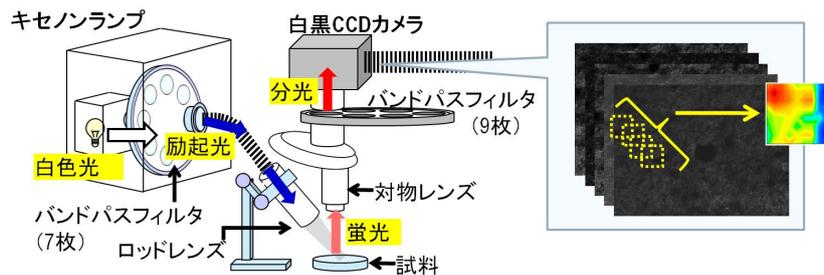


図2 蛍光指紋イメージング装置

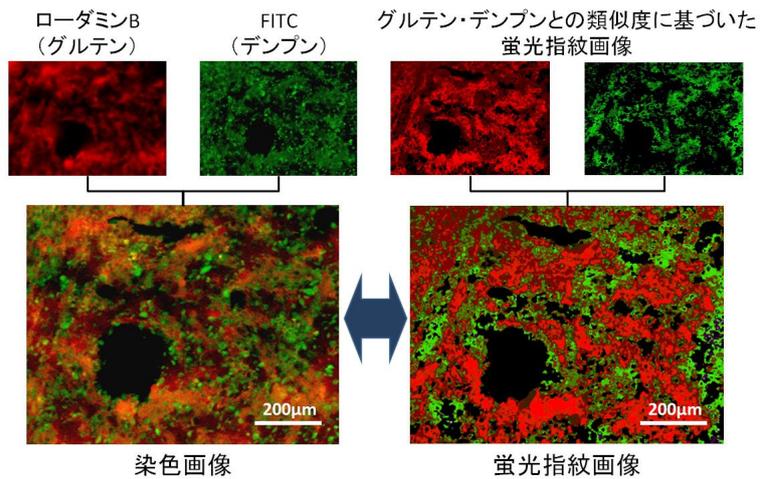


図3 パン生地中のグルテンとデンプンの可視化

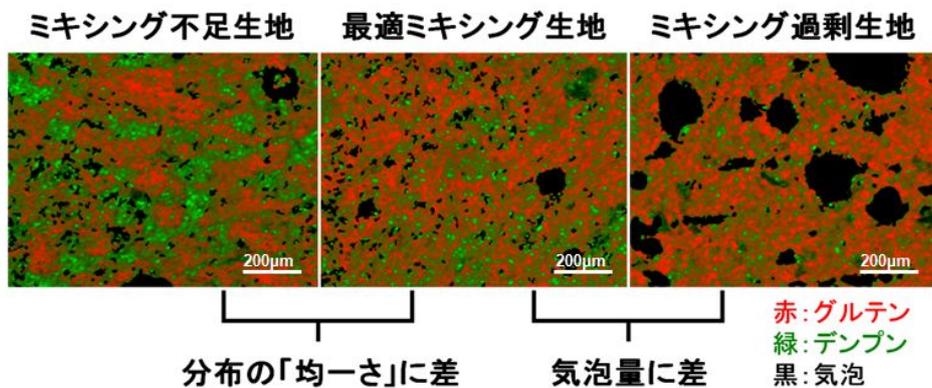


図4 ミキシング各段階におけるグルテンとデンプンの分布 (杉山純一、 蔦瑞樹)

[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 : 330C

予算区分 : 交付金

研究期間 : 2008-2011 年度

研究担当者: 杉山純一、 蔦瑞樹、 藤田かおり、 鍋谷浩志、 粉川美踏 (東大農)

発表論文等 : 1)Kokawa M. et al.(2011) Biosci. Biotechnol. Biochem., 75(11) :2112-2118

2)Kokawa M. et al.(2012) Journal of Cereal Science 55 :15-21

3)杉山ら「成分分布分析方法、成分分布分析装置、および、プログラム」

特開 2010-266380

2) 研究成果情報

[成果情報名] 加熱した食用油に生じる有害アルデヒド 4-hydroxy-2*E*-nonenal および類縁化合物 4-hydroxy-2*E*-hexenal の定量分析法

[要 約] 加熱した食用油に生じる有害アルデヒド 4-hydroxy-2*E*-nonenal および 4-hydroxy-2*E*-hexenal の定量分析法を開発した。この方法で天ぷら調理に繰り返し使用した油を調べると、4-hydroxy-2*E*-nonenal は繰り返し使用の初期に過酸化物質の上昇に遅れて増加した後、やがて頭打ちとなりほぼ一定の値を示す。

[キーワード] 4-hydroxy-2*E*-nonenal (4-HNE)、4-hydroxy-2*E*-hexenal (4-HHE)、有害アルデヒド、食用油の加熱、安定同位体標識内部標準

[担 当] 食品安全信頼・フードチェーン安全

[代表連絡先] 電話 029-838-7154

[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]

多価不飽和脂肪酸由来の過酸化脂質が分解して生成する 4-hydroxy-2*E*-nonenal (4-HNE、図 1 左)は、変異原性および細胞毒性を有することが知られている。この 4-HNE がフライドポテトの調理でも生成することが報告された。そこで、我が国の天ぷら等の調理における 4-HNE の生成の有無や濃度について調べることを目的として、*n*-6 系の多価不飽和脂肪酸から生じる 4-HNE に加え、DHA や EPA 等 *n*-3 系の多価不飽和脂肪酸から生じる 4-hydroxy-2*E*-hexenal (4-HHE、図 1 右)を定量分析する方法を開発した。この方法を用いて天ぷら調理に繰り返し使用した油の 4-HNE および 4-HHE 濃度を調べた。

[成果の内容・特徴]

1. 定量分析法の開発にあたっては、4-HNE および 4-HHE を他成分と充分分離することと回収率の変動の影響を最小限にすることを目指した。すなわち、安定同位体で標識した内部標準を用いてトリメチルシリル (TMS) 誘導体とした 4-HNE および 4-HHE を GC/MS で定量分析する方法を開発した。
2. 2つのオレフィンプロトンに重水素で標識した 4-HNE および 4-HHE を有機合成した。重水素標識した 4-HNE および 4-HHE について TMS 誘導体として GC/MS 分析を行い、内部標準として利用出来ることを確認した。
3. 開発した方法 (図 2) では、4-HNE および 4-HHE を他成分と充分分離して検出することが出来た。(図 3)
4. 8 mm 厚のジャガイモに市販天ぷら粉を水で溶いた衣をつけて天ぷら調理する実験を繰り返した際の 4-HNE および 4-HHE 濃度と油の劣化指標である過酸化物質 (POV)、酸価 (AV) を図 4 に示す。4-HNE および 4-HHE は繰り返し使用の初期に POV の上昇に遅れて増加した。これは 4-HNE および 4-HHE が過酸化脂質の分解により生成することと一致していた。4-HNE 濃度はやがて頭打ちとなりほぼ一定の値を示したが、4-HHE 濃度は頭打ちとなった後に減少傾向が認められた。

[成果の活用面・留意点]

1. 4-HNE の類縁化合物である 4-HHE は、4-HNE と同様のメカニズムで生体成分に付加反応を起こすことが知られており、4-HNE と類似の有害性を有している。
2. 経口摂取した 4-HNE および 4-HHE のヒトの健康に対する影響については、有害性を示す濃度を含めてまだ明らかにされていない。

[具体的データ]

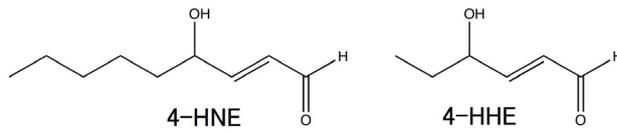


図1 4-HNE と 4-HHE の化学構造

油試料(0.5~1 g)
 ↓
 標識内部標準各1 μgを添加
 ↓
 試料溶液を前処理カラム
 (シリカゲル量690 mg)に負荷
 ↓
 低極性夾雑物を溶出・除去
 ↓
 4-HNE, 4-HHEを溶出
 ↓
 溶出液の溶媒を留去
 ↓
 TMS誘導体化反応

GC/MS分析

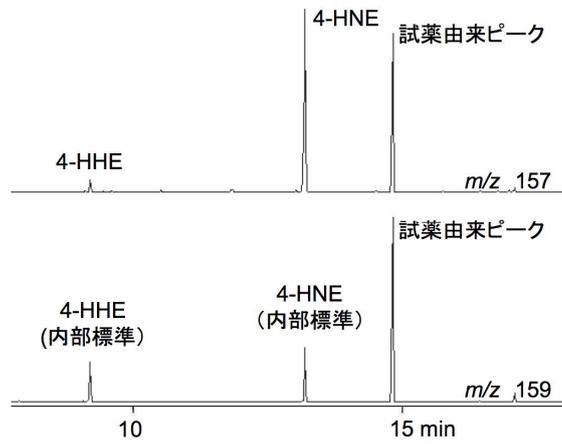


図2 開発した分析法の概要

図3 加熱したサラダ油の選択イオンクロマトグラム

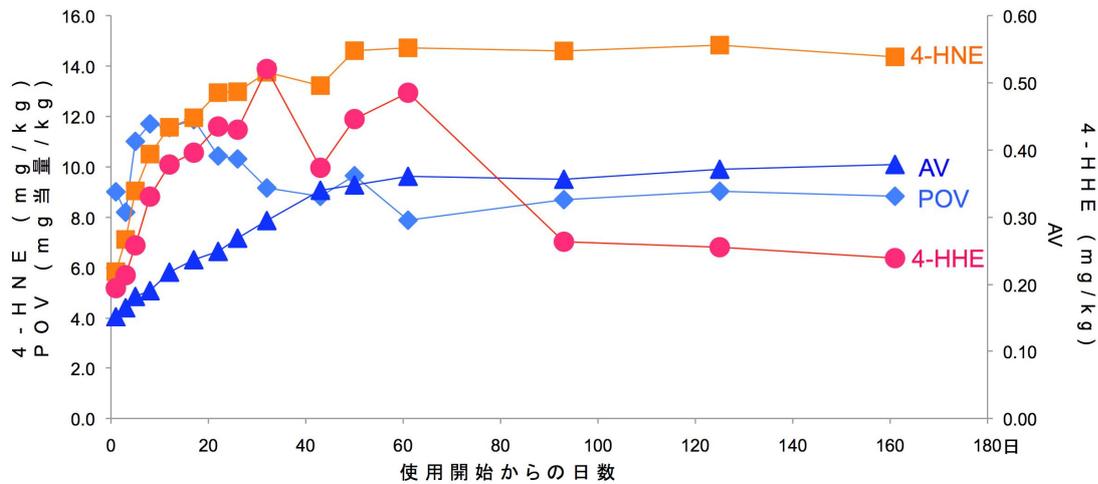


図4 繰り返し天ぷら調理に使用したサラダ油(大豆油と菜種油の調合油)の4-HNE、4-HHE、過酸化値(POV)、酸価(AV)

(箭田浩士、亀山眞由美)

[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：180-c-0

予算区分：食品安信プロ・交付金

研究期間：2006-2011

研究担当者：箭田浩士、亀山眞由美

発表論文等：箭田浩士、亀山眞由美 (2012) 食研報、76:51-57

[成果情報名] スタック品種の混入に影響を受けない新規組換え体混入率評価法の確立

[要 約] トウモロコシ穀粒 20 粒を 1 グループとして 20 グループを分析して混入率を評価する。1 グループの 20 粒を緩衝液とともに粉碎し、同一容器内で DNA を溶出し、溶出された未精製 DNA を PCR 法で分析する。国際的なガイドラインに従って 12 機関に GM 陽性試料 12 と陰性試料 6 の 18 試料を配付して室間共同試験を行い分析法の妥当性を確認した。

[キーワード] 遺伝子組換え、検知、スタック品種、グループテストング、妥当性確認

[担当] 食品安全信頼・信頼性確保

[代表連絡先] 電話 029-838-7369

[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]

我が国では、法令に基づき、遺伝子組換え食品に関して適切な表示を付すことが求められている。特に、「遺伝子組換えでない」等の不使用表示を付すためには、原料農産物が適切に分別生産流通を経たものであることが求められており、その目安として組換え体の非意図的混入が 5 %以下と定められている。このため、表示の適切性の検証を目的として、行政検査機関では食品原料の組換え体混入率が基準値（5 %）以下かどうかについて検査が実施されている。また、民間企業においても食品原料の品質管理のため同様の検査が実施されている。近年、トウモロコシについては組換え体を複数掛け合わせたスタック品種の栽培・流通が拡大しているが、従来から利用されている分析手法ではスタック品種の混入率を正確に評価することができない（図 1）。そこで、検査の正確性を向上させるため、スタック品種の混入に影響を受けない新しい組換え体混入率評価技術の開発を試みた。

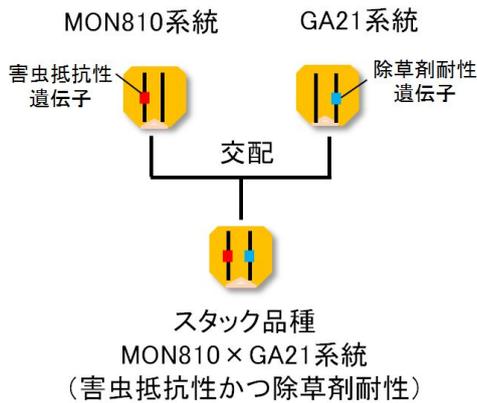
[成果の内容・特徴]

1. スタック品種の混入に影響を受けない新たな手法としてグループテストング法を考案した。グループテストング法は以下の 3 つのステップから構成される分析手法である（図 2）。①トウモロコシ穀粒を一定粒数ずつ含むグループを多数用意する。②グループ毎に組換え体が含まれるか否かをポリメラーゼ連鎖反応（PCR）法で分析する。③供試した全グループの PCR 結果から統計学的に混入率を評価・推定する。
2. グループテストング法を実施するための具体的な分析法を確立した（図 3）。前処理方法には、トウモロコシ穀粒を緩衝液とともにフードミルで粉碎後、同一容器内でそのまま DNA の溶出させる方法を採用した。また、PCR 反応液は、溶出された未精製 DNA を直接用いることができる組成とした。PCR における DNA 増幅の検出にはリアルタイム PCR 装置を用いた。以上の工夫により、これまでにない簡易迅速分析を実現した。
3. 開発した分析法の妥当性確認のため、国際的なガイドラインに従い試験室間共同試験を実施した。組換え体検査の経験がある 12 機関に、GM 陽性試料（20 粒中 1 粒または 2 粒の GM 粒を含む）12 と陰性試料（20 粒の非 GM 粒）6 の合計 18 試料を送付し、分析を依頼したところ、全体で 1 試料を除いて全て正解が得られ、妥当性が確認された。
4. トウモロコシ穀粒 20 粒を 1 グループとして 20 グループの分析を行うことで、現行の厚生労働省通知検査法と同等の信頼性をもった検査が可能であることを明らかにした。確立した分析法を用いることで、穀粒の粉碎から結果の判定まで 4 時間以内に完了することを確認した。

[成果の活用面・留意点]

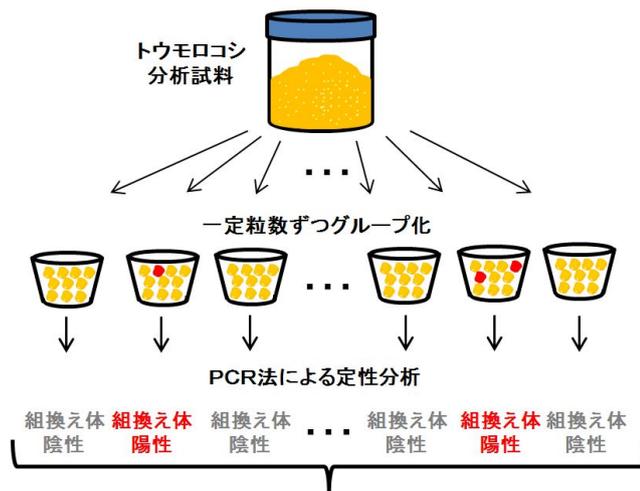
1. 従来の分析手法に比べ、より正確性の高い方法として行政検査機関等の検査に活用されることが期待される。

[具体的データ]



従来法では、組換え遺伝子をそれぞれ定量して合算するため、組換え体含有量が2倍に算出される。

図1 スタック品種の例



分析試料中の組換え体混入率を統計学的に組換え体○%(95%信頼区間△~□%)と推定

図2 グループテスト法の原理

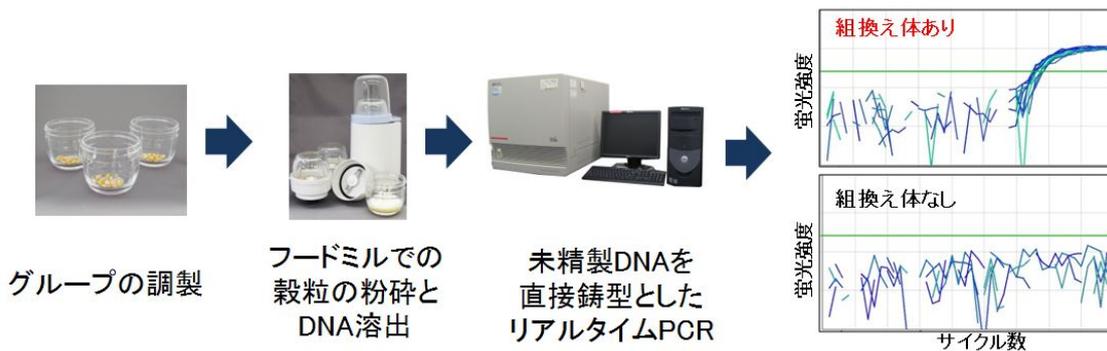


図3 グループテスト法による簡易迅速分析の手順

(真野潤一、高畠令王奈、古井聡、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：180-d-0

予算区分：委託プロ（新農業展開ゲノムプロジェクト）

研究期間：2011-2015

研究担当者：真野潤一、高畠令王奈、古井聡、橘田和美

発表論文等：Mano, J. et al. (2011) J. Agric. Food Chem. 59(13): 6856-6863

[成果情報名] 紫黒米と黒大豆中の総アントシアニン量を測定する分析法の妥当性確認

[要 約] 紫黒米と黒大豆の総アントシアニン量を測定する pH differential 法の妥当性を試験所間比較により確認した。紫黒米 3 種と黒大豆 2 種で HorRat (Horwitz Ratio) が全て 1.5 以下であり、本測定法による総アントシアニンの定量は十分な室間再現精度を有する。

[キーワード] アントシアニン、紫黒米、黒大豆、試験所間比較、妥当性確認

[担 当] 食品機能性・機能性評価標準化技術

[代表連絡先] 電話 029-838-8011

[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] 研究成果情報

[背景・ねらい]

紫黒米と黒大豆はアントシアニンを含み、機能性食品素材として注目を浴びているが、それらを分析対象試料とした標準化されたアントシアニン分析法は存在しない。分析法の標準化のためには、試験所間比較を実施し、分析法の妥当性を確認 (Method Validation) する必要がある。そこで、総アントシアニンの測定法として pH differential 法を選定し、紫黒米と黒大豆を分析対象試料とした場合の妥当性を確認する。

[成果の内容・特徴]

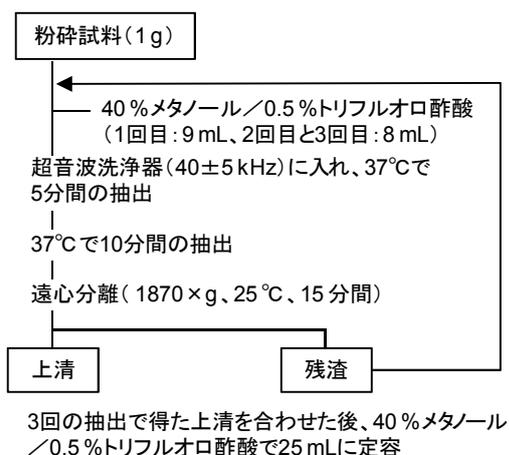
1. 紫黒米と黒大豆からアントシアニンを抽出する操作を最適化し、pH differential 法においてフィルターの種類と孔径を選定し、濾過を必須とすることで、単一試験室での分析精度が向上した。標準化のために提案する分光光度計を用いる測定法の概要を図 1 に示す。なお、本測定法でシアニジン-3-グルコシド (0.96 mg) を添加した場合の回収率は、米と大豆でそれぞれ 98.9 % と 92.1 % である。
2. 紫黒米 3 種と黒大豆 2 種の粉砕試料について、均質性を統計的に確認した後、非明示反復試料として 6 試験室 (7 測定者) に配付し、標準作業手順書に従って総アントシアニン量の測定を行った試験所間比較の結果を表 1 に示す。
3. 表 1 の測定値について、コクラン検定、シングルグラブス検定を行い、外れ値を除外した後、併行相対標準偏差 (RSD_r) と室間再現相対標準偏差 (RSD_R) を算出した結果、 RSD_r は 0.9~4.0 % であり、 RSD_R は 1.5~6.1 % の範囲にある。また、Horwitz 式の修正式で算出される予測室間再現相対標準偏差 ($PRSD_R$) に対する RSD_R の比である HorRat (Horwitz Ratio) は、0.25~1.24 の範囲にある (表 2)。
4. HorRat が全ての試料において、満足のいく分析精度が得られたと評価される 1.5 以下であることから、紫黒米と黒大豆を分析対象試料とした場合、0.50~2.71 mg/g (平均値) の範囲において分析法の妥当性が確認され、本測定法による総アントシアニンの定量は十分な室間再現精度を有する。

[成果の活用面・留意点]

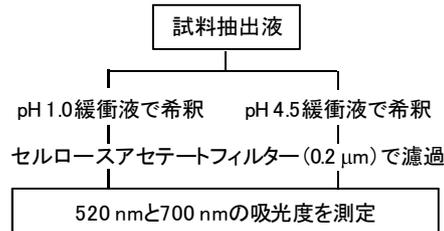
1. アントシアニン含有農産物を機能性食品素材として活用するための基礎的知見となる。
2. pH differential 法はフルーツ飲料等を対象とした、AOAC 2005.02 に採用されている。
3. 今回の試験所間比較で妥当性を確認した分析対象試料は、紫黒米と黒大豆であり、これら以外の試料での分析法の妥当性は確認していない。
4. pH differential 法は、pH 4.5 で十分に退色しないアシル化アントシアニンでは定量値を低く見積もる可能性があり、ベタイン系色素が含まれている試料には適さない。
5. 試験所間比較に用いた試料は、超遠心粉砕機 (レッチェ製、ZM-200) による 10000 rpm での粉砕でスクリーンメッシュ 0.50 mm を通過したものである。
6. 標準作業手順書は配布可能である。

[具体的データ]

<抽出操作>



<定量操作>



<総アントシアニン量の算出式>

$$C = \frac{A \times 449.2 \times DF \times 25}{26900 \times W}$$

C: 試料のアントシアニン含量 (mg/g)
A: $(A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 1.0}} - (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 4.5}}$
449.2: シアニジン-3-グルコシドの分子量 (g/mol)
DF: 試料希釈倍率、25: 試料抽出液量 (mL)
26900: シアニジン-3-グルコシドのモル吸光係数 ($L \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$)
W: 試料重量 (g)

図1 紫黒米と黒大豆中の pH differential 法による総アントシアニンの測定法の概要

表1 標準作業手順書に従って異なる試験室で測定した紫黒米と黒大豆の総アントシアニン量

試験室	紫黒米 A (mg/g)		紫黒米 B (mg/g)		紫黒米 C (mg/g)		黒大豆 A (mg/g)		黒大豆 B (mg/g)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
A	2.66	2.72	0.70	0.71	0.49	0.50	1.02	1.05	0.81	0.84
B-1	2.75	2.74	0.72	0.73	0.51	0.51	1.10	1.04	0.88	0.83
B-2	2.69	2.71	0.73	0.72	0.48	0.49	1.09	1.05	0.84	0.82
C	2.71	2.69	0.73	0.72	0.51	0.52	1.05	1.05	0.83	0.83
D	2.66	2.68	0.71	0.70	0.49	0.47	1.03	1.05	0.83	0.84
E	3.05	2.98	<u>0.80</u>	<u>0.82</u>	0.56	0.56	1.23	1.11	0.89	0.89
F	2.45	2.47	0.72	0.71	0.48	0.46	1.01	1.06	0.82	0.76

試験室 B は異なる 2 名が測定した。試験室 E の紫黒米 B の測定値 (下線) はシングルグラブス検定での外れ値。

表2 紫黒米と黒大豆に含まれる総アントシアニン測定法の試験所間比較の解析結果

試料	試験室 (棄却試験室)	平均値 (mg/g)	RSD _r (%)	RSD _R (%)	PRSD _R (%)	HorRat
紫黒米 A	7 (0)	2.71	0.9	6.0	4.9	1.24
紫黒米 B	6 (1)	0.72	1.1	1.5	5.9	0.25
紫黒米 C	7 (0)	0.50	1.9	6.1	6.3	0.97
黒大豆 A	7 (0)	1.07	4.0	5.4	5.6	0.96
黒大豆 B	7 (0)	0.84	2.8	4.0	5.8	0.70

(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 (食品)

研究期間 : 2007~2011 年度

研究担当者 : 沖智之、澤井祐典、古川(佐藤)麻紀、須田郁夫

発表論文等 : 沖ら (2011) 分析化学、60(10):819-824

[成果情報名] ハクサイ及びオレンジハクサイのカロテノイド組成と抗酸化能

[要 約] ハクサイの主要カロテノイドはβ-カロテン、ルテインであるのに対し、オレンジハクサイの主要カロテノイドはプロリコペン、β-カロテン、フィトエンである。総カロテノイド量、ポリフェノール量は通常のハクサイよりも多く、抗酸化能も強い。

[キーワード] オレンジハクサイ、プロリコペン、カロテノイド、ポリフェノール、抗酸化能

[担 当] 食品機能性・機能性評価標準化技術

[代表連絡先] 電話 019-643-3513

[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・ねらい]

植物色素の機能性解明研究が進んでおり、抗酸化物質であるβ-カロテンやリコペンなどのカロテノイド色素は、抗腫瘍性、発がん予防、免疫賦活能などを有することが報告されている。一方機能性に着目した特色ある野菜品種の開発が進んでおり、日本の主要野菜の一つであるハクサイも、結球内部がオレンジ色の品種が育成されている。そこで本研究では、ハクサイに含まれるカロテノイド色素の分析法を確立するとともに、ハクサイ及びオレンジハクサイの機能性解明を目的として、抗酸化成分であるカロテノイド色素の組成、ポリフェノール量及び抗酸化能を調査する。

[成果の内容・特徴]

1. ハクサイ (NC) 及びオレンジハクサイ (OC) 凍結乾燥物からのジクロロメタン-メタノール (2 : 1)、ジクロロメタン抽出物を合わせ、ケン化処理をすることでカロテノイド抽出物を得る。この抽出物をダイオードアレイ検出器、ODS カラムを接続した HPLC 及び APCI イオン化法を用いた LC-MS 分析 (可視光スペクトル及びマスクロマトグラム) により、ハクサイ及びオレンジハクサイに含まれるカロテノイド化合物の同定が可能である。
2. ハクサイの主要カロテノイドはβ-カロテン ($\lambda_{\max} = 425, 450, 477 \text{ nm}$; $m/z 537.4475(\text{M}+\text{H})^+$; $\text{C}_{40}\text{H}_{57}$)、ルテイン ($\lambda_{\max} = 420, 443, 472 \text{ nm}$; $m/z 569.4387(\text{M}+\text{H})^+$; $\text{C}_{40}\text{H}_{57}\text{O}_2$) であるのに対し (図 1 A、図 2 A)、オレンジハクサイの主要カロテノイドはβ-カロテン、プロリコペン (シスリコペン) ($\lambda_{\max} = 414, 436, 463 \text{ nm}$; $m/z 537.4462(\text{M}+\text{H})^+$; $\text{C}_{40}\text{H}_{57}$) 及びフィトエン ($\lambda_{\max} = 280 \text{ nm}$; $m/z 545.5074(\text{M}+\text{H})^+$; $\text{C}_{40}\text{H}_{65}$) であり、総カロテノイド量は、ハクサイよりも多い (図 1 B、図 2 A)。
3. オレンジハクサイ (ジクロロメタン) 抽出物の 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) -ラジカル捕捉活性は、ハクサイよりも高い (図 2 B)。
4. オレンジハクサイ (メタノール) 抽出物の総ポリフェノール量 (図 2 C) 及びスーパーオキシドディスムターゼ (SOD) 様活性はハクサイよりも高い (図 2 D)。

[成果の活用面・留意点]

1. オレンジハクサイ及びハクサイを、機能性を有する食品素材として活用するための基礎的知見となる。
2. ハクサイ (品種、優黄) 及びオレンジハクサイ (品種、オレンジクイン) は、2008 年タキイ研究農場 (滋賀県湖南市) で同一期間、同じ条件で栽培した平均的な重量の個体、各 3 個を使用している。

[具体的データ]

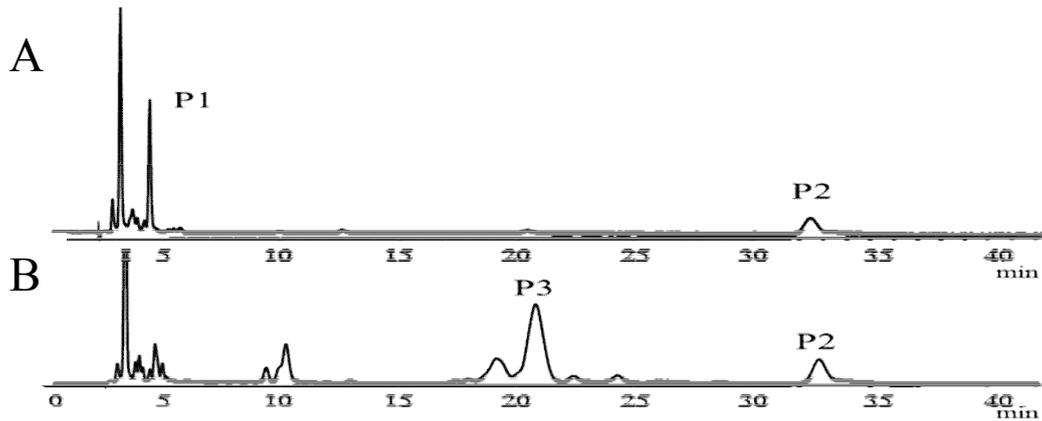
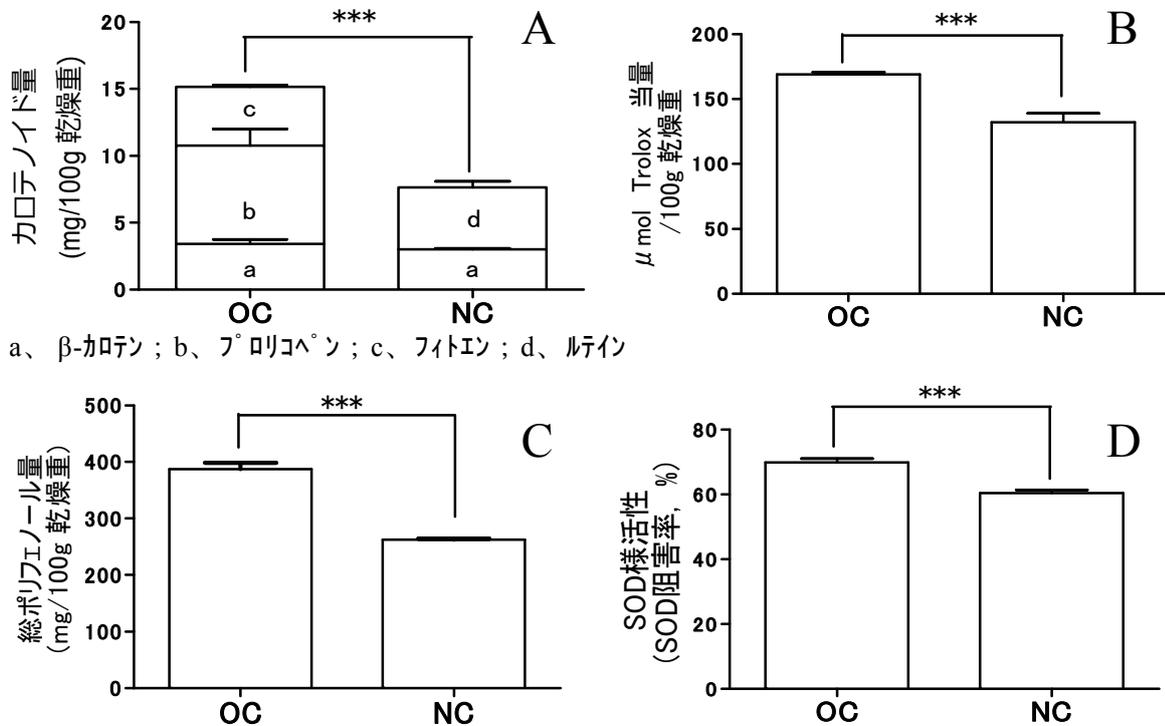


図1 ハクサイ(A)及びオレンジハクサイ(B)のクロマトグラム(450 nm)
P1、ルテイン；P2、β-カロテン、P3、プロリコペン



a、β-カロテン；b、プロリコペン；c、フトイン；d、ルテイン

図2 オレンジハクサイ(OC)及びハクサイ(NC)のカロテノイド組成(A)、
ABTS-ラジカル捕捉活性(B)¹⁾、総ポリフェノール量(C)、SOD様活性(D)²⁾
1)乾燥物0.1gからの抽出物使用、2)乾燥物2mgからの抽出物使用、***p<0.001

(渡辺 満)

[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：2009～2011年度

研究担当者：渡辺満

発表論文等：Watanabe et al. (2011). LWT- Food Sci.Technol, 44(9), 1971-1975

[成果情報名] ヒエ、ハトムギ種子は2型糖尿病モデルマウス(*db/db*)の脂質代謝を改善する

[要約] ヒエまたはハトムギの20%混合飼料を2型糖尿病モデルマウスに摂食させると、肝臓コレステロールの低下等脂質代謝を改善する。肝臓コレステロールの低下にはヒエ、ハトムギ摂取による糞への胆汁酸排泄、及び肝臓での胆汁酸合成促進が寄与している。

[キーワード] ヒエ、ハトムギ、キビ、2型糖尿病モデルマウス、脂質代謝改善

[担当] 食品機能性・代謝調節利用技術

[代表連絡先] 電話 019-643-3513

[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・ねらい]

近年メタボリックシンドロームの患者数が増加しており、中でも糖尿病患者数の増加は著しい。糖尿病は同時に複数の合併症を発症する場合も多く、今後一層の医療費増加の要因として問題視されている。一方、アワ、ヒエ、キビなどの雑穀は東北地域、特に岩手県の特産物として重要な作物であるとともに、ビタミン、ミネラル、食物繊維などが豊富なことから機能性が期待できる食材として広く受け入れられている。そこで本研究では、ヒエ、ハトムギ、キビを糖尿病モデルマウスに摂食させた場合の作用を、種々の糖尿病パラメータ測定により明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 雑穀を摂食させた2型糖尿病モデルマウス (*db/db*) (キビ (DP 群)、ヒエ (DE 群) ハトムギ (DL 群)) では、体重増加量及び精巣上体脂肪組織重量はカゼイン食を摂食させた DC 群と差は認められないが、肝臓重量はいずれの群も DC 群より少ない(表1)。なお糖尿病マウス全ての群において、カゼイン食を摂食させた正常マウス (*db/+m*) (NC 群) よりも摂餌量は多く、体重増加量、肝臓重量、精巣上体脂肪組織量も多い。
2. 肝臓脂質に及ぼす影響では、DC 群と比較して DE 群では肝臓コレステロールが有意に低下するのに対し、DL 群では肝臓コレステロール及びトリグリセリドが低下する(表2)。なお糖尿病マウス全ての群において、NC 群よりも肝臓の脂質、総コレステロール、トリグリセリド量は多い。
3. 肝臓でコレステロールから合成される胆汁酸の糞への排泄量は、DE 及び DL 群で DC 群と比較して有意に増加する(図1A)。糞への胆汁酸の排泄量増加に伴い肝臓で減少した胆汁酸量を補うため、肝臓の胆汁酸合成における律速酵素であるコレステロール 7- α 水酸化酵素 (CYP7A1) の遺伝子発現が、DE 及び DL 群で有意に増加する(図1B)。ヒエ及びハトムギ種子の摂食により2型糖尿病モデルマウス (*db/db*) の脂質代謝は改善し、肝臓コレステロールの低下には糞への胆汁酸排泄、及び肝臓における胆汁酸合成促進が寄与している。

[成果の活用面・留意点]

1. ヒエ、ハトムギ種子を機能性食品素材として利用する際の知見となる。
2. 雑穀添加飼料は、タンパク質をカゼイン食と同一にするため、カゼイン添加量を調整している。飼料は自由摂食である。
3. 本試験の効果はヒトでの確認はされていない。

[具体的データ]

表1 雑穀の摂取が体重、肝臓重量、精巢上体脂肪組織重要に及ぼす影響

動物群	NC	DC	DP	DE	DL
摂餌量(g/日)	3.3±0.1 ^a	5.8±0.2 ^b	5.7±0.2 ^b	5.7±0.2 ^b	5.7±0.2 ^b
体重増加量 (g/21日)	3.4±0.4 ^a	12.0±0.4 ^b	11.6±0.4 ^b	12.2±0.4 ^b	11.1±0.4 ^b
肝臓重量 (g/100g 体重)	4.5±0.1 ^a	6.3±0.1 ^d	5.8±0.1 ^c	5.5±0.1 ^{bc}	5.2±0.1 ^b
精巢上体脂肪組織 (g/100g 体重)	1.5±0.2 ^a	4.5±0.2 ^b	4.9±0.1 ^b	4.6±0.2 ^b	4.7±0.1 ^b

正常マウス (*db/+m*; NC) 及び2型糖尿病マウス (*db/db*; DC、DP、DE、DL) は、6週齢(雄性)で購入し予備飼育後3週間飼育。NC及びDC群はAIN-93G飼料(カゼイン食)で飼育。DP群(キビ)、DE群(ヒエ)、DL群(ハトムギ)それぞれの精白種子粉碎物をAIN-93Gに20%混合した飼料で飼育。データは平均値±標準誤差、異なる文字は統計的に有意差があることを示す(p<0.05)。

表2 雑穀の摂取が肝臓の脂質、コレステロール、トリグリセリドに及ぼす影響

動物群	NC	DC	DP	DE	DL
脂質 (mg/g 組織)	43.4±2.0 ^a	147.4±8.5 ^b	136.9±7.6 ^b	139.6±9.9 ^b	133.7±8.1 ^b
総コレステロール (mg/g 組織)	2.9±0.1 ^a	7.2±0.5 ^c	6.2±0.2 ^{bc}	5.6±0.2 ^b	5.4±0.2 ^b
トリグリセリド (mg/g 組織)	13.7±0.9 ^a	102.5±4.8 ^c	92.7±6.1 ^{bc}	85.8±4.4 ^{bc}	78.5±4.8 ^b

NC;正常カゼイン食群、DC;糖尿病カゼイン食群、DP;糖尿病キビ食群、DE;糖尿病ヒエ食群、DL;糖尿病ハトムギ食群。データは平均値±標準誤差、異なる文字は統計的に有意差あり(p<0.05)。

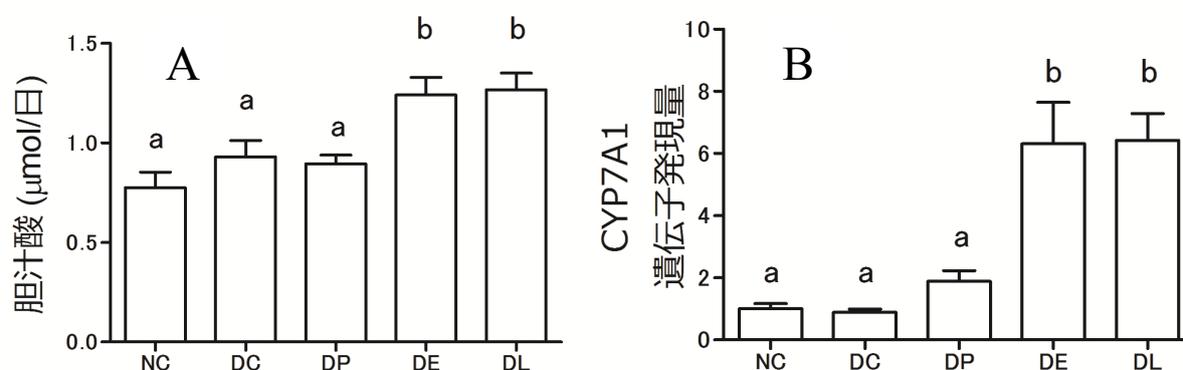


図1 雑穀の摂取が糞中胆汁酸排泄(A)及び肝臓胆汁酸合成の律速酵素(CYP7A1)(B)遺伝子発現に及ぼす影響

NC;正常カゼイン食群、DC;糖尿病カゼイン食群、DP;糖尿病キビ食群、DE;糖尿病ヒエ食群、DL;糖尿病ハトムギ食群。データは平均値±標準誤差、異なる文字は統計的に有意差あり(p<0.05)。

(渡辺 満)

[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:2010~2011年度

研究担当者:渡辺満

発表論文等:渡辺ら(2011)、食科工、58(10):476-482

[成果情報名] 栄養成分による体内時計のリセット

[要 約] マウス肝臓の体内時計は、食餌をすることによりリセットされる。食餌摂取直後に時計遺伝子 Dec1 および Per2 が誘導される。ブドウ糖とアミノ酸の混合栄養液の注射によって、食事摂取と同様に、肝臓の体内時計がリセットされる。

[キーワード] 体内時計、栄養摂取、アミノ酸、遺伝子発現解析

[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・ねらい]

脂肪の燃焼、免疫、DNA 修復など基礎的な生命現象の多くは1日の中でリズムを持っており、そのリズムは体内時計によって決定されている。体内時計の乱れは、代謝調節をはじめとする生理機能を低下させ、肥満や生活習慣病、ガンなどを引き起こしやすくする。最近では、朝食を抜く人や夜食を食べる人が増えており、このような不規則な食生活は、体内時計を乱す直接の原因になっている。

ヒトを含めた動物の体内には、多くの組織に体内時計が備わっている。身体の体内時計は、食事時刻に合わせたリズムを刻んでおり、特にエネルギー代謝に直接関わる肝臓は、食餌の摂取時刻や摂取内容による影響を受けやすい。そこで、食餌遅延と、各栄養素が肝臓の体内時計に及ぼす影響を評価、解明する。

[成果の内容・特徴]

1. 規則正しく定時に食餌を与えていたマウスに、1日だけ、数時間遅延させて食餌を与えると、肝臓の体内時計が1~4時間程度遅れる(図1)。肝臓の体内時計は毎日(ヒトの場合は毎朝)の食餌情報によりリセットされる。
2. 食餌の代わりに、ブドウ糖とアミノ酸の混合栄養液をマウスに腹腔内注射すると、食餌を摂取した場合と同様に肝臓の時刻合わせ(時計のリセット)がなされる。また、ブドウ糖溶液のみ、あるいはアミノ酸溶液のみではこの現象は起こらないことから、肝臓による食餌情報の感知には、ブドウ糖とアミノ酸の両者が必要である。
3. 食餌摂取の前後に肝臓で働いている遺伝子を、DNA マイクロアレイにより解析すると、時計遺伝子である Dec1 および Per2 が食餌摂取の直後に誘導される(図2)。この2つの遺伝子は体内時計のリセットに寄与する。

[成果の活用面・留意点]

1. 規則正しく朝食を摂取することで、規則正しい体内時計(代謝リズム)が維持される。
2. 成分としては、糖分とアミノ酸(タンパク質)を含む、バランスの良い食事(朝食)が体内時計のリセットに重要である。
3. 身体の体内時計は食事によってリセットされるのに対し、中枢(脳)の体内時計は光によってリセットされる。食事リズムのみによって、すべての体内時計を制御できるわけではない。

[具体的データ]

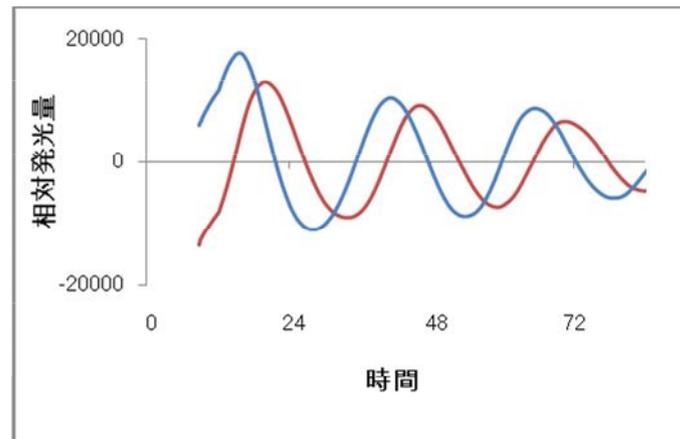


図1 マウス肝臓の体内時計リズム

規則正しく定時に食事を与えたマウス（青線）と1日だけ食事時刻を8時間遅延させたマウス（赤線）の肝臓体内時計のリズム。体内時計のリズムに合わせて発光するマウスから、食事後の肝臓を一部摘出し、発光リズムを観察した。食事遅延マウスのリズムは、定時に食事を与えたマウスより4時間程度遅れている。

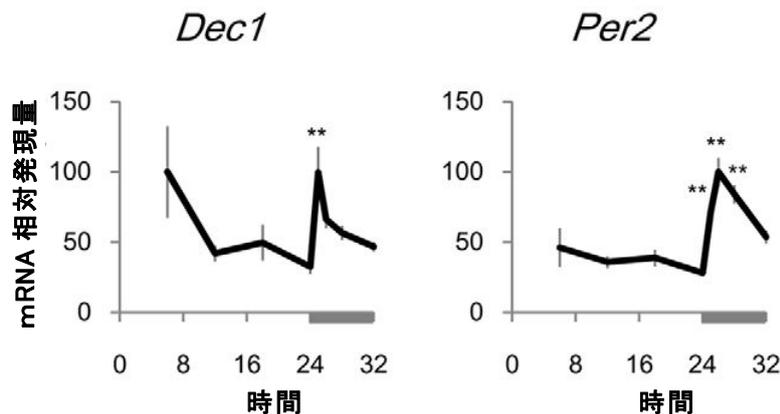


図2 食餌摂取により誘導される遺伝子

マウスを24時間絶食させた後、8時間食餌を与え（灰色線）、肝臓における代謝関連遺伝子の発現をDNAマイクロアレイにより解析。時計遺伝子であるDec1およびPer2の発現が食餌摂取直後に誘導されている。

（大池秀明）

[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：科研費

研究期間：2008～2011年度

研究担当者：大池秀明、小堀真珠子

発表論文等：Oike et al. (2011) *PLoS ONE*. 6(8):e23709.

[成果情報名] ケルセチンの肥満抑制作用および肝臓への脂肪蓄積抑制機構の解明

[要 約] 西洋型食飼料でマウスに誘導される肥満およびメタボリックシンドロームに関連する症状は、ケルセチンを同時摂取させることにより改善される。肝臓では組織中の脂肪蓄積が抑制される。また肝臓の脂肪蓄積に関連する遺伝子発現が改善される。

[キーワード] ケルセチン、肥満、メタボリックシンドローム、遺伝子発現解析

[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・ねらい]

内臓脂肪蓄積による肥満は糖尿病や脂質異常症等の生活習慣病を引き起こす。肥満やメタボリックシンドロームの該当者数は多く、それらを予防する農産物、食品の探索や作用メカニズムの解明が求められている。そこで、マウスに高脂肪・高コレステロール・高糖食である西洋型食を摂取させた食餌性肥満モデルによる評価系を作成し、タマネギ等に含まれる機能性成分のケルセチンの有効性を解明する。また併せて、DNA マイクロアレイを用いた肝臓の網羅的な遺伝子発現解析等により、ケルセチンの作用機構を解明する。

[成果の内容・特徴]

1. 西洋型食を C57BL/6J マウスに 20 週間摂取させると体重および内臓脂肪が増加し、血糖値、血漿中のインスリン、総コレステロール、トリグリセリド濃度および遊離脂肪酸濃度が増加し、肥満および高血糖、脂質異常等のメタボリックシンドロームに関連する症状が誘導される（表 1）。
2. その西洋型食で誘導された肥満・メタボリックシンドロームに関連する指標の増加・上昇はケルセチンを同時に与えておくと全項目において正常方向に改善される（表 1）。
3. ケルセチンは西洋型食で誘導されるマウス肝臓の脂肪蓄積を抑制することが、組織画像でも観察される（図 1）。
4. DNA マイクロアレイによる肝臓の遺伝子発現解析により、ケルセチンが西洋型食で誘導または抑制される遺伝子発現に及ぼす影響は見いだされない。図 2 に示すように、RT-PCR 法による肝臓の遺伝子発現解析により、ケルセチンは脂肪蓄積に関わる PPAR γ (Pparg) および脂肪酸合成に関わる SREBP1c(Srebp1)の発現を抑制し、脂肪酸の β 酸化に関わる PPAR α (Ppara) および抗酸化酵素であるグルタチオンペルオキシダーゼ 1 (Gpx1) の発現を誘導する（図 2）。このことから、ケルセチンは脂肪蓄積および脂肪酸合成を抑制し、脂肪酸代謝を促進して西洋型食による肝臓への脂肪蓄積を抑制し、抗酸化酵素の発現を誘導して、酸化ストレスを抑制すると想定される。

[成果の活用面・留意点]

1. 西洋型食はマウスに肥満および高血糖、脂質異常等のメタボリックシンドロームに関連する症状を誘導することから、経口摂取それらの代謝調節機能性を有する農作物・食品成分の評価に活用することができる。
2. DNA マイクロアレイによる遺伝子発現の網羅的な解析は機能性発現機構の解明に活用できるが、検出感度の低い遺伝子もあり、RT-PCR 法等との併用が有効な場合もある。

[具体的データ]

表1 ケルセチンは西洋型食で誘導される体重、血糖値および血液成分濃度の増加を抑制する

	コントロール	西洋型食	西洋型食 + ケルセチン
体重(g)	40.28 ± 0.83 ^a	46.08 ± 1.09 ^b	42.00 ± 0.78 ^a
内臓脂肪(g/mouse)	3.98 ± 0.10 ^a	5.56 ± 0.07 ^b	4.70 ± 0.10 ^c
血糖値(mg/dL)	114.0 ± 2.2 ^a	162.8 ± 5.0 ^b	134.2 ± 4.3 ^c
血漿インスリン濃度(ng/mL)	1.73 ± 0.06 ^a	4.47 ± 0.20 ^b	3.09 ± 0.07 ^c
血漿総コレステロール(mg/dL)	124.4 ± 8.0 ^a	310.6 ± 9.7 ^b	171.8 ± 12.0 ^c
血漿トリグリセリド(mg/dL)	123.2 ± 7.6 ^a	205.7 ± 10.6 ^b	155.6 ± 7.5 ^a
血漿遊離脂肪酸(mmol/L)	0.55 ± 0.04 ^a	0.95 ± 0.04 ^b	0.71 ± 0.03 ^c

C57BL/6J マウスにコントロール食(コントロール)、西洋型食(西洋型食)、0.05%ケルセチン含有西洋型食(西洋型食+ケルセチン)を 20 週間自由摂取させた。数値は各群 6 匹の平均値±標準誤差。異なるアルファベットは有意差 (p<0.05) を示す。

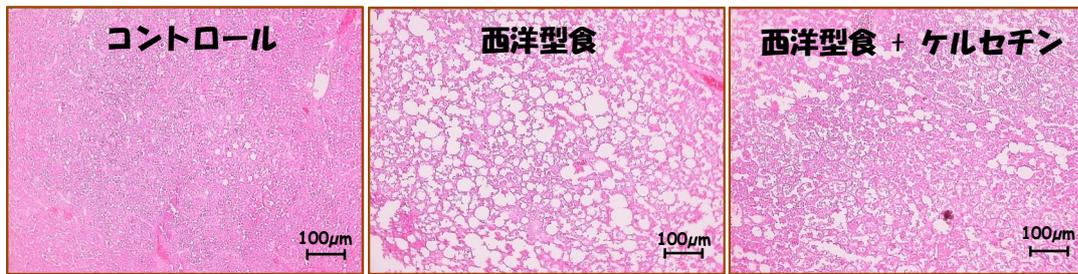


図1 ケルセチンは西洋型食で誘導される肝臓への脂肪蓄積を抑制する

マウスにコントロール食(コントロール)、西洋型食(西洋型食)、0.05%ケルセチン含有西洋型食(西洋型食+ケルセチン)を 20 週間自由摂取させた後、肝臓組織をヘマトキシリン・エオジン染色した。

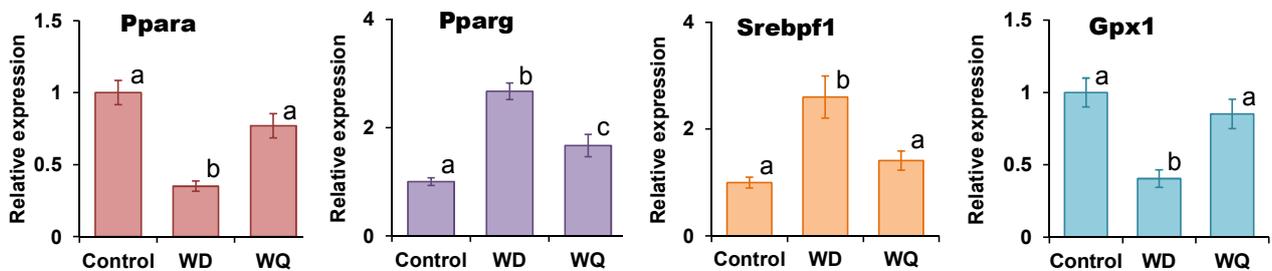


図2 ケルセチンが西洋型食で変動する肝臓の遺伝子発現に及ぼす影響

マウスにコントロール食(Control)、西洋型食(WD)、0.05%ケルセチン含有西洋型食(WQ)を 20 週間自由摂取させた後、肝臓の遺伝子発現を RT-PCR 法により解析した。数値は各群 6 匹の平均値±標準誤差。異なるアルファベットは有意差 (p<0.05) を示す。

(小堀真珠子)

[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 : 交付金、委託プロ (食品プロ、機能性プロ)

研究期間 : 2008~2011 年度

研究担当者 : 小堀真珠子、大池秀明

発表論文等 : Kobori et al. (2011) *Mol. Nutr. Food Res.* 55, 530-540.

[成果情報名] ラクトコッカス属乳酸菌体の修飾によるインターロイキン 12 誘導能の増強法

[要 約] ラクトコッカス属乳酸菌を卵白リゾチームと共に加熱することにより、乳酸菌細胞表層に卵白リゾチームが凝集し、乳酸菌の有するインターロイキン 12 誘導能を増強することができる。

[キーワード] ラクトコッカス属乳酸菌、卵白リゾチーム、インターロイキン 12

[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]

花粉症などのアレルギー性疾患が急増し社会的な問題となって久しいが、近年、乳酸菌にアレルギー反応を軽減する働きがあることが明らかになってきている。その作用メカニズムの一つとして、乳酸菌がマクロファージ細胞等のインターロイキン 12 産生を誘導することによる I 型ヘルパー T 細胞の活性化が挙げられている。そこで、より抗アレルギー活性の強い乳酸菌食品素材を作製するために、乳酸菌のもつインターロイキン 12 誘導能を増強する方法を提供する。

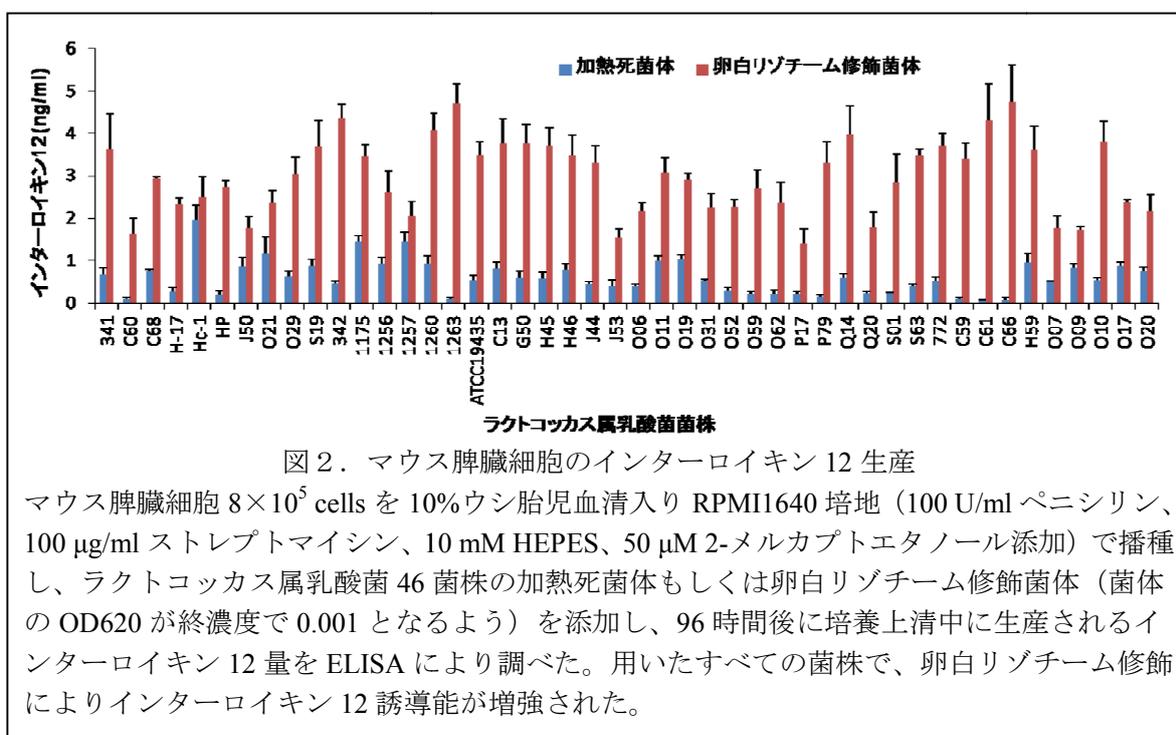
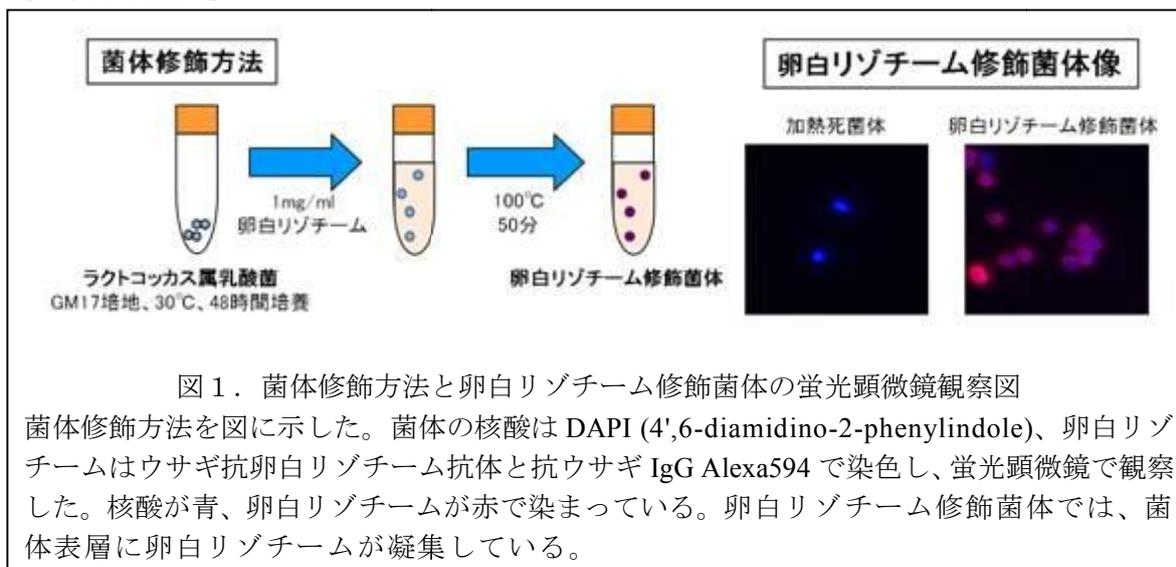
[成果の内容・特徴]

1. ラクトコッカス属乳酸菌を 30℃、48 時間、ラクトースをグルコースに置換した M17 培地（GM17 培地）で培養する。620 nm の濁度（OD620）が 1 となるように乳酸菌体を 1 mg/ml 卵白リゾチーム／生理食塩水に懸濁し、100℃、50 分間加熱すると乳酸菌細胞表層に卵白リゾチームが凝集した菌体を得られる（図 1）。
2. マウス脾臓細胞に対する乳酸菌体のインターロイキン 12 誘導能は、菌体を卵白リゾチームで修飾することにより増強される（図 2）。

[成果の活用面・留意点]

1. 卵白リゾチーム修飾菌体は死菌体であり、サプリメントとしては利用可能であるが、ヨーグルト製造等の発酵には利用できない。
2. アレルギーモデルマウスやアレルギー患者に対する卵白リゾチーム修飾乳酸菌の抗アレルギー効果は未解析である。
3. 鶏卵アレルギー患者は、修飾乳酸菌の表層に凝集している卵白リゾチームに対してアレルギー反応を示す可能性がある。

[具体的データ]



(青木玲二、水町功子)

[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解明

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: 2006~2011 年度

研究担当者: 青木玲二、鈴木チセ、木元広実、野村将、水町功子

発表論文等: Aoki R. et al. (2011) J Dairy Sci 94(7) 3262-3270

[成果情報名] 「サンルージュ」含有アントシアニンの茶期別および葉位別変動特性と生理活性

[要 約] 「サンルージュ」の総アントシアニン含有量は、三番茶ならびに第1葉、第2葉で多い。また、「サンルージュ」緑茶熱水抽出液および茶葉自体に含有されるアントシアニンは、ヒト神経細胞アセチルコリンエステラーゼ（AChE）活性を有意に抑制する。

[キーワード] 「サンルージュ」、茶、アントシアニン、アセチルコリンエステラーゼ活性抑制

[担当] 食品機能性・生体防御利用技術

[代表連絡先] 電話 0547-45-4101

[研究所] 野菜茶業研究所・茶業研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

電子機器の発達で、職場や家庭では目の過度な使用が常態化しており、眼精疲労やストレスに対して軽減作用のある機能性食品の開発が期待されている。これまでに、ブルーベリーのアントシアニン画分には、目の焦点調節を阻害する AChE 活性に抑制作用のあることや抗酸化性のあることが報告されている。一方、野菜茶業研究所が育成した「サンルージュ」は従来の茶には含有されていないアントシアニンを多く含んでいる。そこで、「サンルージュ」に含まれるアントシアニンの茶期別および葉位別変動を明らかにするとともに、AChE 活性抑制作用を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 「サンルージュ」に含まれる総アントシアニン含有量は茶期および葉位により変動し、三番茶（8月上旬摘採）および第1葉、第2葉で多い。アントシアニン中にはデルフィニジン配糖体がシアニジン配糖体より多く含まれており、その含有比率はすべての茶期および葉位において70%以上と高い。特に茎では高く、含有比率は89%に達する（表1）。
2. アントシアニンを含有する「サンルージュ」緑茶熱水抽出液は、ヒト神経細胞株 SK-N-SH からの AChE 活性を有意に抑制する（図1A）。また、「サンルージュ」に含有される4種のアントシアニンはいずれも AChE 活性を有意に抑制する（図1B）。
3. アントシアニンは供試茶3品種抽出液中「サンルージュ」のみに含まれ、カテキン含有量は「べにふうき」、「やぶきた」に比べて「サンルージュ」で少ない（表2）。このことから、AChE 活性抑制作用はアントシアニンに起因すると推察される。

[成果の活用面・留意点]

1. アントシアニン含有量のデータは、鹿児島県枕崎市で栽培した「サンルージュ」での結果である。
2. 茶葉中カテキン、ブルーベリーのアントシアニン画分には、AChE 活性抑制作用のあることがこれまでに報告されている。
3. 抗酸化性（ラジカル捕捉活性）の強さは、デルフィニジン>シアニジンであることが報告されている。
4. 「サンルージュ」の交配親である「茶中間母本農6号」の各茶期でのアントシアニン総量に対するデルフィニジン配糖体含有比率は、約50%である。

[具体的データ]

表1 「サンルージュ」中アントシアニン含有量の茶期別、葉位別含有量

茶期	採取日	アントシアニン含有量 (mg/g)							総量	デルフィニジン / 総量 (%)	
		DCGa	CCGa	D3Ga	C3Ga	D3G	C3G	DCZGa			CCZGa
一番茶	2009.4.5	0.26±0.03	0.08±0.01	0.21±0.03	0.07±0.01	0.08±0.01	0.01±0.01	0.04±0.00	0	0.75±0.12	77.9
	2009.4.8	0.35±0.02	0.11±0.01	0.31±0.02	0.11±0.00	0.12±0.01	0.02±0.02	0.06±0.01	0.01±0.01	1.08±0.10	77.0
	2009.4.14	0.65±0.03	0.17±0.00	0.38±0.01	0.11±0.01	0.16±0.00	0.03±0.01	0.09±0.00	0.02±0.00	1.62±0.03	79.2
	2009.4.19	0.77±0.05	0.21±0.02	0.39±0.02	0.12±0.01	0.15±0.01	0.03±0.02	0.11±0.01	0.03±0.00	1.79±0.11	78.8
	2009.4.26	0.60±0.02	0.19±0.03	0.38±0.01	0.15±0.00	0.12±0.00	0.02±0.00	0.09±0.01	0.03±0.00	1.58±0.02	75.3
二番茶	2009.6.7	0.95±0.08	0.38±0.03	0.20±0.14	0.09±0.06	0.05±0.03	0.02±0.01	0.13±0.01	0.06±0.01	1.89±0.24	70.7
	2009.6.14	0.96±0.07	0.35±0.02	0.30±0.03	0.12±0.01	0.09±0.01	0.03±0.00	0.13±0.00	0.05±0.00	2.02±0.14	73.0
	2009.6.21	1.12±0.05	0.39±0.02	0.31±0.03	0.12±0.01	0.09±0.01	0.03±0.00	0.13±0.01	0.06±0.00	2.24±0.13	73.6
	2009.6.24	0.98±0.03	0.34±0.01	0.27±0.02	0.10±0.01	0.08±0.00	0.03±0.00	0.14±0.00	0.05±0.00	1.99±0.01	73.9
三番茶	2009.8.4	1.57±0.07	0.52±0.03	0.40±0.01	0.14±0.01	0.11±0.00	0.04±0.00	0.22±0.01	0.08±0.00	3.09±0.14	74.6
	2009.8.8	1.36±0.17	0.47±0.06	0.30±0.03	0.11±0.01	0.08±0.09	0.03±0.00	0.19±0.02	0.07±0.01	2.61±0.31	74.0
	2009.8.12	1.30±0.07	0.43±0.03	0.26±0.01	0.09±0.01	0.06±0.01	0.02±0.00	0.18±0.01	0.07±0.01	2.41±0.14	74.9
茶期	葉位	DCGa	CCGa	D3Ga	C3Ga	D3G	C3G	DCZGa	CCZGa	総量	デルフィニジン / 総量 (%)
一番茶	心	0.464	0.172	0.080	0.025	0.036	0.014	0.057	0.018	0.867	73.5
	第1葉	0.865	0.331	0.257	0.100	0.147	0.060	0.136	0.059	1.955	71.9
	第2葉	0.787	0.257	0.369	0.133	0.160	0.055	0.126	0.047	1.935	74.6
	第3葉	0.457	0.158	0.352	0.147	0.102	0.036	0.068	0.017	1.336	73.2
	茎	0.700	0.082	0.481	0.086	0.164	0.012	0.089	0	1.612	88.9

DCGa;デルフィニジン-*p*-クマロイルガラクトシド、CCGa;シアニジン-*p*-クマロイルガラクトシド、D3Ga;デルフィニジンガラクトシド、C3Ga;シアニジンガラクトシド、D3G;デルフィニジンガルコシド、C3G;シアニジンガルコシド、DCZGa;デルフィニジン-(シス)-*p*-クマロイルガラクトシド、CCZGa;シアニジン-(シス)-*p*-クマロイルガラクトシド。アントシアニンはHPLC法で分析し、平均±SD(n=3)で表す。葉位データはサンプル量不足からn=1で表す。

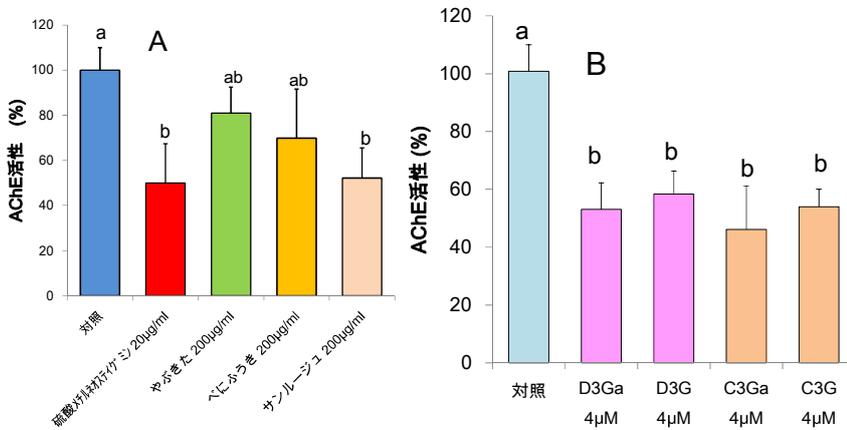


図1 ヒト神経細胞のAChE活性に及ぼす緑茶熱水抽出液(A)、アントシアニン(B)の影響
細胞内中のAChE活性はELISA法で測定した。硫酸メチルネオスティグミン:ポジティブコントロール。値は平均値±SD(n=3)で表す。統計処理はTukey-Kramer testで行い、異なる英小文字間には有意差あり(p<0.05)。

表2 緑茶熱水抽出液中の化学成分含有量

緑茶熱水抽出液	アントシアニン (µg/mL)	カテキン (µg/mL)
「サンルージュ」	27.7	1855
「やぶきた」	0.0	2178
「ペにふうぎ」	0.0	3799

アントシアニン、カテキンの個別成分をHPLC法で分析し、その総計を示した。

(山本(前田)万里、根角厚司)

[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: イノベーション創出、実用技術

研究期間: 2008~2011年度

研究担当者: 山本(前田)万里、根角厚司、斉藤猛(アサヒビール)、物部真奈美、荻野暁子、白井展也

発表論文等: 1) Saito T. et al. (2011) J. Agric. Food Chem. 59(9):4779-4782.

[成果情報名] 有機栽培されたチャ生葉の窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$ 値)の年次変動

[要 約] 有機栽培と慣行栽培との間で、チャ生葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値に有意な差が認められるのは、有機栽培開始3年後である。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は有機栽培茶判別標識の一つとして利用できるが、その値のみを根拠に有機栽培茶を判別することは困難である。

[キーワード] 有機栽培、茶、 $\delta^{15}\text{N}$ 値、判別技術

[担 当] 食品機能性・食味・食感評価技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7089

[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]

食への安全志向から有機栽培茶への消費者の関心が高まっているが、有機栽培ではない茶が有機栽培茶と偽られて流通する可能性も考えられるため、それらを科学的に判別する方法の開発が期待されている。

有機農産物の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、主たる肥料として化学肥料を用いる慣行栽培に比べて高くなる傾向にあることが米や野菜などで知られている。そこで、多年間に渡り植換えの必要がない永年性作物であるチャを有機栽培した場合の生葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値の年次変動を調べ、その有機栽培茶判別標識としての利用の可能性を検証する。

[成果の内容・特徴]

1. 芽と第1～4葉のチャ生葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化は、使用した有機肥料の $\delta^{15}\text{N}$ 値の影響を受け、高い $\delta^{15}\text{N}$ 値の肥料を施肥するほど、増加率が大きくなる(図1)。
2. 有機栽培と慣行栽培との間で、チャ生葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値の差は、有機肥料の施肥後短期間では明確に現れない。しかし、菜種粕のように $\delta^{15}\text{N}$ 値が低い有機肥料を施肥した場合を除き、有機栽培開始から3年後には、両者の間に有意な差が生じる(図1)。
3. 芽と第1～2葉、第3～4葉、茎の3部位全ての組み合わせにおいて、有機栽培と慣行栽培との間でチャ生葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値に有意な差が認められるのは、有機栽培開始から3年後である(図2)。
4. 有機栽培をしている生産者の圃場から採取されたチャ生葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、有機栽培ではない市販茶の $\delta^{15}\text{N}$ 値と同程度の場合も観測される(図3)。したがって、製茶された茶葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、有機栽培茶判別標識の一つとして利用できるが、 $\delta^{15}\text{N}$ 値のみを用いて有機栽培茶を判別することは困難である。

[成果の活用面・留意点]

1. 図1と図2の試験は、定植後14年間慣行栽培が行われてきた埼玉県農林総合研究センター内の試験圃場にて実施された。慣行栽培試験では、化学肥料に加え、化学肥料と有機肥料を混合した市販の配合肥料を施肥した。有機区、慣行区とも、年間の施肥量は、窒素=45 kg/1000 m² (10 a)、カリウム=22.5 kg/1000 m² (10 a)、リン=22.5 kg/1000 m² (10 a)である。
2. 図3における有機栽培ではない市販茶の $\delta^{15}\text{N}$ 値の範囲は、全国の産地から収集された31点の試料の分析結果に基づく。
3. チャは作物名、茶はチャの葉または茎を加工し製品となったものを指す。
4. 日本農林規格で定義される有機農産物において禁止されている資材、農薬、組換えDNA技術の使用に関しては、 $\delta^{15}\text{N}$ 値を利用する方法とは異なる判別法の開発が必要である。

[具体的データ]

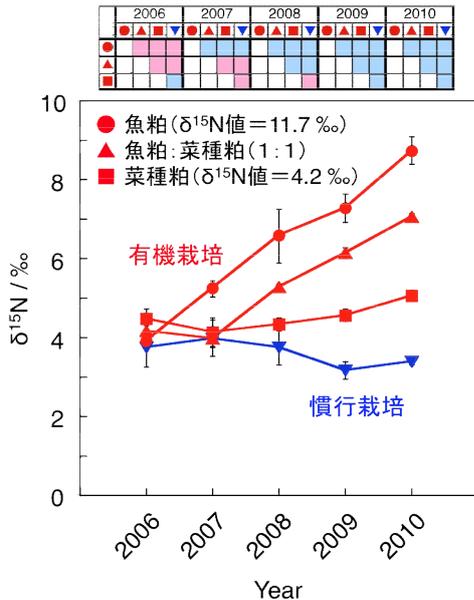


図1 肥料別のチャ生葉(「やぶきた」)の $\delta^{15}\text{N}$ 値の年次変動

芽と第1～4葉を使用、エラーバーは標準偏差、グリッドダイアグラムはTukey多重検定結果(青: $p < 0.01$ 、赤: $p > 0.05$)

Reprinted (adapted) with permission from Hayashi, N. et al. *J. Agric. Food Chem.* **2011**, *59*, 10317–10321. Copyright © 2011, American Chemical Society.

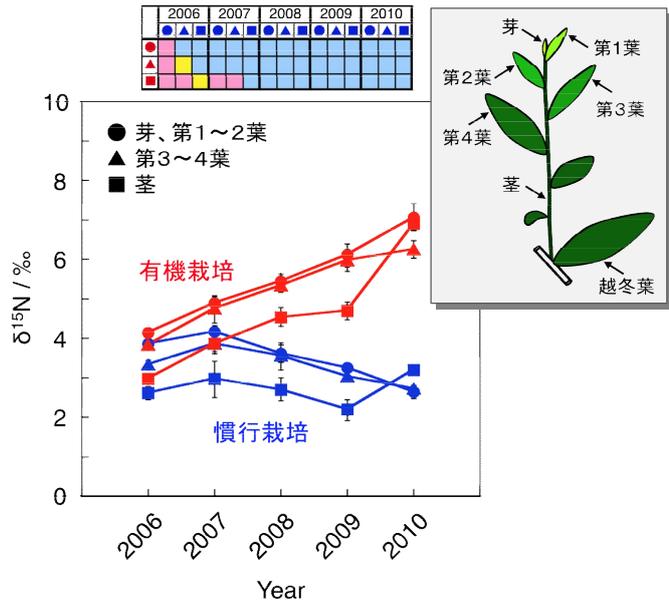


図2 葉位別のチャ生葉(「やぶきた」)の $\delta^{15}\text{N}$ 値の年次変動

使用した有機肥料は魚粕:菜種粕(1:1)、エラーバーは標準偏差、グリッドダイアグラムはTukey多重検定結果(青: $p < 0.01$ 、黄: $0.01 < p < 0.05$ 、赤: $p > 0.05$)

Reprinted (adapted) with permission from Hayashi, N. et al. *J. Agric. Food Chem.* **2011**, *59*, 10317–10321. Copyright © 2011, American Chemical Society.

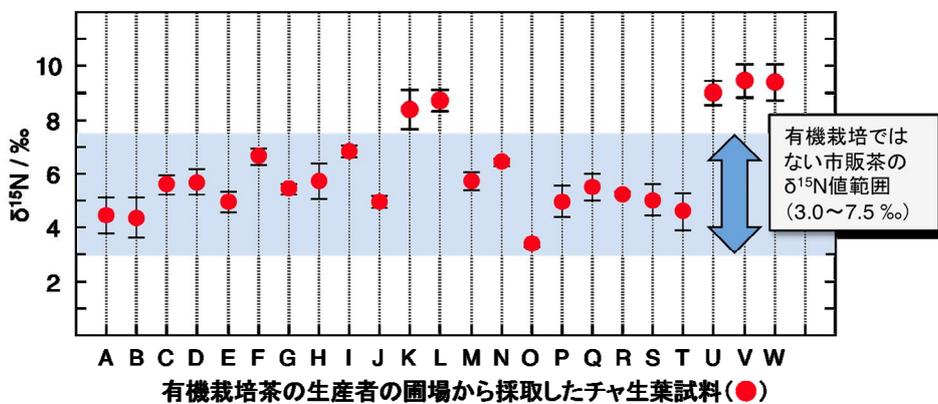


図3 有機栽培茶の生産者の圃場から採取したチャ生葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値との有機栽培ではない市販茶の $\delta^{15}\text{N}$ 値範囲の関係

エラーバーは標準偏差

(林宣之)

[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 : 310-d0

予算区分 : 委託プロ(食品プロ)、交付金

研究期間 : 2006~2011年度

研究担当者 : 林宣之、氏原ともみ、田中江里(埼玉県川越農林振興センター)、岸保宏(埼玉県さいたま農林振興センター)、小川英之(埼玉県農林総合研究センター)、松尾啓史(宮崎県総合農業試験場)

発表論文等 : Hayashi N. et al. (2011) *J. Agric. Food Chem.* **59**(18): 10317-10321

[成果情報名] 甘味受容体の構造特性を利用した、甘味物質のブレンド効果の評価

[要 約] 口腔内に存在する甘味受容体の甘味物質との結合特性が呈味性に及ぼす影響を、甘味受容体を導入した培養細胞を利用して明らかにする。甘味受容体上で異なる領域に結合する甘味物質をブレンドして細胞の応答強度を測定すると甘味の相乗効果が認められる。

[キーワード] 味覚受容体、培養細胞測定、構造機能解析、甘味料、ブレンド

[担 当] 食品機能性・食味・食感評価技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7317

[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]

現在までに様々な甘味料が開発されているが、その食品への利用については、嗜好性の高いショ糖の呈味性に近づけることと、低コストを目的として複数の甘味料のブレンド法が試行錯誤されている。ブレンド法の開発と評価は、主に官能検査による経験を基に行われているのが現状である。そこで、甘味受容体構造と呈味性の関係を明らかにし、その結果を利用して甘味料ブレンドによる甘味強度の評価法開発を目指す。

[成果の内容・特徴]

1. 甘味受容体は T1R2 と T1R3 の二種類の分子からなる複合体で、それぞれ膜外領域と膜貫通領域から構成されており、各領域に甘味物質との結合部位が存在することが報告されている。このことに着目し、甘味受容体との結合部位が異なる領域に位置する 2 種類の甘味物質をブレンドした場合と、同一の領域に位置する 2 種類の甘味物質をブレンドした場合の甘味度の変化を解析する。
2. 甘味度の解析はヒト甘味受容体を導入した培養細胞(HEK293 細胞)を用いてカルシウムイメージング法により蛍光強度の変化で細胞応答強度を測定する。
3. 図 1 に示すように結合部位が異なる領域に位置する甘味物質をブレンドした場合は、それぞれ単独での甘味応答強度を加算したよりも大きな応答、すなわち相乗効果が認められる。
4. 結合部位が同一の領域に位置する甘味物質をブレンドした場合は、図 2 に示すようにそれぞれ単独での甘味応答強度を加算した値に近い値を示し、相乗効果は小さい。
5. 以上の結果から、甘味受容体構造特性を利用すれば、官能評価によらずに甘味料の相乗効果を予め推測できる。

[成果の活用面・留意点]

1. 本成果による甘味料の相乗効果の推測は呈味性デザインの効率化につながる。また、ヒトが摂食する官能評価を行わずに安全に味物質の効果を評価できる。
2. 膜貫通領域に結合する甘味物質は複数発見されているが、実際に甘味料としての使用が許可されているものは多くない。本成果の利用を増加させるには、食品への安全性が担保され、且つ膜貫通領域に結合する甘味物質の同定が必要である。
3. 本成果で解析した組み合わせ以外にも、膜外領域の二カ所の結合部位の相互作用によって甘味の相乗効果がもたらされることが明らかにされている。
4. 本成果で観察された増強効果は、T1R3 と T1R2 に 1 個ずつ結合することによって起こるのか、結合部位の位置する領域の違いによるのかは明らかでない。今後、より詳細な甘味受容体の構造特性の解明が必要である。

[具体的データ]

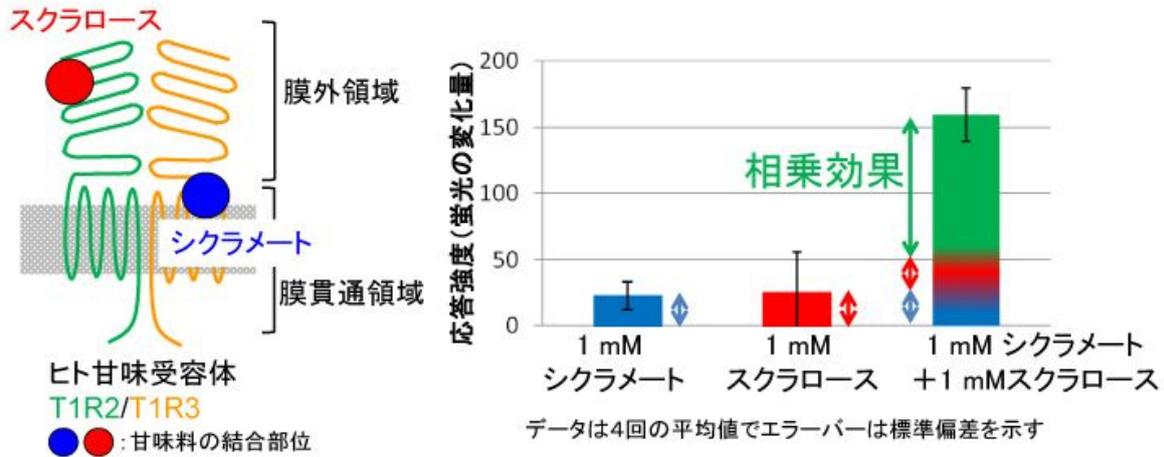


図1. 結合部位が異なる分子の異なる領域に位置する人工甘味料、スクラロースとシクラメートをブレンドした溶液に対する甘味受容体の応答強度

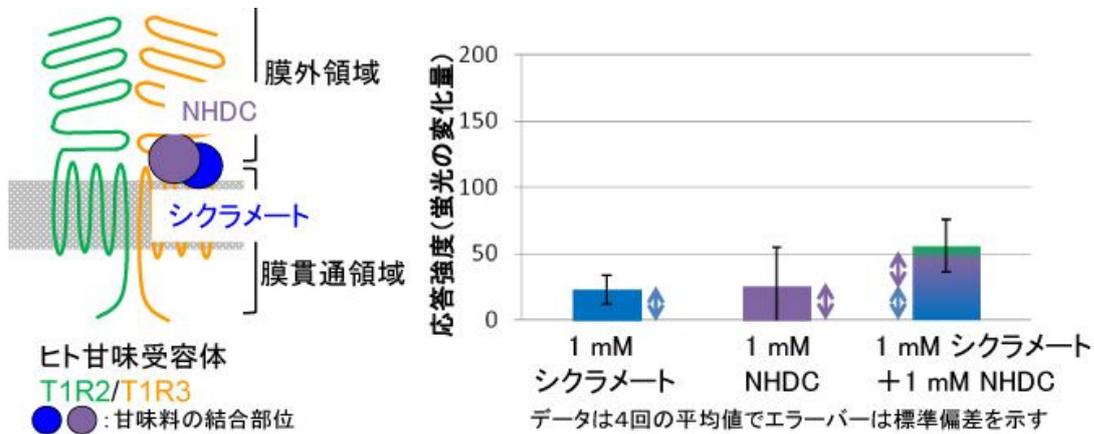


図2. 結合部位が同一分子の同一領域に位置する人工甘味料、ネオヘスペリジンジヒドロカルコン (NHDC) とシクラメートをブレンドした溶液に対する甘味受容体の応答強度

(日下部裕子)

[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 : 310-d0

予算区分 : タンパク質、科研費基盤 C

研究期間 : 2007~2011 年度

研究担当者 : 日下部裕子、山下敦子 (理化学研究所)、進藤洋一郎 (アサヒビール)、二ノ宮裕三 (九州大学)、三浦裕仁 (鹿児島大学)

発表論文等 : 1) Shindo Y. et al. (2011) Biosci. Biotechnol. Biochem. 75(6): 1061-1066

2) Shindo Y. et al. (2010) Chem. Senses 35(2): 171-177

3) Shindo Y. et al. (2008) Biochem. Biophys. Res. Commun. 376(3): 504-508

[成果情報名] リンゴ「つがる」では予冷することで1-MCP処理による鮮度保持効果が高まる

[要約] 早生リンゴ「つがる」では、収穫時において多量のエチレンが生成しているため、1-MCP処理による果肉硬度維持等の鮮度保持効果は低い。予冷によりエチレン生成量を減少させた後、1-MCP処理を行うと、1-MCP処理による鮮度保持効果が高まる。

[キーワード] リンゴ、1-MCP、貯蔵、低温処理

[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 029-838-6502

[研究所] 果樹研究所・栽培・流通利用研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

エチレン作用阻害剤である1-メチルシクロプロペン(1-MCP)は、リンゴに対し鮮度保持効果を示す。しかし、この効果は、品種、収穫時期、果実熟度、処理条件等により大きく異なり、1-MCP処理時のエチレン生成量が多いと低下する。リンゴの早生品種「つがる」は収穫時にすでにエチレンを多量に生成していることから、1-MCP処理による鮮度保持効果は他品種と比較して低い。そこで、エチレン生成の抑制効果が期待できる予冷処理が、収穫後の「つがる」果実における1-MCPの鮮度保持効果に与える影響について検討する。

[成果の内容・特徴]

1. 果実(144果実、37kg)を、 -3°C 設定の壁面冷却式冷蔵庫(氷蔵庫、容量285L)に入れ予冷を行うと、果実内部の温度は約20時間後に $-1\sim-1.5^{\circ}\text{C}$ まで下がる(データは示していない)。
2. 収穫1日後の果実のエチレン生成量は、66 nL/g 新鮮果実重/時間であるが、予冷後には、15.8 nL/g 新鮮果実重/時間に減少する(図1)。
3. 1-MCP処理をした果実は、1-MCP無処理果実より、果肉硬度、滴定酸度が高く保たれる傾向にあり、特に、予冷後に1-MCP処理を行った果実では、最も高い値を示す(図2、滴定酸度のデータは示していない)。
4. リンゴで報告されているエチレン受容体遺伝子6種類のうち、4種類の遺伝子(*MdETR1a*, *MdETR1b*, *MdETR2*, *MdETR5*)の発現量は、予冷直後の果実において、無予冷果実よりも、一過的に高い(図3)。
5. 鮮度保持効果の向上は、予冷によりエチレン生成量が一過的に減少し、さらに低温ストレスを受けエチレン受容体遺伝子等の発現量が一過的に増加することで、1-MCPがエチレン受容体により多く結合できる条件となるためと推測される。

[成果の活用面・留意点]

1. 予冷により、果実内部の温度を $-1\sim-1.5^{\circ}\text{C}$ 程度まで、確実に冷やすことが重要である。実際の利用に際しては、冷蔵庫の冷却方式や容量、果実搬入量等によって、果実内部の温度の上がり方が異なるため、果実の凍結を回避し、さらに果実内部の温度を確実に冷却できる予冷条件の検討が必要である。

[具体的データ]

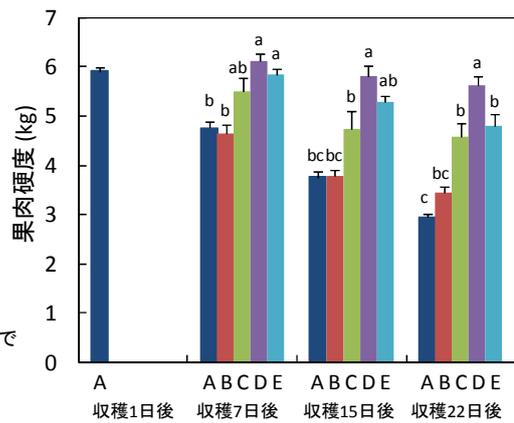
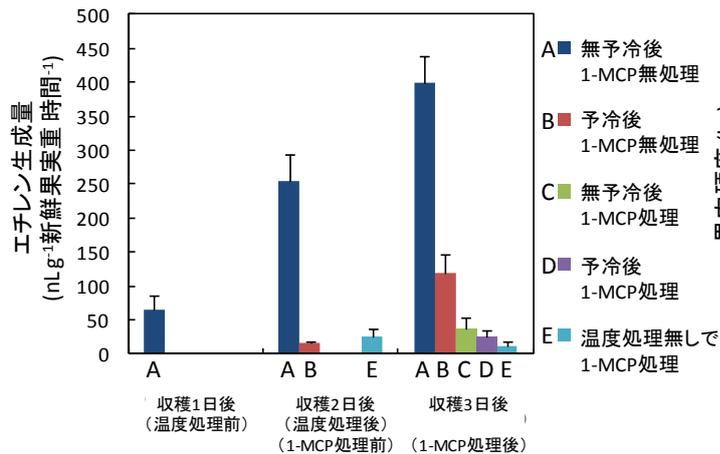


図1 エチレン生成量の変化

- 1) 温度処理は、収穫1日後の「つがる」果実を22℃（無予冷）または-3℃（予冷）で24時間保持して行った。
- 2) 温度処理後の1-MCP処理（1ppm）は、22℃16時間密閉処理により行い、1-MCP無処理は、1-MCP無しで同様の条件に保持した。
- 3) 温度処理を行わず、収穫1日後すぐに1-MCP処理を2)と同様に行う区も設定した。
- 4) 上記の処理終了後、全ての果実は22℃で貯蔵した。
- 5) 縦棒は標準誤差 n=8。

図2 果肉硬度の変化

- 1) 処理区の設定と図の凡例は図1の記載のとおり。
- 2) 縦棒は標準誤差 n=8。同日の異なるアルファベット間には、Tukey多重検定により、5%水準で有意差がある。

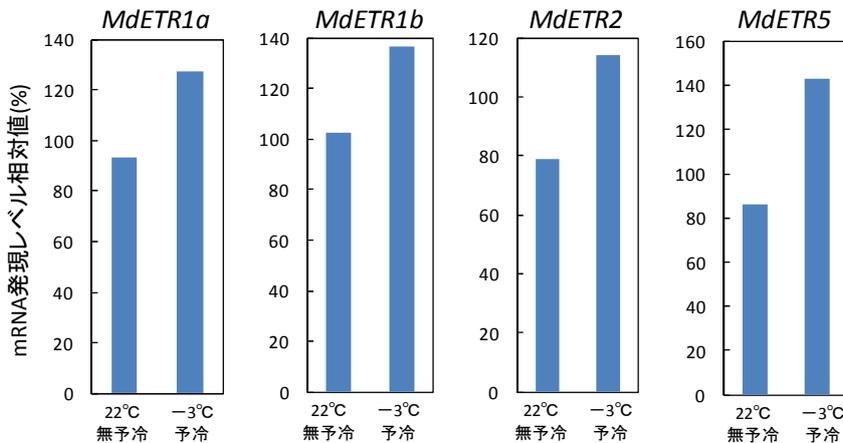


図3 エチレン受容体遺伝子 (*MdETR1a*, *MdETR1b*, *MdETR2*, *MdETR5*) の発現に及ぼす 22℃（無予冷）と-3℃（予冷）の温度処理の影響

- 1) 図の値は、収穫2日後（温度処理直後）における収穫1日後（温度処理直前）に対する mRNA 発現レベルの相対値（%）。
- 2) 22℃と-3℃の温度処理は、図1の記載のとおり。

(立木美保)

[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：2009-2011年度

研究担当者：立木美保、羽山裕子、吉岡博人、中村ゆり

発表論文等：Tatsuki et al. (2011) Postharvest Biol. Technol. 62:282-287.

[成果情報名] 寒玉系キャベツの加工品質に及ぼす収穫時期と貯蔵の影響

[要 約] 2月に収穫し2か月間貯蔵したキャベツは、糖度やビタミンCが保たれるが歩留りは約6割に低下する。一方、4月まで栽培を延長したキャベツは、球重が約1.5倍になるが糖度とビタミンCが半減し、カットキャベツを作ると褐変しやすい。

[キーワード] 加工・業務用野菜、寒玉系キャベツ、貯蔵、品質、加工適性

[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 050-3533-4631

[研 究 所] 野菜茶業研究所・野菜病虫害・品質研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

加工・業務用野菜では、4～5月に寒玉系キャベツが不足することが供給上の重要な問題となっている。これまで、この時期の寒玉系キャベツは、抽台・裂球しやすいため、不足分は貯蔵品や輸入によって補われてきた。その対策として、4～5月に収穫できる品種や作型の開発が進められているが、キャベツの品質・加工適性に対する貯蔵や栽培期間の延長による影響は明らかではない。

そこで、寒玉系キャベツを2月に収穫して2か月間貯蔵した場合と、4月まで栽培を延長した場合の品質と加工適性について明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 2月に収穫した寒玉系キャベツ（品種「彩音」）は、2か月貯蔵後の歩留りが約6割に低下するが、栽培を延長した場合には、球重が約1.5倍に増大する（図1）。
2. 2か月間の貯蔵で、無包装区のビタミンCは、ほとんど減少せず、包装区でも減少量が小さい。一方で、4月まで栽培を延長した場合には、ビタミンCが半減する（図2）。
3. 2か月間の貯蔵では、糖度はほとんど変化しないが、4月まで栽培を延長した場合には半減する（図3）。
4. 2月に収穫し2か月間貯蔵したキャベツと4月まで栽培を延長したキャベツでカットキャベツを調製し、貯蔵3日後の褐変度を比較した場合、後者の方が褐変しやすい（図4）。

[成果の活用面・留意点]

1. 上記は、野菜茶研（安濃）で、8月20日播種、9月10日定植のキャベツ品種「彩音」での結果であるが、同時に栽培した品種「秋徳」では、4月までに抽台や裂球が多発して収穫できなかったため、栽培する際には適切な品種を選ぶことが重要である。
2. 4月に用いるカットキャベツの原料としては、2月に収穫して2か月間貯蔵したキャベツの方が糖度やビタミンC含量が高く褐変しにくいなど、4月まで栽培を延長したキャベツよりも品質成分や加工適性の点で適している。
3. 一方、切断加工後、すぐに加熱調理加工する場合や、キャベツとしての甘味よりも食感を重視する用途であれば、キャベツの球が肥大して収量が増える分、4月に収穫したキャベツが適している。
4. 食品加工業者等の実需者においては、同じキャベツ品種であっても、収穫時期や貯蔵期間によって品質や加工適性が異なることを理解した上で、用途によって材料を使い分けることにより、品質とコストを最適化した製品作りが可能となる。

[具体的データ]

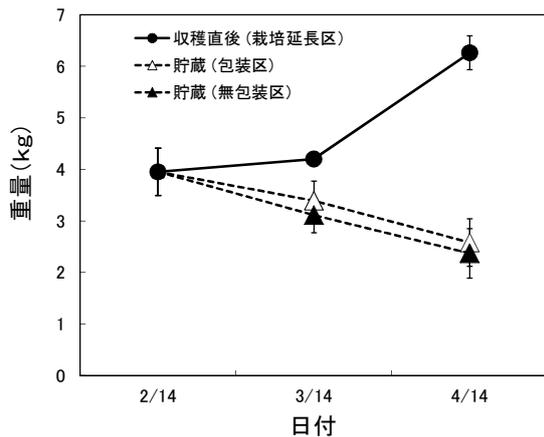


図1 収穫後貯蔵したキャベツと栽培を延長したキャベツの歩留り

横軸は収穫日または貯蔵したキャベツの調査日。2/14に収穫したキャベツ品種「彩音」は、貯蔵1か月後と2か月後に黄化、病害、褐変した葉を除去して重量を測定した。栽培を延長したキャベツは、1か月後と2か月後に収穫して、外葉を除去した重量を測定した。無包装区は、キャベツ出荷用段ボールに入れ、5℃で貯蔵した。包装区は、厚さ0.05mmのポリエチレン袋(80cm×100cm)で折り込み包装してから出荷用ボールに入れ、5℃で貯蔵した。平均値±標準偏差。

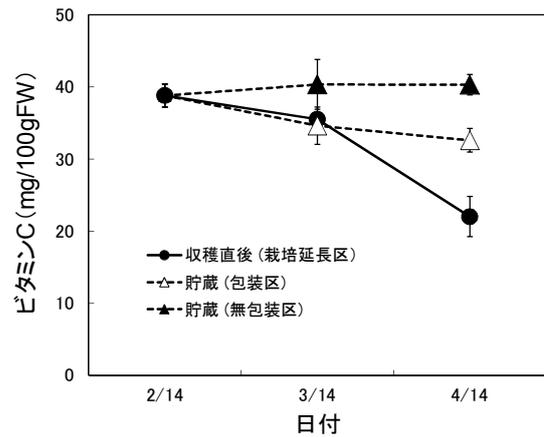


図2 収穫後貯蔵したキャベツと栽培を延長したキャベツのビタミンC含量

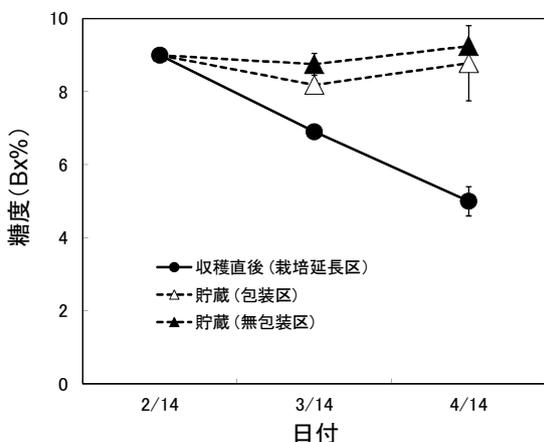


図3 収穫後貯蔵したキャベツと栽培を延長したキャベツの糖度

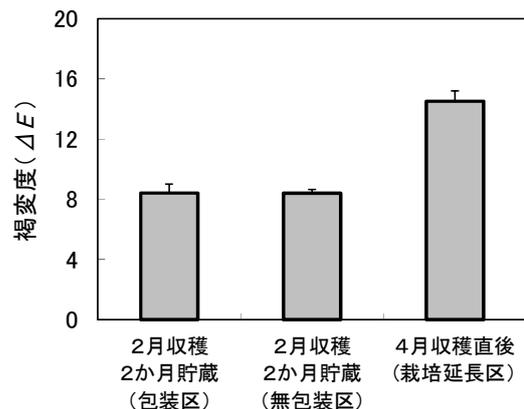


図4 2/14に収穫して2か月間貯蔵したキャベツと4/14に収穫したキャベツを用いて調製したカットキャベツの褐変度

キャベツ品種「彩音」は約2mm幅に切断して、10℃で3日間貯蔵後、エタノール抽出残渣の色を測定して、褐変度(ΔE)を求めた。平均値±標準偏差。

(永田雅靖)

[その他]

中課題名：野菜の品質制御機構の解明と品質評価・保持技術の開発

中課題番号：330a0

予算区分：交付金、委託プロ(加工)

研究期間：2006～2011年度

研究担当者：永田雅靖

発表論文等：永田(2012)日食科工誌 59:40-44.

[成果情報名] エチレンおよび受粉によりササ系リンドウの花持ちは短縮する

[要 約] ササ系リンドウはエチレンに対する感受性が高く、受粉時に誘導されるエチレンにより花持ちは短縮する。

[キーワード] エチレン、受粉、花持ち、リンドウ

[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 029-838-6821

[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]

リンドウはエゾ系、ササ系およびそれらの交雑種が切り花や鉢物として生産されている。日本国内では盆や秋の彼岸の重要な花き品目である。さらに近年オランダ等への輸出が行われている。しかし、リンドウ切り花は国内および海外への長距離輸送時に品質が劣化しやすいため、適切な品質保持技術の開発が必要とされている。これまでに、エゾ系リンドウにおいて収穫後生理に関する研究があり、エチレンに対する感受性が低いことが示されている。一方、ササ系リンドウは花卉が開くタイプで人気が高まっているが、収穫後生理についての研究が進んでいない。そこで、本研究ではササ系リンドウの品質保持技術の開発に必要な基礎的知見を得ることを目的として、ササ系品種の花の老化とエチレンおよび受粉との関連を解析する。

[成果の内容・特徴]

1. ササ系鉢物リンドウ品種「心美静（ここみしずか）」の開花当日の小花を収穫し、蒸留水に挿して $0.5 \mu\text{L/L}$ のエチレン処理を 24 時間行くと、処理後の花持ちは 1.2 日と、無処理の 8.9 日に比べて著しく短縮する。さらに、 $2 \mu\text{L/L}$ のエチレン処理を行うと、24 時間の処理中にすべての小花が萎凋する（図 1）。
2. 柱頭が成熟した日に、同じ品種の開花当日の花粉を用いて小花の柱頭に受粉すると、受粉後の花持ちは短縮する（図 2）。
3. 小花からのエチレン生成量は、受粉後 1 日目に増加する（図 3）。受粉時のエチレン生成は主に雌蕊で行われる（図 4）。
4. 以上から、ササ系リンドウはエチレンに対する感受性が高く、受粉によりエチレン生成が増加し花持ちは短縮する。

[成果の活用面・留意点]

1. リンドウ小花にエチレン処理を行った環境条件は 23°C 、相対湿度 70%、暗黒条件で 24 時間である。また、エチレン処理後および受粉処理した花を保持する環境条件は 23°C 、相対湿度 70%、PPFD $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、12 時間日長である。
2. ササ系切り花品種「雪ほたる」においても、エチレンに対する感受性が高いことを確認している。
3. 本研究によりササ系リンドウの品質保持にはエチレン阻害剤が有効である可能性が示唆される。

[具体的データ]

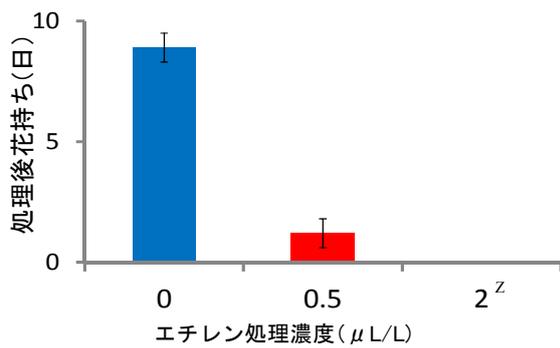


図1 ササ系リンドウ「心美静」小花へのエチレン処理（24 時間）が花持ちに及ぼす影響 (n=10)

^z2 μL/L エチレン処理における花持ちは0日である。

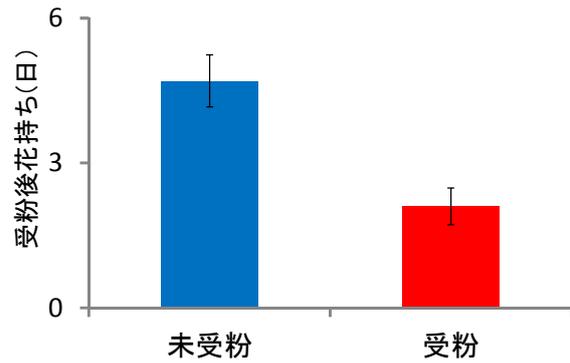


図2 ササ系リンドウ「心美静」小花への受粉処理が花持ちに及ぼす影響 (n=10)

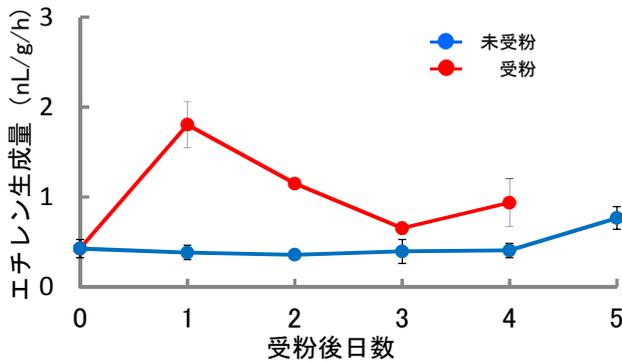


図3 ササ系リンドウ「心美静」小花における受粉後のエチレン生成量の変化 (n=3)

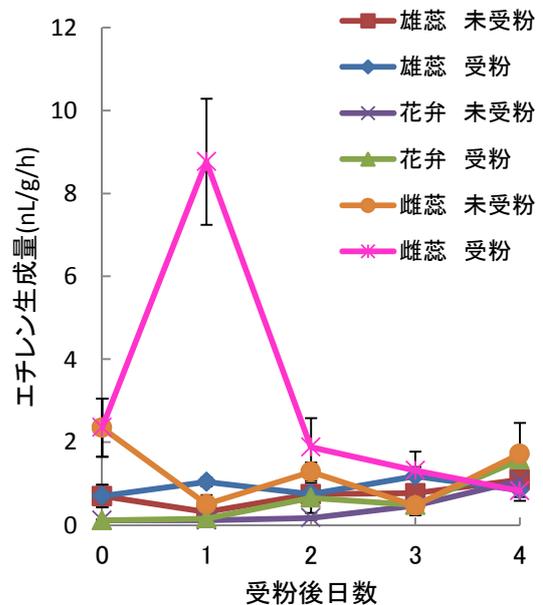


図4 ササ系リンドウ「心美静」の花器官における受粉後のエチレン生成量の変化 (n=3)

(湯本弘子、市村一雄)

[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：新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業、交付金

研究期間：2007～2011 年度

研究担当者：湯本弘子、市村一雄

発表論文等：Shimizu-Yumoto H. and Ichimura K. (2012) Postharv. Biol. Technol.63:111-115.

[成果情報名] ラマン分光による牛脂および豚脂の迅速判別法

[要 約] 1417 cm^{-1} ラマンバンドの有無により、牛脂および豚脂を短時間で判別できる。

[キーワード] トリアシルグリセロール、冷却、結晶多形、脂肪の質、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]

牛脂と豚脂の判別や混合割合の推定には、DNA 鑑別や脂肪酸組成分析等の方法が用いられて来たが、どの方法も時間がかかるという短所がある。ラマンスペクトルは脂肪の結晶多形の違いを鋭敏に反映し、1417 cm^{-1} には β' 型結晶多形に特有なバンドがある。牛脂と豚脂はトリアシルグリセロール組成に差異があり、 β' 型結晶多形の形成に相違が生じると考えられる。そこで、ラマン分光を用いた牛脂と豚脂の迅速で簡易な判別手法を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 様々な温度で結晶化させた牛脂と豚脂において、1417 cm^{-1} に見られるラマンバンドの強度は、結晶化温度に依存して変化する（図1）。
2. 牛脂と豚脂の1417 cm^{-1} ラマンバンド強度に明瞭な差が得られる結晶化温度は0℃（氷水の温度）である（図1）。
3. 市場に流通する牛脂7点および豚脂8点の融液を0℃まで急冷し結晶化すると、1417 cm^{-1} ラマンバンドは豚脂で検出される一方、牛脂では検出されず（図2）、このバンドの有無により両者が判別できる。
4. 結晶化およびスペクトル測定に要する時間は10分以内である。
5. 牛脂と豚脂の混合試料における1417 cm^{-1} ラマンバンドの強度は、豚脂の混合割合が60%より多い場合は濃度依存的に増加するが、50%以下の場合にはバンドは検出されない（図3）。本法を混合油脂に応用することで、牛脂と豚脂のどちらが主体であるか、大まかな判定が可能である。

[成果の活用面・留意点]

1. 油脂試料が牛脂と豚脂のみで構成されることが明らかである場合に、その油脂が牛脂を主体とするものか、豚脂を主体とするものかを判別することが出来る。ただし、その混合割合を正確に推定するためには、混合油脂における本バンドの検出濃度下限について、さらに検証が必要である。
2. 牛豚の挽肉や成型肉に本法を応用する場合は、油脂の抽出処理が必要になる。また、含まれる脂肪について牛と豚のどちらが多いかを判定するものであり、赤肉に占める牛豚の割合は判定できない。
3. 酸化や分解により劣化した油脂では、トリアシルグリセロール組成が大きく変化していると考えられるため、本法の適用には別途検討が必要である。

[具体的データ]

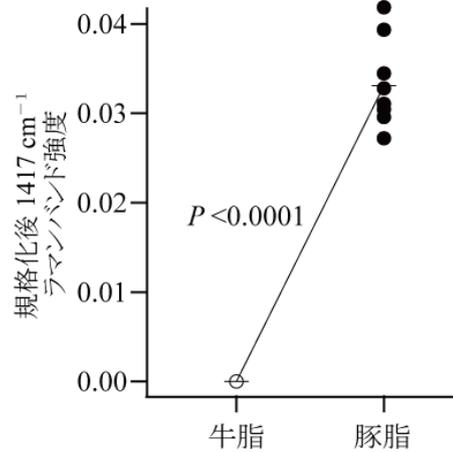
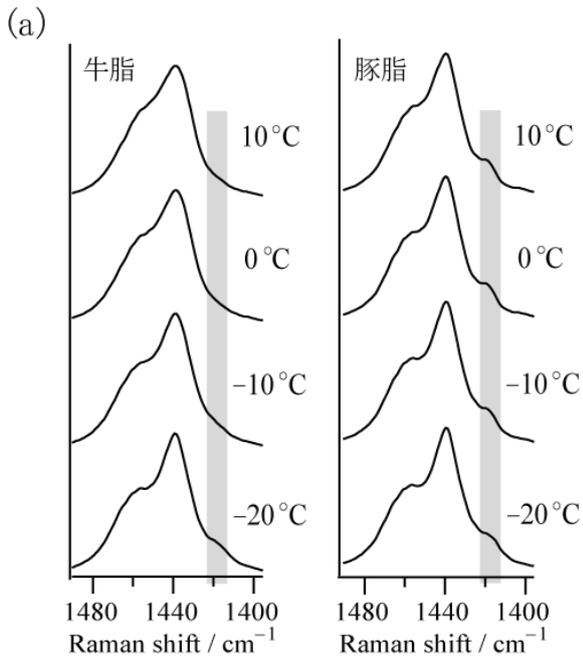


図2 0°Cにおける牛脂と豚脂の1417 cm⁻¹ラマンバンド強度の比較

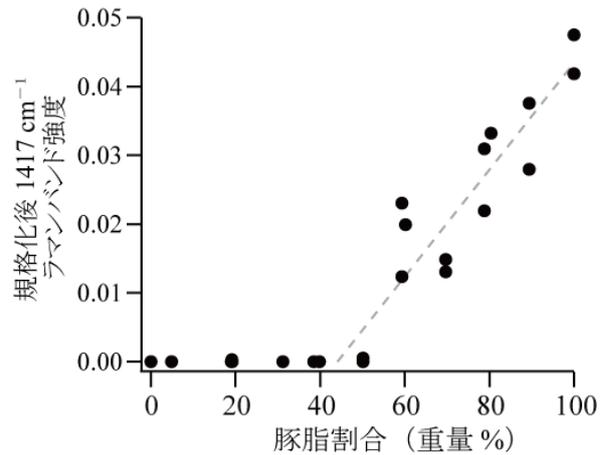
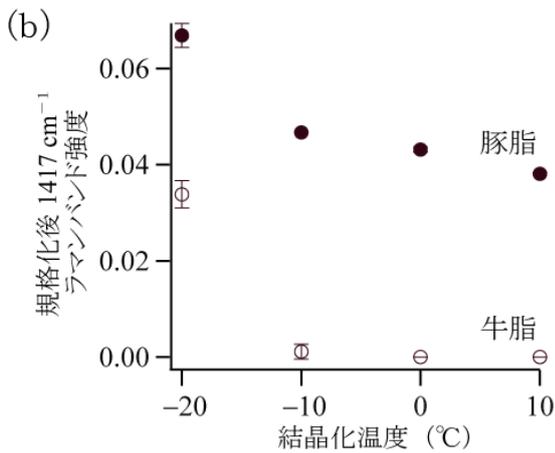


図1 1417 cm⁻¹バンド強度と結晶化温度
(a) 785-nm励起ラマンスペクトル
(b) バンド強度の結晶化温度依存的変化

図3 牛脂と豚脂の混合油脂における1417 cm⁻¹ラマンバンド強度と混合割合

(本山三知代)

[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 : 2007-2011年度

研究担当者 : 本山三知代、佐々木啓介、安藤正浩 (東京大院理)、瀧口宏夫 (東京大院理)

発表論文等 : Motoyama M. et al. (2010) Appl. Spectrosc. **64**(11): 1244-1250

[成果情報名] グリシンと D-アラニン をペプチドから遊離する新規麹菌アミノペプチダーゼ

[要 約] 我が国の醸造産業で麹菌として用いられている *Aspergillus oryzae* は、醸造食品の呈味性付与に重要なアミノペプチダーゼを多数生産する。ゲノム情報に基づいて遺伝子組換え技術により高生産した GdaA は、グリシン及び D-アラニン をペプチド N 末端から遊離する活性を示すアミノペプチダーゼである。本酵素は米麹から簡便に抽出できる。

[キーワード] 麹菌、タンパク質・ペプチド分解、アミノペプチダーゼ

[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 029-838-8077

[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]

Aspergillus oryzae は我が国の伝統的発酵食品の製造に麹菌として利用されており、産業上重要な糸状菌である。麹菌のアミノペプチダーゼは味噌や醤油等の呈味性付与に深く関与していることが知られている。本菌のゲノム情報解析から、30 種類以上のアミノペプチダーゼ様遺伝子が見出されており、醸造工程の最適化のために、これらの遺伝子産物の醸造における役割の解明が望まれている。本研究では、これらのうち、グリシン及び D-アラニン遊離活性を示す GdaA の酵素活性や基質特異性、酵素化学的性質を明らかにすることを目指したものである。

[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、グラム陽性細菌 (*Ochrobactrum anthropi*) の D-アミノペプチダーゼと 43% のアミノ酸配列同一性を示す遺伝子 *gdaA* が見出される。
2. *gdaA* 高発現組換え麹菌株の液体培養菌体から調製した無細胞抽出液から、細胞内酵素である GdaA タンパク質を硫酸分画及び 4 段階のカラムクロマトグラフィーにより精製することができる。
3. GdaA は、各種アミノアシルパラニトロアニリド基質 (Xaa-pNA、表 1) やオリゴペプチド基質への反応性が既知のアミノペプチダーゼとは異なり、グリシンあるいは D-アラニンを遊離する活性が高い新規グリシン・D-アラニンアミノペプチダーゼである。
4. 図 1 に示すとおり、本酵素は微アルカリ条件 (pH8-9) で活性を示し、pH 8.5 が至適 pH である。また、0-60 °C の間で酵素活性を示し、40 °C が至適温度である。一方、pH 6 付近でも活性を示し、微酸性の発酵食品でも機能すると考えられる。
5. *gdaA* 破壊麹菌株の液体培養菌体抽出液における緩衝液可溶性のグリシン及び D-アラニンアミノペプチダーゼ活性は非破壊 (対照) 株よりも極めて低く、無細胞抽出液中の同活性の大部分を本酵素が担う (図 2)。また、本酵素は米麹を破碎せずに水中に一部が抽出可能であり、細胞内在酵素でありながらその調製が容易である。

[成果の活用面・留意点]

1. 本成果はゲノム解析株を用いて得られたものであり、当該グリシン・D-アラニンアミノペプチダーゼは米麹を水抽出することにより簡便に活性が得られることから、今後、実用菌株における酵素生産様式について解明していく必要がある。
2. グリシンは甘味を呈するアミノ酸であり、解明した麹菌のグリシン・D-アラニンアミノペプチダーゼについて、麹菌を利用した発酵食品の製造工程における熟成や呈味性等への関与を明らかにすることが必要である。

[具体的データ]

表1 各種アミノアシルパラニトロアニリド (Xaa-pNA) に対する比活性

基質	相対活性 (%) *
Gly-pNA	100 ± 1.6
D-Ala-pNA	93.1 ± 1.5
L-Ala-pNA	12.2 ± 0.3
β-Ala-pNA, L-Leu-pNA, D-Leu-pNA, L-Met-pNA, L-Pro-pNA, L-Val-pNA, L-Ile-pNA, L-Phe-pNA, D-Phe-pNA 他	< 0.5

* 各数値は、Gly-pNA に対する比活性を 100% としたときの 3 反復試験の平均値 ± 標準偏差を示す。

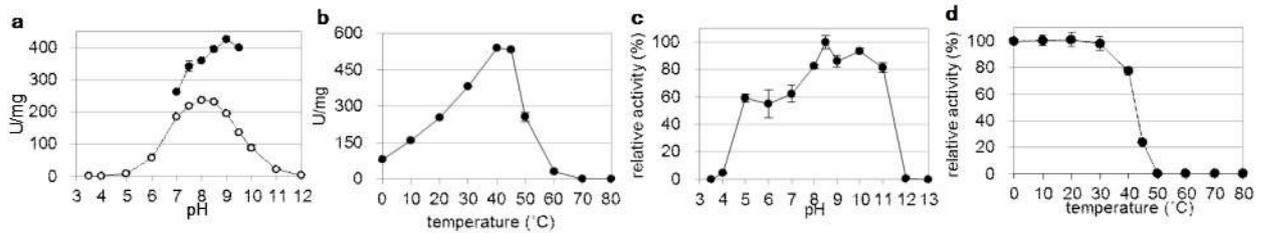


図1 GdaA の pH 及び温度による酵素活性への影響

A、pH 依存性 (●, 20 mM Tris-HCl 緩衝液; ○, 10 mM Britton-Robinson 緩衝液) ;
B、温度依存性 ; C、pH 安定性 ; D、熱安定性

酵素活性は Gly-pNA を基質として測定し、pH 安定性は、各 pH の緩衝液で精製酵素を 0 °C 60 分間保持後の残存活性を、pH 8.5 緩衝液中での比活性 (30 °C) を 100% として示した。

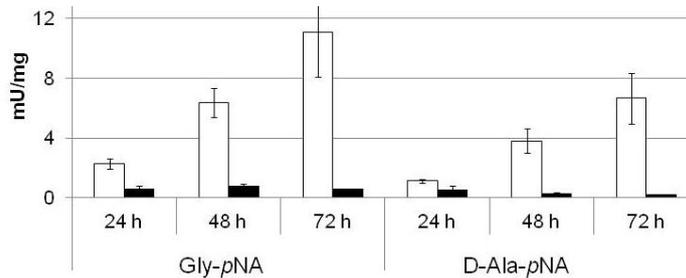


図2 液体培養菌体抽出液における GdaA 活性の培養時間による変化

接種 24、36 あるいは 48 時間後における *A. oryzae* 対照株 (□) 及び *gdaA* 破壊株 (■) の細胞抽出液中のグリシン及び D-アラニンアミノペプチダーゼ活性を示した。

(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、新技術・新分野

研究期間 : 2010~2011 年度

研究担当者 : 楠本憲一、丸井淳一郎、松下 (森田) 真由美、多田功生、鈴木聡、服部領太、天野仁 (天野エンザイム)、石田博樹 (月桂冠)、山形洋平 (東京農工大)、竹内道雄 (東京農工大)

発表論文等 : 1) Marui J. et al. (2012) Appl. Microbiol. Biotechnol. 93 (2):655-669

2) Morita H. et al. (2011) Biosci. Biotech. Biochem. 74 (5):1000-1006

[成果情報名] トマト果柄のジョイントレス形質に関与する新規遺伝子

[要 約] トマトの転写因子 MC は転写因子 JOINTLESS と複合体を形成して果実の脱離に関わる果柄の離層形成を制御しており、MC 遺伝子の発現抑制により離層形成を抑制(ジョイントレス化)できる。この離層形成制御機構は多様な植物に共通である可能性がある。

[キーワード] トマト、落果制御、ジョイントレス、転写因子、イネ脱粒

[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 029-838-8058

[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]

通常トマトは果柄に形成される離層から果実が脱離するが、離層が形成されないジョイントレス変異を有するトマトは収穫時に果実とヘタの間で脱離し、果実標品へのヘタの混入が避けられるため、現在の加工用トマト品種はジョイントレスタイプが主流となっている。離層形成制御に関与する遺伝子は今のところ JOINTLESS (*J*) 遺伝子が知られているが、その作用機構は不明な点が多い。我々は、トマトの離層形成機構の解明、及び将来的には作物全般に利用できる組織脱離制御法の開発を目指しており、本研究では、新たに発見したトマトの果柄離層形成制御遺伝子について作用機構を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. MC 遺伝子は MADS ボックスファミリーに属する転写因子をコードしている。遺伝子組換え法によりアンチセンス遺伝子を導入し、MC 遺伝子の発現が強く抑制された場合、野生型果柄中央に形成がみられる離層部位(図 1 A)の形成が完全に抑制され(図 1 C)、また、不完全な抑制では離層形成も部分的に抑制される(図 1 D)。
2. MC タンパク質は、従来から知られている離層形成変異 *jointless* (図 1 B) の原因遺伝子 *J* の産物である J タンパク質と、複合体を形成することにより強い DNA 結合性を獲得する(図 2)。また、これらの複合体形成は、酵母ツーハイブリッド法によっても確認されている(発表論文 2)。
3. *J* も MC と同様、MADS ボックス転写因子をコードしている。MADS ボックス転写因子ファミリーは複合体を形成して DNA 結合性を獲得し、機能する例が知られていることから、MC および J タンパク質が複合体を形成し、この複合体がゲノム上の特異的配列に結合して離層形成に必要な遺伝子の発現制御を行っていると考えられる。
4. 果柄において MC および JOINTLESS に発現制御されている遺伝子には、植物普遍的に生長点で機能する転写因子群の相同遺伝子 *Bl*、*GOB*、*Ls*、*LeWUS* が含まれる(発表論文 2)。これらの 4 遺伝子はトマト果柄の離層特異的に発現している(図 3)。このうち *Bl*、*GOB* について、相同遺伝子が脱粒型イネの離層部でも特異的に発現しており、また *Ls* 相同遺伝子も特異性は若干低いが発現が認められる。従って、これらの遺伝子発現共通性から双子葉および単子葉植物の両者に共通な離層形成機構が予想される。

[成果の活用面・留意点]

1. 多くの植物において MC および JOINTLESS の相同遺伝子が認められるが、通常、ゲノム上に複数の相同遺伝子が存在し、大半は離層形成以外の機能を持つことが予想される。従って、他植物の離層形成制御に関与する相同遺伝子の決定は容易ではないと予想される。他作物におけるこれら相同遺伝子の利用にはさらなる検討が必要と思われる。
2. イネやトマトでは既に低脱粒型あるいは離層非形成型の植物があり、実用的に利用されている。今後、リンゴ等の果樹で離層形成抑制技術を新たに開発すれば、台風による落果被害を大きく抑制できることが期待される。

[具体的データ]



図1 トマト MC 遺伝子の離層形成制御への関与
野生型(A)、*jointless* 変異体(B)、MC 遺伝子発現抑制組換え体(C 及び D)の果柄。MC 遺伝子の発現抑制により、完全にまたは部分的に離層形成が抑制される(C 及び D)。

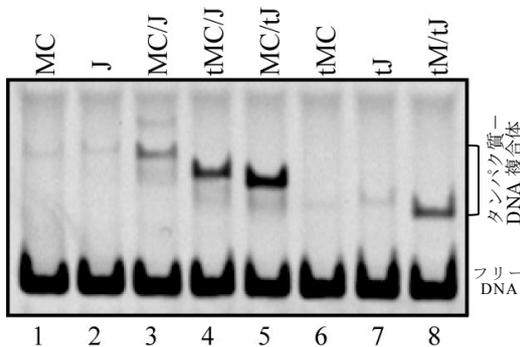


図2 ゲルシフトアッセイ法による MC と JOINTLESS (J) のヘテロ二量体形成と DNA 結合性

MC または J タンパク質全長(MC, J)、または短縮型タンパク質(tMC, tJ)に対し DNA 断片(CTATTTATAG)との結合性を評価した。MC と J はヘテロ二量体形成により強い DNA 結合性が得られる (レーン 3,4,5,8)。一方で、MC、J のそれぞれ単独の場合には DNA 結合シグナルは非常に弱い (レーン 1,2,6,7)。

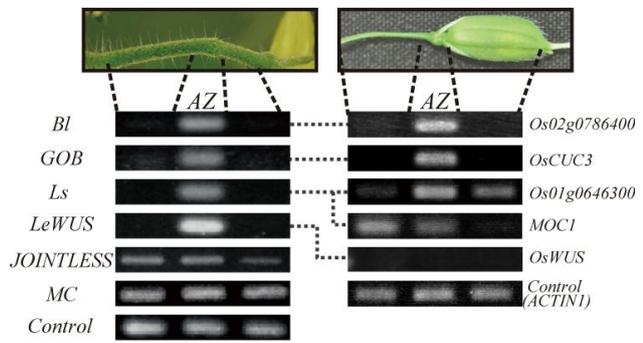


図3 トマト(左)と脱粒型イネ(右)の離層形成部特異的発現遺伝子の共通性

トマト MC および JOINTLESS に制御されている遺伝子の中に、離層 (AZ) 特異的に発現している遺伝子 (*Bl*, *GOB*, *Ls*, *LeWUS*) が見出された。このうち *Bl* と *GOB* について、イネの相同遺伝子も果梗離層部で特異的に発現が認められた。また *Ls* 相同遺伝子についてもイネ離層で発現が認められるものがあった。

(伊藤康博)

[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、イノベーション創出

研究期間 : 2008~2011 年度

研究担当者 : 伊藤康博、中野年継、金原淳司 (カゴメ)、北川麻美子(カゴメ)、前田英郎
発表論文等 : 1) 伊藤康博ら「ジョイントレス形質を有するトマトの作出方法」

特願 2009-292286

2) Nakano *et al.* (2012) *Plant Physiology* **58**(1):439-450

[成果情報名] 高齢化地域での地元農産物の集荷・加工・販売・配達を支援する情報システム

[要 約] 高齢化地域において課題となっている地元農産物の集荷、および買い物弱者への食料品配達を支援するために、地産地消を推進する組織が利用できる地元農産物の集荷から加工、販売、配達までを統合した Web 方式の情報システムである。

[キーワード] 地産地消、カット野菜、情報システム、フードデザート、集荷、配達

[担 当] 加工流通プロセス・食農連携

[代表連絡先] 電話 029-838-8481

[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]

地域住民の高齢化が進行している地域では、高齢生産者の出荷が困難な状況や、食品スーパー等の撤退により高齢者等の食料品購入が困難になっているフードデザート現象がみられ、地元農産物の流通が停滞しつつある。これらの課題を解決するためには、生産者グループ・農業関係団体等の地元組織が地産地消を推進するために6次産業化し、地元農産物の流通を担う主体となることが重要である。そこで、2009年度成果情報「消費者に高鮮度カット野菜による食材セットを提供できる受注・販売システム」の生産者からの集荷と消費者等への配達面を拡張し、地産地消を推進する地元組織が利用できる地元農産物の集荷・加工・販売・配達支援情報システムを開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 本システムは、地元農産物を生産者の要望に応じて集荷するとともに、消費者の注文にあわせて農産物をセット化および一次加工して配達するための、パスワード管理機能付き Web ソフトウェアである。本システムは、集荷システム、受発注・加工システム、販売・配達システムの3つサブシステムで構成されている（図1）。
2. 集荷システムでは、自力では納品が困難な高齢生産者等がインターネット接続されたパソコンや携帯電話から依頼すると、出荷量が受発注・加工システムへ、集荷場所および指定の時間等の情報が集荷者へ伝達される（図2）。
3. 受発注・加工システムでは、消費者がインターネット接続されたパソコンや携帯電話により生鮮農産物（食品）およびカット野菜（食材セット）をシステムから注文すると、発注量等がエクセルシート上で自動計算され、生産者や加工者へ伝達される（図3）。
4. 販売・配達システムでは、受発注・加工システムから伝達された注文に対し、販売時に必要な情報が入った商品ラベル、消費者ごとに商品や金額が入った納品書、高齢者等の買い物弱者の依頼に対する配達先一覧のエクセルシートが作成され、販売者、配達者へ伝達される（図4）。
5. 当システムは、Web による集荷依頼・配達依頼に加えて、Web 利用が困難な生産者および消費者については、地元組織が集荷依頼・注文を FAX や電話にて受け付け、その内容をシステムに入力することができる。

[成果の活用面・留意点]

1. 本システムは、地産地消を推進する地元組織、中でも農産物直売所が普及対象であり、高齢化している地域やフードデザート現象がみられる地域が主な普及予定地域である。
2. 本システムは、茨城県北部の農産物直売所において稼働中である。他の直売所等で稼働させる場合には、現地で稼働しているシステムとの調整に30～50万円が必要である。
3. 本システムのマニュアルは、インターネットから利用可能である（2012年4月～）。

[具体的データ]

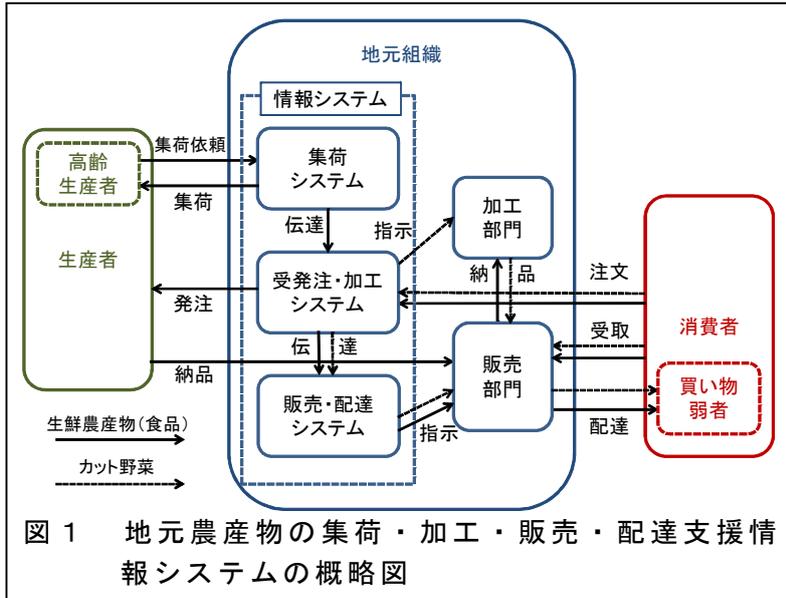


図1 地元農産物の集荷・加工・販売・配達支援情報システムの概略図

集荷依頼管理表		
生産者情報		
氏名:	大浦 裕二 様	
E-Mailアドレス:	ooura @.go.jp	
電話番号:	029-8 52	
FAX番号:		
基本情報		
集荷依頼番号:	102202	
集荷日時:	2011年10月22日(土) 9:00~12:00	
集荷先:	〒305-0866 茨城県つくば市観音台3-1-1	
状態:	受付済	
集荷依頼品目		
品名	数量	単位
白菜	10	個
ほうれん草	20	袋

図2 集荷システムの画面

食材セット用農産物発注表												
受取日		2010/09/01		表示								
鶏喜鶏喜食材セット 発注量 (09月01日販売分 20セット)												
食材	加工量 (kg)	発注量 (kg)	発注先(1)				発注先(2)				残発注量 (kg)	
			名前	単価	発注量 (kg)	金額	名前	単価	発注量 (kg)	金額		
大根	3.20	3.48	○○ ○○	検索 削除	90	3.48	313		検索 削除		0	
ヤーコン	3.00	4.00		検索 削除					検索 削除		4	
にんじん	2.60	3.25		検索 削除					検索 削除		3.25	
八つ頭	2.00	2.67		検索 削除					検索 削除		2.67	
ゴボウ	1.70	2.39		検索 削除					検索 削除		2.39	
白菜	1.40	1.47		検索 削除					検索 削除		1.47	
しいたけ	1.34	1.68		検索 削除					検索 削除		1.68	
サトイモ	1.20	1.60		検索 削除					検索 削除		1.6	
コンニャク	0.80	0.80		検索 削除					検索 削除		0.8	
赤ネギ	0.40	0.50		検索 削除					検索 削除		0.5	
華から	0.06	0.06		検索 削除					検索 削除		0.06	
油揚げ	0.01	0.01		検索 削除					検索 削除		0.01	

図3 受発注・加工システムの画面

orders_list_haisou [互換モード] - Microsoft Excel										
食材セット・生鮮食品商品配送先一覧(12月23日販売分)										
1	食材セット・生鮮食品商品配送先一覧(12月23日販売分)									
2	時間帯	郵便番号	住所	氏名	電話番号	注文番号	セット数	生鮮数	金額	地図
3										
4										
5	15:00~17:00	305-0866	茨城県つくば市観音台3-1-1	大浦 裕二	029-8:	52	122301	2	7	1,760
6										

図4 販売・配達システムの画面

(大浦裕二、中嶋晋作、山本淳子、河野恵伸)

[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：2010-2011年度

研究担当者：大浦裕二、中嶋晋作、山本淳子、河野恵伸

発表論文等：大浦ら「農畜水産物材料セット受注装置、農畜水産物材料セット受注方法および農畜水産物材料セット受注プログラム」特開 2011-9662

[成果情報名] 農産物直売所の地域農業への影響評価計測方法

[要 約] 集落別のデータと施設までの距離データを用いた「差の差推定」によって、農産物直売所設置と地域農業の相対的な変化との関係を計測する方法である。本方法を用いることで、農産物直売所の設置が地域農業へ及ぼす影響を定量的に評価できる。

[キーワード] 農産物直売所、差の差推定、空間計量経済学、GIS

[担 当] 加工流通プロセス・食農連携

[代表連絡先] 電話 029-838-8481

[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]

現在、農産物直売所は、地元農産物の販売拠点として注目を集めており、多くの地域で地域農業の活性化に寄与しているといわれている。しかし、これらの評価は定性的であり、地域農業への影響を定量的に評価することが求められている。そこで、JAによる農産物直売所開設が主である茨城県を対象に、JAの農産物直売所の立地（距離）と地域農業の関係を、集落レベルの農業データを用いて年次や他の要因を考慮した「差の差（Difference in Differences : DID）推定」による評価方法を策定する。

[成果の内容・特徴]

1. 農産物直売所の影響評価に用いた指標は「露地野菜作農家率（農産物販売金額第1位部門）」の2000年と2005年の比較であり、推定はDIDの理論による各変数の差分推定（固定効果推定）である。推定モデルは欠落変数バイアスを考慮できる空間エラーモデル（Spatial Error Mode : 式1）が理論、推定結果の両面で適合性が高いため、このモデルを採用する。
2. 茨城県の農産物直売所の立地と露地野菜農家率の変化は図1である。推定結果（表1）から、集落属性である専業農家率、65歳未満男子農家率、経営耕地面積、農家1戸当たり経営耕地面積、畑地経営耕地面積率でコントロールした上でなお、1.5km以内の農産物直売所距離ダミーの係数が0.017（有意水準5%）であり、農産物直売所の開設によって露地野菜作農家率が1.7ポイント（8.7%→10.4%）上昇することが確認できる。
3. 距離別の農産物直売所ダミーをみると、農産物直売所距離ダミー（～1.5 km）の係数が0.017（有意水準5%）、1.5～3.0kmの係数が0.013（有意水準5%）、3.0～4.5kmの係数が0.009（有意水準5%）、4.5～6.0kmの係数が0.010（有意水準10%）、6.0～7.5kmの係数が0.007であることから、農産物直売所への距離が遠くなるほどインパクトが減衰しており、農産物直売所の設置が露地野菜作農家率を1ポイント以上押し上げる範囲は、直売所から半径6 km程度と推定される。
4. 以上の結果に加えて、農産物直売所は露地野菜作農家率の低い地域で開設される傾向にあり（図1）、茨城県においては小規模産地に対して、地元農産物の販売の場を提供することにより、露地野菜生産を後押しし、地域の農家所得の増大に一定の役割を果たしてきたといえる。

[成果の活用面・留意点]

1. 本方法は、行政やJAが農産物直売所等を開設する（した）場合に、地元にとどの程度効果が見込めるか（あったか）を事前（事後）に検討（評価）する際に有効である。
2. 分析にはデータ解析環境R（R Development Core Team）を用いるため、研究者等の関与が必要である。

[具体的データ]

$$\Delta y = \alpha + \Delta X\beta + \lambda W\mu + \gamma \Delta treatment + \varepsilon$$

Δ は 2000 年と 2005 年の変化、 y は各集落の農産物直売所の効果指標、 α は切片、 X は外生変数ベクトル、 β は外生変数のパラメータベクトル、 λ は誤差項の空間的自己相関のパラメータ、 W は空間重み行列、 μ は空間的自己相関のある誤差項、 $treatment$ は農産物直売所距離ダミー変数であり、農産物直売所の影響は γ で表される。

式 1 空間エラーモデルの推定式

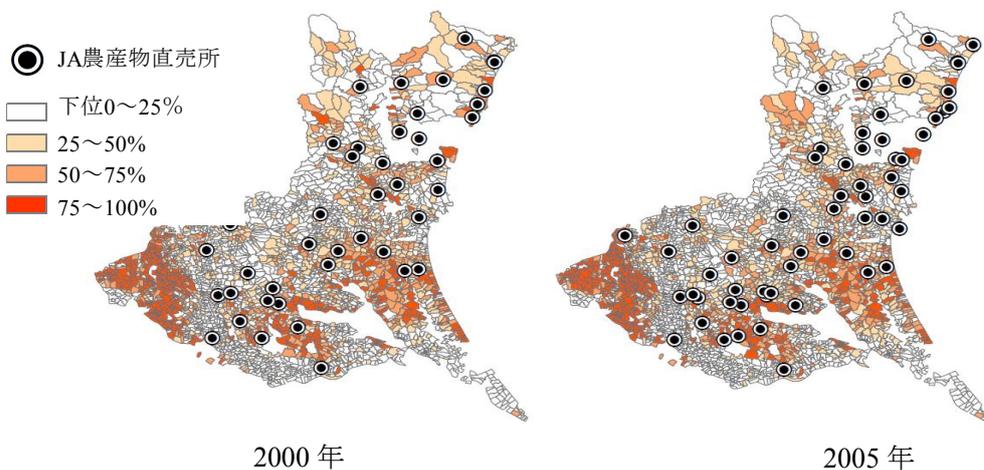


図 1 農産物直売所の立地と露地野菜農家率

注 1) 集落の色分けは、露地野菜農家率の高低を 4 四分位値ごとに区分したものである。

表 1 推定結果

	空間エラーモデル (10th Nearest-Neighbors)
定数項	0.005 (3.10)***
treatment	
農産物直売所距離ダミー(～1.5km)	0.017 (2.03)**
農産物直売所距離ダミー(1.5～3.0km)	0.013 (2.32)**
農産物直売所距離ダミー(3.0～4.5km)	0.009 (1.83)*
農産物直売所距離ダミー(4.5～6.0km)	0.010 (1.98)**
農産物直売所距離ダミー(6.0～7.5km)	0.007 (1.39)
集落属性	
専業農家率 (2005年－2000年)	0.007 (0.62)
65歳未満男子農家率 (2005年－2000年)	0.021 (1.99)**
経営耕地面積 (2005年－2000年)	-0.001 (-7.13)***
農家1戸当たり経営耕地面積(2005年－2000年)	0.018 (5.83)***
畑地経営耕地面積率 (2005年－2000年)	0.059 (4.05)***
λ (誤差項の空間的自己相関のパラメータ)	0.089 (2.31)**
サンプル数	3,284

注 1) 括弧内はt値。***は1%、**は5%、*は10%の有意水準。

注 2) 10th Nearest-Neighborsは、「i集落の重心からj集落の重心までの距離が10番目以内であれば1、そうでなければ0」とする空間重み行列である。

(中嶋晋作)

[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：2010-2011年度

研究担当者：中嶋晋作

発表論文等：中嶋ら (2011) 農業情報研究、23(3)：131-138

[成果情報名] 農産物中の放射性セシウムの簡易分析法の開発

[要 約] 空間線量率が屋外 0.2 $\mu\text{Sv/h}$ 、屋内 0.1 $\mu\text{Sv/h}$ 程度の環境放射線レベルで、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いて暫定規制値 (500 Bq/kg) を確実に下回る農産物をスクリーニングするには、適切な遮へい体の使用や測定装置の選択など、測定条件への配慮が必須である。

[キーワード] 大麦、放射性セシウム、簡易分析 NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ、遮へい体

[担当] 放射性物質影響ワーキンググループ

[代表連絡先] 電話 029-838-8008

[研究所] 食品総合研究所・食品安全研究領域・食品工学研究領域・食品素材科学研究領域・応用微生物研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

東日本大震災時の東京電力福島第一原子力発電所の事故で放出された放射性物質による食品の汚染で、事故から数ヶ月後に主として問題となる核種は、放射性セシウム (^{134}Cs と ^{137}Cs) である。しかし、厚生労働省の「緊急時における食品の放射能測定マニュアル」(平成 14 年) に、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いた放射性ヨウ素の簡易分析法は記載されているが、放射性セシウムに関するものはない。そこで、麦、米等の穀類の収穫シーズンに向けて、つくば市の環境放射線レベル (平成 23 年 7 月時点) 中で、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いた暫定規制値 (500 Bq/kg) を確実に下回る農産物をスクリーニングするための放射性セシウムの簡易分析法開発を目指したものである。

[成果の内容・特徴]

- 3 機種 NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いて測定した。バックグラウンド空間線量の計数率 (cps) は、図 1 に示すように遮へい体の使用により著しく低下する。厚さ 2cm の鉛による側面の遮へいを行うと、計数率は遮へいなしの時の値の 1/10 以下となり、その低下の割合は機種や検出器の結晶サイズに依存しない。なお、検出器の結晶サイズが大きくなると、入射する放射線量が増えるため、計数率は 1 インチの検出器に比べ 2 インチのほうが数倍大きい。
- 汚染大麦試料 (6 点) について、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータで測定した場合、図 2 に示すように各大麦試料に対する正味計数率 (試料の計数率 - バックグラウンド計数率) の平均値は、遮へい条件を変えても、試料の放射性セシウム (^{134}Cs と ^{137}Cs) 濃度 (Bq/kg) に対してほぼ直線的に増加する。しかし、1 インチから 2 インチへ検出器が大きくなると、正味計数率の感度が改善され、繰り返し測定標準偏差は小さくなる。さらに次式で求められる検出限界計数率も低くなる。

$$\text{検出限界計数率 } nd = \frac{k}{2} \left[\frac{k}{T_s} + \sqrt{\left[\frac{k}{T_s} \right]^2 + 4nb \left[\frac{1}{T_s} + \frac{1}{T_b} \right]} \right] \quad \begin{matrix} k=3 \\ \text{Kaiserの論理} \end{matrix}$$

T_s : 試料の測定時間 (s)、 T_b : バックグラウンド計測時間 (s)、 nb : バックグラウンド計数率 (cps)

- 平成 23 年 7 月のつくば市の環境放射線レベル (屋外 0.2 $\mu\text{Sv/h}$ 、屋内 0.1 $\mu\text{Sv/h}$) での NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いた農産物の放射性セシウムの確実なスクリーニングのためには、適切な遮へい体の使用や測定装置の選択などの配慮が必須である。

[成果の活用面・留意点]

本研究成果の掲載論文 PDF を学会の承諾を得て、食総研ホームページ上で公開している。平成 24 年 4 月施行予定の一般食品の新基準値 100Bq/kg への対応は、さらに検討を要する。

[具体的データ]

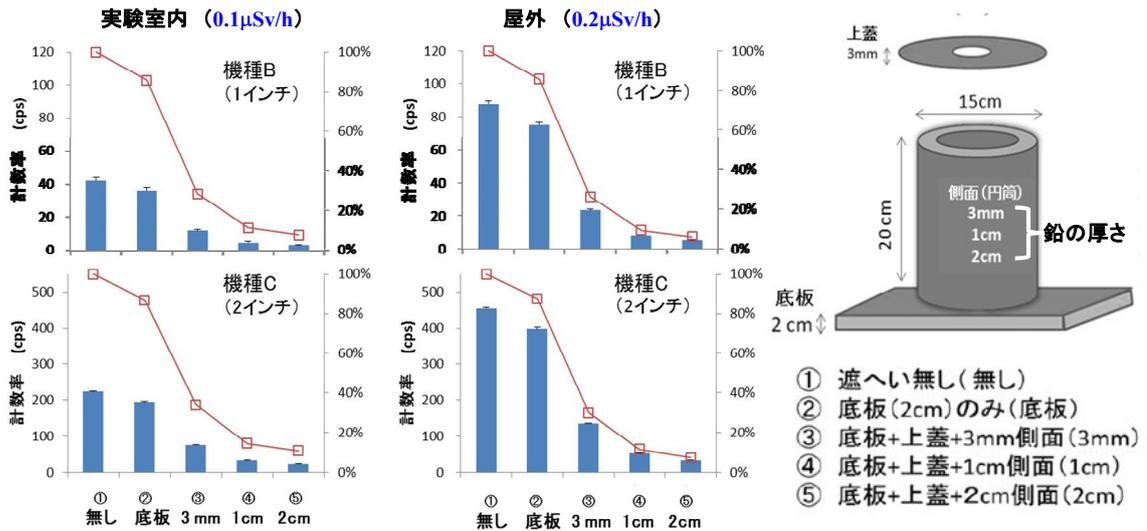


図1. 鉛遮へい容器の使用による空間線量の低減効果

青色柱は平均計数率を、白四角は遮へい無しでのバックグラウンド測定値に対する割合 (%) を示す。

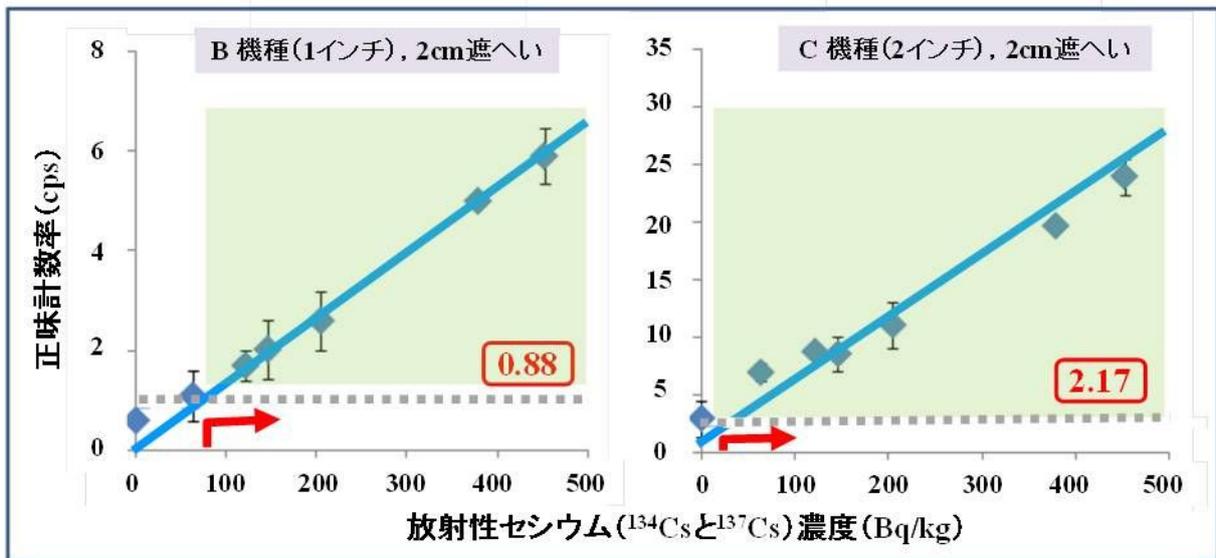


図2. 大麦試料の放射性セシウム濃度と正味計数率 (検出器の比較)

図中の破線 (数値) は、計測条件での検出限界計数率を表している。

(亀谷宏美、菘原昌司、根井大介、木村啓太郎、松倉潮、川本伸一、等々力節子)

[その他]

中課題名 :

中課題番号 :

予算区分 : 交付金

研究期間 : 2011年度

研究担当者 : 亀谷宏美、菘原昌司、根井大介、木村啓太郎、松倉潮、川本伸一、等々力節子、

発表論文等 : 亀谷宏美ら (2011) 日本食品科学工学会誌 58(9), 464-469

[成果情報名] 麦類の加工工程における放射性セシウムの動態解析

[要 約] 小麦と大麦試料それぞれ 8 点を用いて加工工程における放射性セシウムの動態解析を実施した。小麦におけるふすまの加工係数（玄麦に対するふすまの放射性セシウム濃度の比）の平均値は 2.26、小麦粉の加工係数の平均値は 0.29 である。大麦における麦ぬかの加工係数の平均値は 2.23、精麦の加工係数の平均値 0.57 である。

[キーワード] 麦類、麦ぬか・ふすま、製粉加工、放射性セシウム、加工係数

[担 当] 放射性物質影響ワーキンググループ

[代表連絡先] 電話 029-838-8008

[研 究 所] 食品総合研究所・食品安全研究領域・食品工学研究領域・食品素材科学研究領域・応用微生物研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

小麦から小麦粉、ふすま等への放射性セシウムの移行について、標準的な製粉機を用いた製粉における移行性を調査する。また、大麦の精麦および麦ぬかへの放射性セシウムの移行も調査する。

[成果の内容・特徴]

1. 供試した玄麦は大麦および小麦共に 8 点である。大麦の精麦と麦ぬかは、全国精麦工業協同組合連合会が精麦加工を行った試料である。小麦の製粉に使用した製粉機は、図 1 に示すようなビューラーテストミルである。玄麦を本機で製粉すると 1B、2B、3B、1M、2M、3M、小ぶすまと大ぶすまの計 8 画分が得られ、放射能測定に用いた小麦粉は 1B、2B、3B、1M、2M、3M 画分すべてを均質に混合したものである。ふすま（大ぶすまと小ぶすまの混合物）の放射能濃度は、大ぶすまと小ぶすまの重量割合および放射能濃度から算出している。
2. ゲルマニウム半導体検出器により、2L マリネリ容器を使用して精密放射能分析を行っている。いずれの玄麦、精麦、麦ぬか、小麦粉、大ぶすま、小ぶすまとも、放射性ヨウ素は検出下限未満である。
3. 図 2 に示すように、小麦において、玄麦とふすま、玄麦と小麦粉の放射性セシウム濃度の間に高い正の相関関係があり、相関係数は、それぞれ、 $r = 0.988$ 、 $r = 0.954$ である。大麦でも同様であり、玄麦と麦ぬか、玄麦と精麦の放射性セシウム濃度の間の相関係数は、それぞれ、 $r = 0.975$ 、 $r = 0.935$ である。
4. 小麦におけるふすまの加工係数（玄麦に対するふすまの放射性セシウム濃度の比）の平均値は 2.26、小麦粉の加工係数の平均値は 0.29 である。大麦における麦ぬかの加工係数の平均値は 2.23、精麦の加工係数の平均値 0.57 である。

[成果の活用面・留意点]

1. 測定解析データを農林水産省行政部局に「大麦・小麦の放射性物質の動態解析報告書（小麦粉・ふすま、精麦・麦ぬかへの加工係数の算定）」として平成 23 年 8 月 19 日に提出している。
2. 平成 23 年 9 月 13 日通知「平成 23 年産麦に由来するふすま及び麦ぬかの取扱いについて」（23 消安第 3 2 2 4 号、23 生産第 4 4 9 9 号、23 水推第 5 4 5 号）に記載された安全を見込んだ麦のふすま・麦ぬかへの加工係数「3」の算出に活用されている。

[具体的データ]

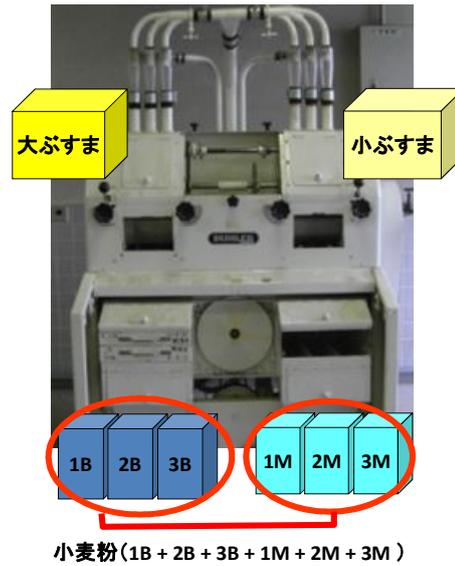


図 1. ビューラーテストミル

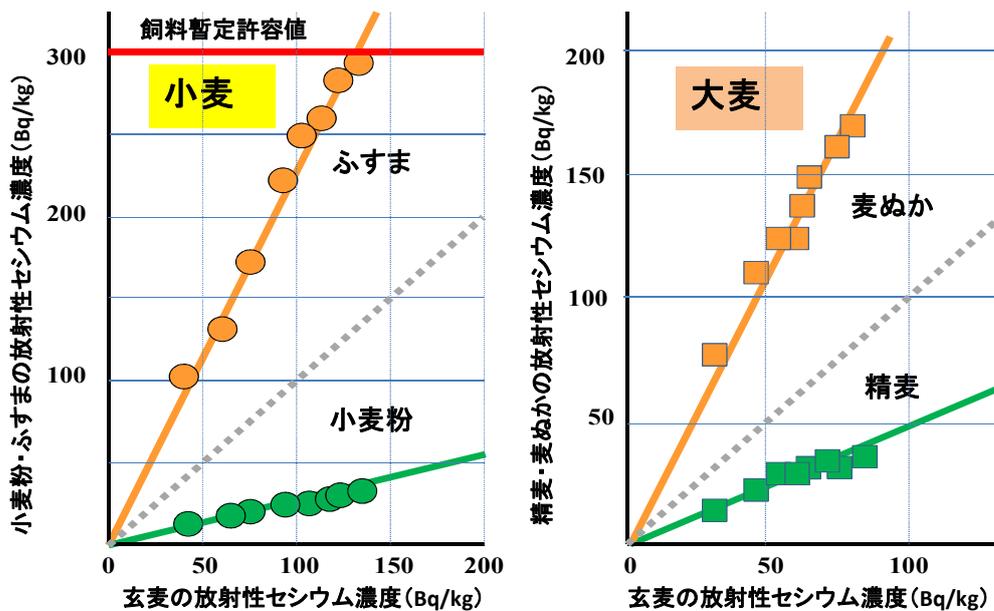


図 2. 小麦・大麦における玄麦と各加工画分の放射性セシウム濃度の相関関係

(木村啓太郎、松倉潮、川本伸一、菘原昌司、岡留博司、等々力節子、亀谷宏美、根井大介)

[その他]

中課題名：

中課題番号：

予算区分：交付金

研究期間：2011年度

研究担当者：木村啓太郎、松倉潮、川本伸一、菘原昌司、岡留博司、等々力節子、亀谷宏美、根井大介

発表論文等：なし

3) 関連資料

「食品安全信頼」、「食品機能性」、「加工流通プロセス」以外の
大課題評価会議で承認された成果情報

[成果情報名] プロアントシアニンフリー大麦系統の子実には蓄積されるフラボノイド

[要 約] プロアントシアニンフリー遺伝子 *ant13*、*ant17*、*ant22* を持つ「ニシノホシ」の準同質遺伝子系統は、その子実に、様々な機能性を有する tricin (トリシン) を高濃度に蓄積する。

[キーワード] オオムギ、プロアントシアニンフリー遺伝子、フラボノイド、トリシン

[担 当] 作物開発・利用・大麦品種開発・利用

[代表連絡先] 電話 0942-52-0670

[研 究 所] 九州沖縄農業研究センター・水田作園芸研究領域

[分 類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

大麦子実の種皮には、抗酸化活性をはじめとする様々な機能性を示すことで知られるフラボノイドやプロアントシアニンが含まれている。プロアントシアニンフリー遺伝子はフラボノイドの生合成経路を改変し、特に *ant17* および *ant22* (flavanone 3-hydroxylase の不活性化に関与) はカテキンおよびプロアントシアニンを蓄積しないが homoeriodictyol (3) および chrysoeriol (7) を蓄積することが明らかにされている。しかし、プロアントシアニンフリー遺伝子を持つ大麦系統に蓄積されるフラボノイドの探索は十分に行われていない。本研究では、日本の主要品種「ニシノホシ」を遺伝的背景とするプロアントシアニンフリー遺伝子の準同質遺伝子系統「ニシノホシ (*ant13*)」、「ニシノホシ (*ant17*)」、「ニシノホシ (*ant22*)」(ニシノホシ (遺伝子記号) で表記) に蓄積される有用なフラボノイドを明らかにする。

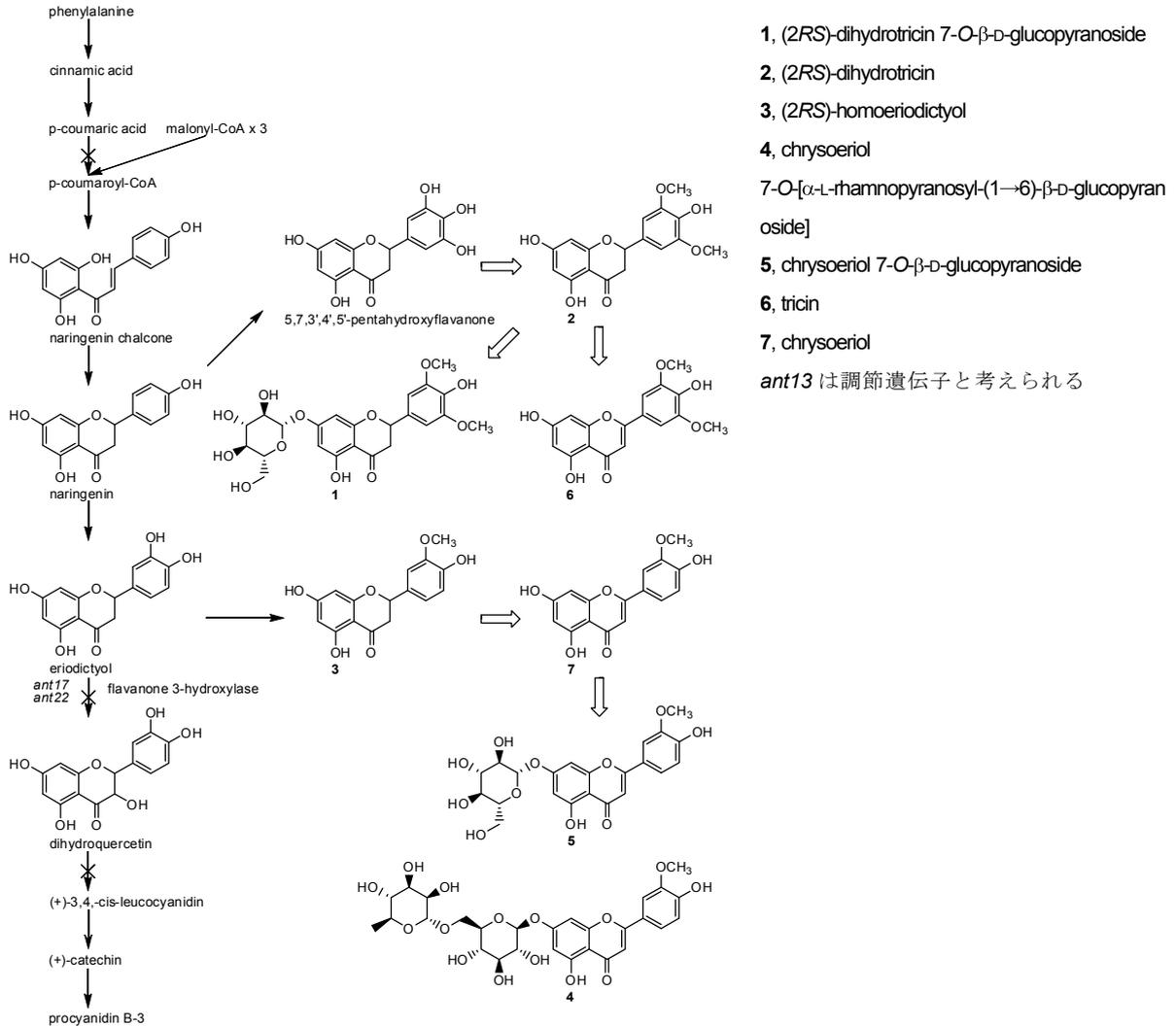
[成果の内容・特徴]

1. 「ニシノホシ (*ant13*)」、「ニシノホシ (*ant17*)」、「ニシノホシ (*ant22*)」の子実をメタノールで抽出し、その抽出物を酢酸エチルと水とで溶媒分画し、酢酸エチル画分を C₁₈ HPLC (高速液体クロマトグラフィー) で分離・精製することにより、新規フラバノン (2*RS*)-dihydrotricin 7-*O*-β-D-glucopyranoside (1)、既知フラバノン (2*RS*)-dihydrotricin (2)、(2*RS*)-homoeriodictyol (3)、既知フラボン chrysoeriol 7-*O*-[α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside] (4)、chrysoeriol 7-*O*-β-D-glucopyranoside (5)、tricin (6)、chrysoeriol (7) (図 1) を単離できる。
2. 様々な機能性を示す tricin (6) の含有量は、「ニシノホシ (*ant13*)」、「ニシノホシ (*ant17*)」、「ニシノホシ (*ant22*)」では「ニシノホシ」の約 2 倍で、これらの準同質遺伝子系統を除くと、「ニシノホシ」が最も高く、次いで日本の代表的な品種「あまぎ二条」、北米の代表的な品種「Harrington」の順である(表 1)。
3. 「ニシノホシ」を遺伝的背景とするプロアントシアニンフリー遺伝子、*ant18*、*ant19*、*ant25*、*ant26*、*ant27*、*ant28*、*ant29* の準同質遺伝子系統では、その子実における 1-7 のフラボノイドの含有量は「ニシノホシ」と差がない。
4. 「ニシノホシ (*ant13*)」、「ニシノホシ (*ant17*)」、「ニシノホシ (*ant22*)」における tricin (6) の蓄積は、eriodictyol から dihydroquercetin を経由し catechin へ通じる生合成経路をブロックした結果、ニシノホシに備わっていた tricin (6) へ通じる経路に基質が多く流入することにより引き起こされる(図 1)。

[成果の活用面・留意点]

1. プロアントシアニンフリー遺伝子 *ant13*、*ant17*、*ant22* を有する大麦系統およびフラボノイド(1-7)の機能性に関する基礎的な知見として利用できる。
2. tricin (6) には抗癌活性、抗酸化活性、抗ヒスタミン活性、抗ウイルス活性、神経保護作用が報告されており、その生産にこれらの準同質遺伝子系統が利用できる。

[具体的データ]



- 1, (2RS)-dihydrotricin 7-O-β-D-glucopyranoside
 - 2, (2RS)-dihydrotricin
 - 3, (2RS)-homoeriodictyol
 - 4, chrysoeriol
 - 7-O-[α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside]
 - 5, chrysoeriol 7-O-β-D-glucopyranoside
 - 6, tricin
 - 7, chrysoeriol
- ant13 は調節遺伝子と考えられる

図1 大麦由来のフラボノイド(1-7)の構造およびその推定される生合成経路

表1 異なる大麦品種・系統の子実におけるフラボノイド(1-7)の含有量

品種・系統	フラボノイド						
	1	2	3	4	5	6	7
	mg/kg dry weight						
ニシノホシ(<i>ant13</i>)	165 ± 1 ^a	62 ± 1	6 ± 0	224 ± 3	128 ± 2	42 ± 1	28 ± 1
ニシノホシ(<i>ant17</i>)	169 ± 7	53 ± 2	6 ± 0	229 ± 4	126 ± 2	40 ± 1	24 ± 1
ニシノホシ(<i>ant22</i>)	135 ± 1	38 ± 0	5 ± 0	228 ± 2	162 ± 1	39 ± 1	24 ± 1
ニシノホシ	nd ^b	nd	nd	nd	nd	21 ± 0	nd
あまぎ二条	nd	nd	nd	nd	nd	16 ± 0	nd
Harrington	nd	nd	nd	nd	nd	7 ± 0	nd

^a 値は平均値 ± SE。 ^b 不検出。

(中野 洋)

[その他]

中課題名：需要拡大に向けた用途別高品質・安定多収大麦品種の育成

中課題番号：112e0

予算区分：交付金

研究期間：2008～2011年度

研究担当者：中野洋、河田尚之、吉田充、小野裕嗣、岩浦里愛、塔野岡卓司

発表論文等：Nakano et al. 2011. J. Agric. Food Chem. 59, 9581-9587.

[成果情報名] サトウキビの低温アルカリ(LTA)前処理による六炭糖回収とバイオエタノール製造

[要約] サトウキビ搾汁液中の六炭糖だけでなく、バガス繊維質中の六炭糖も回収して原料からのバイオエタノール製造量を増すため、バガスを室温下で水酸化ナトリウム前処理した後に繊維質を酵素糖化し、得られた糖化液を搾汁液と合わせて通常の酵母で発酵する。

[キーワード] サトウキビ、バイオエタノール、LTA 法、六炭糖

[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、スイートソルガムなどのように、茎部に糖液を含むバイオエタノール原料は、発酵技術に課題を有する五炭糖 (C5) の量が六炭糖 (C6) と比較して少ないことから、C5 を発酵に使わず、通常の酵母で発酵可能な C6 のみを用いたバイオエタノール製造が有効と考えられる。そこで、本研究では、サトウキビ茎部の搾汁により得られる糖液 (ショ糖、ブドウ糖及び果糖: 125 g/kg 生茎程度) に加えて、搾汁後のバガスの繊維質中に含まれるセルロース由来のブドウ糖 (49.0 g/kg 生茎程度) も効率的に回収・利用し、茎部に含まれる C6 のほぼ全量を用いた発酵が可能なバイオエタノール製造工程を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 本技術は、サトウキビ茎部の搾汁後に得られるバガスを粉碎後、水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液中で室温前処理 (LTA: Low Temperature Alkali pretreatment) し、得られた繊維質中のセルロースを酵素糖化して C6 のブドウ糖を効率的に回収した後、これを搾汁液とともに発酵することを特徴とするバイオエタノール製造技術である (図 1)。
2. サトウキビ「農林 8 号」のバガスを粉碎後、25 °C で NaOH 水溶液に 1 時間浸漬し、褐色のスラリーを得る。これを固液分離して得た固形分 (繊維質) を水洗浄した後、1 N 塩酸を用いて pH4.8 に調整し、50 mM クエン酸ナトリウム緩衝液 (pH4.8) 中、50 °C でセルラーゼ製剤及び β -グルコシダーゼ製剤により酵素糖化を行う。2-3 M の最適濃度の NaOH で 24 時間処理した後のグルカン糖化率は最大で 90 % 前後となる (図 2)。
3. サトウキビ茎部 (2 kg) の搾汁後に副生するバガスを NaOH (2.5 M、25 °C、16 時間) 処理し、洗浄・中和後の繊維質を 72 時間酵素糖化した後に、搾汁液と合わせてアルコール酵母 (*Saccharomyces cerevisiae* NBRC 0224) を用いて 30 °C で発酵を行う。その結果、15 時間後には、添加基質から 90 % の収率で 4.4 % (v/v) のエタノール溶液が得られる (図 3)。サトウキビ茎部の糖液とセルロース中の C6 総量から換算すると、88 % のエタノール収率となる。

[成果の活用面・留意点]

1. 本技術は、茎に糖液を蓄積するサトウキビ、スイートソルガム等からのバイオエタノール製造への適用が期待される。また、非組換え酵母を用いるため、微生物管理・制御が容易であり、蒸留残渣の圃場還元等を検討する際の障壁が少ないと考えられる。
2. 本技術は、ワラなどの草本系原料に対して有効であるが、木質系原料では 160 °C 前後の高温条件下での前処理が必要となる。複数原料を用いたプラントの周年稼働を計画する場合には、原料選定に注意が必要である。
3. LTA 前処理・固液分離後に得られる液分 (黒液) については、パルプ産業技術を活用することにより、溶出するリグニン、ヘミセルロース等の有機物から燃焼エネルギー回収・残渣処理しつつ、NaOH を回収・再利用することができる。

[具体的データ]

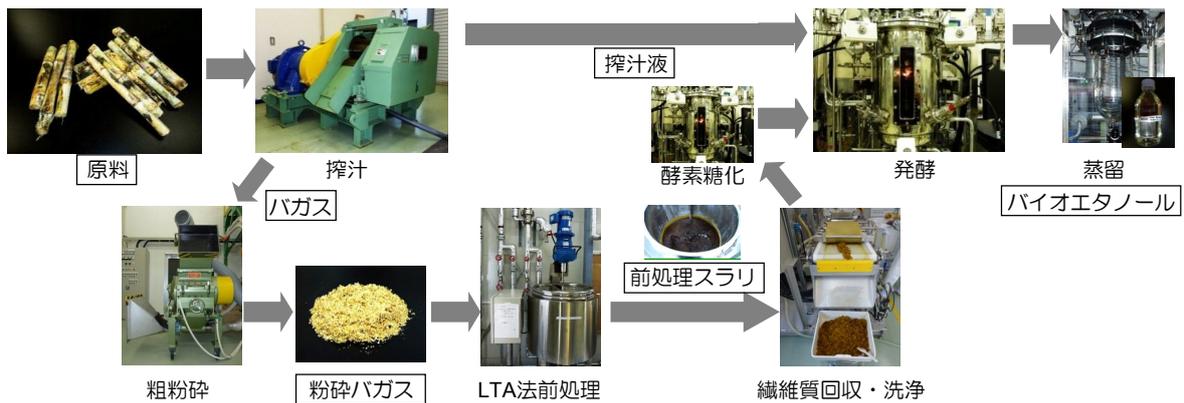


図1. LTA 法によるサトウキビ茎部からのバイオエタノール製造工程の概要図

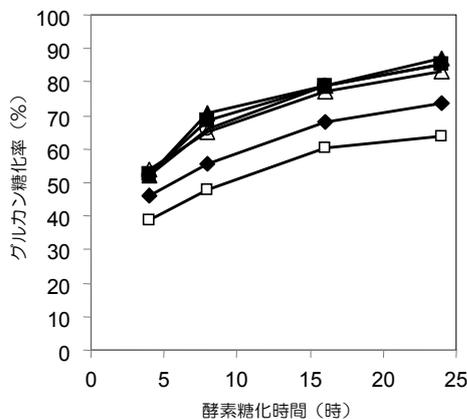


図2. サトウキビパガスのアルカリ前処理 (1時間) の条件と処理後に得られる繊維質グルカンの酵素糖化率との関係
 □ ; 1 M NaOH・25 °C、◆ ; 2 M NaOH・25 °C、
 △ ; 3 M NaOH・25 °C、○ ; 4 M NaOH・25 °C、
 ■ ; 5 M NaOH・25 °C、▲ ; 5 M NaOH・50 °C.

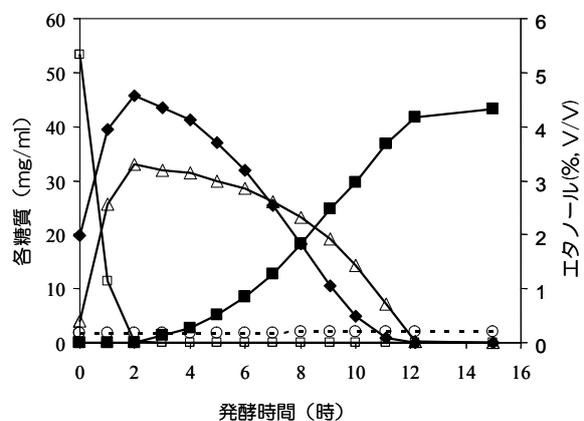


図3. サトウキビ搾汁液とパガス加水分解液の混合物を用いた発酵によるエタノール生産量の変化
 □ ; ショ糖、◆ ; ブドウ糖、△ ; 果糖、
 ○ ; キシロース、■ ; エタノール.

(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 : 2007 年度~2011 年度

研究担当者 : 徳安健、池正和、我有満、高井智之、石川葉子、武龍、荒金光弘、寺島義文 (国際農研)、和田昌久 (東京大学)

発表論文等 : 1) 武龍ら: *Bioresour. Technol.* (2011) 102, 4793-4799

2) 武龍ら: *Bioresour. Technol.* (2011) 102, 11183-11188

[成果情報名] 多様なエタノール変換プロセスに対応可能な糖化酵素生産システムの構築

[要 約] 複数の可溶性糖質の混合比や供給量を制御しつつ連続添加培養を行い、リグノセルロース糖化酵素を生産・回収するための新システムは、多様なエタノール変換プロセスに対応した糖化酵素の安定的生産・供給を可能とする。

[キーワード] リグノセルロース、バイオエタノール、糖化酵素生産、生産酵素組成制御

[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]

セルロース系バイオマス原料を用いて 100 円/L 程度の低コストでバイオエタノールを製造するためには、リグノセルロース糖化酵素の生産コストを大幅に低減する必要がある。糖化酵素は種々の特性を有する酵素群から構成されており、*Trichoderma reesei* 等の糖化酵素生産微生物をセルロース等の炭素源を用いて培養することで生産される。一方で、バイオマス原料の特性や前処理法により、効率的糖化に必要となる酵素群の組成は異なる。このため、原料特性や前処理法に対応した糖化酵素群を効率的に生産・供給するためのシステムの構築は非常に重要である。そこで、種々の可溶性糖質混合液を連続的に添加しつつ培養（連続添加培養）して生産される酵素群の特性を解析し、多様な原料や前処理法に応じて生産調節が可能な、効率的な糖化酵素生産システムを開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 既に開発している *Trichoderma reesei* M2-1 株（グルコース存在下で効率的なセルラーゼ生産が可能な変異株）を用い、グルコース等の可溶性糖質混合液を連続的に添加しつつ培養を行うことによる酵素生産システムであり、糖質混合液の組成と供給量等の添加様式を調節することで生産酵素群（酵素カクテル）の組成を制御することが可能となる。
2. 3 種類の糖質混合液（A.グルコース：セロビオース（混合比 6:1）、B.グルコース：キシロース：セロビオース（同 3:3:1）、C.グルコース：キシロース：アラビノース：セロビオース（同 6:3:3:2））各々を用いて約 55 g/日の速度で連続供給しつつ、変異株 M2-1 を培養した場合、すべての生産酵素カクテルのタンパク質濃度は 50～60 g/L であり、セルロース分解酵素活性はほぼ同等となる（図 1）。
3. 混合液 B または C で生産された酵素カクテルのヘミセルロース分解活性は、混合液 A と比較して 2 倍以上高く、特に混合液 C では α -L-アラビノフラノシダーゼ活性が 5 倍以上高い（図 1）。
4. 糖質混合液 B や C を用いて生産した酵素カクテルが水酸化カルシウム処理稲わらを分解する能力は、市販酵素製剤混合液と比較して 3～4 割程度高い（図 2）。

[成果の活用面・留意点]

1. 可溶性糖質混合液としては、セルロース系バイオマス糖化物や澱粉水解物等の低コスト・低純度の糖液の利用も可能と予想される。ただし、このような糖液を用いる際、夾雑成分が酵素カクテルの品質や生産量に及ぼす正負の効果を検証する必要がある。
2. 多様な原料や前処理法に対応した糖化酵素生産が可能となることから、異なる原料を用いる周年稼働型エタノール生産プラントにおけるオンサイト酵素生産への活用が想定される。
3. 本技術を用いた酵素生産培養の（半）連続化が可能となれば、培養槽や生産酵素保管設備などの縮小にも繋がり、より一層の酵素生産コスト低減が期待できる。

[具体的データ]

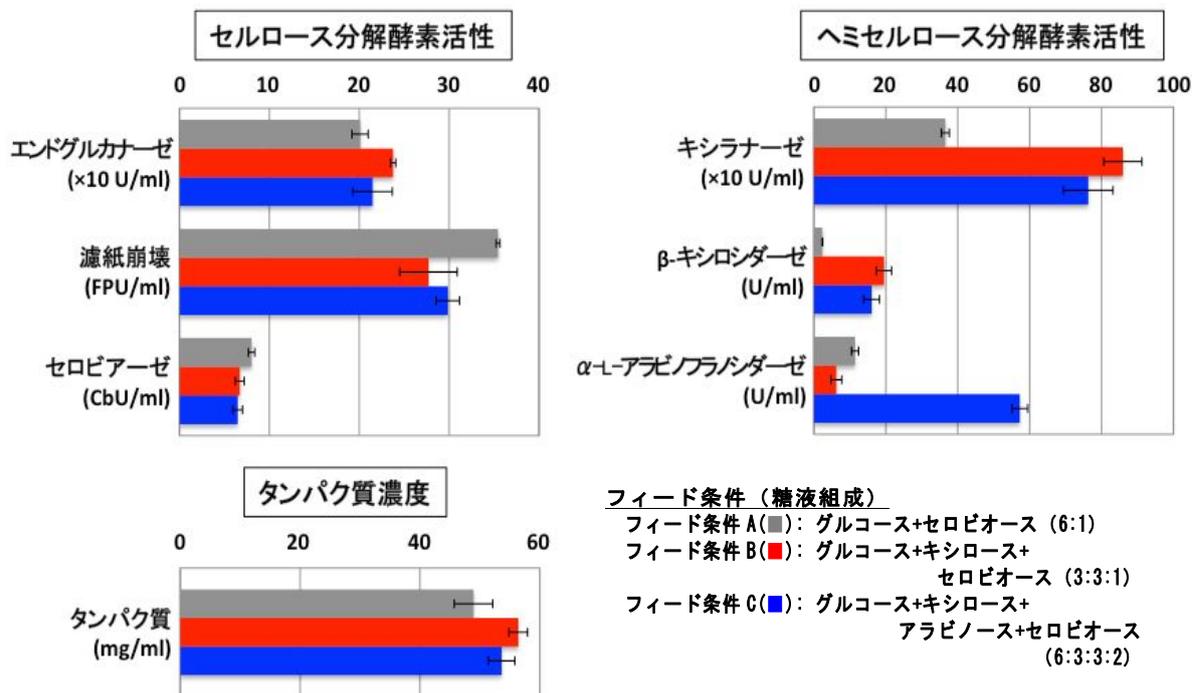


図1. 3種類の糖質混合液を用いて生産した酵素カクテルの活性比較
 菌株: *Trichoderma reesei* M2-1 株、炭素源添加速度: 約 55 g/日、酵素生産日数: 7 日間

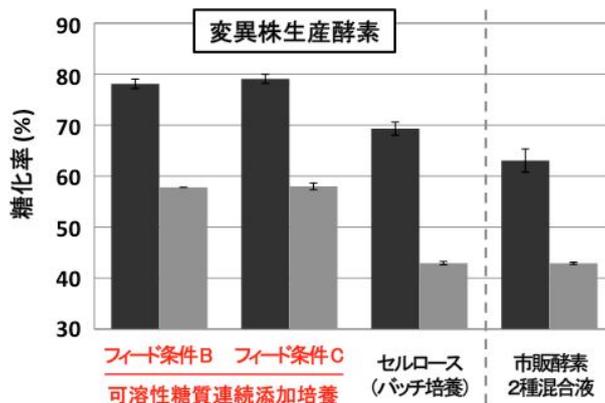


図2. 変異株生産酵素及び市販酵素混合液による水酸化カルシウム処理稲わら糖化効率の評価
 生産酵素または市販酵素混合液 (6 FPU/g-稲わら) + β-グルコシダーゼ (15 CbU/g-稲わら)
 糖化反応: 50 °C、24 時間、■: グルカン糖化率、■: キシラン糖化率
 *市販酵素混合液 (セルラーゼ製剤+グルカナーゼ/ヘミセルラーゼ製剤)

(池正和、徳安健)

[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 : 2007 年度~2011 年度
 研究担当者 : 池正和、徳安健
 発表論文等 : 池正和ら: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*(2010) 87, 2059-2066

**食品試験研究成果情報
第24号**

平成24年3月30日 印刷 平成24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ください。