

平成 26 年度  
食品試験研究  
成果情報

第 27 号

平成 27 年 3 月



農 研 機 構  
食品総合研究所





## まえがき

食品総合研究所では、農研機構における食品関連の三つの研究課題、すなわち、「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)」の推進責任研究所として、これらの研究課題の運営管理を行っている。

平成26年度に実施したこれらの研究を中心に、行政・普及機関、公立試験研究機関、生産者、民間企業にとって直接的に利用可能で、普及が大いに期待できる「普及成果情報」ならびに、その内容が、今後の研究や技術開発を進める上で非常に有用な基礎・基盤情報になりうる成果や改良が必要だが将来的に有望な成果を、「研究成果情報」として選定した。

「普及成果情報」として選定された、「「コシヒカリ新潟BL」の迅速判別手法の開発・分析キットの実用化」、「タマネギ中のケルセチン分析法の室間再現性試験の解析結果」、「高アントシアニン茶「サンルージュ」を利用したエディブルティードレッシングの開発」、「葉の黄化抑制も可能なユリ香り抑制剤」、「近赤外分光法を用いるトマト糖度非破壊計測時の推定精度改善」、「アクアガスバインダによる食品粉末の造粒技術」の6課題を掲載するとともに、「研究成果情報」として選定された34課題も併せて収載した。

農研機構は、平成27年4月1日より、国立研究開発法人として、より産業に繋がる研究を目指す法人に生まれ変わることから、これらの成果情報が、これまで以上に農業・食品分野における研究や技術開発に貢献できれば幸いである。

平成27年3月

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

## 平成26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 「コシヒカリ新潟BL」の迅速判別手法の開発・分析キットの実用化(180d0)	2
食品総合研究所・食品素材科学研究領域	
2 タマネギ中のケルセチン分析法の室間再現性試験の解析結果(310a0)	4
食品総合研究所・食品機能研究領域	
3 高アントシアニン茶「サンルージュ」を利用したエディブルティードレッシングの開発(310c0)	6
野菜茶業研究所・茶業研究領域	
4 近赤外分光法を用いるトマト糖度非破壊計測時の推定精度改善(330a0)	8
野菜茶業研究所・野菜病虫害・品質研究領域	
5 葉の黄化抑制も可能なユリ香り抑制剤(330a0)	10
花き研究所・花き研究領域	
6 アクアガスバインダによる食品粉末の造粒技術(330c0)	12
食品総合研究所・食品工学研究領域	
2) 研究成果情報	
1 赤かび病菌感染コムギにおいて濡れ時間はかび毒蓄積リスクの評価指標になる(180a0)	14
近畿中国四国農業研究センター・水田作研究領域	
2 新規に同定されたトウモロコシ赤かび病菌 <i>Fusarium asiaticum</i> (180a0)	16
九州沖縄農業研究センター・生産環境研究領域	
3 国産めん用小麦の加工工程におけるかび毒ニバレノール(NIV)の動態(180a0)	18
食品総合研究所・食品安全研究領域	
4 塩化カルシウム土壌抽出法による野菜可食部カドミウム濃度の品目間差異の推定(180b0)	20
東北農業研究センター・生産環境研究領域	
5 定量PCR法を活用した食中毒菌の増殖特性評価(180c0)	22
食品総合研究所・食品安全研究領域	
6 遺伝子組換えイネ検出のためのイネ種共通内在性配列の検討(180d0)	24
食品総合研究所・食品分析研究領域	
7 リスク情報の理解度に影響する説明表示法(180d0)	26
食品総合研究所・食品機能研究領域	
8 <i>FMP21</i> 遺伝子の発現量増加は出芽酵母の高温耐性を強化する(220c0)	28
食品総合研究所・応用微生物研究領域	
9 ダイズ・大豆食品のイソフラボン分析法の改良と妥当性確認(310a0)	30
食品総合研究所・食品機能研究領域	
10 寒締め栽培によりホウレンソウのフラボノイドと抗酸化能は増加する(310b0)	32
東北農業研究センター・生産基盤研究領域	
11 小麦ふすま「自己消化物」の非アルコール性脂肪性肝炎モデル動物に対する効果(310b0)	34
近畿中国四国農業研究センター・作物機能開発研究領域	
12 カリフラワーのスプラウトはビタミンCが多く受光量に伴い含量は向上する(310b0)	36
九州沖縄農業研究センター・作物開発・利用研究領域	
13 LC-MS/MSを用いたトマトのオスモチン様タンパク質Protein NP24の定量法(310b0)	38
食品総合研究所・食品機能研究領域	

14	$\beta$ -クリプトキサンチンはマウスの非アルコール性脂肪肝炎の炎症を抑制する(310b0).....	40
	食品総合研究所・食品機能研究領域	
15	カルシウムが強化され粘度安定性に優れた馬鈴薯澱粉の製造(310b0).....	42
	北海道農業研究センター・畑作基盤研究領域	
16	紫外線照射に起因する皮膚障害に対する芳香族ピルビン酸の防御効果(310c0).....	44
	畜産草地研究所・畜産物研究領域	
17	水出し緑茶に含まれるエピガロカテキンのマクロファージ食作用活性増強メカニズム(310c0).....	46
	野菜茶業研究所・茶業研究領域	
18	ノビレチン等ポリメキシフラボンはナチュラルキラー細胞を活性化する(310c0).....	48
	近畿中国四国農業研究センター・作物機能開発研究領域	
19	ヒト甘味受容体の細胞膜表面への移動の仕組み(310d0).....	50
	食品総合研究所・食品機能研究領域	
20	動物行動学実験に基づいた甘味ブレンド効果の客観的評価(310d0).....	52
	食品総合研究所・食品機能研究領域	
21	オーキシンはモモの成熟後期における軟化を誘導する(330a0).....	54
	果樹研究所・栽培・流通利用研究領域	
22	エチレン非依存性花きの老化を制御する新規遺伝子の特定(330a0).....	56
	花き研究所・花き研究領域	
23	ハボタンの臭気成分とその発生要因(330a0).....	58
	花き研究所・花き研究領域	
24	プロテオミクスによる骨格筋細胞分泌因子の解析(330a0).....	60
	畜産草地研究所・畜産物研究領域	
25	澱粉の酵素分解性に対するキサンタンガムの制御機構の解明(330b0).....	62
	食品総合研究所・食品工学研究領域	
26	穀物の粉の吸水特性を改変する方法の開発(330b0).....	64
	食品総合研究所・食品素材科学研究領域	
27	増粘剤を使用しないグルテンフリー米粉パンの製造基盤技術(330b0).....	66
	食品総合研究所・食品素材科学研究領域	
28	NF膜によるクランベリー果汁からの安息香酸回収(330c0).....	68
	食品総合研究所・食品工学研究領域	
29	ESRスピントラップ法による油中ラジカルの簡易・迅速計測(330c0).....	70
	食品総合研究所・食品安全研究領域	
30	蛍光指紋イメージングによるグルテン・澱粉・バターの3成分分布の同時可視化(330c0).....	72
	食品総合研究所・食品工学研究領域	
31	短波帯交流電界処理による味噌酵素の失活(330c0).....	74
	食品総合研究所・食品工学研究領域	
32	乳酸菌のキシラン及びムチンへの付着(330d0).....	76
	食品総合研究所・応用微生物研究領域	
33	酵素剥皮技術で加工したウンシュウミカンの市場受容性(330e0).....	78
	中央農業総合研究センター・農業経営研究領域	
34	うどんの加工・調理における放射性セシウムの加工係数(510b0).....	80
	食品総合研究所・放射性物質影響研究コーディネーター、食品分析研究領域	

## 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]「コシヒカリ新潟 BL」の迅速判別手法の開発・分析キットの実用化

[要約]米粒試料から直接 DNA を抽出し、それを遺伝子検査試薬に加え保温するだけで、1 時間以内に「コシヒカリ新潟 BL」の真偽を判別することができる。本分析法を用いることで、「コシヒカリ新潟 BL」の品種検査の迅速化・省力化が期待される。

[キーワード]品種判別、LAMP 法、「コシヒカリ新潟 BL」

[担当]食品安全信頼・信頼性確保

[代表連絡先]電話 029-838-7991

[研究所名]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]

米の品種は、JAS 法で義務づけられた精米・玄米だけにとどまらず、様々な米加工品にも表示され、消費者の商品選択の重要な指標となっている。また、米の流通加工事業者による製品の品質保証や、種苗の管理などにも品種の情報が利用されている。中でも新潟県産コシヒカリ（「コシヒカリ新潟 BL」）は高値で取引されるため、品種の真偽を確かめる品種識別の需要が高いが、PCR を利用した従来の分析法では、通常全工程に 4～5 時間を要するため、直ちに、オンサイトで結果を確認する必要がある流通加工事業者などにとってはそのニーズを十分に満たせていない。そこで、LAMP（Loop-mediated isothermal AMPlification）法という新たな遺伝子検査法を利用して、「コシヒカリ新潟 BL」の品種判別の迅速化・省力化を図る。

### [成果の内容・特徴]

1. 玄米・精米・炊飯米を粉砕なしに直接処理する DNA 抽出工程（約 10 分）、DNA を LAMP 検査液に加えた後 63℃で 40 分保温する遺伝子増幅工程、反応後の検査液の蛍光発色による結果判定の各工程からなり、全工程をあわせて 1 時間以内に分析が終了する（図 1）。
2. 試験管ミキサー、卓上簡易遠心機、ヒートブロック等の恒温器、UV 照射器といった汎用性が高く安価な機器のみで分析が可能で、従来の PCR 法の半分以下の初期投資で導入できる。
3. 従来の PCR 法に比べ分析時間を 5 分の 1 に削減できるため、時間当たりの検査点数の大幅な増加、さらには分析にかかる人件費の抑制が期待される。また、従来手法では時間的に困難であった精米・炊飯等加工品の出荷前検査にも対応できるため、製品出荷後のリコールリスクを低減できる。
4. 結果判定は、2 種類の遺伝子検査液の蛍光発色結果の組み合わせによって行い、一部の例外を除いて、新潟県産コシヒカリ（「コシヒカリ新潟 BL」）のみ（図 2：パターン I）、新潟県産コシヒカリに他県産コシヒカリもしくは他品種の混入あり（同 II）、他県産コシヒカリもしくは他品種のみ（同 III）の 3 通りを定性的に判定できる。

### [普及のための参考情報]

1. 普及対象：米の流通加工事業者、分析機関、種苗管理団体
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：全国
3. その他：「新潟県産コシヒカリ LAMP 判別キット（仮）」を 2015 年に株式会社ニッポンジーンより発売予定。

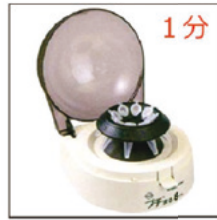


[具体的データ]

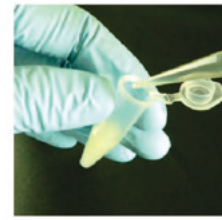
1. DNA抽出



米粒に抽出液①を加え、激しく攪拌



水層の一部を回収抽出液②と混合し遠心



上澄み（粗抽出DNA）を回収

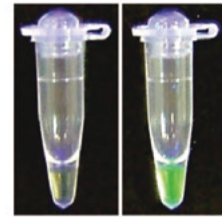
2. 遺伝子増幅～結果判定



粗抽出DNAをLAMP検査液に添加



ヒートブロック等で保温



紫外線照射による蛍光発色で判定

図1 開発した技術の分析手順

発色パターン	I	II	III
検査液①	 陽性	 陽性	 陰性
検査液②	 陰性	 陽性	 陽性
判定	新潟県産コシヒカリ	他県産コシヒカリ・ 他品種が混入	他県産コシヒカリ・ 他品種

図2 結果判定例

(岸根雅宏、奥西智哉)

[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

研究期間：：2011～2014年度

研究担当者：岸根雅宏、奥西智哉

発表論文等：

1)岸根、奥西(2011)日食科工誌、58(12):591-596

2)岸根、奥西「新潟県産コシヒカリの判定法およびそれに用いられるプライマーセット」特開 2014-230526 (2014年12月11日)

**[成果情報名]タマネギ中のケルセチン分析法の室間再現性試験の解析結果**

**[要約]**タマネギ中のケルセチンを塩酸酸性メタノール抽出し、加水分解後に HPLC 分析する方法であり、室間再現性試験で妥当性が確認されており信頼性が高い。本分析法により、育成品種「クエルゴールド」は他品種よりもケルセチン含量が多いことを証明できる。

**[キーワード]**ケルセチン、タマネギ、妥当性確認、室間再現性試験

**[担当]**食品機能性・機能性評価標準化技術

**[代表連絡先]**電話 029-838-7991

**[研究所名]**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]**

ケルセチンは脂質代謝改善や骨粗鬆症予防など様々な生体調節機能を有することが、ヒトあるいは動物を用いた試験により明らかになっている。タマネギはケルセチン配糖体を多く含み、食事からのケルセチン摂取におけるタマネギの寄与は大きいことから、ケルセチン高含有品種の開発とその上市が望まれている。一方で、タマネギ中のケルセチン量を測定する信頼性が高い分析法は報告されていない。タマネギ試料のケルセチン含有量測定を複数試験室で行った結果を比較し、妥当性の確認されたタマネギ中のケルセチン量の分析法を開発することを目的とする。

**[成果の内容・特徴]**

1. タマネギ凍結乾燥粉末を測定対象とし、塩酸酸性メタノールを用い、抽出・加水分解した後に高速液体クロマトグラフィーにより総ケルセチンを定量する方法である（図1）。得られる測定値は、ケルセチンアグリコン相当量となる。本分析法の添加回収率はアメリカ化学会ガイドラインの許容範囲内である。均質性を統計的に確認したタマネギ凍結乾燥粉末2種を非明示反復試料として4試験室に配付し、標準作業手順書に従ってケルセチン量の測定を行う室間再現性試験を実施し、分析値をガイドラインに従い統計解析した結果を表に示す。Horwitz 式の修正式で算出される予測室間再現相対標準偏差に対する室間相対標準偏差の比である HorRat(Horwitz Ratio)が  $0.5 < \text{HorRat} \leq 2$  の範囲内であったことから、分析法の妥当性が確認され、本分析法は信頼性が高いと判断できる。
2. 本分析法は妥当性が確認されており、測定者や測定場所によらず分析値が一定範囲内に収まることが実証されているので、信頼性が高いデータが集積でき、相互比較が可能であることから、作業手順書の公開を通じ、標準化がはかれるものと考えている。
3. 北海道地区で栽培されているタマネギ6種の平均的な10球を5球ずつの2群に分け、縮分後、凍結乾燥・粉末化した試料を本分析法で測定した結果を図2に示す。タマネギ F1 育成品種「クエルゴールド」（出願番号：第 28219 号）のケルセチン含有量は、一般的な北海道産タマネギ品種よりも高い（図2）。
4. 本測定法の普及により、高ケルセチン含有品種の選抜、ケルセチン含有量を高める栽培法の開発や、第三者認証を伴った農産物のケルセチン含有量の表示等を通じ、ケルセチン含有量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。
5. 今回妥当性確認を行った試料はタマネギの乾燥粉末のみであるが、測定原理は他の野菜や食品等に応用可能である。

**[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、およびタマネギ生産組織等
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：全国
3. その他：2015 年度にタマネギ中のケルセチン分析法に関する標準作業手順書を（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。

[具体的データ]

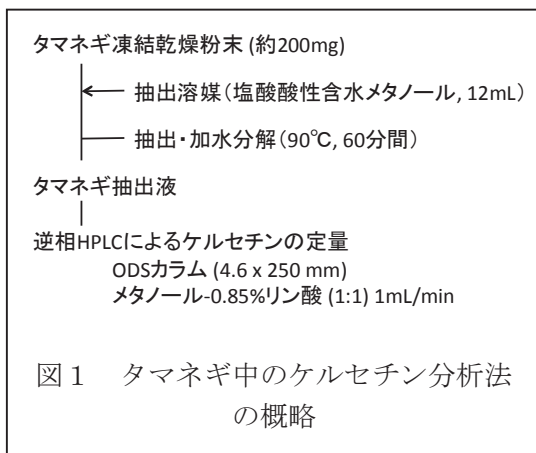
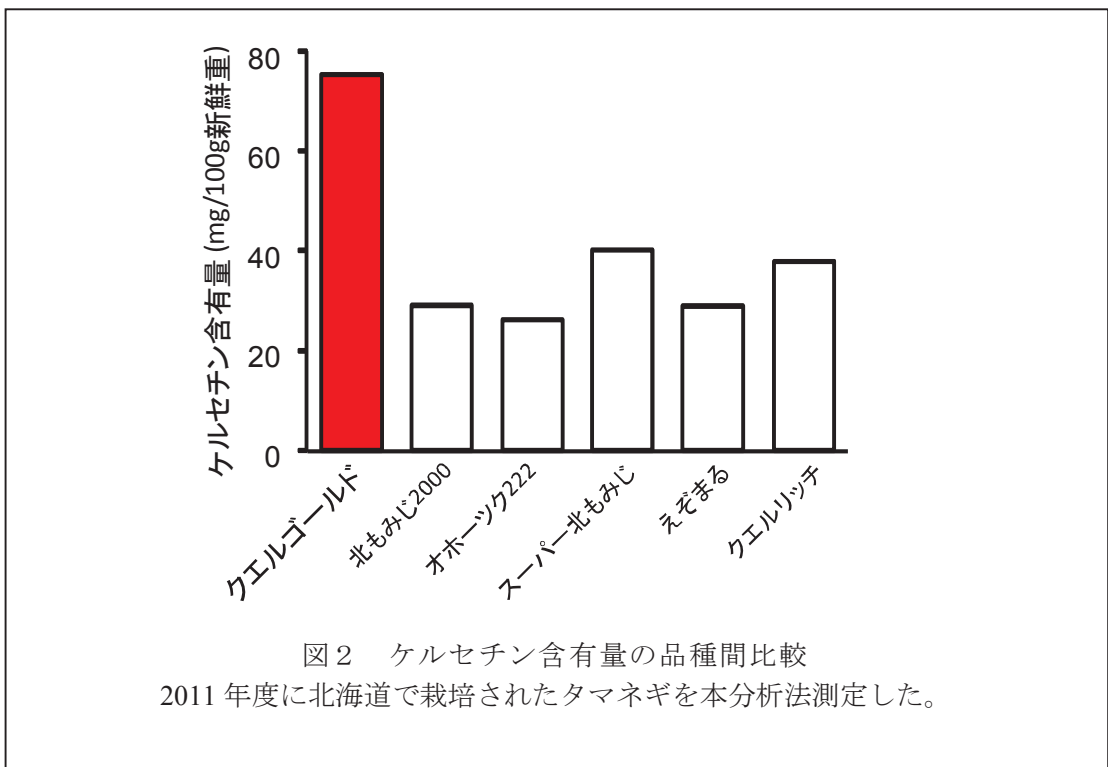


表 タマネギ中のケルセチン分析法の室間再現性試験の解析結果

	タマネギ試料1	タマネギ試料2
参加試験所数	4	4
併行測定回数	2	2
平均値 (mg/g DW)	2.80	6.61
併行相対標準偏差 RSD <sub>r</sub> (%)	0.41	0.92
室間相対標準偏差 RSD <sub>R</sub> (%)	7.62	6.73
HorRat*	1.57	1.58

\* 0.5 < HorRat ≤ 2であることが、分析法が妥当と判断する国際的な基準となっている



(渡辺純、石川祐子、室崇人)

[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 (医農連携)

研究期間：2011～2014年度

研究担当者：渡辺純、石川祐子、室崇人、柳田大介 (道総研)、山岸喬 (北見工大)

発表論文等：

1) Watanabe, J. et al. (2012) Anal. Sci. 28(12): 1179-1182

2) 渡辺純ら (2013) 食科工誌. 60(10): 563-566

[成果情報名]高アントシアニン茶「サンルージュ」を利用したエディブルティードレッシングの開発

[要約]「サンルージュ」緑茶ピューレを3%添加し、pH3.0でアントシアニンを発色させたエディブルティードレッシングの開発により、アントシアニンおよび脂溶性ビタミンを多く含む茶葉を丸ごと摂取することができる。

[キーワード]「サンルージュ」、アントシアニン、ピューレ、エディブルティー

[担当]食品機能性・生体防御利用技術

[代表連絡先]電話050-3533-3861

[研究所名]野菜茶業研究所・茶業研究領域

[分類]普及成果情報

---

### [背景・ねらい]

高アントシアニン茶「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葉で多く、「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ことをこれまでに明らかにしてきた。さらに、「サンルージュ」の普及をはかるため、「サンルージュ」茶葉全てを使用したピューレを用いたドレスシングの開発を行う。

### [成果の内容・特徴]

1. 「サンルージュ」のアントシアニンを有効活用し、脂溶性ビタミンを多く含む茶葉を丸ごと摂取するため、荒茶を加水処理、過熱蒸気処理(240℃、15分)、遠心ミキサー処理(600rpm、180秒)して、ピューレを製造する(歩留まり;325%)。図1に示すように、荒茶からピューレ製造する際の茶葉中のアントシアニン含有量の減少率は8.0%である。
2. モデルドレスシングのpHによる発色試験から、鮮やかな赤味を呈するのはpH3.0-3.4である(図2)。
3. 官能評価により、渋味のバランスが良い「サンルージュ」ピューレの配合は3%とし、pH3.0でアントシアニンを鮮やかな赤色に発色させたエディブルティードレッシングをネピュレ株式会社及びフンドーキン醤油株式会社と共同で開発し、2014年3月から発売を開始した(図3)。

### [普及のための参考情報]

1. 普及対象:一般消費者(小売店)
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等:普及見込み(約10,000本(2015年12月))、全国
3. その他:

「サンルージュ」の栽培面積は約11ha(2014年3月)である。また、本製品は、2014年3月から発売を開始し、2015年1月末現在で約8,900本出荷された。

「サンルージュ」のアントシアニン含有量と生理活性に関する成果情報:

[http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2011/310c0\\_10\\_07.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2011/310c0_10_07.html)

[具体的データ]

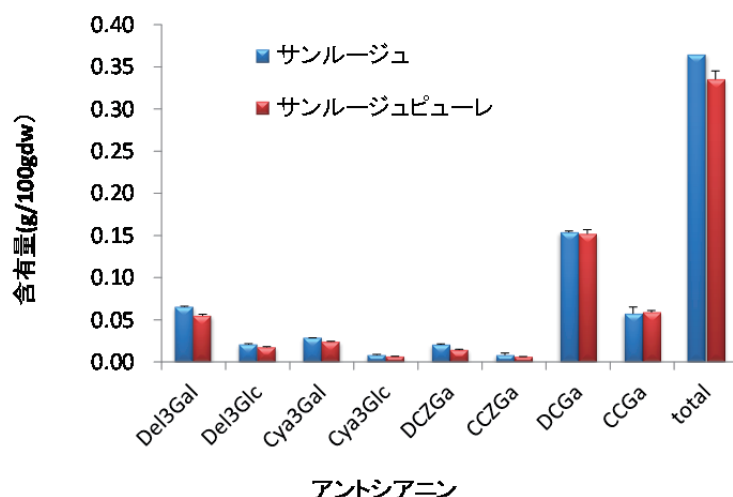


図1 「サンルージュ」の原料とピュール加工品のアントシアニン含有量  
 Del3Gal; デルフィニジン-3-O-β-D-ガラクトピラノシド, Del3Glc; デルフィニジン-3-O-β-D-グルコピラノシド,  
 Cya3Gal; シアニジン-3-O-β-D-ガラクトピラノシド, Cya3Glc; シアニジン-3-O-β-D-グルコピラノシド,  
 DCZGa; デルフィニジン-3-O-β-D-(6-(Z)-p-クマロイル)ガラクトピラノシド,  
 CCZGa; シアニジン-3-O-β-D-(6-(Z)-p-クマロイル)ガラクトピラノシド,  
 DCGa; デルフィニジン-3-O-β-D-(6-(E)-p-クマロイル)ガラクトピラノシド,  
 CCGa; シアニジン-3-O-β-D-(6-(E)-p-クマロイル)ガラクトピラノシド  
 数値は平均値±標準偏差。

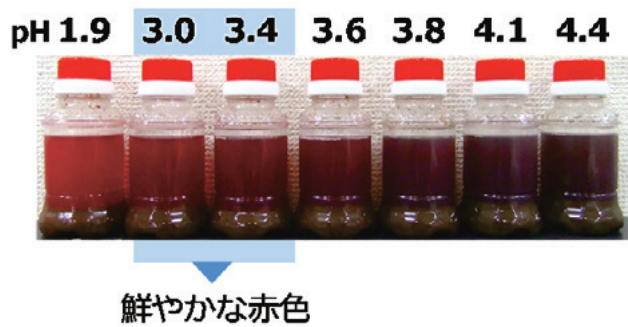


図2 pHによるモデルドレッシングの発色



図3 開発したエディブルティードレッシング  
 (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：交付金、競争的資金（農食事業）

研究期間：2011～2014年度

研究担当者：山本(前田)万里、根角厚司、物部真奈美、白井展也、堀江秀樹、牛島暢彦（フンドーキン醤油株式会社）、八島功治（ネピュレ株式会社）

発表論文等：

1) Maeda-Yamamoto M. et al. (2012) J. Sci. Food Agric.92: 2379-2386

2) 山本ら「茶葉抽出物、飲食品」特願2012-235601(2012年 10月 25日)

[成果情報名]近赤外分光法を用いるトマト糖度非破壊計測時の推定精度改善

[要約]近赤外分光法(非接触の拡散反射測定)を用いてトマト糖度を非破壊計測する場合、説明変数として766、872、882、904nmを採用している従来法は、大きな誤差を発生することがある。説明変数として856、876、902nmを採用すると非破壊計測精度が改善される。

[キーワード]トマト、果実重、非破壊測定、説明変数、選果ライン

[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 029-838-8685

[研究所名]野菜茶業研究所・野菜病虫害・品質研究領域

[分類]普及成果情報

---

[背景・ねらい]

近赤外分光法を用いる農産物の品質の非破壊計測法は実用化されている。しかし、その非破壊計測値は誤差が発生していたとしてもその程度がわかりにくい。また、トマトに特有の問題として、ミニから大玉まで果実重で一桁異なるサイズのもの流通しているが、果実重が非破壊計測精度に及ぼす影響は明らかではない。

そこで、メロンやイチゴ等の糖度の非破壊計測法開発にも取り組んだ結果を元に、トマト糖度の非破壊計測精度を改善する方法を提案する。

[成果の内容・特徴]

1. 説明変数として4波長(766、872、882、904 nm)での吸光度を採用している、現在普及している非破壊計測法では、例えば、ゼブラトマトで大きな誤差を発生する(図1)場合があるが、説明変数から766 nmの吸光度を除いて3波長(856、876、902 nm)の吸光度に整理することによりゼブラ果のような果実でも良好な糖度計測が可能となる(図2)。
2. 拡散反射モードで、果実赤道部の最も着色の薄い部分と同じく赤道部の反対側の着色の濃い部分を計測し、それらの平均値を1果実の平均糖度とすることにより、着色期以降の約10 g以上のトマト果実に適用可能な、品温の影響を受けにくい(4から35℃保存のトマトに対応可)非接触非破壊計測(図3)ができる。
3. 重さ10-20 gの果実でも非破壊計測精度は改善するが、非破壊計測値が破壊測定値である実測値よりも低く出やすい。具体的には、糖度の実測値が高くなるほど実測値と非破壊計測値との差(誤差)が大きくなるので、必要に応じて両値の関係を求めて非破壊計測値を補正する。また、重さ100g未満のトマトは誤差が大きくなる(図4)。なお、非破壊計測値は実測値に対して最大で±20%、平均で±7%程度の誤差である。

[普及のための参考情報]

1. 普及対象:生産者、民間企業、国公立試験研究機関等
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等:普及台数17台
3. その他:対象機種は(株)クボタ製フルーツセレクターK-BA100、K-BA100R、K-SS300、K-SS300LCであるが、ハードウェアが必要な要件(特に970 nm付近の水の吸収帯を測定できる性能であること)を満たし、かつ、同様の測定法であれば、異なった品目や他社製の機器でも適用可能である。本法を導入する場合は、機差補正(非破壊計測用検量線の切片と係数を調整)することが望ましい。また、同じ型式の機器でも機差が大きい場合、補正しにくいことがある。
4. リコペン等の同時非破壊計測(2009年度普及成果)や機器(K-SS300LC)のラインへの組込が可能である。

[具体的データ]

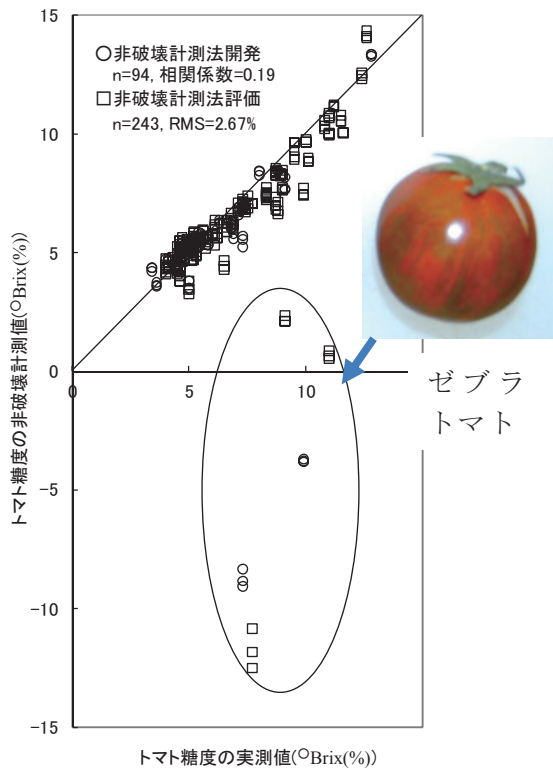


図1 従来の非破壊計測での実測値と非破壊計測値との比較（試料全体の相関係数は0.47）（非破壊計測精度指標であるRMSは右式より算出）

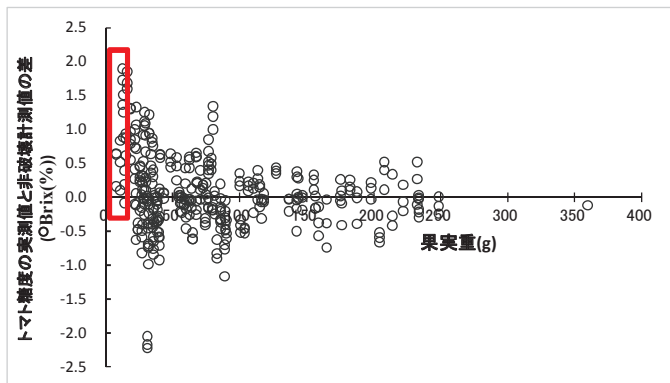


図4 トマト糖度の実測値と非破壊計測値の差（赤枠は非破壊計測値が低く出やすい重さ10-20gの果実）

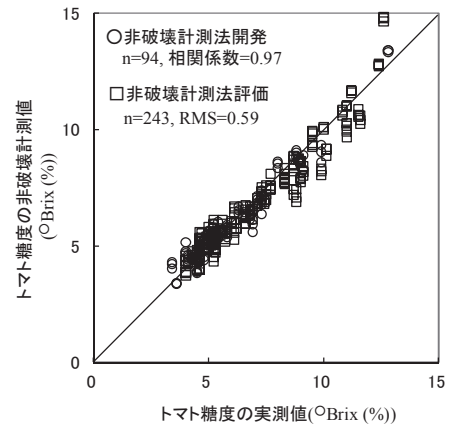


図2 改善した非破壊計測での実測値と非破壊計測値との比較（試料全体の相関係数は0.97）

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum (\text{実測値} - \text{非破壊計測値})^2}{n (\text{試料数})}}$$

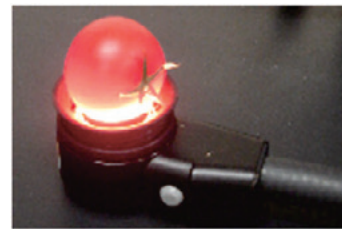


図3 拡散反射非接触測定

（トマトを試料台のクッションの上に置き、光検出部とトマトを非接触で測定。非接触測定の長所：光検出部が汚れにくい、選果ラインに組み込みやすい、非破壊計測精度の向上が期待される。）

（伊藤秀和）

[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、競争的資金（実用開発事業）

研究期間：2007～2014年度

研究担当者：伊藤秀和

発表論文等：Ito. H. (2014) JARQ 48(2): 111-120

## [成果情報名]葉の黄化抑制も可能なユリ香り抑制剤

[要約]開発したユリ香り抑制剤には、アミノオキシ酢酸、ジベレリン、スクロース、抗菌剤を含む。香り抑制剤をユリ切り花に処理することにより、香りと葉の黄化は抑制される。香り抑制効果は乾式輸送よりも湿式輸送、夏季より冬季の方が高い。

[キーワード]ユリ、香り、抑制

[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 029-838-8685

[研究所名]花き研究所・花き研究領域

[分類]普及成果情報

---

## [背景・ねらい]

「カサブランカ」に代表されるオリエンタル・ハイブリッド系のユリは、豪華で美しい大輪の花を持つが、甘く濃厚な芳香を有するために、強い香りを嫌う場、例えば飲食店や結婚式などの食事の場では敬遠される場合がある。そこで、香気成分の生合成阻害剤の一つであるアミノオキシ酢酸（AOA）を用いてユリの強い香りを抑制する方法を開発し、2009年に発表した。しかし、ユリ切り花のAOA処理により花や茎葉に障害がでる場合がある。そこで、後処理剤としての汎用性を高めたAOAを含む香り抑制剤を開発して、現場での使用を可能にする。また、時期や産地により異なる栽培・輸送環境により処理効果が不安定になることから、ユリ主要産地（新潟県、高知県、埼玉県）にて処理方法を検討し事例集を作成する。

## [成果の内容・特徴]

1. アミノオキシ酢酸（AOA） 0.1 mM、ジベレリン 0.02mM、スクロース 0.3%、イソリアゾリン系抗菌剤（0.58 mg/L 5-クロロ-2-メチル-4-イソチアゾリン-3-オン、0.18 mL/L 2-メチル-4-イソチアゾリン-3-オン含有）から構成される処方进行处理することにより、花や茎葉に障害を与えることなく香り抑制が可能である。その処方を基に開発した香り抑制剤処理を行うと、AOA 単独処理と同程度香りを抑制した上、葉の黄化を抑制する（図1）。
2. 香り抑制剤は蕾の状態のユリ切り花に処理する。生産者にて処理する場合は、採花後、50倍希釈した香り抑制剤で水揚げ処理を行う（図2）。
3. 水揚げ時のみ香り抑制剤処理を行う乾式輸送よりも、水揚げ時に加え輸送中にも香り抑制剤処理を行う湿式輸送の方が香り抑制効果は高い（図3）。
4. 夏季より冬季の方が香り抑制効果は高い（図4）。
5. 上記の成果に基づき、ユリの香りの特徴と各産地での香り抑制剤の処理方法を示した主要産地事例集を作成した。

## [普及のための参考情報]

1. 普及対象：切り花の生産者、普及機関従事者。
2. 普及予定地域・普及予定面積等・普及台数等：ユリ切り花産地等。
3. その他：事例集は花き研究所により冊子体を配布するとともに、花き研究所ホームページ上でPDFをダウンロードすることができる。香り抑制剤は受注生産であり、切り花の生産者、小売店経営者などが注文して購入できる。【問い合わせ】クリザール・ジャパン株式会社（連絡先 0721-20-1212, info@chrysal.jp）



[具体的データ]

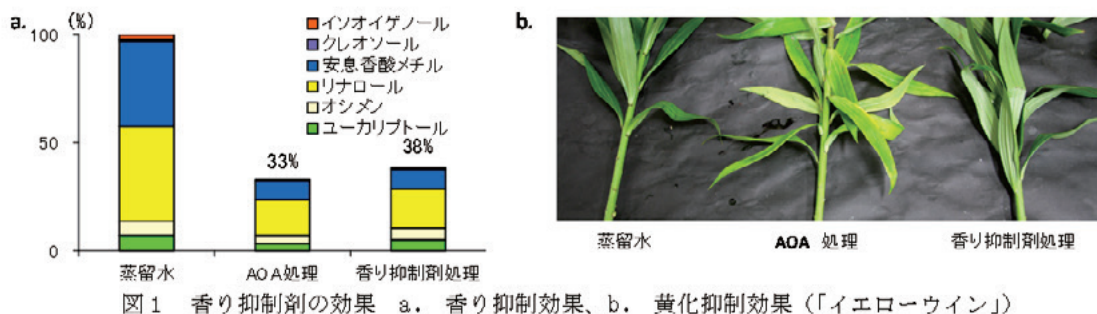


図1 香り抑制剤の効果 a. 香り抑制効果、b. 黄化抑制効果（「イエローウイン」）



図2 香り抑制剤の処理方法

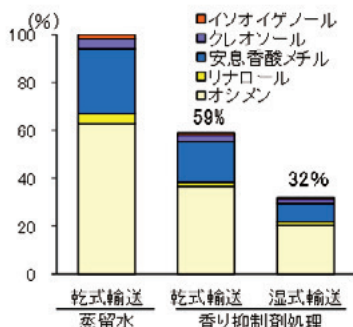


図3 輸送形式による香り抑制効果の違い（「シグナム」・高知県の事例）

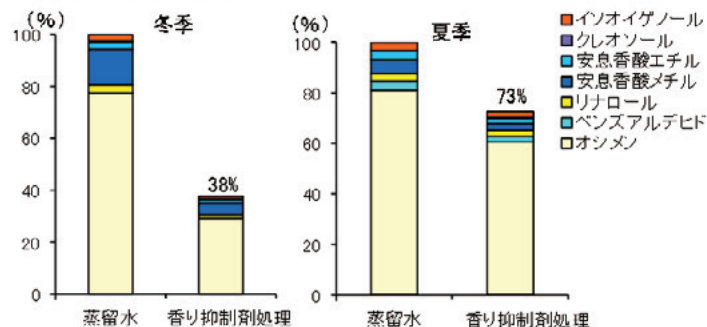


図4 季節による香り抑制効果の違い（「カサブランカ」・埼玉県の事例）

(大久保直美)

[その他]

中課題名：農畜産物の品質評価・保持・向上技術の開発

中課題番号：330a0

予算区分：交付金、競争的資金（農食事業）

研究期間：2011～2014年度

研究担当者：大久保直美、東明音（クリザール・ジャパン）、石川貴之（埼玉農総セ園研）、二宮千登志（高知農技セ）、福原宏（高知中央西農振セ）、宮島利功（新潟農総研園研セ）

発表論文等：

1)Oyama-Okubo N. et al. (2011) J. Japan. Soc. Hort. Sci. 80: 190-199

2)大久保(2012)花き研究所報告、12: 113-120

3)大久保「花き用香り抑制剤」特許第5062704号（2012年8月17日）

4)農研機構(2014)「ユリの香りの特徴とユリ香り抑制剤の処理方法 主要産地事例集」

[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/files/case\\_studies\\_fragrance\\_of\\_the\\_lily.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/case_studies_fragrance_of_the_lily.pdf) (2015年1月5日)

## [成果情報名]アクアガスバインダによる食品粉末の造粒技術

[要約]微細水滴を含んだ過熱水蒸気であるアクアガスを、気液二相バインダとして微粉末に噴霧すると、少ない水分添加で顆粒を造粒することができる。この技術では粉末食品や医薬品、化学製品、農薬などの顆粒・打錠末の造粒を効率的に行なうことができる。

[キーワード]省エネルギー、生産効率向上、インスタントスープ、粉末食品、アクアガス

[担当]加工流通プロセス・先端流通加工

[代表連絡先]電話 029-838-7991

[研究所名]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]

インスタントスープ・茶・コーヒー等の粉末食品は、微粉末の状態では流動性が低く凝集性が高いため、計量や充填が難しく、また湯や水に溶かす際にダマになり溶け残りが発生しやすい。この問題を解決するため、多くの粉末食品は粉末の粒子同士を結着させて、サイズの大きな顆粒状に造粒されている。粒子を結着させるためのバインダには通常は水や多糖類水溶液が使用されるため、造粒後には顆粒の乾燥が必要となる。少ない水分添加量で顆粒を生成できれば、造粒時間およびその後の顆粒の乾燥時間が短縮され、造粒プロセスの効率化、コスト低減、省エネルギー化が可能となる。微細水滴を含んだ過熱水蒸気（アクアガス）を流動層造粒のバインダとして使用することにより、少ない水分添加量で効率的な造粒を行なう技術を開発する。

## [成果の内容・特徴]

1. 容器底面からの気流により攪拌されている粉末に、バインダ液滴を噴霧して造粒を行なう流動層造粒機に、バインダ液滴噴霧器の代わりにポンプと熱交換器からなるアクアガス発生装置を図1のとおり接続すると、水蒸気と水の気液二相バインダを用いた流動層造粒を行なうことができる。
2. 水蒸気を粉末に噴霧すると、速やかに顆粒が成長する。これは水蒸気が凝縮することにより粉末の粒子表面を濡らして、粒子同士を効率的に結着させているためと考えられる（図2）。しかしながら水蒸気のみをバインダとして流動層造粒を行なうと、顆粒サイズのバラツキが大きくなり、粒子径数 mm～数 cm の粗大な粒の発生が多くなる。これは水蒸気には大きな顆粒をより成長させる作用があるためと考えられる。水蒸気に水滴が混ざったアクアガスバインダを使用すると、サイズのそろった顆粒が生成される。これは水滴によって生成された顆粒の成長核が、水蒸気によって成長することによると考えられる。
3. コーンスターチ 800 g およびデキストリン 200 g を混合した試料に対して、多糖類水溶液（グアーガム 0.15%水溶液）をバインダとして毎分 10 g で添加した場合と比較すると、アクアガスを添加した場合、平均粒子径（体積中位径）約 120  $\mu\text{m}$  の顆粒を生成するために必要なバインダ量は、約 60%削減される（図3）。これにより造粒時間が約 60%、顆粒の乾燥時間が約 15%短縮可能となる。またこの時の顆粒の四分位散布係数は多糖類水溶液バインダでは 0.49 であり、アクアガスバインダでは 0.78 であった。
4. アクアガスバインダによる造粒技術は、食品製造事業者によりインスタントスープ等の粉末食品の造粒に使用されており（図4）、これまで約 1400 トンのインスタントスープが製造されている。

## [普及のための参考情報]

1. 普及対象：食品製造事業者、農薬製造事業者、医薬品・化学製品製造事業者
2. 普及予定地域・普及予定面積・普及台数等：国内および製薬・化学工業が盛んな北米、EU 諸国、オーストラリア、中国、韓国、インド。
3. その他：原料となる粉末は水溶性、あるいは水溶性成分が 20%以上含まれているものが望ましい。

[具体的データ]

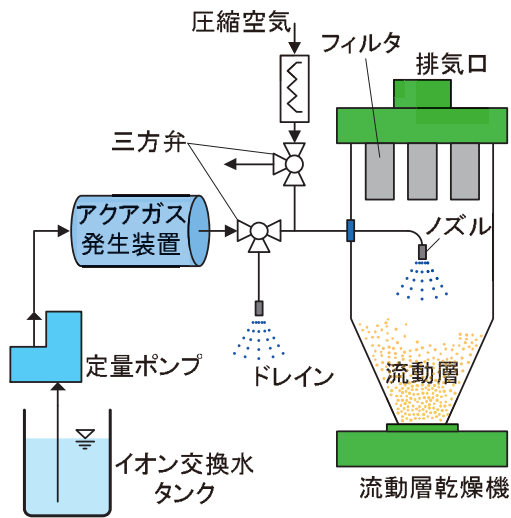


図1 アクアガス造粒システム

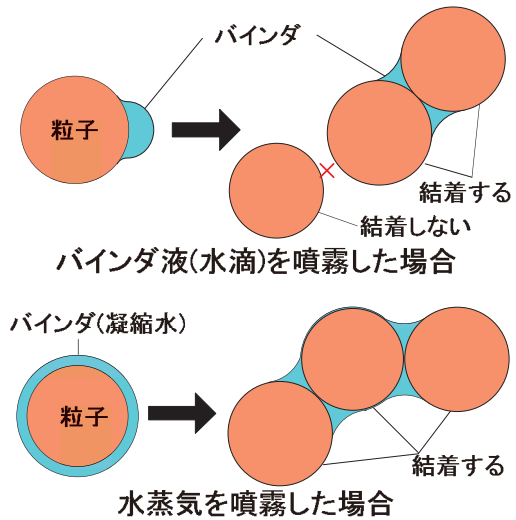


図2 水蒸気による粒子の結着

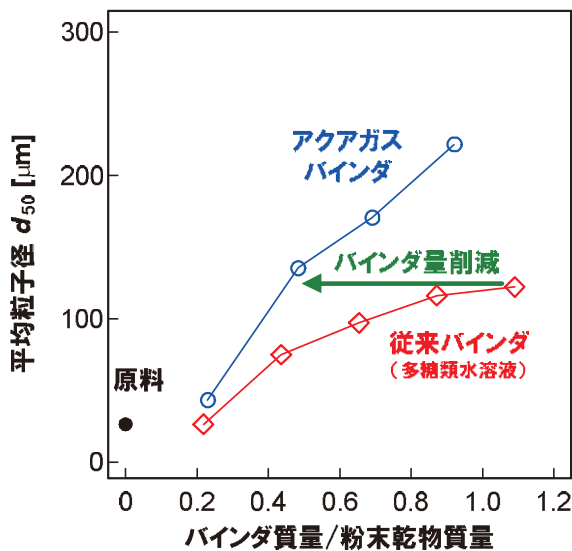


図3 アクアガスバインダの水分削減効果



図4 本技術の利用事例

(五月女格)

[その他]

中課題名：先端技術を活用した流通・加工利用技術及び評価技術の開発

中課題番号：330c0

予算区分：交付金、競争的資金（科学研究費補助金）

研究期間：2011～2014年度

研究担当者：五月女格

発表論文等：

1)五月女ら(2012)日本食品工学会誌、13(4): 127-136

2)五月女ら(2014)日本食品工学会誌、15(1): 25-35

3)五月女ら「造粒方法及び造粒装置」特許第5019661号(2012年6月22日)



## 2) 研究成果情報

[成果情報名]赤かび病菌感染コムギにおいて濡れ時間はかび毒蓄積リスクの評価指標になる

[要約]かび毒(デオキシニバレノール、DON)は感染後の濡れ時間に応じてコムギに蓄積するため、濡れ時間はかび毒蓄積リスクの評価指標になる。濡れ時間とは雨による濡れ時間と結露による濡れ時間の合計である。

[キーワード]コムギ、赤かび病、かび毒、デオキシニバレノール、濡れ時間

[担当]食品安全信頼・かび毒リスク低減

[代表連絡先]電話 096-242-7728

[研究所名]近畿中国四国農業研究センター・水田作研究領域

[分類]研究成果情報

---

### [背景・ねらい]

コムギが赤かび病菌に感染すると、コムギ穀粒中にかび毒(デオキシニバレノール、DON)が蓄積する。穀粒中のかび毒濃度が1.1 ppmを超えると、コムギは流通できなくなる。このため、かび毒が蓄積する前に追加防除を行う必要があり、かび毒蓄積リスクの評価が求められている。かび毒濃度は雨の多い年に高濃度となるため、濡れとの関係が指摘されている。そこで、かび毒の蓄積と濡れ時間との関係を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 赤かび病菌感染後の濡れ時間が100時間まではかび毒の蓄積は小さい。濡れ時間が150時間を超すと濡れ時間に応じてかび毒が蓄積する(図1)。濡れ時間はかび毒蓄積リスクの評価指標になる。
2. 感染リスクが最も高い開花期から濡れ時間を積算し、かび毒蓄積リスクを評価する。
3. 濡れ時間とは雨による濡れ時間と結露による濡れ時間の合計である。濡れ時間の3~5割は結露による濡れである(表1)。
4. コムギの登熟期間において、濡れ時間と相対湿度82%以上の時間はほぼ等しく(図2)、一般的な気象要素である相対湿度を用いてかび毒蓄積リスクを推定できる。相対湿度82%が濡れを判別する閾値である。

### [成果の活用面・留意点]

1. 濡れ時間は赤かび病の追加防除を実施する時期の決定に利用できる。
2. コムギ穂の濡れ時間を測定する手法はなく、濡れ時間は結露計(SKLW1900, Skye社)で測定した値である。小麦圃場に結露計を穂とほぼ同じ高さ(1.0m)に設置して測定する。
3. 濡れを判別する相対湿度の閾値(82%)はコムギの登熟期間のみ有効な値である。
4. 結露計や湿度計で濡れ時間を求める場合、センサーは圃場に設置する必要がある。市街地で測定された濡れ時間や相対湿度は使用できない。

[具体的データ]

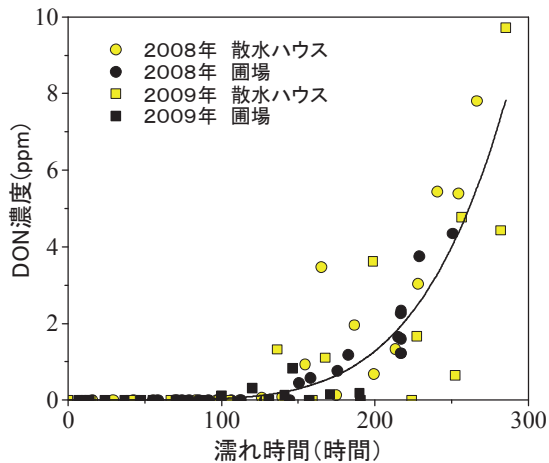


図1 濡れ時間とDON濃度との関係

濡れ時間は結露計で測定し、感染から収穫までの期間について積算。  
DON濃度は収穫した穂を粉碎して測定。  
近中四農研においてシロガネコムギ(赤かび病抵抗性は中)で接種試験した結果。

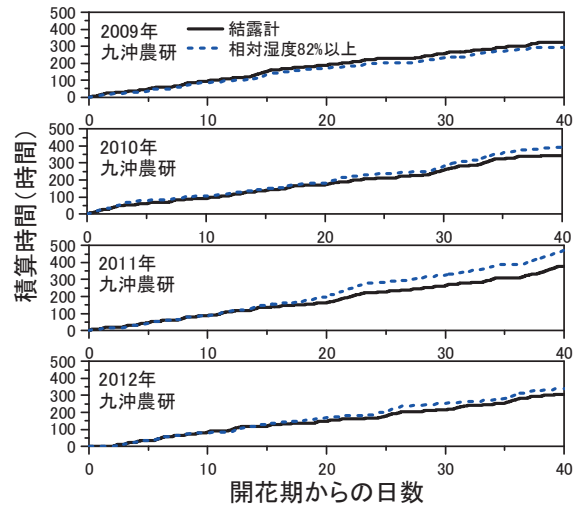


図2 濡れ時間と相対湿度82%以上の時間

相対湿度の閾値は、閾値以上の相対湿度が測定される時間と濡れ時間との差が最小となるように算出。  
濡れ時間との差が大きかった九州沖縄農業研究センターのデータを図示。

表1 雨または結露に起因する濡れ時間

	近畿中国四国農業研究センター				九州沖縄農業研究センター			
	雨による濡れ	結露による濡れ	合計した濡れ時間	濡れ時間に占める結露の割合	雨による濡れ	結露による濡れ	合計した濡れ時間	濡れ時間に占める結露の割合
	(時間)	(時間)	(時間)	(%)	(時間)	(時間)	(時間)	(%)
2009年	94.2	46.3	140.5	33.0	93.0	134.5	227.5	59.1
2010年	110.8	58.0	168.8	34.4	147.5	112.2	259.7	43.2
2011年	183.3	34.2	217.5	15.7	190.2	106.8	297.0	36.0
2012年	69.5	51.7	121.2	42.7	114.5	114.3	228.8	50.0
平均	114.5	47.6	162.0	31.5	136.3	117.0	253.3	47.1

5月のデータ。  
感雨計のデータをもとに、雨に起因する濡れと結露に起因する濡れとに判別。

(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（リスク低減）、その他外部資金（SIP）

研究期間：2011～2014年度

研究担当者：黒瀬義孝

発表論文等：

1)黒瀬(2014)日植病報、80:115-118

2)黒瀬(2015)植物防疫、69:43-47

[成果情報名]新規に同定されたトウモロコシ赤かび病菌 *Fusarium asiaticum*

[要約]赤かび病に罹病した飼料用トウモロコシ雌穂から分離された糸状菌は、トウモロコシ赤かび病菌として国内未記載の *Fusarium asiaticum* と同定される。分離株のかび毒産生型は、ニバレノール産生型と 3-アセチルデオキシニバレノール産生型に類別される。

[キーワード]トウモロコシ、赤かび病、*Fusarium asiaticum*、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 096-242-7728

[研究所名]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]

赤かび病菌に感染した飼料用トウモロコシのかび毒汚染は、給餌された家畜に採食量の低下・下痢・免疫低下等を引き起こすため問題となっている。日本国内ではトウモロコシ赤かび病菌として、デオキシニバレノール (DON) やニバレノール (NIV) を産生する *Gibberella zeae* とフモニシンを産生する *Fusarium fujikuroi* 種複合体 (*F. concentricum*、*F. fujikuroi*、*F. proliferatum*、*F. verticillioides*) が記載されている。飼料用トウモロコシで発生する赤かび病菌菌種の調査過程で、国内でトウモロコシ赤かび病菌として未記載の糸状菌が分離されたため、トウモロコシに対する病原性を調査するとともに、分離菌を同定しかび毒産生型について解析を行う。

#### [成果の内容・特徴]

1. 九州沖縄農研センター内圃場 (熊本県合志市内) で栽培された飼料用トウモロコシの赤かび病罹病雌穂からは *F. fujikuroi* (Ff)、*F. verticillioides* (Fv)、*F. proliferatum* (Fp) とともに、日本国内でトウモロコシ赤かび病菌として未記載の糸状菌 (A) が分離される (図 1)。
2. 分離株 (AS 1 株、AS 2 株) をポテトデキストロース寒天 (PDA) 培地上で爪楊枝とともに培養し、絹糸抽出期のトウモロコシ雌穂に爪楊枝を穿刺接種することで赤かび病特有の白～ピンク色に腐敗する病徴を示し、その腐敗部位から再分離されることから、分離株はトウモロコシに病原性を持つ (図 2 A)。
3. 分離株は PDA 培地上で濃赤色の菌叢を、カーネーションリーフ寒天 (CLA) 培地上では子のう殻 (図 2 B)、子のう胞子 (図 2 C)、分生胞子 (図 2 D) および硬膜胞子を形成し、その形態学的特徴は *Gibberella zeae* と一致する。さらに、分離株の histone H3 遺伝子および mitochondrial small subunit ribosomal DNA 領域部分配列の相同性、および histone H3 遺伝子と translation elongation factor 1  $\alpha$  遺伝子領域部分配列を用いて近隣結合法により作成した分子系統樹による解析 (図 3) から、分離株は *F. asiaticum* と同定される。
4. AS 1 株はニバレノール (NIV) 産生型 (NIV と 4-アセチル NIV を産生)、AS 2 株は 3-アセチル DON 産生型 (DON と 3-アセチル DON を産生) に類別される (図 3)。

#### [成果の活用面・留意点]

1. 日本国内で発生するトウモロコシ赤かび病菌として *F. asiaticum* が病原追加される予定である。
2. 飼料用トウモロコシにおける赤かび病 (菌) の発生生態およびかび毒汚染実態の解明に有用な知見となる。
3. 分離株は農業生物資源ジーンバンクに寄託されており、2015 年 4 月以降配布可能である。ジーンバンク登録番号は、244765 (AS 1 株)、244766 (AS 2 株) である。



[具体的データ]

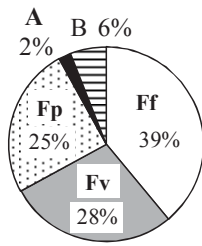


図1 赤かび病罹病トウモロコシ雌穂から分離した菌種の割合

2012年4月に播種し、黄熟期に収穫した雌穂から分離した。

Ff は *F. fujikuroi*、Fp は *F. proliferatum*、Fv は *F. verticillioides*、A 及び B はトウモロコシ赤かび病菌として未記載菌種を示す。

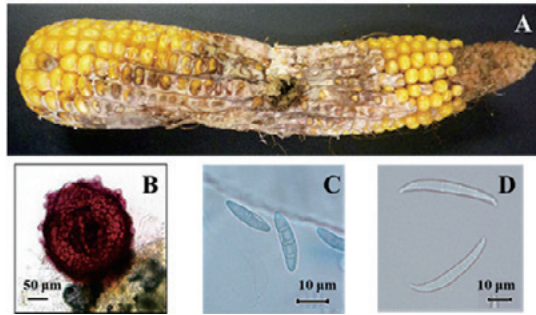


図2 赤かび病罹病トウモロコシ雌穂からの分離菌を再接種した際の病徴 (A)、CLA 培地上で形成された子のう殻 (B)、子のう胞子 (C)、分生胞子 (D)。

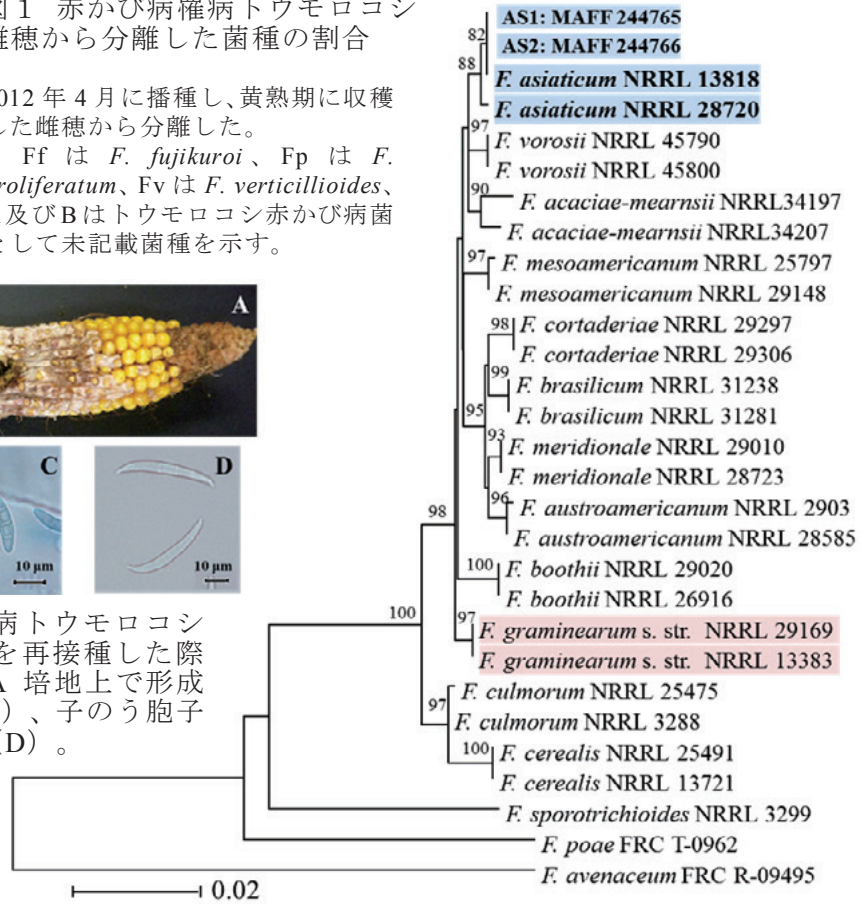


図3 分離株と類縁菌の histone H3 遺伝子及び translation elongation factor 1α 遺伝子領域部分配列を用いて近隣結合 (NJ) 法により作成した系統樹

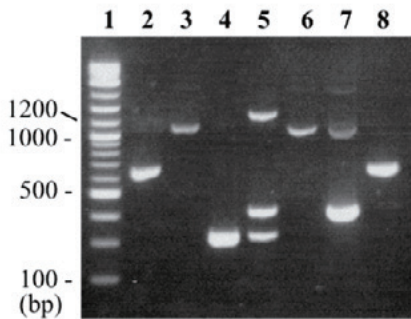


図4 マルチプレックス PCR 法 (Suzuki et al. 2010) を用いた分離株のかび毒産生型の同定

Lane 1: DNA マーカー、Lane 2: AS 1 株、Lane 3: AS 2 株、Lane 4: *F. graminearum* s. str. 3-アセチル DON 産生型株、Lane 5: *F. graminearum* s. str. 15-アセチル DON 産生型株、Lane 6: *F. asiaticum* 3-アセチル DON 産生型株、Lane 7: *F. asiaticum* 15-アセチル DON 産生型株、Lane 8: *F. asiaticum* NIV 産生型株

(川上 顕)

[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: 2011~2014 年度

研究担当者: 川上 顕、笹谷孝英、加藤直樹、宮坂 篤、井上博喜、富岡啓介、平八重一之

発表論文等:

1) Kawakami A. et al. (2015) J. Gen. Plant Pathol. 受理

2) 笹谷ら(2015)日草誌、投稿中

[成果情報名]国産めん用小麦の加工工程におけるかび毒ニバレノール（NIV）の動態

[要約]ゆでめんにおけるニバレノール（NIV）の残存率（上質粉の水分含量で補正した、実質的な残存率）は、0.5 である。ゆで調理は最終食品における NIV 濃度を減少させるのに有効であり、減衰メカニズムは、NIV のゆで汁への溶出である。

[キーワード]ニバレノール（NIV）、生めん、ゆでめん、ゆで汁、残存率

[担当]食品安全信頼・かび毒リスク低減

[代表連絡先]電話 029-838-7991

[研究所名]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]

食品の安全性を確保するため、穀粒なかび毒の新たな規格基準の策定に備えた科学的根拠の蓄積や評価法のさらなる高度化が求められている。そこで、現在、わが国で汚染が問題になっている小麦中ニバレノール（NIV）の基準値策定に資するため、NIV 汚染小麦を用い、製めん・ゆで調理での残存率を解析し、その減衰メカニズムを推定する。

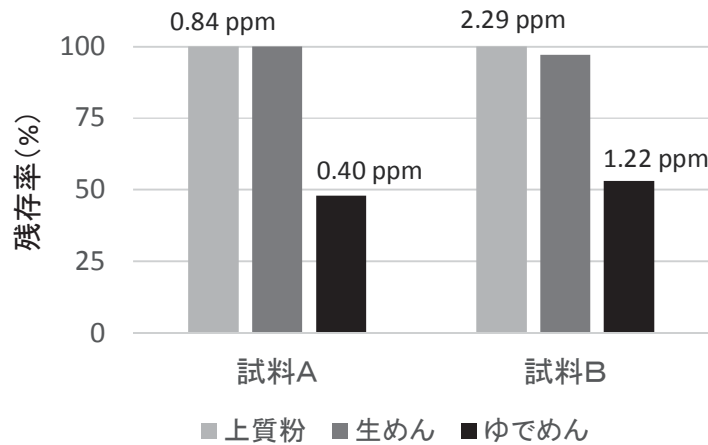
#### [成果の内容・特徴]

1. 製めん段階では NIV 補正濃度にほとんど変化が見られないのに対し、ゆで調理段階では、NIV 濃度が半減する（図 1. 品種：チクゴイズミ）。農林 61 号でも同様の変動が確認されている。
2. 用いた分析法は、添加回収試験における回収率 70-120%以内、併行精度 10%以内であり、単一試験室における妥当性が確認されている。
3. 製めん・ゆで調理前後での水分変動は著しく、上質粉（13%）から生めん（33%）、さらにゆでめん（73%）に至る過程で水分含量が大きく変動するため、上質粉中の水分含量で NIV 濃度を補正し、固形成分中の NIV 濃度に換算している。
4. 調理後の NIV の回収率は 100%近く（ゆでめん中の NIV + ゆで汁中の NIV = 生めん中の NIV）であり、ゆで調理におけるめん中の NIV の減衰メカニズムは、NIV の分解ではなく、ゆで汁への溶出・移行である（図 2）。

#### [成果の活用面・留意点]

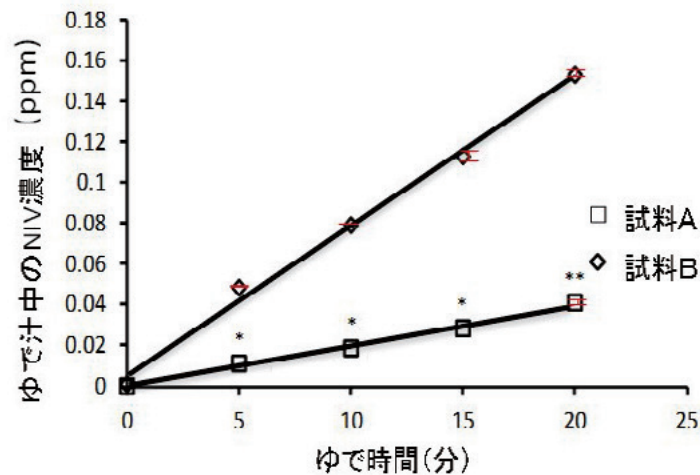
1. 小麦中ニバレノール（NIV）の基準値策定の科学的根拠となる。
2. NIV の残存率は、小麦品種、汚染レベルによって異なる可能性が有る。

[具体的データ]



試料 A = 原粒 NIV 濃度 2.2 ppm、試料 B = 原粒 NIV 濃度 4.3 ppm。

図1 上質粉に含まれる NIV の調理後の残存率



試料 A = 原粒 NIV 濃度 2.2 ppm、試料 B = 原粒 NIV 濃度 4.3 ppm。  
表示は n = 3 の平均値±標準偏差。ただし\*: n = 1、\*\*: n = 4。

図2 ゆで時間によるゆで汁中の NIV の変動

(久城真代)

[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（食安動衛）

研究期間：：2011～2014 年度

研究担当者：久城真代、長嶋等、岡留博司

発表論文等：Hossen S.M. et al. (2014) J. Food Process. Preserv. 38(3):1113-1118

[成果情報名]塩化カルシウム土壌抽出法による野菜可食部カドミウム濃度の品目間差異の推定

[要約]野菜の可食部カドミウム濃度の品目間差異は、 $0.05 \text{ mol L}^{-1}$ 塩化カルシウム抽出法による土壌中のカドミウム濃度と可食部カドミウム濃度の回帰係数を用いると、土壌中カドミウム濃度や土壌 pH の影響を排除して推定できる。

[キーワード]カドミウム、野菜、塩化カルシウム抽出、回帰係数、品目転換

[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

[研究所名]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]

野菜等の可食部カドミウム (Cd) 濃度の品目間差異は、多くの土壌で栽培された可食部 Cd 濃度の相加平均より判定されてきた。しかし、栽培土壌の Cd 濃度が高いほど、また pH が低いほど可食部 Cd 濃度が高くなるため、品目間差異の推定の際に土壌の影響を考慮する必要がある。そこで、野菜可食部 Cd 濃度の品目間差異を定量的に判定するため、 $0.05 \text{ mol L}^{-1}$  塩化カルシウム土壌抽出 Cd 濃度との回帰係数を基準とする新たな推定方法を検討する。さらに、この方法を用いて野菜の品目転換により予測される可食部 Cd 濃度を試算する。

### [成果の内容・特徴]

1. 野菜の可食部 Cd 濃度の品目間差異を推定するには、 $0.05 \text{ mol L}^{-1}$  塩化カルシウム抽出法による土壌中 Cd 濃度と可食部 Cd 濃度の回帰直線の傾き (回帰係数) を求める (図 1)。回帰係数は土壌抽出 Cd 濃度  $1 \text{ mg kg}^{-1}$  あたりの可食部 Cd 濃度の増分であるため、野菜可食部 Cd 濃度の品目間差異推定において土壌中 Cd 濃度や pH の影響を受けない。
2. 回帰係数による可食部 Cd 濃度の品目間差異の推定は、可食部 Cd 濃度の平均値による推定と比較し、農林水産省の全国実態調査データから算出された品目間差異と一致度が高い (図 2)。
3. 野菜可食部 Cd 濃度の低減対策として品目転換を行う場合、 $0.05 \text{ mol L}^{-1}$  塩化カルシウム抽出法による回帰係数の比から可食部 Cd 濃度を推定できる (図 3)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 野菜の栽培試験データ (2007~2009 年度に全国 11 機関の現地圃場と枠圃場で栽培された 17 品目の可食部 Cd 濃度) および収穫後土壌の  $0.05 \text{ mol L}^{-1}$  塩化カルシウム抽出 Cd 濃度 (固液比 1:10、 $30^{\circ}\text{C}$ ・24 時間振とう抽出) について解析した。品種は 1 品目あたり国内での栽培面積が比較的広い 1~2 品種である。 $0.05 \text{ mol L}^{-1}$  塩化カルシウム抽出 Cd 濃度は土壌 pH に対応し、野菜可食部 Cd 濃度と相関が高いことが報告されている。
2. 本推定法による品目間差異の妥当性は、農林水産省の全国実態調査における野菜の可食部 Cd 濃度のデータを用いて検証した。そのデータは度数分布として示されているため、以下の方法で野菜品目 j の可食部 Cd 濃度の幾何平均値  $y_j$  を算出した。
  - 1) 濃度 a 以上 b 未満で区分された階級 i の階級値  $x_i = (a + b) / 2$
  - 2) 階級の数 k、階級 i の度数  $n_i$ 、有効ケース数 n の場合、 $\log y_i = (1/n) \sum_{i=1}^k n_i \log x_i$  を逆対数変換する。
3. 品目転換による可食部 Cd 濃度の低減率については、当該地区での検証が必要である。
4. 野菜可食部 Cd 濃度の品種間差異についても本法で推定できる。

[具体的データ]

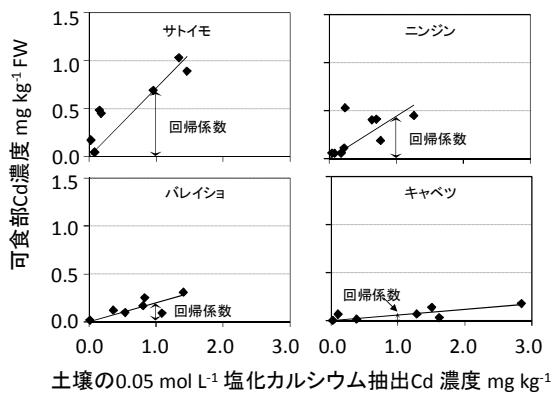


図1 野菜品目の可食部 Cd 濃度と塩化カルシウム抽出 Cd 濃度の関係

注1) 回帰直線は原点を通る直線とする。  
 注2) 横軸の抽出 Cd 濃度  $1 \text{ mg kg}^{-1}$  から回帰直線までの高さが示す回帰係数を用いて可食部 Cd 濃度の品目間差異を推定する。

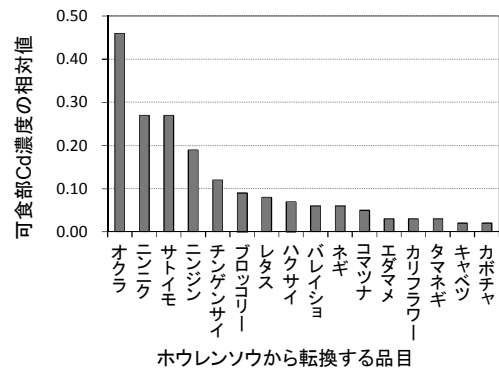


図3 回帰係数から推定したホウレンソウから品目転換した場合の野菜可食部 Cd 濃度の相対値

注1) 縦軸はホウレンソウ可食部 Cd 濃度を 1 とする。  
 注2) ホウレンソウを栽培した圃場で他品目を栽培する場合、その可食部 Cd 濃度を推定できる。

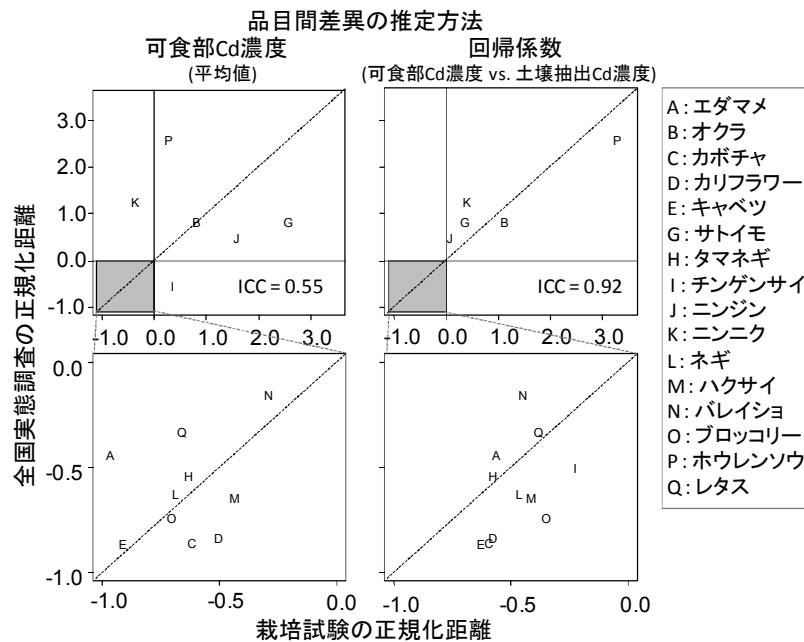


図2 農林水産省の全国実態調査と栽培試験から推定した野菜の品目間差異の関係  
 注1) 2つの推定法による品目間差異は、平均0、分散1の正規化距離に変換すると比較できる。  
 注2) 下段は-1.0~0.0の拡大図、図中の点線は  $y = x$ 、ICC (級内相関係数)は回帰係数による方法 (0.92) が可食部 Cd 濃度 (0.55) より高く、全国実態調査と類似する。

(戸上和樹、三浦憲蔵)

[その他]

中課題名：農産物の生産段階におけるカドミウムのリスク低減技術の開発

中課題番号：180b0

予算区分：交付金、競争的資金 (実用技術)

研究期間：2007~2014 年度

研究担当者：戸上和樹、三浦憲蔵

発表論文等：戸上、三浦(2014)土肥誌、85(4):333-340

## [成果情報名] 定量 PCR 法を活用した食中毒菌の増殖特性評価

[要約] 定量 PCR 法の活用により培養法と同等の食中毒菌増殖データを取得できる。食品のように共存微生物を含む系では培養法でのデータ取得は難しいが、本法では高い特異性により食中毒菌のみの増殖挙動を一括取得でき、その特性を効果的に解析できる。

[キーワード] 定量 PCR 法、食中毒菌、増殖挙動、予測微生物学的解析

[担当] 食品安全信頼・フードチェーン安全

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所名] 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]

食品産業において、食品中での食中毒菌の挙動に関する情報が求められている。現在、多数の文献から得た増殖データをもとに解析可能な予測データベースが活用される一方、新規食品開発時での微生物評価試験は未だ省略できない。なぜなら上記文献データが必ずしも新規食品中で再現されるとは限らないためである。従って、最終的には食中毒菌の接種試験および増殖能の評価が行われることになる。しかし、食品のように共存微生物が存在する場合、従来の培養法では最確数法や典型集落の確認試験など多大な労力が必要となり、増殖データの取得は極めて困難である（図 1）。これを解決するため、牛乳・生乳を食品モデルとして、定量 PCR 技術を用いた食中毒菌挙動一括解析手法を検討する。

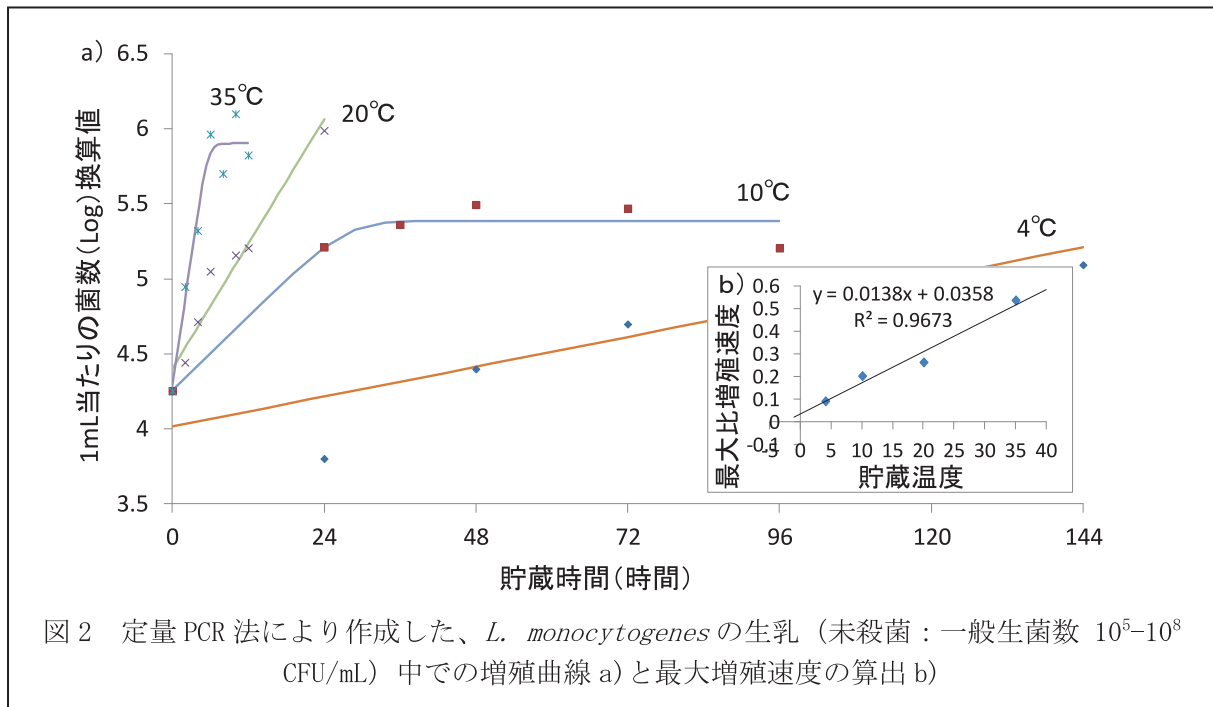
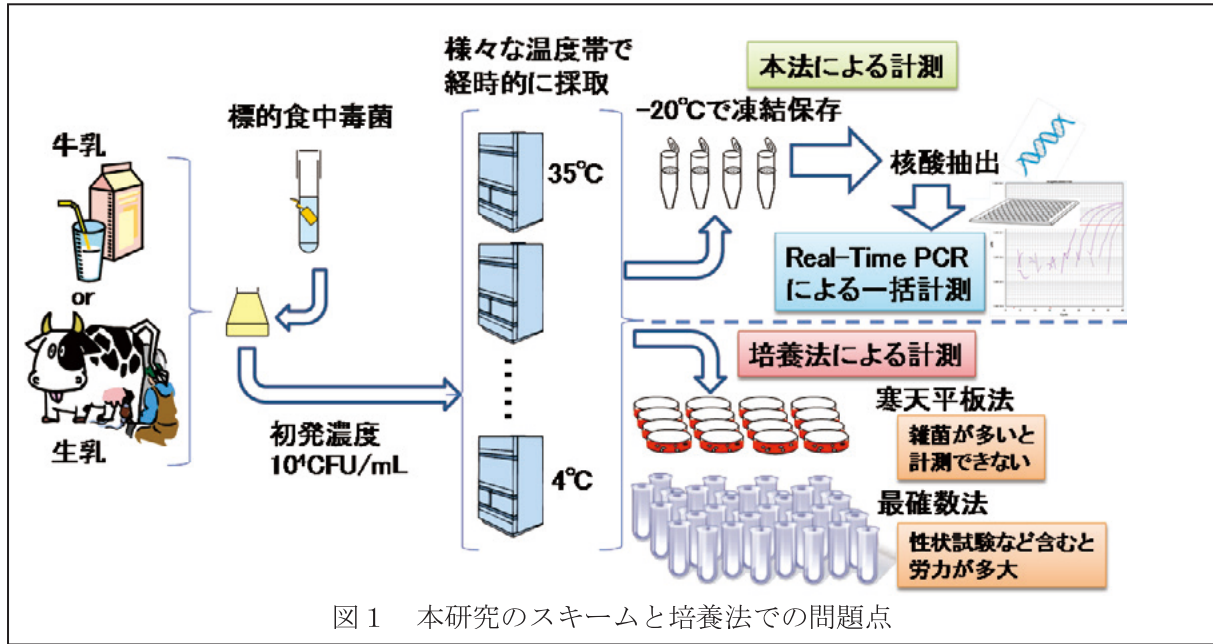
## [成果の内容・特徴]

1. *Listeria monocytogenes* の特異的遺伝子 *hlyA* を用いて定量 PCR 法による遺伝子定量系を作成し遺伝子数と細胞数との相関を調べたところ、 $10^4 \sim 10^9$  細胞/mL の範囲で相関があり、細胞数として換算・定量できる。
2. 殺菌乳に *L. monocytogenes* を  $10^4$  CFU/mL となるよう調整した後  $4 \sim 35^\circ\text{C}$  で保存して経時的に回収、これら各々を遺伝子抽出の後 1. の定量 PCR に供して標的遺伝子数を求めることで、*L. monocytogenes* の増殖をプロットできる。これは、従来の培養法でも同時に *L. monocytogenes* の菌数を求めた結果とほぼ一致する。
3. プロットされた値から、増殖モデル式により増殖曲線をフィッティングできる。得られたパラメーターから最大比増殖速度と保存温度との関係式が求められる。
4. 3. で得られた増殖曲線ならびに最大比増殖速度は、培養法での結果と同等の結果が得られる。このことから本法は、培養法で求めた結果を再現でき、得られたデータを予測微生物学的解析手法に活用できると考えられる。
5. 共存微生物が存在する場合を想定して、生乳（未殺菌乳：一般生菌数  $10^5$  CFU/mL を含む）を用いて 2. と同様の実験を実施したところ、平板培養法では *L. monocytogenes* の菌数を求めることができなかったが、本法では図 2 a) のように増殖挙動を捉えることが可能である。また解析結果から最大比増殖速度と保存温度との関係（図 2 b)）を求めることができる。本法による特異的微生物定量法と微生物増殖モデル式による解析手法の活用により、微生物叢と食材の影響を含んだ増殖特性を迅速に提供できる可能性がある。

## [成果の活用面・留意点]

1. 本法は *L. monocytogenes* だけでなく、*Salmonella* Enteritidis についても試験がなされ、同様の結果を得ている。
2. 今回は食品のモデルケースとして、牛乳・生乳を用いた。その他の食品でも本法の活用が期待できるが、食品毎での検出条件至適化が必要と考えられる。
3. 本法では食中毒菌の遺伝子数を指標として菌数に換算するため、厳密には生菌死菌を含めた数値と考えられる。しかし、増殖特性を検討する範囲であれば、死菌数は解析に大きな影響を与えないと考えられる。

[具体的データ]



(川崎晋)

[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、委託プロ（食安動衛）

研究期間：：2013～2014年度

研究担当者：川崎晋、清水茂雅（北海道総研）、小関成樹（北大農）、稲津康弘

発表論文等：川崎ら(2014)日食微誌、31(1):28-35

[成果情報名] 遺伝子組換えイネ検出のためのイネ種共通内在性配列の検討

[要約] 新たに見出されたイネ内在性配列 SPS2 と既報の PLD2 は、他の既報 4 種のイネ内在性配列に比べて、PCR 反応効率、安定性、種得異性の面で優れている。GM 検知に適したイネ内在性配列を見出すことにより、信頼性の高い GM イネ検知法の開発が可能となる。

[キーワード] 遺伝子組換え、検知、イネ、PCR、種特異的

[担当] 食品安全信頼・信頼性確保

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所名] 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]

我が国の GM 検知における標準分析法では、様々な作物種を対象に、PCR 技術を利用した検出法が数多く利用されている。その際、各作物種に特異的な内在性配列は、定性分析法においては、検出系が正しく機能していることを確認するためのポジティブコントロールとして利用され、混入率を算出する定量分析法では、リアルタイム PCR のリファレンスとして利用されている。内在性配列の要件は、その作物種に固有であり、かつ、種間のゲノムにおいて安定した数で含まれることである。今後、開発途上国を含む多くの国や地域において、GM イネの開発および栽培が広がる可能性があるが、既報のイネ内在性配列には、PCR の反応効率や種特異性といった点に若干の問題があり、より優れたイネ内在性配列の開発が求められている。本研究では、既報の 5 種類のイネ内在性配列に加えて、Sucrose Phosphate Synthase (SPS) 遺伝子のプロモーター領域に、新たなイネ特異的配列を見出し、それらの PCR 反応性や種間における特異性を評価している。

[成果の内容・特徴]

1. 既報の 5 種類のイネ内在性配列 (phospholipase D 遺伝子由来の 2 種類の配列: PLD1 および PLD2、SPS 遺伝子由来の配列: SPS1、gos9 遺伝子由来の配列: GOS9、および ppi-phosphofructokinase (ppi-PPF) 遺伝子由来の配列: ppi-PPF) に加え、本研究で新たに設計した SPS 遺伝子由来の配列: SPS2 の合計 6 種類のシングルコピー配列に関して、リアルタイム PCR 等を用い、反応効率、安定性、特異性等の性能比較が可能である。
2. ジャポニカ米、インディカ米を含む 28 品種のイネ種子を収集し、それぞれから DNA を抽出後、リアルタイム PCR で解析した結果から、SPS2 は PCR 反応効率を示す Ct 値が 6 種類中で最も小さく、反応効率の面で優れていることが示されている (表 1)。
3. イネ 28 品種間での 6 配列の PCR 反応の安定性を、F 検定により比較している。品種間のばらつきは、PLD2、SPS2、PLD1、ppi-PPF、GOS9、SPS1 の順に大きくなり、SPS1 および GOS9 は他の配列に比べて有意にばらつきが大きく、残りの 4 種類の配列のうち、SPS2 および PLD2 はさらにばらつきが小さいことが示されている (表 2)。
4. SPS2 の塩基配列は、解析に用いた 28 種類すべてのイネ品種において完全に保存されている (データは省略)。
5. イネ以外の作物 (トウモロコシ、ダイズ、コムギ、オオムギ) およびイネ近縁種 (アワ、ヒエ) から抽出した DNA を鋳型に定性的 PCR を行う種特異性確認実験から、PLD1 はイネ以外のイネ科作物においても増幅が見られるが、SPS2 および PLD2 の PCR 標的配列は、イネ特異的である (図 1)。

[成果の活用面・留意点]

1. GM イネ検知法の内在性配列として、SPS2 の標準分析法での利用を提案する。



[具体的データ]

表1 イネ 28 品種を用いたリアルタイム PCR Ct 値の比較

	SPS2	PLD2	PLD1	ppi-PPF	GOS9	SPS1
平均値	22.23	22.36	22.46	22.93	23.00	28.56
ばらつき(分散)	0.040	0.040	0.043	0.048	0.122	0.304

閾値 (Threshold) は 0.2 に設定

表2 イネ品種間における PCR 安定性の比較 (F 検定)

		SPS1	GOS9	ppi-PPF	PLD1	SPS2	PLD2
V1		0.304	0.122	0.048	0.043	0.040	0.040
V2							
SPS1	0.304	—	2.50	6.37	7.06	7.64	7.65
GOS9	0.122	—	—	2.55	2.55	3.05	3.06
ppi-PPF	0.048	—	—	—	1.11	1.20	1.20
PLD1	0.043	—	—	—	—	1.08	1.08
SPS2	0.040	—	—	—	—	—	1.00
PLD2	0.040	—	—	—	—	—	—

F=V2/V1 (F が 1.90 以上で有意差有り  $\alpha=0.05$ )

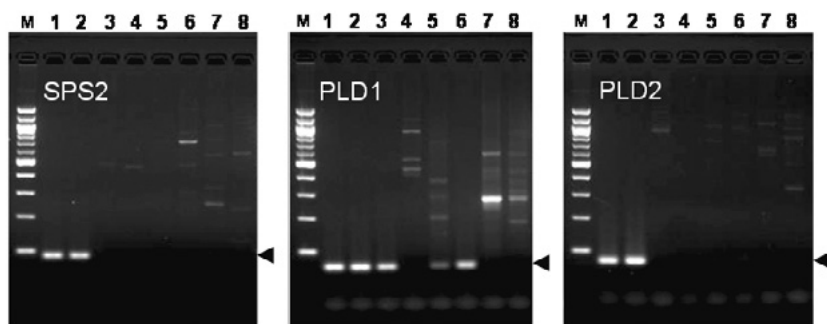


図1 PCR 特異性の確認

レーン 1～8 はそれぞれ、1 赤米、2 黒米、3 トウモロコシ、4 ダイズ、5 アワ、6 ヒエ、7 コムギ、8 オオムギ由来のゲノム DNA を鋳型に用いた結果を示す。

M は分子量マーカー、矢印は目的の PCR 産物の位置を示す。

(高畠令王奈、真野潤一、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：：2011～2014 年度

研究担当者：高畠令王奈、真野潤一、橘田和美

発表論文等：Takabatake R. et al. (2015) Food Control 50:949-955

**[成果情報名]**リスク情報の理解度に影響する説明表示法

**[要約]**文章とグラフもしくはイラストによる残留農薬量の説明を見た実験参加者で農薬量と対応した食品の安全性評価をできた人数を集計する。従来のグラフの付加では ADI と NOAEL の評価順位の逆転による誤答が多いが、イラストの付加では課題成績が高まる。

**[キーワード]**心理学、表示法、残留農薬量、評定尺度法

**[担当]**食品安全信頼・信頼性確保

**[代表連絡先]**電話 029-838-7991

**[研究所名]**食品総合研究所・食品機能研究領域

**[分類]**研究成果情報

---

**[背景・ねらい]**

食品の安全性についての情報は、一般消費者にとってわかりにくい場合が多い。そのため、グラフの活用などの試みがなされているが、その効果を数量化することは困難である。そこで本研究では、適切な残留農薬量の理解を促すため、簡便なイラストによる表記を新たに開発し、従来のグラフ表記と、理解度を比較することを目的とする。

**[成果の内容・特徴]**

1. 大学生および大学院生 80 人を対象に横断研究を行う。(a)文章のみ (図 1-a)、(b)累積正規分布関数のグラフ (図 1-b) と文章、(c)農薬量を一次元で示したデザインのイラスト (図 1-c) と文章の 3 種類の説明表記のうちどれか 1 種類を添付した質問紙を配布する。
2. 回答は、無毒性量 (NOAEL)、一日摂取許容量 (ADI)、残留農薬基準の 3 段階の残留農薬条件以下の農薬が残留している架空の農産物について、安全性に関わる 3 つの質問項目に線尺度法を用いて評定させる。
3. 安全性評価の評定値の相対的な大きさが残留農薬量の順序と一致した場合を正答者と条件ごとに正答率を算出した。安全性評価の評定値についての分散分析を行ったところ、どの表示条件下でも残留農薬基準が ADI と NOAEL よりも高く評価される (図 2-a)。正答率について  $\chi^2$  検定を行ったところ、すべての質問項目で正答率に有意な偏りがみられる ( $p < 0.05$ , 図 2-b)。残差分析の結果、「文章のみ」では正答率は期待値との差はないことが示される (41.4~55.2%)。また、「文章+グラフ」では、“どの程度安全であると感じるか”、“自分が食べようと思うか”という質問で期待値よりも正答率が低い (16.7~33.3%) 一方で、「文章+イラスト」条件では正答率が期待値よりも一貫して高いことが示される (59.3~70.4%)。このように、文章へのグラフの付加は残留農薬量の適切な理解を促進しないが、イラストの付加は促進することが示唆される。

**[成果の活用面・留意点]**

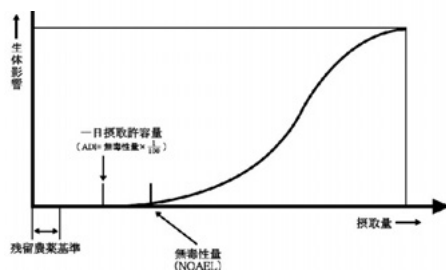
1. 本研究は、従来用いられている累積正規曲線を用いたグラフなどが対象者や条件によっては効果が低く、それに関する設問に対して妨げになることがある事、消費者集団の理解の程度を関連問題について評定尺度の評定値や正答率という形で数量化することが可能である事を示し、情報提示法の人間の理解に対する効果測定に活用しうる。
2. 本研究結果は、限られた集団の限られた設問での成績を示しているため、より一般的な理解や、異なる対象に対する理解度、ツールの効果等を知るためには、より大規模な調査や、案件に適した実験などを追加して行う必要がある。

[具体的データ]

a

- 無毒性量(NOEL:mg/kg/日)  
ラットやマウスなどの動物を用いた毒性試験を行ったとき、有害な影響のみられなかった最大の投与量を求めます。複数の動物試験を行い得られた無毒性量の中で最も小さい値をその物質の無毒性量(NOEL:no-observed adverse effect level (mg/kg/日))といえます。
- 一日摂取許容量(ADI:mg/kg/日)  
ADI (acceptable daily intake) とは、「ヒトがある物質を一生にわたって毎日摂取し続けたとしても現在の科学的知見から健康への悪影響がないと見なせる、一日あたりの量で、通常体重1kgあたりの量」で示されます。  
ADI=無毒性量×安全係数(通常は1/100)  
つまり、動物実験によって求めた無毒性量の100分の1をADIとしています。
- 残留農薬基準(mg/kg = ppm)  
ヒトの健康に害を及ぼすことがないように農薬の成分ごとに、食品や飼料に残留する農薬の量の限度を超えないように決められているのが、残留農薬基準です。毎日食べている様々な食品中に残っている農薬量を検査し、日本人が摂取している食品の量から個別の農薬ごとにその量を推計し、その農薬について決められているADIを超えないように個々の食品の残留基準を設定しています。(毎年、食品中の残留農薬量の調査が行われ、ほとんどの農薬はADIの1%未満~数%であることが報告されています)

b



c

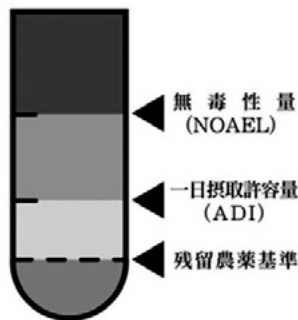
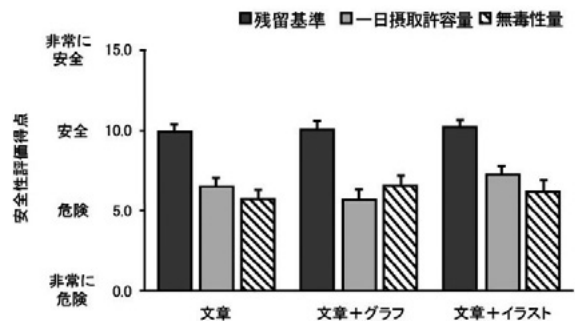


図1 実験で用いた説明表示:a のみ、a と b、a と c のいずれかの組み合わせを評価に先立ち実験参加者に通読させる。

a



b

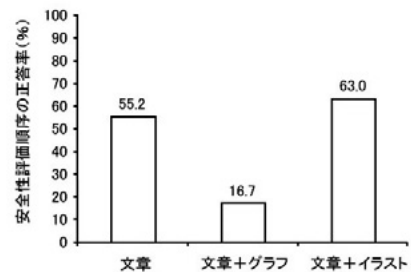


図2 安全性評価の結果:a は評定尺度による安全性評価の平均値。残留農薬基準は他の量よりも安全性評価が高かったが、無毒性量と一日摂取許容量との差はない。b は農薬量に対応した評価を正答とした場合の正答率。文章とイラストの場合、正答率が期待値よりも高い傾向がある。

(和田有史)

[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、競争的資金(科研費基盤研究(B))、競争的資金(厚生労働科研費)

研究期間：2011~2014年度

研究担当者：和田有史、朴ソラ(韓国国際大)、増田知尋、村越琢磨(千葉大)、川崎弥生(日本大)、内海建、木村敦(東京電機大)、小山慎一(千葉大)、日比野治雄(千葉大)、日野明寛(日本製粉)

発表論文等：朴ら (2014)日健教誌、22(2)：100-110

[成果情報名] *FMP21* 遺伝子の発現量増加は出芽酵母の高温耐性を強化する

[要約] 出芽酵母における *FMP21* 遺伝子の発現量増加比率は、菌株の高温耐性能と相関がある。出芽酵母で *FMP21* 遺伝子の発現量を増加させると高温耐性能が向上する。

[キーワード] 出芽酵母、高温ストレス、エタノール発酵、分子育種

[担当] バイオマス利用・エタノール変換技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所名] 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]

稲わら等の未利用バイオマスやサトウキビ等の生物資源からのバイオエタノール生産において、高機能を有するエタノール生産用酵母の利用は、コスト削減や環境負荷低減に高い有効性を発揮するものと期待される。エタノール発酵工程では、発酵熱等による発酵槽の温度上昇が酵母に高温ストレスを与え、生育や発酵機能を大きく阻害することから、多大なエネルギーを使って発酵槽を冷却している。高温条件下でも生育や発酵を阻害されない高温ストレスに強い酵母を使用できれば冷却に必要なエネルギーを減らすことができることから、その育種手法の開発が強く求められている。

本成果では、高温耐性能の異なる出芽酵母を用いて、高温耐性能と発現量増加比率に相関のある遺伝子を DNA マイクロアレイで全遺伝子網羅的に検索を行い、そこから得られた遺伝子が高温耐性能の強化に利用できることについて紹介する。

### [成果の内容・特徴]

1. 出芽酵母は、菌株によって高温下での生育特性が異なる（図1）。
2. 高温耐性の高い NFRI 3236 株の *FMP21* 遺伝子の高温下での発現量増加比率は、高温耐性の低い NFRI 3155 株の約2倍となるなど、高温耐性の高い出芽酵母は *FMP21* 遺伝子の発現量増加比率が高い。
3. *FMP21* 遺伝子は 138 アミノ酸をコードし、遺伝子産物はミトコンドリアに局在するコハク酸デヒドロゲナーゼの構成に重要な働きをすることが報告されている（Van Vranken et al. (2014) Cell Metab, 20: 241-52.）。
4. 高温条件下における *FMP21* 遺伝子の発現量増加比率は、菌株の倍加時間比率と相関がある（図2）。菌株の 30℃と 37℃における *FMP21* の遺伝子発現量を調べることで、37℃における倍加時間が推定できる。
5. *FMP21* 遺伝子を欠損した菌株は、高温条件下での生育速度が対数増殖期で約 25%低下する（図3）。
6. *FMP21* 遺伝子を *TDH3* 遺伝子プロモーター制御下で過剰発現させた菌株は、親株（野生型株）よりも高温条件下での生育速度が対数増殖期で約 22%向上する（図4）。

### [成果の活用面・留意点]

1. *FMP21* の遺伝子発現量増加比率は高温耐性能と相関がみられることから、これをマーカーとして用いることで新規に分離した出芽酵母の高温耐性能を推定することができる。
2. *FMP21* 遺伝子をセルフクロニング法等により過剰発現させることで出芽酵母の高温耐性を強化することができる。
3. 酵母には複数の高温耐性機構が存在すると考えられており、*FMP21* 遺伝子の機能を他の遺伝子の機能と組み合わせることで、高温耐性能を一層強化できるものと期待される。

[具体的データ]

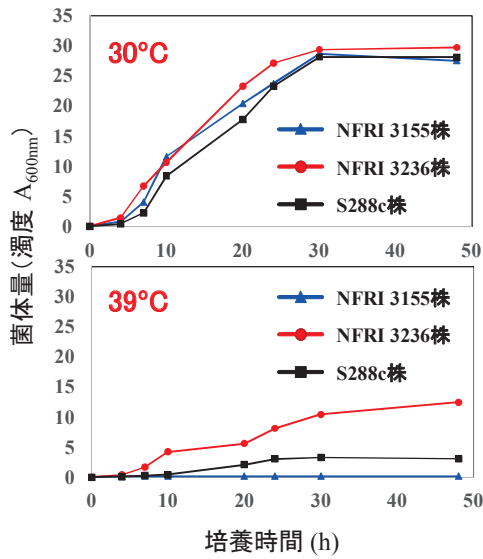


図1 高温耐性能の異なる出芽酵母3株の30°Cおよび39°Cでの生育特性

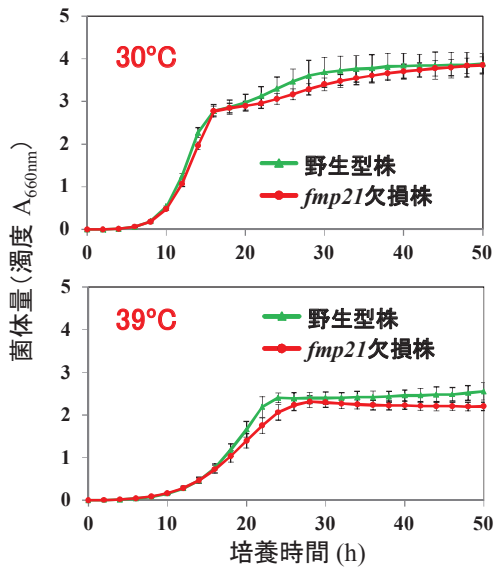


図3 野生型出芽酵母株および *fmp21* 欠損株の30°Cおよび39°Cでの生育特性

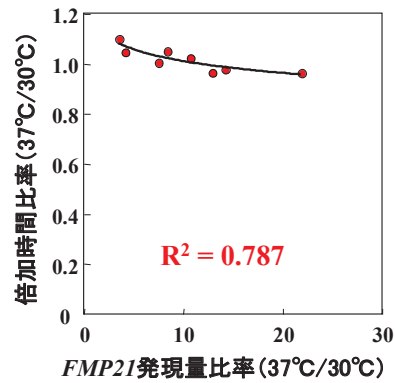


図2 出芽酵母8株の30°Cと高温条件(37°C)下での生育(倍加時間)比率と *FMP21* 遺伝子発現量比率の回帰分析

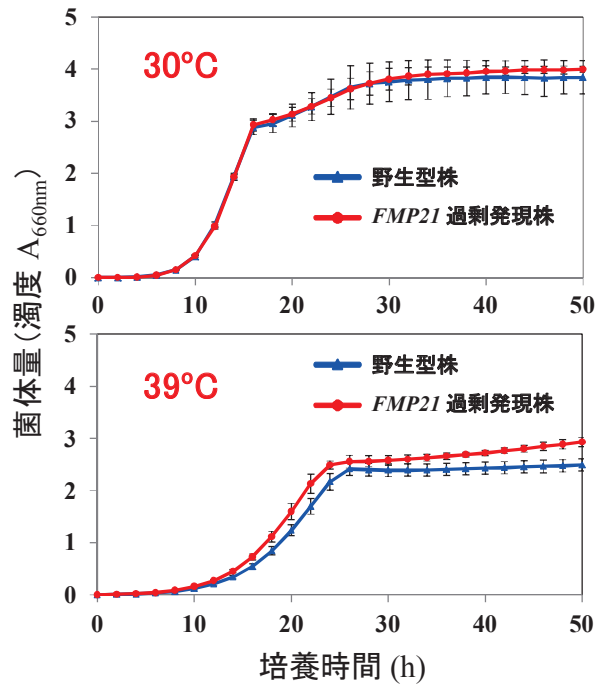


図4 野生型出芽酵母株および *FMP21* 過剰発現株の30°Cおよび39°Cでの生育特性

(中村敏英)

[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  
 研究期間：2012～2014年度  
 研究担当者：中村敏英、山本まみ、齋藤勝一、安藤聡、島純（龍谷大）  
 発表論文等：Nakamura et al. (2014) AMB Express, 4: 67.

**[成果情報名]ダイズ・大豆食品のイソフラボン分析法の改良と妥当性確認**

**[要約]**ダイズ・大豆食品のイソフラボン含有量を分析する改良測定法を確立する。精度は従来法と同等のまま、試料量の削減と分析時間の短縮を達成することができる。

**[キーワード]**イソフラボン、ダイズ、大豆食品、HPLC 分析法、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 029-838-7991

**[研究所名]**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]**

ダイズ・大豆食品に含有されるイソフラボンは、女性ホルモン様の作用を示すことから、骨粗鬆症の予防や更年期障害の軽減、脂質代謝の改善作用などが示唆されている。しかし、従来法(AOAC Official Method 2001.10)は分析に大量の試料が必要であり、さらに高速液体クロマトグラフ法(HPLC)による測定時間が長いため、育種のように多種類の試料を分析する現場においては導入しにくいことが問題である。そこで、本研究では、従来法と同程度の精度をもち、簡便かつ多検体の分析に用いることができるような改良版の分析法を確立することを目的とする。

**[成果の内容・特徴]**

1. ダイズ・大豆食品を測定対象とし、抽出・加水分解した後に HPLC により総イソフラボンアグリコンとして定量する。従来法と比較して、必要試料量を 1/4、溶媒量を 1/2 に減らし、かつ HPLC 分析時間を約半分に短縮可能な改良法である(表 1)。
2. 均質性を確認した総イソフラボン含有量の異なる 3 種類の大豆粉試料を用い、室間共同試験を実施したところ、併行相対標準偏差( $RSD_r$ )は 1.3-1.7%、室間再現相対標準偏差( $RSD_R$ )は 7.3-9.9%、また HorRat 値はいずれも 2 以下となったことから、信頼性の高い分析法であると判断される(表 2)。

**[成果の活用面・留意点]**

1. 本改良法によるイソフラボン含有量の定量限界は 50  $\mu\text{g/g}$  であり、これ以上のイソフラボン含有するダイズ・大豆食品の分析に適用可能である。
2. 室間共同試験による妥当性確認に用いた手順書は、2015 年度中に(独)農研機構食品総合研究所のウェブサイトよりダウンロード可能にする予定である。

[具体的データ]

表1 改良法と従来法の比較

	改良法	従来法(AOAC)
試料量	0.5g	2~5g
抽出容器	30 ml ガラスバイアル	250 ml 三角フラスコ
抽出溶媒量	25 ml	50 ml
定容操作	1回	2回
HPLC分析時間	23分	44.5分

表2 室間共同試験結果

ダイズ凍結乾燥粉末試料	No.1	No.2	No.3
参加研究室数	7	7	7
平行測定回数	2	2	2
平均値(μg/g)	1674	2912	1675
平行相対標準偏差(RSD <sub>r</sub> (%))	1.4	1.3	1.7
室間相対標準偏差(RSD <sub>R</sub> (%))	9.9	7.4	7.3
HorRat	1.9	1.5	1.4

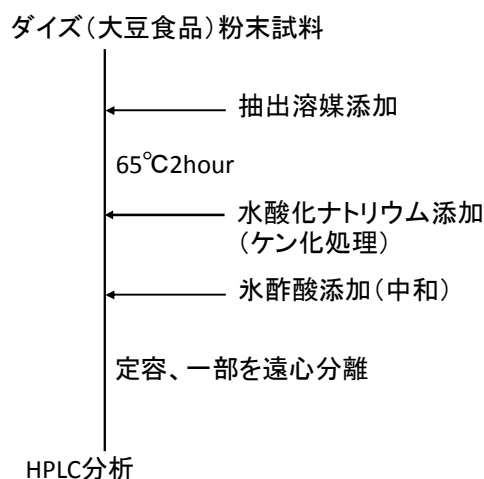


図1 イソフラボン分析法(改良法)

(荻田佑、渡辺純、石川祐子)

[その他]

中課題名：健康機能性に関する成分分析法及び評価法の開発と標準化

中課題番号：310a0

予算区分：交付金、委託プロ（医農連携）

研究期間：：2011～2014 年度

研究担当者：荻田佑、渡辺純、若木学、石川祐子、中道 浩司（道総研）、小宮山 誠一（道総研）、小谷野 茂和（道総研）、竹林 純（国立健康・栄養研）

発表論文等：

- 1) 農研機構(2014)「ダイズ・大豆食品のイソフラボン分析法マニュアル(AOAC Official Method 2001.10 改変)」<http://www.naro.affrc.go.jp/nfri/index.html> (2015 年公開予定)
- 2) T. Ogita et. al. Evaluation of a Method to Quantify Isoflavones in Soy bean by Single and Multi-laboratory Validation Studies (Food Sci. Tech. Res.投稿中)

[成果情報名]寒締め栽培によりホウレンソウのフラボノイドと抗酸化能は増加する

[要約]ホウレンソウを寒締め栽培することにより、フラボノイド含量が増加するとともに抽出物の H-ORAC 値が増加する。フラボノイドは、低分子のモノ及びジグルコシドが増加するなど組成が変化する。

[キーワード]ホウレンソウ、寒締め栽培、フラボノイド、抗酸化能

[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

[研究所名]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]

ホウレンソウは、東北地域の冬の寒さを利用した寒締め栽培により糖及びビタミン含量などが増加し、食味や栄養性の向上など高品質化することが知られている。植物に対する低温ストレスは酸化ストレスを引き起こすが、寒締め栽培による抗酸化化合物のフラボノイドや抗酸化能（H-ORAC 値）の推移は、明らかにされていない。本研究では、ホウレンソウ 3 品種（「朝霧」「まほろば」「若草」）の寒締め栽培におけるフラボノイド含量と組成、抽出物の抗酸化能の変化を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. ホウレンソウの総フラボノイド量は、ビニールハウス内で出荷サイズまで生育させた後の寒締め栽培により、栽培期間中顕著に増加する。寒締め前（2011.12.1）と比較して寒締め 40 日後（2012.1.10）で、「朝霧」2.6 倍、「まほろば」2.2 倍（図 1）、「若草」2.4 倍）。寒締め処理しない対照では増加しない。
2. H-ORAC 値は寒締め栽培により全品種で顕著に増加するのに対し、非寒締め処理では、2 品種（「朝霧」「まほろば」）で 2011.12.1（寒締め前と同一日）より 2012.1.10（寒締め 40 日後と同一日）で増加するものの両者の差は小さく（図 2）、1 品種（「若草」）では増加しない。
3. ホウレンソウ（3 品種）の検出フラボノイド 16 化合物の中で、全フラボノイド量に占める割合が増加したのは、patuletin のジグルコシド（patuletin-3-glucosyl-(1-6)-glucoside）（寒締め前→寒締め後 40 日、3.5→10.3%）（図 3 A）、及び新たに検出されたモノグルコシド（patuletin-3-glucoside）（0.13→4.4%）（図 3 B）、spinacetin のジグルコシド（spinacetin-3-glucosyl-(1-6)-glucoside）（2.6→8.6%）（図 3 C）である。これら化合物は分子内にフェノール酸、アピオース、グルクロン酸などを含まず、ホウレンソウに含まれるフラボノイドとしては低分子量である。
4. 増加する 3 種類以外のフラボノイドでは、patuletin 配糖体（4 化合物）の割合は概ね一定であり（図 3 D）、spinacetin 配糖体（5 化合物）（図 3 E）、グルクロニド（グルクロン酸を含むフラボン、4 化合物）（図 3 F）は低下傾向にある。

### [成果の活用面・留意点]

1. 高機能なホウレンソウの生産、及び寒締めホウレンソウを高機能な食品素材として利用する際の知見となる。
2. ホウレンソウに含まれるフラボノイド標準品はいずれも市販されていないことから、既報告に準じて、HPLC（350nm）による分析値は入手可能な spiraeoside 当量として算出。総フラボノイド量は、各フラボノイド量を合計したもの。
3. 寒締め栽培では、慣らし栽培も寒締め栽培日数としてカウントしている。



[具体的データ]

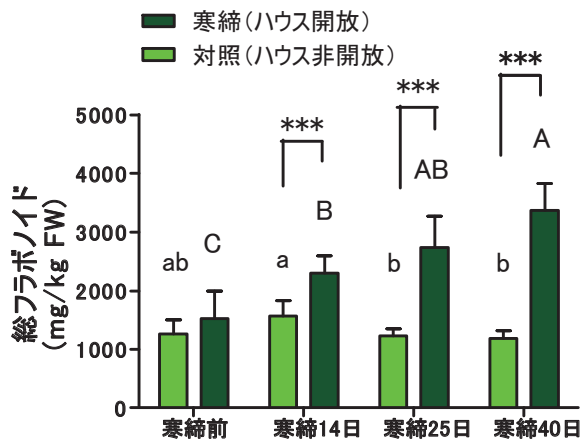


図1 寒締め栽培によるホウレンソウ総フラボノイド量の変化

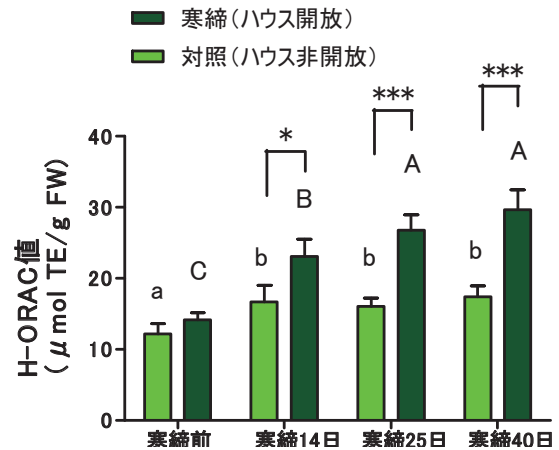


図2 寒締め栽培によるホウレンソウH-ORAC値の変化

品種：まほろば、データは平均値±標準偏差 (n=6)，同一栽培法の異なる文字間には，栽培時期間で有意差有 ( $p < 0.05$ )，栽培法間の差は t 検定を実施(\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$ )。

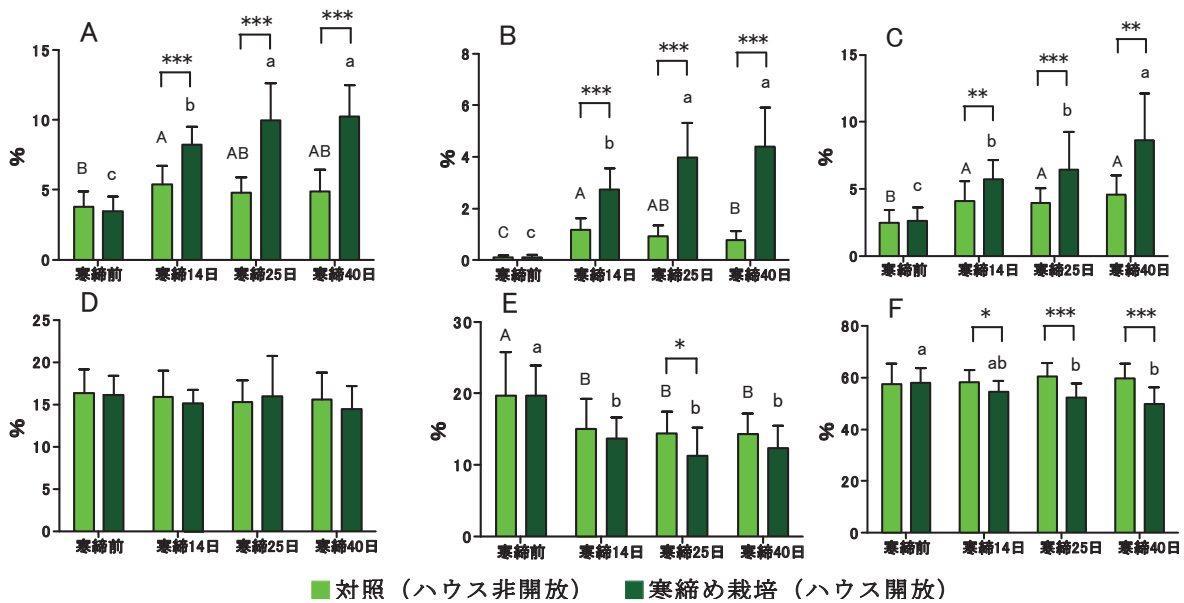


図3 寒締め栽培によるホウレンソウのフラボノイド組成変化

A: patuletin-3-glucosyl-(1-6)-glucoside, B: patuletin-3-glucoside, C: spinacetin-3-glucosyl-(1-6)-glucoside, D: patuletin glucosides (4 化合物), E: spinacetin glucosides (5 化合物), F: グルクロニド (4 化合物), データは平均値±標準偏差 (n=18)，同一栽培法の異なる文字間には栽培時期間で有意差有 ( $p < 0.05$ )，栽培法間の差は t 検定を実施(\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ )。

(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：その他外部資金 (地域再生)

研究期間：2012～2014 年度

研究担当者：渡辺 満

発表論文等：Watanabe M. and Ayugase J. (2014) J. Sci. Food Agric. DOI: 10.1002/jsfa.6925

[成果情報名]小麦ふすま「自己消化物」の非アルコール性脂肪性肝炎モデル動物に対する効果  
[要約]血圧上昇抑制ペプチドを含む小麦ふすま自己消化物を摂取した非アルコール性脂肪性肝炎モデルマウスでは、肝組織の病変が改善され、血清トリグリセリド濃度が低下し、炎症系の転写因子の活性化が抑制される。  
[キーワード]小麦ふすま、非アルコール性脂肪性肝炎、肝臓、生活習慣病  
[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  
[研究所名]近畿中国四国農業研究センター・作物機能開発研究領域  
[分類]研究成果情報

---

#### [背景・ねらい]

食生活の欧米化に伴い生活習慣病の急激な増加が社会問題となっている。非アルコール性脂肪性肝疾患は、生活習慣病の肝臓における表現型であり、国内成人の罹患率は10～30%と推定され、うち10～20%は非アルコール性脂肪性肝炎（NASH）と推定されている。これらの治療には、脂質改善薬、糖尿病改善薬、抗酸化剤などが使用されている。小麦ふすまの自己消化物はアンジオテンシン変換酵素（ACE）阻害ペプチドを含むが、ACEの代謝物であるアンジオテンシンIIは肝星細胞を活性化して肝臓の線維化を促進することが報告されており、アンジオテンシン受容体ブロッカーやACE阻害剤がNASHの進行を抑制する可能性が示唆されている。そこで、粗精製した小麦ふすま自己消化物のNASHモデルマウスに対する改善効果を明らかにする。

#### [成果の内容・特徴]

1. NASHモデルマウスの肝組織像の比較では、対照検体はNASHに特徴的な脂肪滴、風船化細胞が多数観察され、かつ肝細胞周囲の線維化も進行するのに対し、小麦ふすま自己消化物0.1%および0.2%投与検体はこれらの組織の変性程度が低い（図1）。それゆえ、小麦ふすま自己消化物はNASHモデルマウスの肝組織の変性を抑制する効果をもつ。
2. 血液生化学検査では、血清トリグリセリド濃度は対照群と比べて0.1%および0.05%投与群で有意に低下する（図2）。したがって、小麦ふすま自己消化物はNASHモデルマウスの脂質異常症を改善する効果をもつことが推察される。
3. 炎症の発症や進行に関与する転写因子であるNF- $\kappa$ Bは、リン酸化（Ph-NF- $\kappa$ B）により活性化するが、活性体量は小麦ふすま自己消化物の0.2%投与群で有意に低下する（図3）。したがって、小麦ふすま自己消化物はNASHモデルマウスの肝臓の炎症を抑制する効果をもつことが推察される。

#### [成果の活用面・留意点]

1. 小麦ふすま自己消化物は、小麦ふすまを水に浸漬し、pH3.2、40℃で12時間自己消化し、イオン交換クロマトグラフィーでACE阻害活性を高めた画分であり、その50%阻害濃度は90  $\mu$ g/mLである。
2. マウスの一日当たりの摂取量は、0.2%投与群が220 mg/kgであり、10週間の投与期間中の体重、および投与終了後の肝/体重比は対照群と投与群との間に有意差は認められない。
3. 小麦ふすま自己消化物を食品素材として利用する際の知見となる。
4. 実用化のためには有効成分の特定やヒトでの効果の検証が必要になる。

[具体的データ]

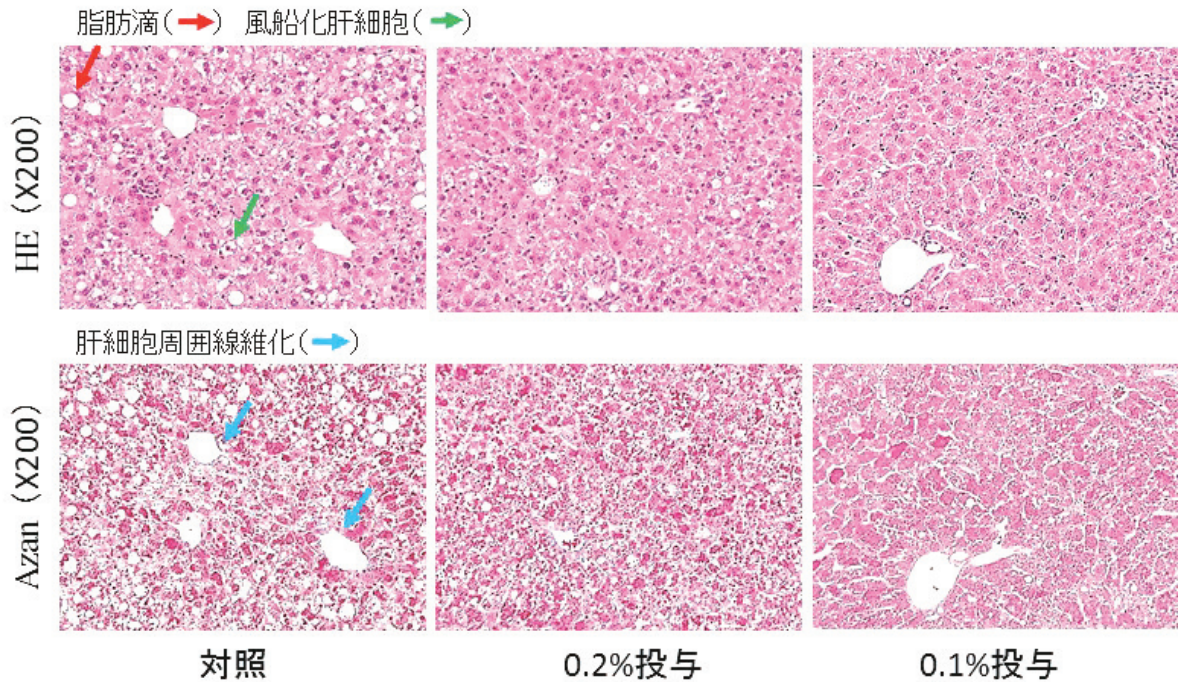


図1 ふすま自己消化物の投与は NASH モデルマウスの肝組織の変性を抑制する。HE : ヘマトキシリン・エオジン染色、Azan : アザン染色

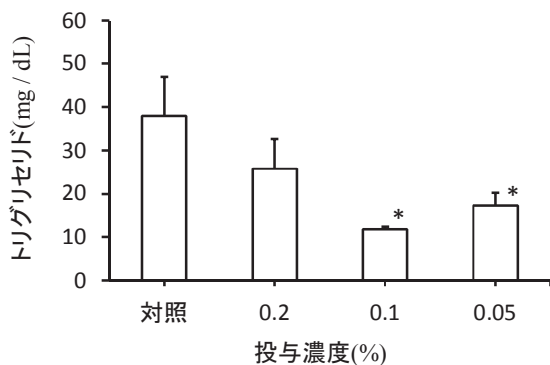


図2 ふすま自己消化物の NASH モデルマウスの血清トリグリセリド濃度の抑制効果

数値は平均値±標準偏差、\*対照群と比較して有意 ( $p < 0.05$ )

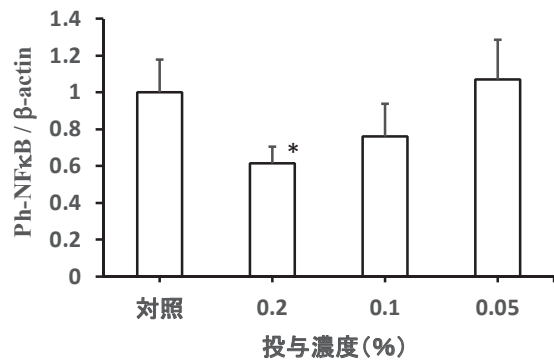


図3 ふすま自己消化物の NASH モデルマウス肝臓における NFκB リン酸化抑制効果

数値は平均値±標準偏差、\*対照群と比較して有意 ( $p < 0.05$ )

(野方洋一)

[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

研究期間 : 2010~2014 年度

研究担当者 : 野方洋一、阿部大吾、斉藤武、上野隆登 (久留米大)

発表論文等 :

1)野方ら「小麦ふすま、大麦糠、または米糠に由来するペプチドを含む脂肪性肝疾患を処置するための組成物」特開 2014-84280 (2014 年 5 月 12 日)

2)Ueno T. et al. (2013) J. Hepatology 58(Suppl.): S526-S527

[成果情報名]カリフラワーのスプラウトはビタミン C が多く受光量に伴い含量は向上する

[要約]カリフラワーのスプラウトは、ブロッコリーなど他のスプラウトと比較してビタミン C 含量が 1.4 倍以上多い。蛍光灯を用いた試験では、強い光を 6 日間連続で当てて栽培することでカリフラワースプラウトのビタミン C 含量はさらに多くなる。

[キーワード]植物工場、カリフラワー、スプラウト、ビタミン C、アスコルビン酸

[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

[研究所名]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]

温暖化や豪雨など、気候変動による農業の生産力の低下が危惧される状況から、天候に左右されずに屋内で安定的に野菜などを栽培できる植物工場が注目されている。植物工場ですら主に栽培される葉物野菜は養液を用いるリーフレタスが主流だが、レタスよりも短期間で手軽に、肥料を用いず水だけで栽培出荷が可能なスプラウト類もまた対象となり得る。

日本国内で生産されるスプラウトは、かいわれだいこんをはじめとして大半がアブラナ科に属し、アブラナ科野菜は他の葉物野菜と比較してビタミン C が多いという特徴がある。そこで、広くアブラナ科野菜のスプラウトからビタミン C 含量の多い種を選抜し、さらに光の強さと光を当てる時間からビタミン C 含量を高める栽培条件の検討を行う。

## [成果の内容・特徴]

1. アブラナ科アブラナ属の野菜種子 28 種類とアブラナ科ダイコン属の種子 8 種類について、屋内の自然光下でスプラウトを栽培しビタミン C 含量を測定すると、カリフラワー（A、B、C 3 品種）のスプラウトはブロッコリーなど他のスプラウトと比較して単位新鮮重量（FW）当たり 1.4 倍以上ビタミン C 含量が多い（図 1）（表 1）。
2. 供試したアブラナ科以外のスプラウト（8 種類）よりもアブラナ科スプラウトの方がビタミン C 含量は多い（図 1）。
3. アブラナ科アブラナ属のカリフラワーとブロッコリーの種子を用いてスプラウトを栽培すると、蛍光灯を用いた試験では、強い光（光合成光量子束密度（PPFD） $160 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）を 6 日間連続で当てて栽培することでスプラウトの 1 本当たりの重量は多くなり、1 本当たりのビタミン C 含量及び単位新鮮重量（FW）当たりのビタミン C 含量も多くなる（表 1）。

## [成果の活用面・留意点]

1. カリフラワースプラウトは植物工場等の屋内で天候に左右されずに生産でき、サラダ等に用いてビタミン C の摂取量を増やすことができる生鮮野菜として有用である。
2. ブロッコリーのスプラウトはすでに市販されている。カリフラワーもスプラウト用の種子が安価に大量に生産可能となることで実用化できる。
3. 一般に食する花序（花蕾）のビタミン C 含量は、カリフラワーよりもブロッコリーの方が高い。
4. 発光ダイオード（LED）等の高効率光源との代替により省電力栽培が可能であるが、蛍光灯よりも明るい光源ではスプラウトが徒長せず商品性を損なう可能性がある。
5. ビタミン C 含量は還元型アスコルビン酸と酸化型アスコルビン酸含量の合計値である。アブラナ科スプラウトにおいて、総アスコルビン酸のうち抗酸化作用に優れる還元型の L-アスコルビン酸の割合は 74~94%である。

[具体的データ]

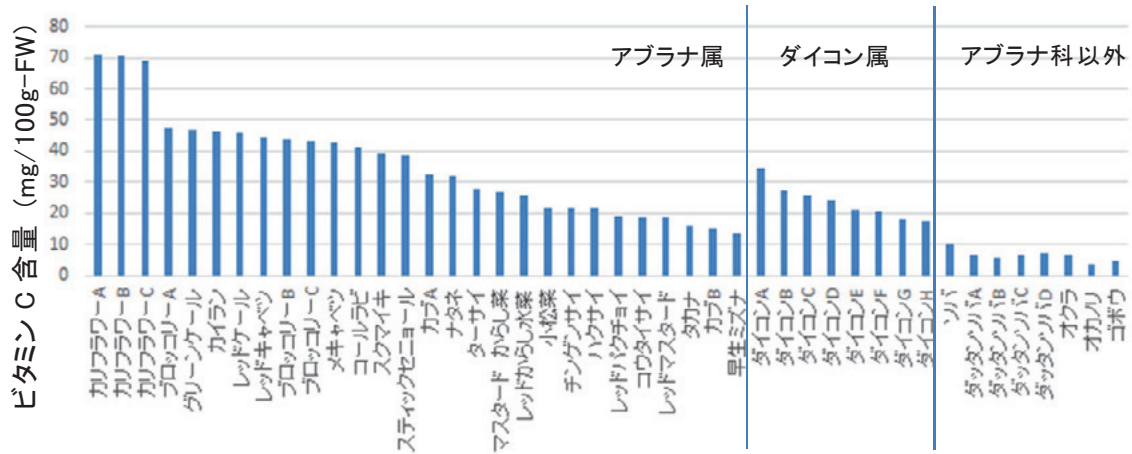


図1 自然光栽培におけるスプラウトのビタミンC含量

3日間暗所で発芽させ以降屋内の自然光で栽培(夜間暗所下)  
栽培期間:9日間

表1 カリフラワー、ブロッコリースプラウトのビタミンC含量に及ぼす蛍光灯の効果

	栽培条件	新鮮重量 (mg/本)	ビタミンC含量 (mg/100g-FW)	ビタミンC含量 ( $\mu$ g/本)
カリフラワー	自然光(夜間暗所)	45.6 $\pm$ 2.5	71.0 $\pm$ 1.8	32.4 $\pm$ 0.8
	連続明所 (PPFD 70mmol/m <sup>2</sup> /s)	57.4 $\pm$ 3.0	125.7 $\pm$ 6.2	72.2 $\pm$ 2.7
	連続明所 (PPFD 160mmol/m <sup>2</sup> /s)	60.5 $\pm$ 4.0	165.3 $\pm$ 6.3	100.0 $\pm$ 9.5
ブロッコリー	自然光(夜間暗所)	50.2 $\pm$ 3.9	47.6 $\pm$ 2.8	23.9 $\pm$ 1.4
	連続明所 (PPFD 70mmol/m <sup>2</sup> /s)	62.9 $\pm$ 3.7	78.9 $\pm$ 3.0	49.6 $\pm$ 2.0
	連続明所 (PPFD 160mmol/m <sup>2</sup> /s)	67.7 $\pm$ 5.9	112.8 $\pm$ 4.5	76.4 $\pm$ 8.6

図1のカリフラワーC、ブロッコリーAと同じ種子を使用

種子重量:カリフラワー5.5mg/個、ブロッコリー4.1mg/個

自然光(夜間暗所):3日間暗所で発芽させ以降屋内の自然光で栽培(夜間暗所下)

連続明所:3日間暗所で発芽させ以降連続して蛍光灯を使用して明所で栽培(25℃)

栽培期間:9日間

(澤井祐典)

[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

研究期間:2012~2014年度

研究担当者:澤井祐典、沖智之、西場洋一、奥野成倫、須田郁夫、渡辺慎一

発表論文等:澤井ら(2014)食科工、61(6):218-222

[成果情報名]LC-MS/MSを用いたトマトのオスモチン様タンパク質 Protein NP24 の定量法

[要約]液体クロマトグラフタンデム質量分析装置 (LC-MS/MS) と安定同位体標識内部標準ペプチドを用いることで、トマトのオスモチン様タンパク質 Protein NP24 を定量できる。

[キーワード]Protein NP24、オスモチン、トマト、LC-MS/MS、安定同位体標識内部標準ペプチド

[担当]食品機能性・代謝調節利用技術

[代表連絡先]電話 029-838-7991

[研究所名]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]

浸透圧ストレス下、タバコ培養細胞内に誘導されるタンパク質であるオスモチンは、アディポネクチン受容体を活性化することから、メタボリックシンドローム抑制効果を期待されている。液体クロマトグラフタンデム質量分析装置 (LC-MS/MS) と安定同位体標識内部標準ペプチドを用いて、タバコと同じナス科に属し、消費量の多いトマトのオスモチン様タンパク質 Protein NP24 (図 1、オスモチンのアミノ酸配列との同一性：91%、外皮に多く存在) の定量法を開発する。Protein NP24 に対する ELISA などの正確な定量法は、これまで報告されていない。

### [成果の内容・特徴]

1. 本定量法は、内部標準物質として安定同位体標識ペプチド GQTWVINAPR<sup>[13C<sub>6</sub>,15N<sub>4</sub>]</sup> (試薬メーカーへ委託合成) を添加したトマトタンパク質のトリプシン消化物を LC-MS/MS で分析する。Protein NP24 のトリプシン消化ペプチド GQTWVINAPR (図 1) のピークと GQTWVINAPR<sup>[13C<sub>6</sub>,15N<sub>4</sub>]</sup> のピークとを比較することで、Protein NP24 を定量できる。
2. Protein NP24 には、NP24 I と NP24 II のアイソフォームが存在する (図 1)。トリプシン消化ペプチド GQTWVINAPR を生成するアミノ酸配列は、これらの変異部位を含まないので、本定量法は、NP24 I と NP24 II の合計値を与える。
3. Protein NP24 の定量の手順および LC-MS/MS の分析条件を図 2 に示す。
4. 多重反応モニタリング (MRM) クロマトグラムの保持時間 5.6 分の位置に、GQTWVINAPR と GQTWVINAPR<sup>[13C<sub>6</sub>,15N<sub>4</sub>]</sup> のピークが観測される (図 3)。所要時間 15 分で fmol/μl 濃度レベルでの定量分析が可能である。
5. 例として、トマト外皮の Protein NP24 定量値を表 1 に示す。日内および日間の変動係数は、13%以下である。

### [成果の活用面・留意点]

1. トマトおよびトマト加工品の Protein NP24 を定量したい研究者等による本成果の活用を想定している。
2. 定量下限値は、使用する LC-MS/MS の性能に依存する。
3. ペプチドの LC 分離モードとして、C18 などの逆相クロマトグラフィーが主に用いられているが、GQTWVINAPR を適切にカラム担体に保持しないため、本定量法では、親水性相互作用クロマトグラフィー (HILIC) を用いている。
4. 複数の試薬メーカーが、安定同位体標識ペプチドの受託合成を行っている。
5. 切断特異性が高い質量分析グレードのトリプシンを使用している。

[具体的データ]

10 20 30 40 50 60  
**MGYLTSSFVL** **FFLLCVITYY** **AATIEVR**NNC PYTVWAA**STP** IGGRRLLNR**G** **Q**TWVINAPRG  
 TKMARIWGRT GCNFNAAGRG TCQTGDCGGV LQCTGWGKPP NTLAEYALDQ FSNLDFWDIS  
 LVDGFNIPMT FAPTKPSGGK CHAIHCTANI NGECPRALKV PGGCNPCTT FGGQQYCCCTQ  
 GPCGPTELSK FFKKRCPCDAY SYPQDDPTST FTCPGGSTNY RVVFCPNGVA DPNFPLEMPA  
 STDEVAK

図1 Protein NP24のアミノ酸配列 赤字：定量に用いるトリプシン消化ペプチドを生成する配列、青字：I, S；NP24 I→F, F；NP24 II、緑字：シグナルペプチド（分泌タンパク質などのN末端に存在する特徴的な配列。一般的にはシグナルペプチダーゼにより切断されて除去される。）

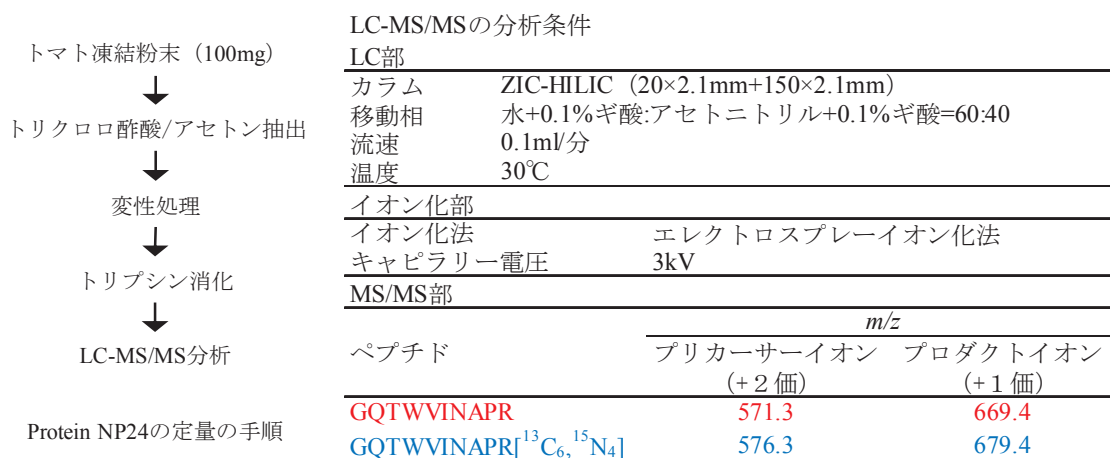


図2 Protein NP24の定量の手順（左図）とLC-MS/MSの分析条件（右表）

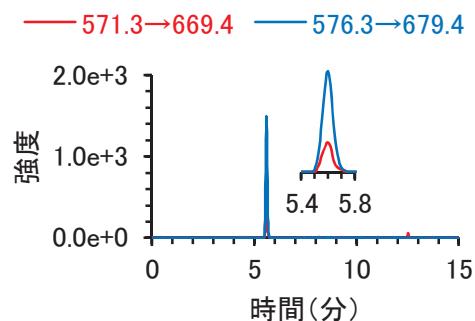


図3 トマトタンパク質トリプシン消化物のMRMクロマトグラム

日	含量 (nmol/g新鮮重)	変動係数 (%)	n
1	2.9	11.4	5
2	3.0	10.7	5
3	2.8	12.7	5
4	3.1	10.5	5
5	3.0	5.2	5
1-5	3.0	10.0	25

\*市販品(2014年4月購入、品種は不明)

(一法師克成)

[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（先端プロ）

研究期間：2012～2014年度

研究担当者：一法師克成、笹沼基恵、大池秀明、小堀真珠子、山本（前田）万里

発表論文等：Ippoushi H. et al. (2015) Food Chem.173:238-242

[成果情報名]  $\beta$ -クリプトキサンチンはマウスの非アルコール性脂肪肝炎の炎症を抑制する

[要約]  $\beta$ -クリプトキサンチンはマウスに高コレステロール・高脂肪食で誘導される非アルコール性脂肪肝炎を改善する。遺伝子発現解析の結果などから、特に炎症を抑制する。

[キーワード]  $\beta$ -クリプトキサンチン、非アルコール性脂肪肝炎、DNA マイクロアレイ、炎症、マクロファージ

[担当] 食品機能性・代謝調節利用技術

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所名] 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]

疫学研究の結果は血中の  $\beta$ -クリプトキサンチン濃度の高いヒトで生活習慣病に関連する肝障害やインスリン抵抗性のリスクが低いことを示している。非アルコール性脂肪肝は生活習慣病と関連の深い慢性肝疾患であり、その予防や治療に有効な食生活の解明が求められている。そこで、モデルマウスを用いて、 $\beta$ -クリプトキサンチンの非アルコール性脂肪肝炎改善効果を明らかにすると共に、DNA マイクロアレイを用いた遺伝子発現解析により作用の特徴と作用機構を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 0.003%の  $\beta$ -クリプトキサンチンを飼料に添加して、12 週間摂取させることにより、マウスに高コレステロール・高脂肪食で誘導される非アルコール性脂肪肝炎の脂肪の蓄積及び線維化の症状が改善される（図 1）。
2. 肝臓組織の遺伝子発現を網羅型 DNA マイクロアレイを用いて解析した結果、 $\beta$ -クリプトキサンチンは、肝臓の細胞死、免疫細胞の蓄積、浸潤、活性化、及び酸化ストレスに関わる遺伝子発現を抑制する（図 2）。このことから、 $\beta$ -クリプトキサンチンは非アルコール性脂肪肝炎の酸化ストレスや肝障害を低下させ、炎症を起こすマクロファージや T 細胞の増加を抑制すると考えられる（図 2）。
3. 脂肪肝や非アルコール性脂肪肝炎で発現誘導される遺伝子をより精度良く検出するため、カスタム DNA アレイを作成して、マウス肝臓の遺伝子発現を測定した結果、 $\beta$ -クリプトキサンチンは非アルコール性脂肪肝炎で誘導されるマクロファージや T 細胞の遺伝子発現を抑制する（図 3）。また、腫瘍壊死因子 TNF $\alpha$  で誘導される炎症に関わる遺伝子発現を抑制する（図 3）。こられのことから、モデルマウスにおいて、 $\beta$ -クリプトキサンチンは特に炎症を抑制して非アルコール性脂肪肝炎を改善する。

### [成果の活用面・留意点]

1. 非アルコール性脂肪肝炎モデルマウス、網羅型 DNA マイクロアレイおよび脂肪肝炎評価用カスタム DNA アレイを用いる評価法は、非アルコール性脂肪肝炎の予防・改善に有効な農作物・食品成分の探索や解明に活用できる。
2. 実験方法および結果は「ニュートリゲノミクス機能性データベース」(<http://foodfunction.dc.affrc.go.jp>) に収載しており、食品総合研究所のホームページから閲覧できる。
3. ウンシュウミカンの  $\beta$ -クリプトキサンチンの非アルコール性脂肪肝炎への有効性は検討中である。



[具体的データ]

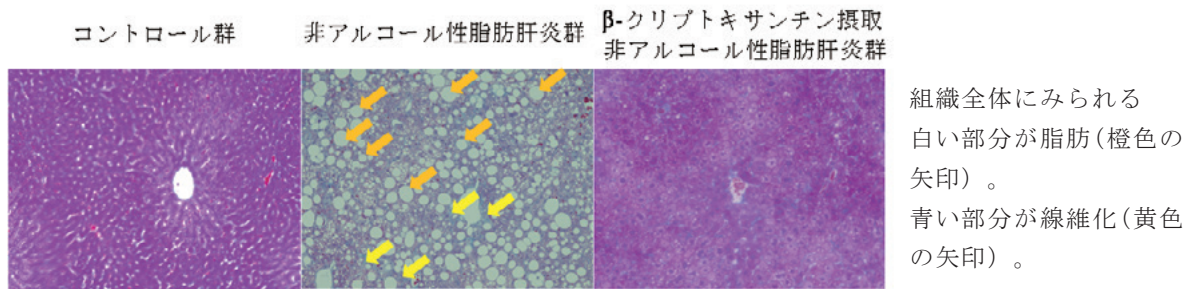


図1 β-クリプトキサンチンの非アルコール性脂肪肝炎改善効果

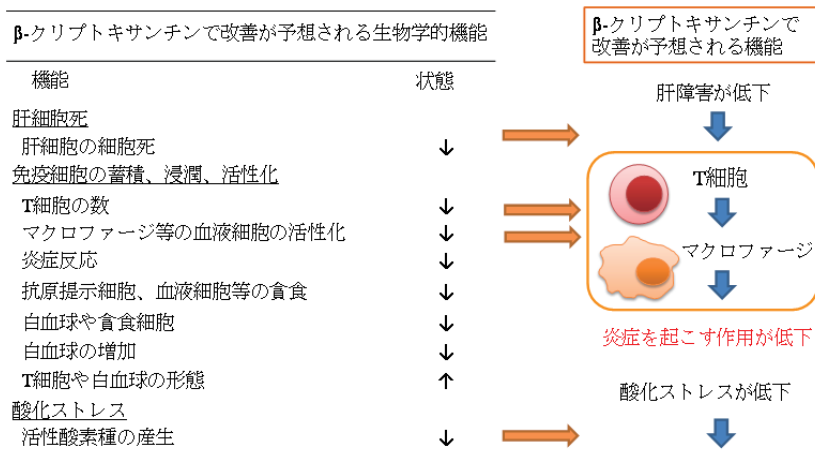


図2 非アルコール性脂肪肝炎においてβ-クリプトキサンチンで変動する遺伝子の機能

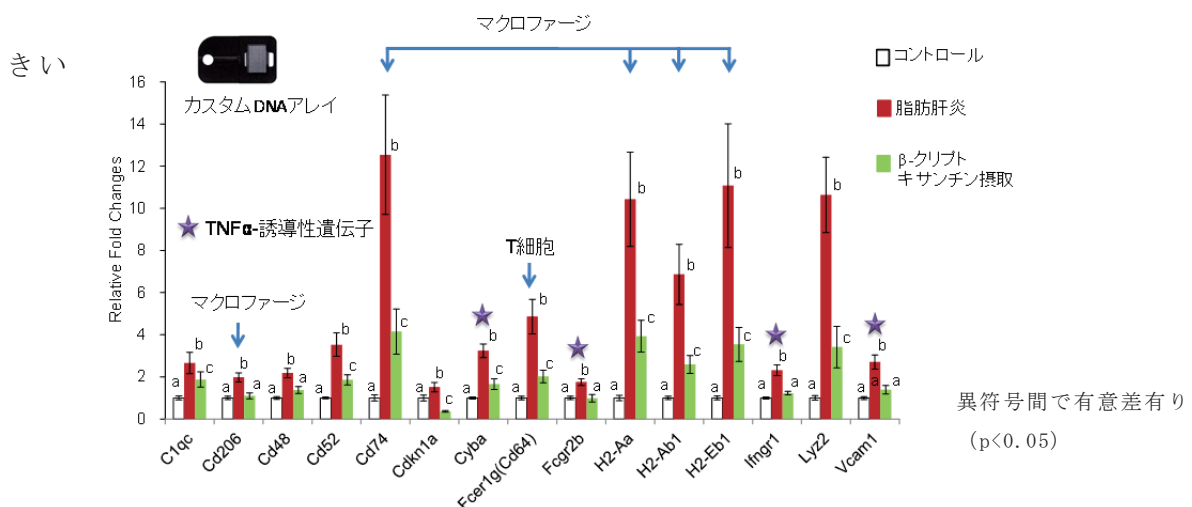


図3 β-クリプトキサンチンで抑制されるマウス肝臓の脂肪肝炎関連遺伝子

(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、競争的資金（実用技術）、その他外部資金（資金提供型共同研究）

研究期間：2010～2014年度

研究担当者：小堀真珠子、杉浦実、小川一紀、太田嗣人（金沢大）

発表論文等：Kobori M. et al. (2014) PLoS ONE 9(5):e98294. doi: 10.1371/journal.pone.0098294

**[成果情報名]カルシウムが強化され粘度安定性に優れた馬鈴薯澱粉の製造**

**[要約]**高リン含量の馬鈴薯澱粉にカルシウムイオンを多く含む水溶液（塩化カルシウム溶液またはミネラルウォーター）を加えることによって、カルシウムが強化され粘度安定性が改善された馬鈴薯澱粉を効率的に製造できる。

**[キーワード]**馬鈴薯澱粉、リン、カルシウム、粘度安定性

**[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

**[研究所名]**北海道農業研究センター・畑作基盤研究領域

**[分類]**研究成果情報

---

**[背景・ねらい]**

馬鈴薯澱粉はエステル結合したリン酸基を多く含み、リン酸基には種々のカチオンが結合している。馬鈴薯澱粉に含まれるカチオンの種類と量は、澱粉製造時に使用される用水に含まれるカチオンによって決定されると考えられるが、北海道の馬鈴薯澱粉工場で使用される用水は、2価カチオン含量の低い軟水である。そのため生産される馬鈴薯澱粉はカリウムが多く、カルシウムは少ないことで知られ、澱粉の水懸濁液を加熱して粘度がピークに達した後に時間とともに粘度が低下するなど、粘度安定性に欠ける。そこで、カルシウムが強化され粘度安定性が改善された馬鈴薯澱粉を調製する最適条件について検討するとともに、この澱粉特性を活かした食品への用途を明らかにして、北海道産馬鈴薯澱粉の需要拡大を図る。

**[成果の内容・特徴]**

1. 高リン含量の馬鈴薯澱粉（リン含量 600 ppm 以上）にカルシウムイオンが多く含まれる水溶液（塩化カルシウム溶液またはミネラルウォーター）を加えることによって、カルシウムをもとの澱粉の6倍以上に強化でき、一方、カリウムは検出限界以下（<10ppm）となる（図1）。
2. カルシウム強化馬鈴薯澱粉のラピッド・ビスコ・アナライザー（RVA）粘度特性によるブレークダウンは顕著に低下しており、カルシウム強化によって粘度安定性が改善される（図2）。
3. カルシウムが馬鈴薯澱粉の2個のリン酸基と架橋することにより、粘度安定性が改善されると考えられる（図3）。
4. カルシウム強化馬鈴薯澱粉から製造したパンは、処理前の馬鈴薯澱粉のものとは比べ、ボリューム感があり外観において優れる（表）。
5. カルシウム強化馬鈴薯澱粉から製造した冷麺は、処理前の馬鈴薯澱粉のものとは比べ、ぷりっとして歯ごたえがあり食感において優れる（表）。

**[成果の活用面・留意点]**

1. カルシウム強化馬鈴薯澱粉は、粘度安定性を有することから、食品の加工機械への負荷が低減されるとともに、利用した食品はボリューム感やぷりっとした食感が付与されることにより、様々な食品での利用が期待できる。
2. カルシウム強化馬鈴薯澱粉の製造には特許実施利用許諾が必要である。

[具体的データ]

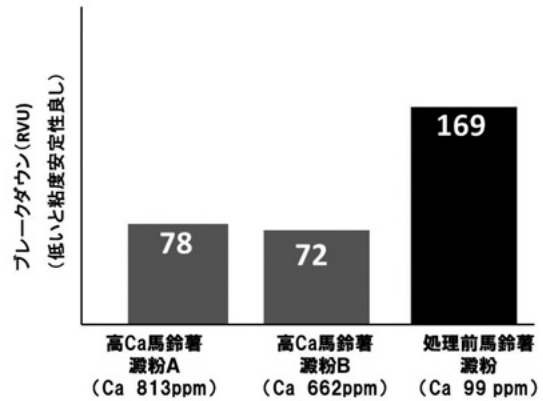
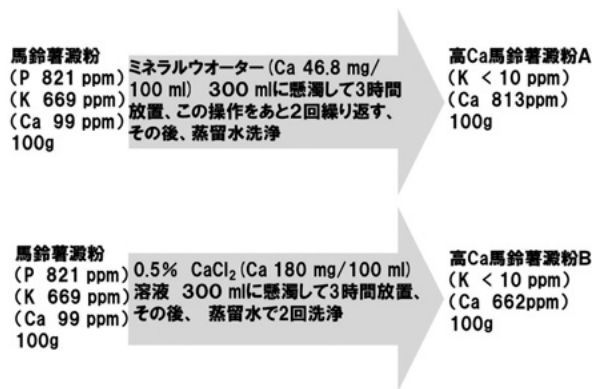


図1 カルシウム強化馬鈴薯澱粉の調製法  
カリウム含量は1%塩酸で抽出後、原子吸光分析法で測定

図2 カルシウム強化馬鈴薯澱粉の粘度特性

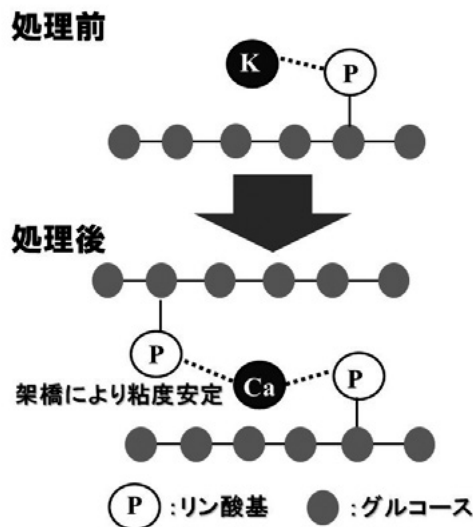


表 カルシウム強化馬鈴薯澱粉を用いた食品の特性評価

パン	小麦粉:高Ca馬鈴薯澱粉A 70:30	小麦粉:処理前馬鈴薯澱粉 70:30
体積 (cm <sup>3</sup> )	803	788
比容積 (cm <sup>3</sup> /g)	5.40	5.29
外観	○	△
食感	○	○
ボリューム感がある	官能評価(外観、食感) (◎、○、△、×の4段階評価)	
冷麺	小麦粉:高Ca馬鈴薯澱粉B 60:40	小麦粉:処理前馬鈴薯澱粉 60:40
外観	◎	○
食感	◎	○
ふりっとして	官能評価(外観、食感) (◎、○、△、×の4段階評価)	

図3 馬鈴薯澱粉リン酸基とカルシウムとの架橋

(野田高弘)

[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

研究期間：2011～2014年度

研究担当者：野田高弘、瀧川重信、遠藤千絵、石黒浩二、長澤幸一、神野正博(神野でんぷん工場(株))

発表論文等：1)Noda T. et al. (2014) Molecules 19(9):14556-14566

2)野田ら「ミネラルが強化され、粘度特性が改変された馬鈴薯澱粉およびその利用」特開 2014-76043 (2014年5月1日)

## [成果情報名]紫外線照射に起因する皮膚障害に対する芳香族ピルビン酸の防御効果

[要約]インドールピルビン酸のヘアレスマウス皮膚への塗布は、紫外線B波照射により引き起こされる皮膚バリア機能の低下、皮膚組織の壊死および肥厚を抑制する。ヒドロキシフェニルピルビン酸塗布は皮膚バリア機能の低下を抑制する。

[キーワード]紫外線、皮膚障害、インドールピルビン酸、ヒドロキシフェニルピルビン酸、芳香族アミノ酸代謝物

[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

[研究所名]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]

紫外線B波（280-315 nm）は皮膚に作用し炎症反応を引き起こし、皮膚に障害を与える。本研究は芳香族アミノ酸（フェニルアラニン、チロシン、トリプトファン）の代謝物である芳香族ピルビン酸（フェニルピルビン酸、ヒドロキシフェニルピルビン酸、インドールピルビン酸）について、紫外線B波照射により引き起こされる皮膚障害に対する防御効果を検証したものである。

### [成果の内容・特徴]

1. ヘアレスマウスに紫外線B波を1 Jずつ、1日目、3日目に照射すると5日目には炎症が誘導され、発赤が生じる（図1）。また、経皮水分蒸散量が上昇し、皮膚のバリア機能が低下するとともに（図2）、皮膚組織に壊死や肥厚が生じる（図3）。
2. 芳香族ピルビン酸を紫外線B波照射直前に10  $\mu\text{mol}$  量塗布すると、インドールピルビン酸塗布では、発赤が抑えられるとともに（図1）、経皮水分蒸散量の上昇が抑えられる（図2）、皮膚組織における壊死や肥厚が抑制される（図3）。
3. ヒドロキシフェニルピルビン酸塗布では、紫外線B波照射に起因する経皮水分蒸散量の上昇が抑制される（図2）。
4. フェニルピルビン酸の塗布では、紫外線B波照射に起因する経皮水分蒸散量の上昇や皮膚組織における壊死や肥厚を抑制できない。

### [成果の活用面・留意点]

1. 芳香族ピルビン酸は、芳香族アミノ酸を基質として特定の乳酸菌や酵母、カビによる発酵や酵素反応により生産できると考えられる。
2. インドールピルビン酸、ヒドロキシフェニルピルビン酸は紫外線B波照射に起因する炎症反応やバリア機能の障害を抑制する医薬部外品、化粧品としての活用が期待できる。
3. 芳香族ピルビン酸が紫外線B波によって引き起こされるケラチノサイトの細胞死や炎症応答を抑制できることを培養細胞により確認しており、紫外線の到達を妨げる日焼け止めとはメカニズムが異なる。
4. 本成果は動物試験により得られたものであり、ヒトに応用する場合は安全性試験や臨床試験を行う必要がある。

[具体的データ]

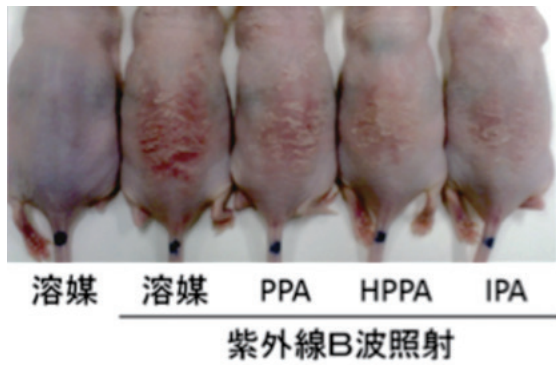


図1 紫外線B波照射による皮膚炎症誘導に対する芳香族ピルビン酸の軽減効果  
試験5日目のマウスの写真。PPA：フェニルピルビン酸、HPPA：ヒドロキシフェニルピルビン酸、IPA：インドールピルビン酸

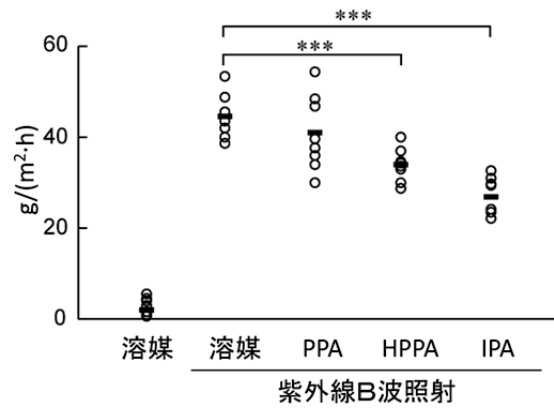


図2 紫外線B波照射による経皮水分蒸散量の上昇に対する芳香族ピルビン酸の軽減効果  
試験5日目にマウスの背中の経皮水分蒸散量を測定した。PPA、HPPA、IPA：図1と同じ。

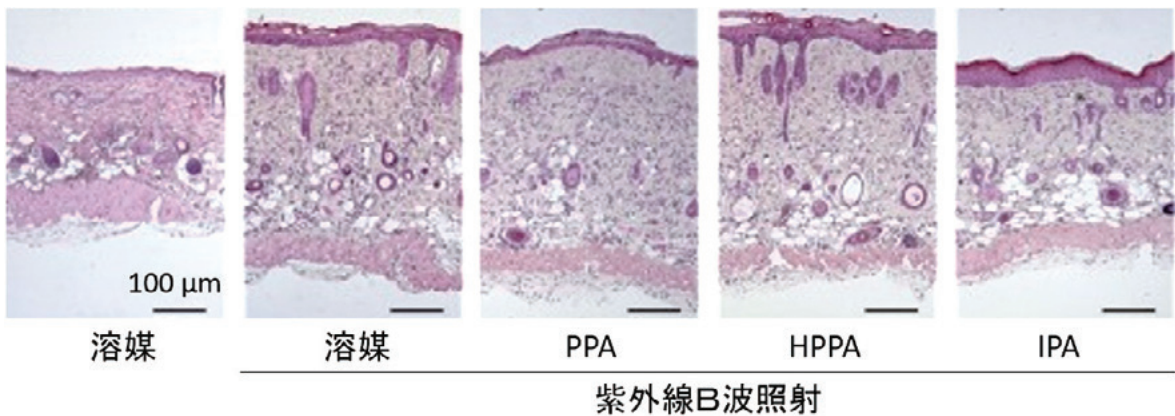


図3 紫外線B波の照射による皮膚の壊死と肥厚に対する芳香族ピルビン酸の塗布効果

試験5日目にマウスの背中の皮膚を採取し、切片を作成後、ヘマトキシリン・エオシン染色した。PPA、HPPA、IPA：図1と同じ。

(青木玲二、青木綾子、鈴木チセ、高山喜晴)

[その他]

中課題名：生体防御作用に関する健康機能性解明と有効利用技術の開発

中課題番号：310c0

予算区分：交付金

研究期間：2011～2014 年度

研究担当者：青木玲二、青木綾子、鈴木チセ、高山喜晴

発表論文等：

1) Aoki R. et al. (2014) PLOS ONE 9(5): e96804 doi: 10.1371/journal.pone.0096804

2) 高山ら「皮膚の炎症または障害の予防または抑制剤」特願 2012-258520 (2012年11月27日)

[成果情報名] 水出し緑茶に含まれるエピガロカテキンのマクロファージ食作用活性増強メカニズム

[要約] エピガロカテキン (EGC) から発生する過酸化水素がマクロファージの Transient receptor potential melastatin 2 (TRPM2 : Ca<sup>2+</sup>透過性チャネル) に作用して食作用活性を増強させる。

[キーワード] 水出し緑茶、エピガロカテキン、免疫調節、マクロファージ、食作用活性

[担当] 食品機能性・生体防御利用技術

[代表連絡先] 電話 029-838-8687

[研究所名] 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]

茶葉中には様々な健康機能性成分が含まれているが、お茶を淹れる時の水温の違いにより浸出される成分構成が異なる。熱水で浸出させた場合、マクロファージの活性を抑制する作用をもつエピガロカテキンガレート (EGCG) が浸出してくるが、冷水で浸出させると EGCG は浸出され難くなる。一方、免疫活性化作用を有するエピガロカテキン (EGC) は冷水でも浸出されてくることから、水出し緑茶のカテキンは EGC が主成分となる。水出し緑茶を長期間飲用 (2週間以上) することにより生体 (マウス・ヒト) において、感染症予防などに働く抗体産生能が改善される効果が見出されているが、その作用メカニズムについては不明のままである。そこで、水出し緑茶に含まれる主要カテキンである EGC について、自然免疫系で重要な役割を果たしているマクロファージに対する作用メカニズムを明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 水出し緑茶の主要カテキンである EGC は過酸化水素 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) を生成する (図 1)。
2. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を水に変換する酵素であるカタラーゼを添加して H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を消去すると EGC によるマクロファージの食作用増強活性が消失する (図 2 A) ことから、EGC から発生する低濃度 (数 μM 程度) の H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> がシグナルとなりマクロファージの食作用活性が増強されることが推察される。
3. マクロファージ細胞表面にある Transient receptor potential melastatin 2 (TRPM2) は H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> に反応する活性酸素感受性 Ca<sup>2+</sup>透過性チャネルであり、2-aminoethoxydiphenyl borate (2-APB) で TRPM2 の活性を阻害すると、EGC によるマクロファージの食作用活性が消失する (図 2 B)。このことから、EGC は TRPM2 の活性を介してマクロファージの食作用活性を増強することが推察される。

[成果の活用面・留意点]

1. 加齢やストレスなどによる病原体などの外敵を認識する能力 (抗原認識能) の低下は、感染症リスクの増加につながるが、EGC を主要カテキンとする水出し緑茶を飲用するとマクロファージの TRPM2 の感受性が上がり、食作用活性が増強されることから抗原認識能が高まり、抗体産生能が改善される可能性がある。
2. 抗原認識能が低下している場合、抗原刺激を受けても生体防御反応が起こりにくくなっていることが予想される。そこで、抗原認識能を高める EGC を主要カテキンとする水出し緑茶とこれまでに報告されている Toll 様レセプターなどの抗原受容体に作用して免疫系を活性化する成分が含まれる食品と組み合わせることにより、効果的に生体防御能を高めることが可能になることが推測される。それら成分との Toll 様レセプターなどの抗原受容体に作用して免疫系を活性化する各種食品成分との組み合わせ効果については不明。

[具体的データ]

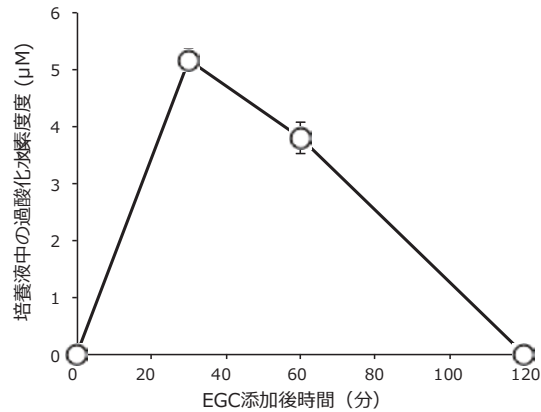


図1 培養液中でエピガロカテキン (EGC) から生成される過酸化水素濃度の経時的変化  
10%FBS 含有 RPMI1640 培養液中に添加した EGC 濃度は 80 μM。

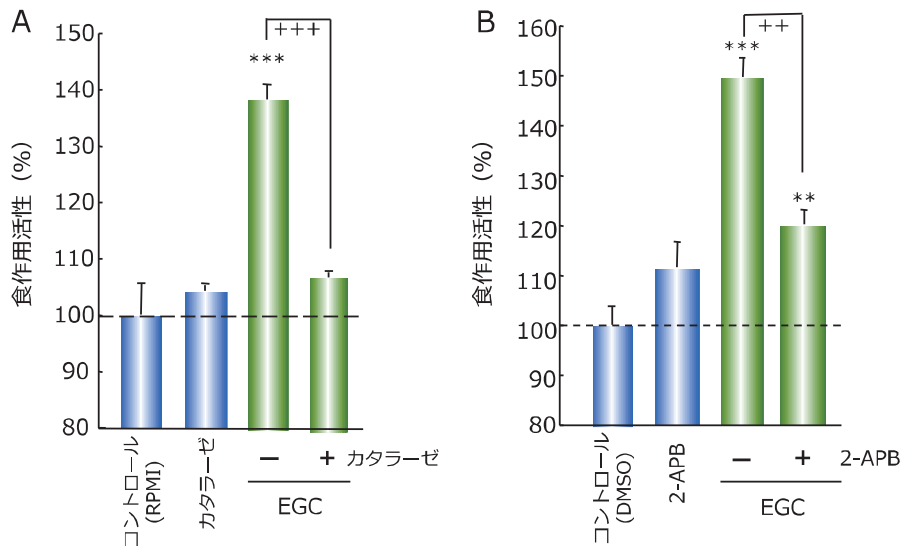


図2 EGC によるマクロファージの食作用増強活性に対するカタラーゼと 2-APB の効果  
A: カタラーゼで H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を消去すると食作用活性が抑制される。  
B: 2-APB で TRPM 2 の活性を阻害するとマクロファージ様細胞の食作用活性が抑制される。  
EGC 濃度は 80 μM。 \*\*  $p < 0.01$ 、\*\*\*  $p < 0.001$  vs コントロール、  
++  $p < 0.01$ 、+++  $p < 0.001$  vs 阻害剤なし

(物部真奈美、野村幸子)

[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開発

中課題番号：310c0

予算区分：交付金、委託プロ (機能性)

研究期間：2011～2014 年度

研究担当者：物部真奈美、野村幸子

発表論文等：

1) Monobe M. et al. (2014) Cytotechnology 66(4):561-566

2) 物部真奈美、山本 (前田) 万里「免疫賦活剤、当該免疫賦活剤の製造方法及び茶抽出物の免疫賦活力を増進する方法」特願 2011-005654 (2011 年 1 月 14 日)

**[成果情報名]ノビレチン等ポリメトキシフラボンはナチュラルキラー細胞を活性化する**

**[要約]**カンキツ果皮に含まれるノビレチン等ポリメトキシフラボンは、ナチュラルキラー細胞を活性化し、がん細胞に対する細胞傷害活性を強める働きを持つ。その作用機序としては、細胞傷害活性に重要なプロテアーゼの発現を亢進することにあると推定される。

**[キーワード]**ノビレチン、ポリメトキシフラボン、ナチュラルキラー細胞、グランザイム B

**[担当]**食品機能性・生体防御利用技術

**[代表連絡先]**電話 029-838-8687

**[研究所名]**近畿中国四国農業研究センター・作物機能開発研究領域

**[分類]**研究成果情報

---

**[背景・ねらい]**

高齢化社会への対策として、健康寿命の延伸による生産人口の確保、および医療・福祉コストの抑制は重要な課題である。ナチュラルキラー（NK）細胞は、がん細胞やウイルス感染細胞に対して傷害性を示すリンパ球であり、NK細胞の機能を強化することは健康・長寿につながる事が期待できる。本研究は、NK細胞の機能を強化する食品成分を、培養細胞を用いた評価系により探し出し、あわせて作用機序を明らかにすることを目的とする。

**[成果の内容・特徴]**

1. ノビレチン、タンゲレチンあるいはシネンセチンを含む培地で培養した NK 様培養細胞株 KHYG-1 は、白血病細胞株 K562（NK 細胞に対する感受性が高いことから、NK 細胞の標的細胞として繁用される）に対する細胞傷害活性が強まる（図 1）。
2. ノビレチンは、NK 細胞の抗ウイルス活性に関与するサイトカインであるインターフェロン- $\gamma$  の産生も促進する（図 2 A）。また、ノビレチンを添加することにより、KHYG-1 細胞におけるグランザイム B（がん細胞等の標的細胞内に侵入して作用するプロテアーゼの一種）のタンパク発現量が顕著に増加する（図 2 B）。このタンパク量の増加は、ノビレチン処理によるグランザイム B 遺伝子の転写量の増加を反映しているものであると考えられる（図 2 C）。
3. タンゲレチン、シネンセチン、3,3',4',5,6,7,8-ヘプタメトキシフラボンも、ノビレチンと同様にグランザイム B の発現を促進する（図 3）。さらに、天然には存在しない合成ポリメトキシフラボンの多くも、KHYG-1 細胞の細胞傷害活性を強めることを確認している。したがって、KHYG-1 細胞においてグランザイム B の発現を促進する作用は、ポリメトキシフラボンに共通した特徴であるといえる。
4. ノビレチンが KHYG-1 細胞の細胞傷害活性を増強させる効果は、グランザイム B の阻害剤の添加により失われる（図 4）。すなわち、KHYG-1 細胞に対するノビレチンの最も重要な作用は、グランザイム B の発現を亢進することであると示唆される。

**[成果の活用面・留意点]**

1. 本結果は培養細胞を用いた実験の結果であり、マウス、ヒトでも NK 細胞の活性化効果があるかどうかは今後詳しく調べなければならない。
2. ノビレチン等ポリメトキシフラボンは、ポンカンやシイクワシャーといったカンキツの果皮に存在するが、果肉にはほとんど含まれない。したがって、果皮の加工製品や、抽出成分を添加物として利用・摂取するなどといった活用が考えられる。また、ヒト NK 細胞の活性化剤として、細胞療法等の医学分野での応用も期待できる。



[具体的データ]

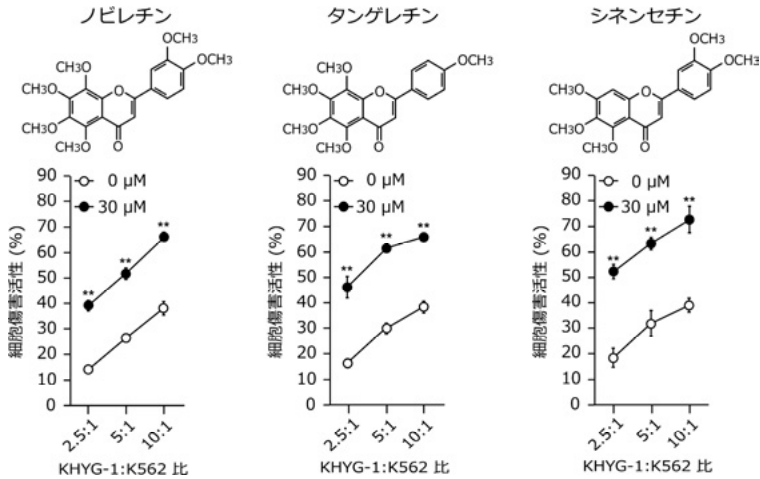


図1 ポリメトキシフラボンによる細胞傷害活性の増強効果

KHYG-1 細胞を各種ポリメトキシフラボンで 72 時間処理したのち細胞傷害活性を測定した。細胞傷害活性とは、KHYG-1 細胞によって傷害された K562 細胞から漏出した乳酸脱水素酵素の活性を示す。グラフの縦軸は、最大活性 (K562 細胞がすべて傷害されたときの活性) に対する百分率を表している。\*\* $P < 0.01$ , vs. vehicle control (0  $\mu\text{M}$ ).  $n = 3$ .

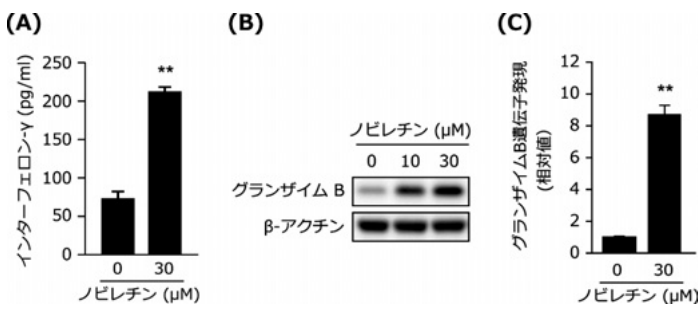


図2 ノビレチンによる細胞傷害関連因子の発現制御

KHYG-1 細胞をノビレチンで 24 時間処理した。(A)培養上清中のインターフェロン- $\gamma$  を ELISA 法で定量した。(B)グランザイム B のタンパク量をウエスタンブロット法で検出した。(C)グランザイム B の mRNA レベルをリアルタイム PCR 法で定量した。\*\* $P < 0.01$ , vs. vehicle control (0  $\mu\text{M}$ ).  $n = 3$ .

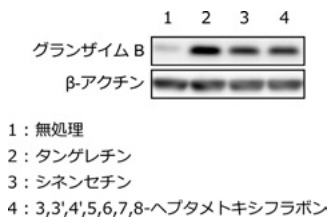


図3 各種ポリメトキシフラボンによるグランザイム B の増加

KHYG-1 細胞を各 30  $\mu\text{M}$  の試験成分で 72 時間処理した。

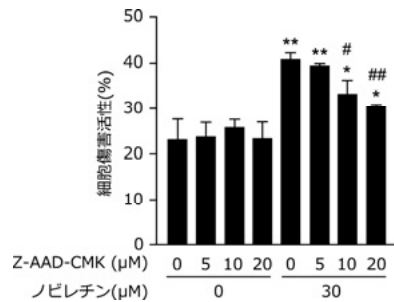


図4 細胞傷害活性に対するグランザイム B 阻害剤の影響 KHYG-1 細胞を図中に示す濃度の試験成分で 24 時間処理した。\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , vs. Z-AAD-CMK(-)nobiletin(-). # $P < 0.05$ , ## $P < 0.01$ , vs. Z-AAD-CMK(-)nobiletin(+).  $n =$

(齋藤武)

[その他]

中課題名：生体防御作用に関する健康機能性解明と有効利用技術の開発

中課題番号：310c0

予算区分：交付金

研究期間：2011～2014 年度

研究担当者：齋藤武、阿部大吾、野方洋一

発表論文等：

1) Saito T. et al. (2015) Biochem. Biophys. Res. Commun. 456(3): 799-803

2) 齋藤「NK 細胞活性化剤、NK 細胞活性化方法及びスクリーニング方法」特開 2012-180307 (2012 年 9 月 20 日)

## [成果情報名]ヒト甘味受容体の細胞膜表面への移動の仕組み

[要約]ペプチドタグを目印として付加した味覚受容体の変異体を開発することにより、味覚受容体が細胞膜表面へ移動していることを確認できるようになる。開発した変異体の利用により、ヒト甘味受容体の細胞膜への移動の仕組みを明らかにできる。

[キーワード]味覚受容体、甘味評価系、構造機能解析、培養細胞、マウス

[担当]食品機能性・食味・食感評価技術

[代表連絡先]電話 029-838-7991

[研究所名]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]

味覚受容体は、ヒトを含む動物が味を識別するためのセンサーの役割を持つタンパク質分子であり、味覚受容体を培養細胞に導入した味の評価系は、官能評価を補完する方法としてその利用が期待されている。一方、味覚受容体を導入した培養細胞は味に対する応答に安定性を欠くことがある。受容体は、常に細胞膜表面に存在して刺激を受容できるわけではなく、条件によって細胞膜表面に移動するか細胞内に留まるかが変化するためである。よって、味覚受容体が細胞膜表面にどのように移動するかを把握することは、味覚受容体を導入した培養細胞の応答の安定化にとって重要な課題である。そこで、細胞膜表面へ移動した甘味受容体を判別する方法を開発し、その利用によりヒトの甘味受容体が細胞膜表面へ移動する仕組みを明らかにする。

## [成果の内容・特徴]

1. ヒト甘味受容体のヒト T1r2 およびヒト T1r3 の細胞外領域中にペプチドタグを付加した変異体を作製すれば、それを手がかりに細胞膜表面に移動した受容体の判別が可能である(図1)。
2. ヒト T1r3 を単独で導入した培養細胞ではヒト T1r3 は細胞膜表面で検出されないが、ヒト T1r2 と同時にヒト T1r3 を導入した場合にはヒト T1r3 は細胞膜表面で検出できる(図2)。
3. ヒトと実験動物であるマウスについて、甘味受容体の細胞膜表面への移動の仕組みが異なるかどうかを調べるために、マウス甘味受容体の T1r2 および T1r3 についても同様のペプチドタグを付加した変異体を作製する。マウス T1r3 を単独で導入した培養細胞では、ヒト T1r3 とは異なり、マウス T1r3 を細胞膜表面で検出できる(図2)。
4. ヒト T1r3 の一部分をマウス T1r3 に入れ替えた変異体を作製し、細胞膜表面への移動を観察したところ、ヒト T1r3 の細胞外領域をマウス T1r3 に入れ替えると単独でも細胞膜表面で検出することができる。このことは、ヒト T1r3 の細胞外領域中にヒト T1r3 を細胞内に留めておこうとする部位が含まれていることを示唆する(図3)。

## [成果の活用面・留意点]

1. 霊長類以上の高等動物だけが甘味として感じる高甘味度甘味料(アスパルテームなど)が存在することが今までに知られている。甘味受容体が安定して細胞膜上に局在する甘味評価系を得るためにマウス T1r3 を利用する場合は、このことを考慮する必要がある。
2. 動物種により細胞膜表面への移動の仕組みが異なる受容体は珍しく、この発見が一般的な受容体研究の進展にも貢献することが期待される。
3. ヒト T1r3 を細胞内に留めておこうとする部位を同定して、改変することにより、細胞膜表面上に甘味受容体が安定して局在する培養細胞が得られる可能性があり、効率のよい甘味の評価系の構築に有効である。

[具体的データ]

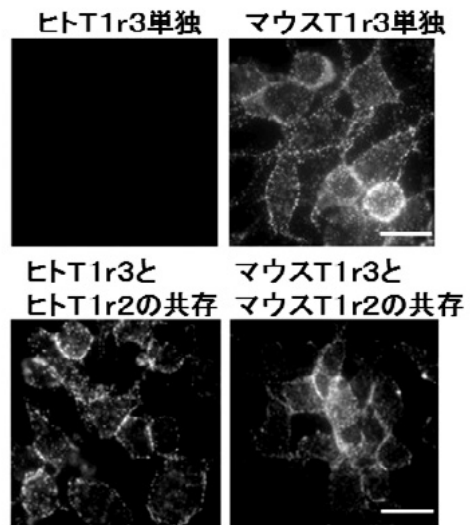
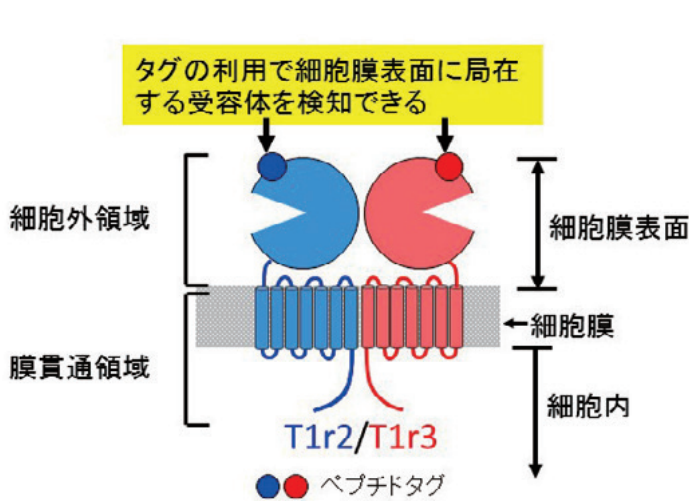


図1 タグを付加したヒト甘味受容体

図2 T1r3の動物種による細胞膜への移動の差  
細胞膜表面に移動したT1r3が白く染色されている

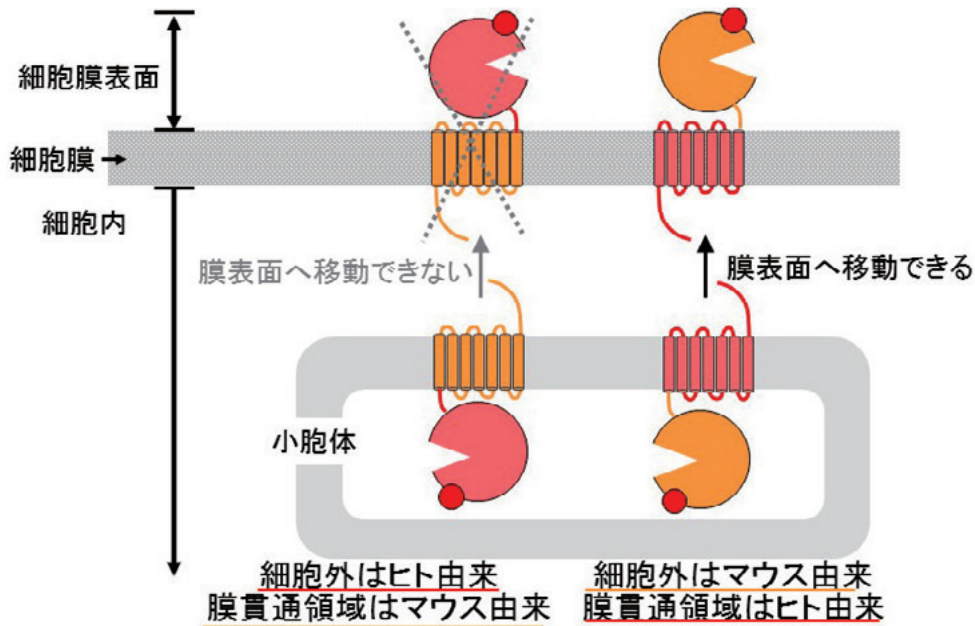


図3 ヒトとマウスの受容体を組み合わせた場合の膜への移動  
細胞外がマウス由来であれば膜に移動できるが、ヒト由来にすると移動できない

(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：310d0

予算区分：交付金、競争的資金（科研費）、その他外部資金（その他）

研究期間：2008～2014年度

研究担当者：日下部裕子、清水真都香、後藤真生、河合崇行、山下敦子（岡山大学）

発表論文等：Shimizu M. et al. (2014) PLoS ONE 9(7): e100425

**[成果情報名] 動物行動学実験に基づいた甘味ブレンド効果の客観的評価**

**[要約]** ヒトと味感覚が近いマウスの食行動を指標に甘さを評価・数値化するリック試験を用いて、甘味物質をブレンドした時の甘さの感覚強度を解析する。早く知覚される甘味物質と遅く知覚される甘味物質を組み合わせた時に、甘さが強くなる現象も捉えられる。

**[キーワード]** 甘味、人工甘味料、ブレンド効果、リック試験、客観的評価

**[担当]** 食品機能性・食味・食感評価技術

**[代表連絡先]** 電話 029-838-7991

**[研究所名]** 食品総合研究所・食品機能研究領域

**[分類]** 研究成果情報

---

**[背景・ねらい]**

食経験や遺伝的背景の違いによる個人差はヒト官能試験における最大の問題である。これらを解決するためには、比較的ヒトと味の感覚が近い研究用マウスの利用が効果的である。リック試験は舌上での受容体反応だけでなく、錯覚などの脳内処理の関与を含んだ“甘さ”（＝甘味の感覚強度）を客観的に数値化できる評価法である。甘味料ブレンドによる“甘さ”の変化について調べ、効果的なブレンド方法を提案する。

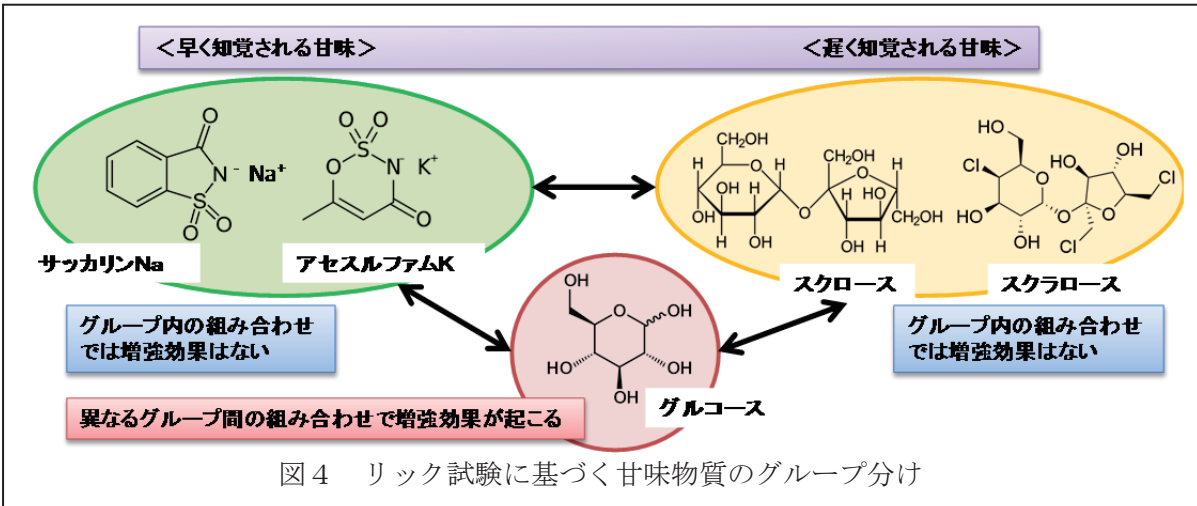
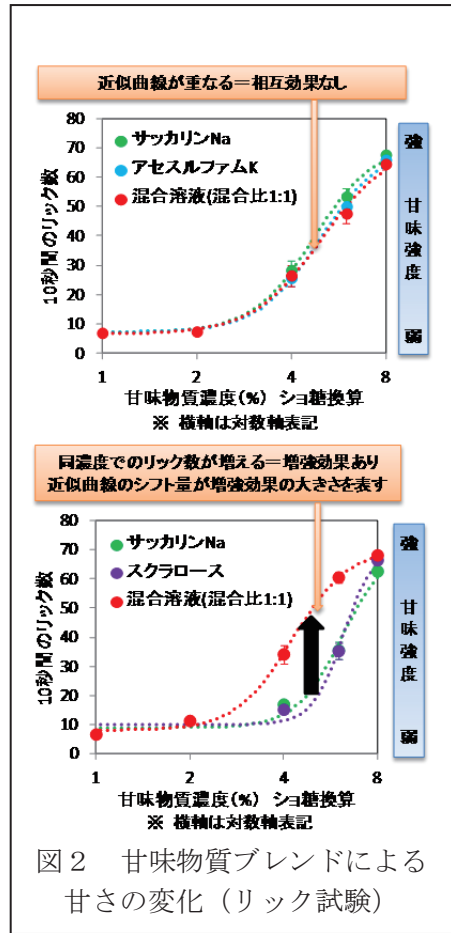
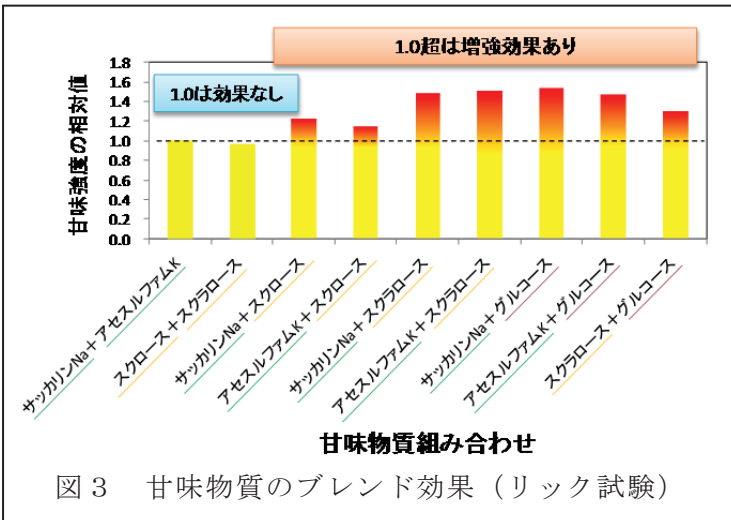
**[成果の内容・特徴]**

1. リック試験 (lick test) では、10 秒間にマウスがサンプル溶液を舐める回数を指標に味の強さを評価する手法である (図 1)。甘味物質をブレンドした際の“甘さ”の強度を調べると、変化が現れない組み合わせ (図 2 上) と、“甘さ”の増強効果が観察される組み合わせ (図 2 下) が存在する。
2. 種々の甘味物質をブレンドしたときの“甘さ”の強度変化を図 3 に示す。サッカリン Na とアセスルファム K のブレンド、スクラロースとスクロースのブレンドでは変化が見られないが、それ以外の組み合わせでは“甘さ”の増強が認められる。
3. 甘味物質には、口に入れてすぐに甘味を知覚できるものと、しばらくしてから甘味を知覚するものがある。早く甘味を知覚されるサッカリン Na またはアセスルファム K と遅く知覚されるスクラロースを組み合わせたときの増強効果は大きい。
4. リック試験から得られた甘味物質の組み合わせによる“甘さ”の増強効果の解析結果から、甘味物質を 3 つのグループに分類することができる (図 4)。同じグループ内に属する甘味物質を組み合わせても“甘さ”に変化は起こらないが、異なるグループ間の甘味物質を組み合わせると“甘さ”の増強が起こる。これらの現象は、“甘さ”を感じる早さとも関連しており、甘味受容体の実験系では説明できないことから、受容体ではなく脳内処理に起因している可能性がある。

**[成果の活用面・留意点]**

1. マウスを用いたリック試験により、甘味料のブレンド効果を簡易に評価できる。
2. 甘味料のブレンド効果の実用に際しては、ヒトによる官能試験が必須である。
3. 甘味料のブレンドによって“甘さ”を強く感じさせることができることから、甘味料の総使用量を減らすことが可能となる。
4. 甘味以外の味に関しても、味を感じる時間に差がある物質を組み合わせると増強効果を引き出せる可能性がある。

[具体的データ]



(河合崇行)

[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、競争的資金（科研費）  
 研究期間：：2011～2014 年度  
 研究担当者：河合崇行  
 発表論文等：河合、日下部(2014)味と匂学会誌、21(3):285-288

**[成果情報名]オーキシンはモモの成熟後期における軟化を誘導する**

**[要約]**一般的なモモ（普通モモ）では成熟後期にオーキシン量が急増してエチレン生成が起これ軟化するが、硬肉モモではオーキシン量が増加しないため軟化しない。普通モモをオーキシン生合成阻害剤で処理すると、果肉硬度が高く保たれる。

**[キーワード]**モモ、果肉軟化、オーキシン、エチレン、阻害剤

**[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 029-838-8685

**[研究所名]**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]**

一般的なモモ（普通モモ）は収穫後に急激に果肉が軟らかくなり、傷みやすく日持ちも悪い。一方、硬肉モモは普通モモとは異なり、果肉は収穫後もほとんど軟化しない。普通モモでは成熟後期にエチレン生成量が急増し、軟化に関連する酵素遺伝子の発現が誘導されて軟化するが、硬肉モモでは成熟中にエチレン生成量が増加しないため軟化しないことが明らかとなっている。

硬肉モモ果実成熟期においてエチレン生成が起こらない原因を明らかにするためにDNA マイクロアレイ等の手法を用いて解析したところ、オーキシンがモモ成熟後期のエチレン生成に影響を及ぼす可能性を示唆する結果を得ている。そこで、モモ成熟期におけるエチレン生成および軟化に及ぼすオーキシンの影響について解析する。

**[成果の内容・特徴]**

1. 普通モモでは、成熟後期にオーキシンが急増するが、硬肉モモでは、増加しない（図1）。
2. 硬肉モモにオーキシン処理をすると、エチレン生成が起これ、果肉硬度は低下する（図2）。
3. 普通モモにオーキシン生合成阻害剤を処理すると、エチレン生成が抑制され、果肉硬度が高く保たれる（図3）。
4. 普通モモの成熟後期には、オーキシンが急増することでエチレン生成が起これ、そのエチレンによって軟化関連酵素が誘導されて軟化する。硬肉モモでは、成熟中にオーキシン含量が増加しないため、エチレン生成が誘導されず軟化しない。

**[成果の活用面・留意点]**

1. 本研究の成果は、オーキシン生合成阻害剤をモモの軟化抑制剤として利用できる可能性を示唆するものであるが、実用のためには、軟化抑制効果の向上や農薬登録のための試験研究が必要である。

[具体的データ]

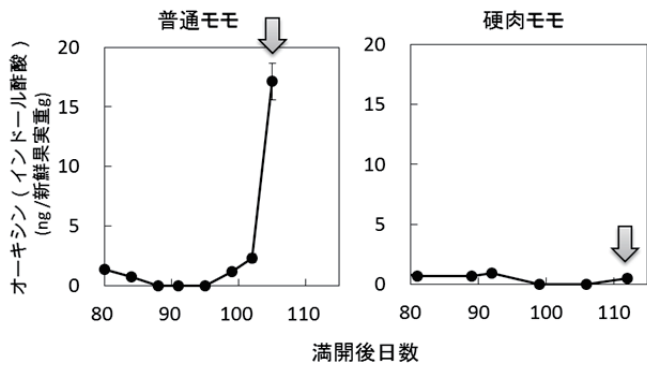


図1. 収穫前モモ果肉におけるオーキシシン（インドール酢酸）量の変化

注1) 矢印は収穫適期を示す

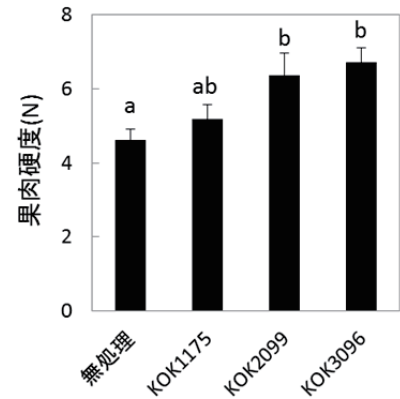


図3. 普通モモにオーキシシン生合成阻害剤処理してから4日後の果肉硬度の変化

注1) KOK1175、KOK2099、KOK3096 は異なる3種類のオーキシシン生合成阻害剤による処理

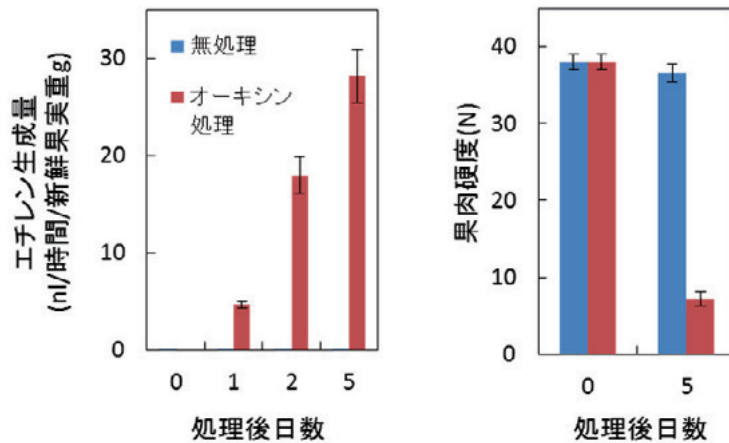


図2. 硬肉モモにオーキシシン処理した後のエチレン生成量（左）と果肉硬度（右）の変化

(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、競争的資金（科研費）

研究期間：：2011～2014年度

研究担当者：立木美保、中嶋直子、藤井浩、島田武彦、中野道治、嶋田幸久（横浜市立大）

発表論文等：

1)Tatsuki M.et al. (2013) J. Exp. Bot. 64(4):1049–1059

2)立木ら「果実の鮮度保持方法」特開 2014-138562 (2014年7月31日)

[成果情報名]エチレン非依存性花きの老化を制御する新規遺伝子の特定

[要約]EPHEMERALI 遺伝子は、アサガオ花弁のエチレン非依存的な老化を制御しており、本遺伝子の発現を抑制することで、花弁の老化を遅延することができる。

[キーワード]エチレン非依存性花き、老化、アサガオ

[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 029-838-8685

[研究所名]花き研究所・花き研究領域

[分類]研究成果情報

---

[背景・ねらい]

切り花では日持ちの良さが強く求められている。花弁の老化にエチレンが関与する花きでは、エチレンの作用を阻害することで日持ちを延ばすことができる。一方、ユリやチューリップなどの切り花では、エチレン阻害剤を処理しても日持ちを延長することができない。これらの、花弁の老化にエチレンが関与しない花き（エチレン非依存性花き）では、エチレンによる調節とは別に、開花後の時間経過（加齢）に伴い花弁の老化を制御する機構があると考えられている。本研究では、エチレン非依存的な老化を示すアサガオ（品種「紫」）を用いて、花弁の老化を制御する遺伝子の特定を行う。

[成果の内容・特徴]

1. アサガオ花弁の老化時に発現量が増加する遺伝子の一つとして選抜した EPHEMERALI (*EPHI*) 遺伝子は、転写因子タンパク質をコードしている。
2. 野生型「紫」の花弁は、開花後平均約 13 時間でしおれ始めるが、*EPHI* 遺伝子の発現を抑制した形質転換体では、しおれ始めるまでの時間が約 24 時間に延びる（図 1、2）。
3. 野生型の花弁における *EPHI* 遺伝子の発現量は、エチレン作用阻害剤（1-MCP）を処理した花でも、無処理の花と同様に老化に伴い増加する（図 3）。
4. *EPHI* 発現抑制形質転換体の花弁では、プログラム細胞死（細胞の自発的な死）の指標である DNA 断片化の進行が遅延する（図 4）。また、*EPHI* 発現抑制形質転換体では、細胞死に関連する複数の遺伝子の発現が抑制される。
5. 以上から、*EPHI* 遺伝子はアサガオ花弁においてエチレン非依存的な老化を制御している。

[成果の活用面・留意点]

1. 人工気象室内（24℃、相対湿度 70%、光強度 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、12 時間日長）で栽培した結果である。
2. 効果的な日持ち延長技術がないエチレン非依存性花きにおいて、新しい品質保持技術の開発につながる。



[具体的データ]

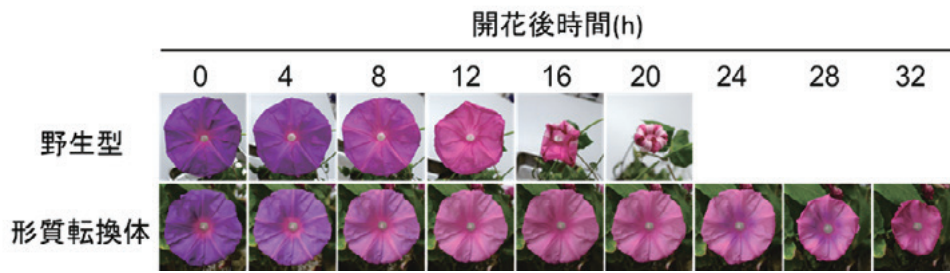


図1 *EPHI* 発現抑制形質転換体の花卉の老化



図2 開花後24時間目の *EPHI* 発現抑制形質転換体  
形質転換体では、撮影当日に咲いた紫色の花と、前日に咲いたピンク色の花を同時に観察できる。「紫」では、時間経過とともに花の色が紫色からピンク色に変わる。

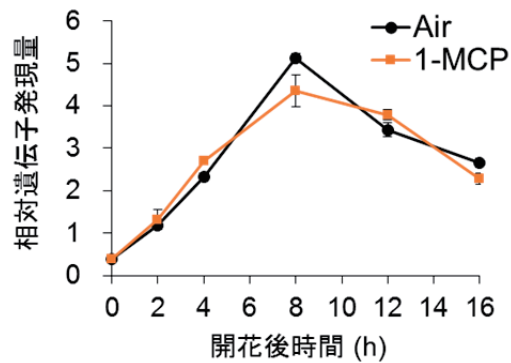


図3 1-MCP を処理した野生型の花卉における *EPHI* 遺伝子の発現  
Air : 対照区  
1-MCP :  $2 \mu\text{l l}^{-1}$  1-MCP 連続処理  
平均値 $\pm$ 標準誤差 ( $n=3$ )

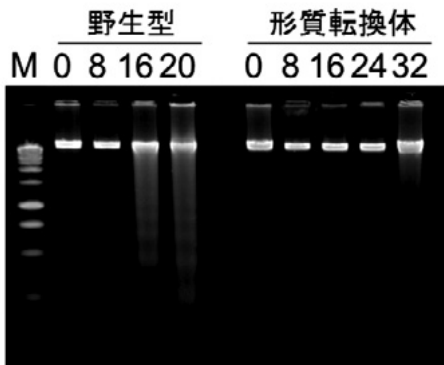


図4 花卉細胞における DNA 断片化  
野生型では、開花後16時間目から顕著な DNA の断片化が認められるが、*EPHI* 発現抑制形質転換体では、DNA 断片化の進行が遅れる。断片化している DNA は、電気泳動の図では下の方に帯状に見える。  
図中の数字は、開花後の時間 (h)  
M : DNA マーカー

(渋谷健市)

[その他]

中課題名：農畜産物の品質評価・保持・向上技術の開発

中課題番号：330a0

予算区分：交付金

研究期間：：2011～2014 年度

研究担当者：渋谷健市、清水圭一（鹿児島大農）、仁木朋子、市村一雄

発表論文等：

1) Shibuya K. et al. (2014) *Plant J.* 79(6):1044-1051

2) 渋谷ら「花卉の老化遅延法」特開 2014-79219 (2014 年 5 月 8 日)

## [成果情報名]ハボタンの臭気成分とその発生要因

[要約]ハボタンの切り花から生じる臭気の原因物質は二硫化ジメチルであり、その主要な発生源は生け水である。生け水を24時間ごとに交換する、あるいはイソチアゾリン系抗菌剤の添加によって、本臭気成分の生け水からの発散量を80%以上抑制することができる。

[キーワード]ハボタン、切り花、臭気、二硫化ジメチル、イソチアゾリン系抗菌剤

[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 029-838-8685

[研究所名]花き研究所・花き研究領域

[分類]研究成果情報

---

## [背景・ねらい]

欧州では夏季にハボタンの切り花から異臭が生じることがあり、問題となっている。日本ではハボタンは冬季に主に鉢花として用いられており、異臭の問題の報告はない。しかし近年、日本においても切り花としての需要や流通期間がのびており、同様の問題が生じる可能性がある。そこで、欧州と日本に共通して主要な切り花用品種である「初紅」と「晴姿」から発生する臭気成分とその発生機構を明らかにし、臭気成分の発生を化学的処理によって抑制する。

## [成果の内容・特徴]

1. 夏季の高温を想定した28℃下で維持した「初紅」と「晴姿」の切り花において、発散量が多く、臭気閾値が低い二硫化ジメチルが臭気の原因物質である(表1)。
2. 二硫化ジメチルの主要な発生源は生け水であり、その発散量は1リットルの蒸留水の入った花瓶に挿して1日後と3日後の間で8~17倍増加する(図1)。
3. 二硫化ジメチルの発散量は、生け水中の茎の腐敗の進行に伴って増加し、微生物の増殖と茎の腐敗を抑制するイソチアゾリン系抗菌剤処理によって減少することから、微生物による植物由来の硫黄化合物の代謝の活性化が、二硫化ジメチル増加の主要な原因のひとつと考えられる。
4. 生け水を24時間ごとに交換するか、イソチアゾリン系抗菌剤(抗菌成分として0.58 mg/Lの5-クロロ-2-メチル-4-イソチアゾリン-3-オンと0.18 mg/Lの2-メチル-4-イソチアゾリン-3-オンを含有)を500µL/Lの濃度で添加することによって、二硫化ジメチルの発散量を80%以上抑制することが可能である(図1)。
5. 上述した濃度のイソチアゾリン系抗菌剤処理は、「初紅」と「晴姿」の花姿・花色の品質、および日持ち性を低下させない。

## [成果の活用面・留意点]

1. イソチアゾリン系抗菌剤の生け水への処理は、「初紅」と「晴姿」切り花からの臭気の発生を抑える効果と、花瓶の水替えの労力の軽減が可能である。
2. 「初紅」と「晴姿」では、上述より高濃度のイソチアゾリン系抗菌剤を処理しても二硫化ジメチルの抑制効果は向上しない。「初紅」では上述の2倍濃度のイソチアゾリン系抗菌剤処理により葉がしおれる場合がある。

[具体的データ]

表1 ハボタン切り花の臭気成分発散量<sup>a</sup>

化合物	品種「初紅」		品種「晴姿」		臭いの特徴	臭気閾値 (ppb) <sup>b</sup>
	切り花 <sup>c</sup>	生け水 <sup>d</sup>	切り花	生け水		
二硫化炭素	trace <sup>e</sup>	非検出	trace	非検出	不快な甘い臭い	50
二硫化ジメチル	0.1±0.0	0.9±0.1	0.1±0.0	2.2±0.5	腐ったキャベツ様の強い臭気	0.16-1.2
(E)-2-ヘキサナール	未定量	非検出	未定量	非検出	青臭く果実様の強い香気	30
メチルチオシアネート	trace	非検出	trace	非検出	不快な甘い臭い	2.5
α-ピネン	trace	非検出	trace	非検出	マツ科植物の特徴的な香気	2.5-62
β-ピネン	trace	非検出	trace	非検出	マツ科植物の特徴的な香気	140

<sup>a</sup> 1リットルの蒸留水に1本の切り花を挿して3日後、切り花(生け水から出ている部分)と生け水のヘッドスペースガスを採取・解析した

<sup>b</sup> 被験者の50%が臭いを知覚できる濃度

<sup>c</sup> nmol flower<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (SE, n = 3)

<sup>d</sup> nmol L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (SE, n = 3)

<sup>e</sup> < 0.01

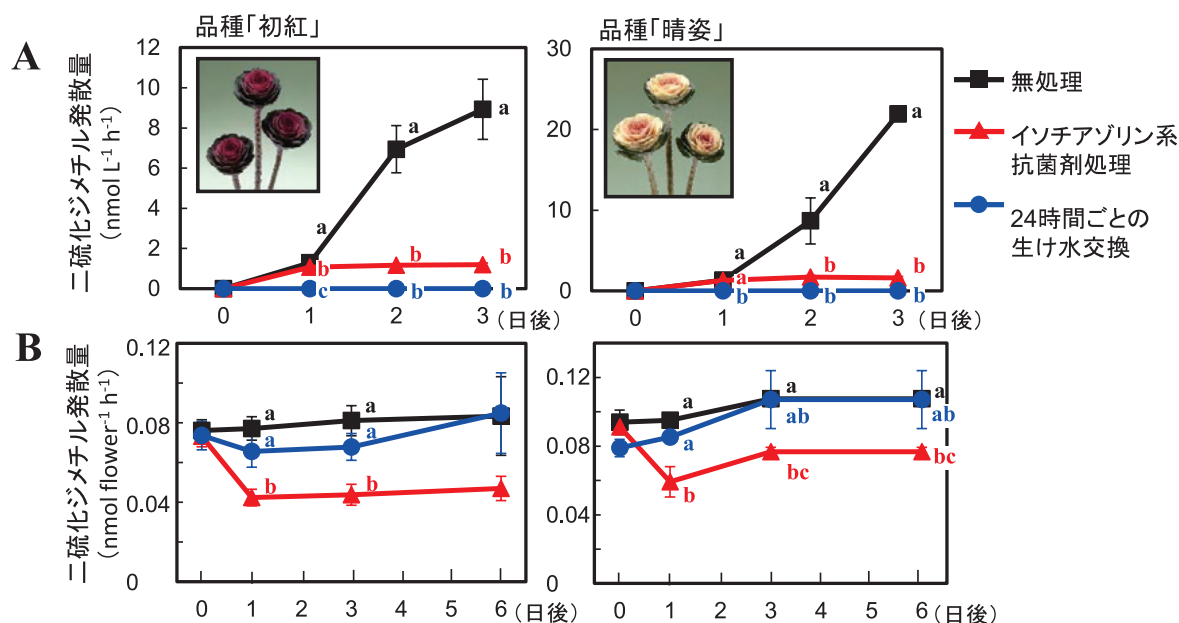


図1 1本の切り花を1リットルの蒸留水に挿した後の二硫化ジメチル発散量の経日変化  
 A: 生け水からの発散量, B: 切り花(生け水から出ている植物体)からの発散量  
 同一経過日数の異なるアルファベットは有意差を示す(Tukey's test,  $p < 0.05$ , ), SE( $n = 3$ )

(岸本久太郎、大久保直美)

[その他]

中課題名：農畜産物の品質評価・保持・向上技術の開発

中課題番号：330a0

予算区分：交付金

研究期間：2011～2014年度

研究担当者：岸本久太郎、大久保直美、前田裕行（タキイ種苗）、羽毛田智明（タキイ種苗）

発表論文等：Kishimoto K. et al. (2014) J. Japan. Soc. Hort. Sci. 83(3):252-258

### [成果情報名] プロテオミクスによる骨格筋細胞分泌因子の解析

[要約] 骨格筋細胞が分泌するタンパク質およびペプチドは、増殖から分化に至る過程でその種類と量に変化し、分泌量が分化直後にピークに達するものが多い。これらには、骨格筋組織を構築する筋・脂肪・神経・内皮細胞の増殖や分化を活性化する因子が含まれる。

[キーワード] 骨格筋、分泌性因子、網羅的解析、生理活性因子

[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 029-838-8685

[研究所名] 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]

分泌性の増殖因子は細胞の増殖や分化の調節因子として作用する。骨格筋は運動を司る組織であるため、これまでは骨格筋細胞自体が増殖因子等の生理活性因子を積極的に分泌するとは考えられなかった。一方、骨格筋量の調節、特に筋肥大に関してはインスリン様増殖因子、ミオスタチンなどの様々な分泌性の因子が関与していることが報告されている。そこで、家畜の枝肉格付に寄与する赤身肉の歩留向上と増産を目指し、骨格筋細胞由来の分泌性因子に着目した。マウス由来の培養骨格筋細胞をモデルとして増殖から分化、成長に至る過程で分泌される因子について、プロテオームの手法を用いて網羅的発現解析を行い、発現プロファイルを作成したものである。

### [成果の内容・特徴]

1. 作成された分泌因子プロファイルは、合計 8814 本の MS シグナル全てを解析して得られた 437 個のタンパク質/ペプチドからなり、そのうち約 8% が分泌性シグナルペプチドを持つタンパク質である。これらの中には成長因子に関連する分子、細胞外マトリックス構成成分、内在性タンパク質分解酵素阻害因子などを含む。
2. 細胞増殖期の発現量を基準として、各過程での発現量を標準化し相対定量を行い、発現パターンを解析すると、(1) 分化につれて分泌量が増加するパターン、(2) 分化につれて分泌量が減少するパターン、(3) 分化直後に分泌量がピークに達するパターンがあり、(3) のパターンを取る因子が多い。
3. 得られたプロファイルとこれまでの各因子の機能に関する知見から、骨格筋細胞の分泌因子について以下の特徴が挙げられる。骨格筋細胞は増殖期において脂肪細胞分化を抑制する因子、および神経細胞の誘引を忌避する因子を分泌し、分化、成長が進むにつれて筋分化や成長を促す因子、血管内皮細胞を誘引する因子、および神経細胞を誘引する因子を分泌する (表 1、図 1)。

### [成果の活用面・留意点]

1. プロテオミクスの手法により作成した発現プロファイルは効率的に骨格筋肥大をもたらす因子を見いだすための研究基盤として活用できる。
2. 骨格筋細胞の分泌因子プロファイルは、増殖から分化に至る過程の培養マウス骨格筋細胞において得られたものである。
3. 図 1 は発現プロファイルの結果から得られたモデルである。見出した分泌性因子の各細胞に与える具体的な効果 (細胞増殖活性化・分化促進・成長促進など) は推定であり、確認する必要がある。

[具体的データ]

表 1. 骨格筋細胞が分泌し各細胞の増殖・成長に及ぼす因子の変動

Name (Gene ID)	G/G	D30h/G	D72h/G	D120h/G	標的候補となる細胞
<i>Lgals1</i>	1.00	1.18	1.70	1.43	骨格筋
<i>Sparc</i>	1.00	1.56	0.84	0.58	骨格筋・脂肪・内皮
<i>Psap</i>	1.00	1.52	1.74	1.46	骨格筋・神経
<i>Hmgb1</i>	1.00	1.55	1.78	1.15	骨格筋・内皮
<i>C1qtnf3</i>	1.00	3.24	3.11	2.84	脂肪
<i>Sema7a</i>	1.00	0.82	0.37	0.20	神経
<i>Ppia</i>	1.00	1.27	1.29	0.83	神経
<i>Hdgf</i>	1.00	1.46	1.52	1.00	神経・内皮
<i>Serpinf1</i>	1.00	1.01	1.19	0.78	神経・内皮
<i>Thbs1</i>	1.00	2.47	1.93	1.30	内皮

増殖から分化、成長に至る過程の骨格筋細胞の培養上清を試料とし質量分析計にて測定した。データベース検索によりタンパク質やペプチドを同定後、分泌性因子の発現プロファイルを作成した。G: 増殖期、D30h: 分化後 30 時間、D72h: 分化後 72 時間、D120h: 分化後 120 時間を示し、各時期の発現量を G の値で標準化し、1.5 倍以上の上昇を示すものは赤色、0.67 倍以下の変動を示すものは青色で示している。標的細胞は分泌性因子が作用すると考えられる細胞を示す。

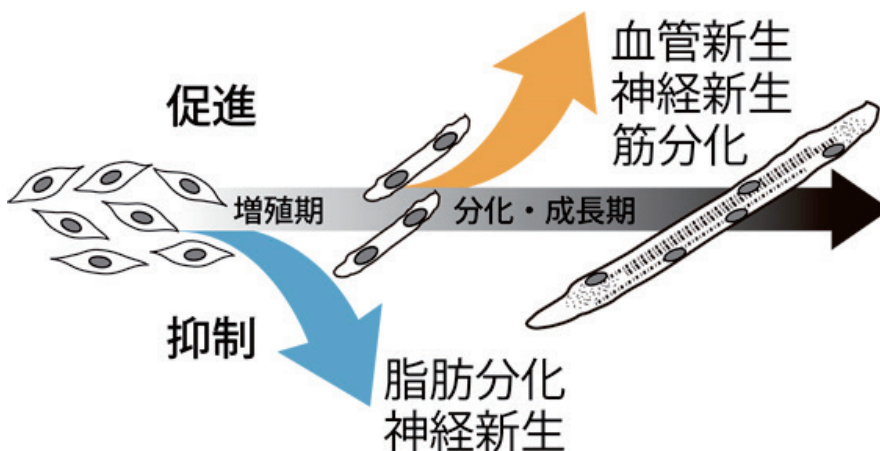


図 1 骨格筋細胞が増殖から分化、成長に至る過程で分泌する因子が他の細胞に及ぼす影響を示すモデル

(尾嶋孝一)

[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：競争的資金（科研費）

研究期間：：2012～2014 年度

研究担当者：尾嶋孝一、大江美香、中島郁世、柴田昌宏、千国幸一、室谷進、西邑隆徳（北大院農）

発表論文等：Ojima K. et al. (2014) EuPA Open Proteomics 5:1-9

## [成果情報名]澱粉の酵素分解性に対するキサンタンガムの制御機構の解明

[要約]キサンタンガムは澱粉の消化酵素による分解を抑える効果が高く、澱粉摂取直後の血糖値上昇を抑制する。キサンタンガムの示す高い粘度上昇作用と、澱粉粒に吸着する作用がこれらの抑制効果に関与している。

[キーワード]キサンタンガム、澱粉の酵素分解性、血糖値上昇抑制効果、粘度、相互作用

[担当]加工流通プロセス・食品高付加価値化

[代表連絡先]電話 029-838-7991

[研究所名]食品総合研究所・食品工学研究領域

[分類]研究成果情報

---

### [背景・ねらい]

食後血糖値の上昇抑制を期待し、緩やかに消化される澱粉素材および澱粉系食品の開発が求められている。澱粉の消化酵素による分解速度には、食品中に存在する共存成分が影響を及ぼしており、多糖類にも澱粉の酵素分解性に対して抑制作用を示すものがある。これまでに多糖類の中では、キサンタンガムが顕著に高い抑制効果をもつことを明らかにしている。本研究ではキサンタンガムと澱粉の相互作用および澱粉との混合試料の粘度を解析し、他の多糖類と比較することによってその制御機構を明らかにすると共に、ラットを用いた澱粉負荷試験を行い、キサンタンガムの食後血糖値上昇抑制効果を検証する。

### [成果の内容・特徴]

1. 澱粉の酵素分解性に対するキサンタンガムの抑制効果は、生澱粉だけではなく、短時間で急速に消化される糊化澱粉に対しても見られ、その抑制効果は他の多糖類と比較すると高い（図1）。
2. 馬鈴薯澱粉に各種多糖類を添加すると粘度上昇効果が認められるが、キサンタンガムの効果は極めて高く（図2）、また澱粉糊化時のピーク粘度と澱粉分解率との間に有意な相関性が認められるため、粘度上昇効果が酵素分解性の主な制御要因であることが推察される。
3. 水晶振動子上に固定化した馬鈴薯由来のアミロペクチンに、各種多糖類を添加したところ、キサンタンガムのみにおいて、固定化されたアミロペクチン層に吸着したことを示す周波数の減少が見られる（図3）。さらに、アミロペクチンにキサンタンガムが吸着した状態で、澱粉分解酵素を添加してもアミロペクチンはほとんど分解されず、酵素に対して強い阻害作用を示す。澱粉粒にキサンタンガムが吸着することによって、澱粉の酵素分解性を抑制していると考えられる。
4. ラットを用いた澱粉負荷試験では、キサンタンガムを馬鈴薯糊化澱粉に添加した試料群は対照群と比較して、投与 30 分後の血糖値を有意に下げるが（図4）、60 分以降では効果が見られないため、キサンタンガムの澱粉酵素分解性に対する抑制効果は澱粉摂取直後の血糖値上昇にのみ関与している。

### [成果の活用面・留意点]

1. 澱粉の酵素分解性に対するキサンタンガムの作用機構、および食後血糖値に及ぼす影響が明らかになり、血糖値上昇抑制効果を目指した食品への利用が期待できる。
2. 澱粉と多糖類の単純な混合系だけではなく、食品の形態でのキサンタンガムの作用を検証する必要がある。

[具体的データ]

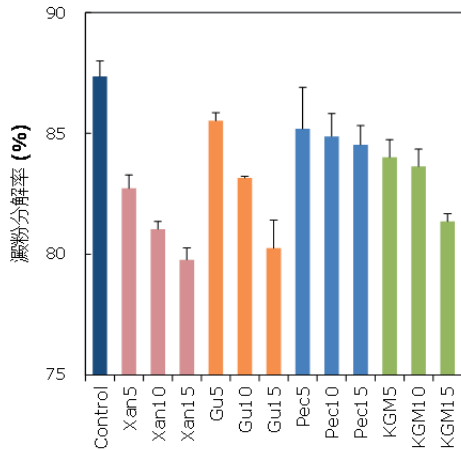


図1 各種多糖類を添加した馬鈴薯糊化澱粉の澱粉分解率 (キサンタンガム (Xan)、グアガム (Gu)、ペクチン (Pec)、コンニャクグルコマンナン (KGM)を澱粉重量に対して5、10、15%添加した澱粉を糊化させた試料を使用)

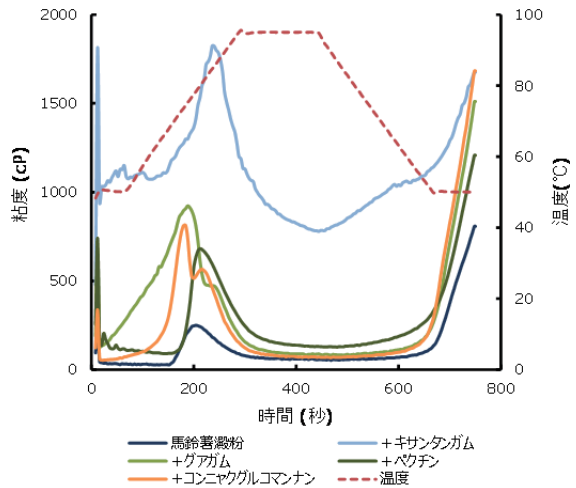


図2 馬鈴薯澱粉のラピッドビスコアライザーによる粘度特性 (澱粉に対して各種多糖類を5%添加)

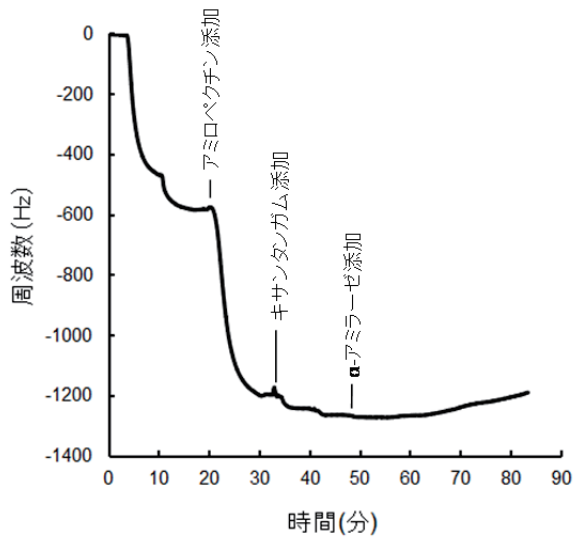


図3 水晶振動子マイクロバランスで解析した馬鈴薯由来のアミロペクチンとキサンタンガムの相互作用

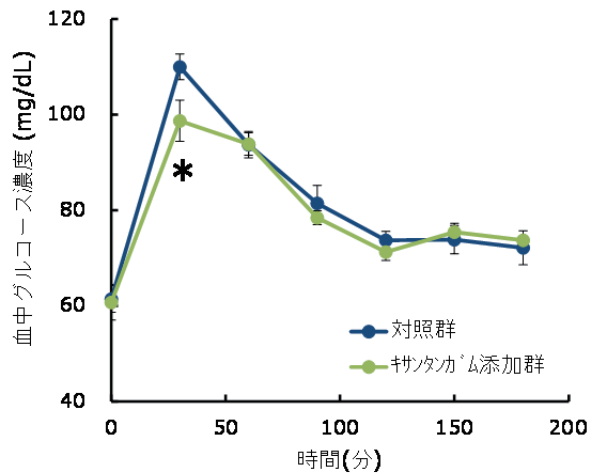


図4 馬鈴薯糊化澱粉とキサンタンガム (5%添加)の混合試料摂取後の血糖値の推移

(佐々木朋子)

[その他]

中課題名：食品及び食品素材の高付加価値化技術の開発

中課題番号：330b0

予算区分：交付金、競争的資金 (科研費)

研究期間：2012～2014年度

研究担当者：佐々木朋子

発表論文等：

1)Sasaki T. and Kohyama K. (2012) Food Chem. 133:1420-1426

2)Sasaki T. et al. (2015) Starch 印刷中

## [成果情報名] 穀物の粉の吸水特性を改変する方法の開発

[要約] 水酸化カルシウムを用いて穀物の粉の吸水特性を改変する方法を開発した。処理条件を調節することによって、吸水にかかる時間および吸水量を調節することができる。本法は穀類および疑似穀類全般に広く適用可能である。

[キーワード] 穀類、澱粉、穀粉、吸水性、水酸化カルシウム

[担当] 加工流通プロセス・食品素材高付加価値化

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所名] 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]

澱粉を主体とする穀物の利用特性は澱粉の性質に大きく依存しているが、特に澱粉の糊化には水が必要であることから、吸水性が重要な要因となる。粉の吸水特性を調節することによって、澱粉の糊化特性を制御し、調理特性、食感、消化性などの機能性を改変することができるものと期待される。しかしながら、これまでに、加熱糊化時の吸水性に影響を及ぼす要因についての研究は行われているものの、常温での素材の吸水性を調節する方法についてはほとんど知られていない。本法では、穀物の粉を改質することによって吸水特性を調節し、加工利用特性を改変することにより、素材の新たな利用法の開発につなげることを目標としている。

### [成果の内容・特徴]

1. この方法は、コメ、ムギ、トウモロコシ等の穀類およびソバ、アマランスなどの疑似穀類など幅広く澱粉系の素材を対象としている。
2. 水酸化カルシウム処理によって、撥水性を示す粉を作成することができる。穀物を水酸化カルシウム処理した後に粉碎しても、粉を水酸化カルシウム処理しても、いずれの方法でも作成可能である。撥水性は、水滴と粉との接触角（図1）、水滴が粉に吸い込まれる速度、吸水性簡易評価法（図2）などによって評価できる。吸水性簡易評価法とは、底に穴をあけた缶に粉を詰め、底面から吸水させて、缶全体の重量の経時変化を追うことで、吸水量と吸水速度を測定する方法である（2012年度研究成果情報「米粉のパン加工適性評価のための吸水性簡易評価法」）。
3. 処理時に用いる水酸化カルシウムの濃度、処理時間、処理温度などの処理条件を調節することによって、吸水にかかる時間および吸水量を調節することができる（図3）。
4. 疎水性成分が粉の表面を覆っていると考えられ、中和処理や、極性の高い溶媒の添加により、親水性が復活する。
5. プロラミン、グルテリンを除去した米粉を用いて改質処理を行った場合には撥水性を示さないことから、撥水性を賦与するためにはプロラミンおよびグルテリン画分の存在が必要であることが示唆される（図4）。
6. 本法は穀類全般に適用できる技術であり、素材そのものの吸水特性を改変することから、澱粉系素材の新たな利用法の開発につながることを期待される。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本法で改質した粉を打ち粉に用いた場合、生地への吸水を抑え、茹でどけを抑制することが可能である。
2. 吸水速度が調節できる生分解性素材として非食品利用が可能である。
3. 撥水効果を発揮するためには粉がアルカリ性であることが必要である。



[具体的データ]

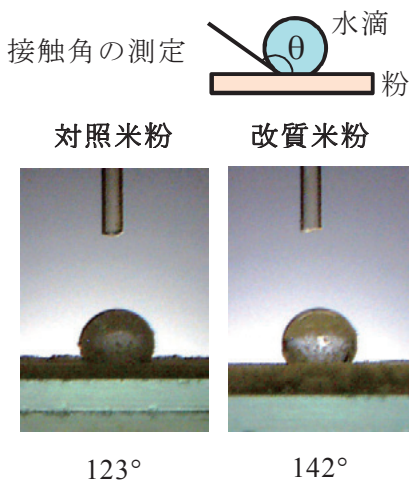


図1 撥水性の付与された米粉に対する水の接触角

吸水性簡易評価法

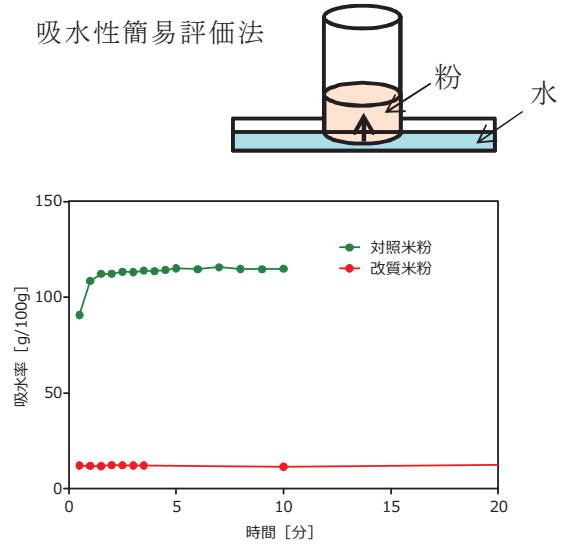


図2 簡易吸水特性測定法を用いた改質米粉の吸水速度と吸水量の測定

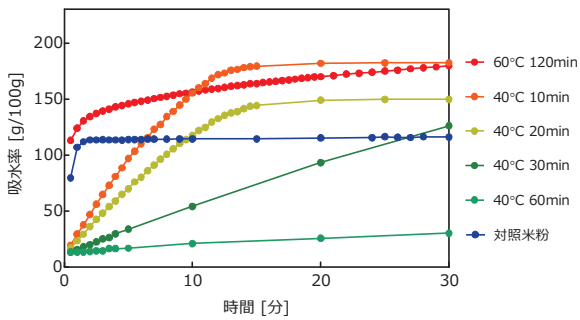


図3 処理温度と処理時間を変えたときの改質米粉の吸水特性

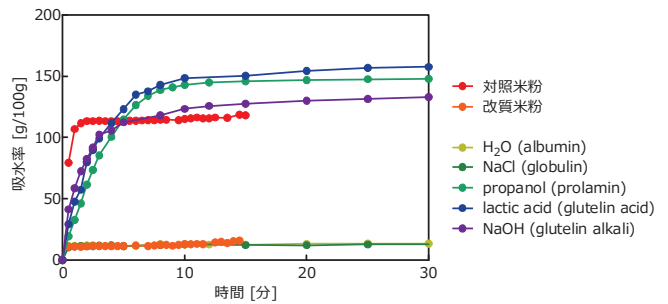


図4 タンパク質画分を除去した米粉を用いて改質処理を行ったときの米粉の吸水特性（カッコ内は除去された画分）

(松木順子、徳安健、與座宏一、池正和)

[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、競争的資金（科研費）

研究期間：：2013～2014年度

研究担当者：松木順子、徳安健、與座宏一、池正和

発表論文等：松木ら「撥水性を賦与した改質穀粒又は改質穀粒破砕物とその製造法」特願2014-24015（2014年2月12日）

## [成果情報名]増粘剤を使用しないグルテンフリー米粉パンの製造基盤技術

[要約]米粉にホワイトソルガム粉とグルタチオン（またはそれを含む酵母エキス）、および水を加えて混合し、乾燥酵母と砂糖を加えて発酵させるだけで、グルテンや増粘剤の添加を要せずにグルテンフリー米粉パンをつくることができる。

[キーワード]米粉パン、ホワイトソルガム粉、グルテンフリー

[担当]加工流通プロセス・食品素材高付加価値化

[代表連絡先]電話 029-838-7991

[研究所名]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]

食料自給率の低下が、農業・食品分野で克服すべき喫緊の課題のひとつに挙げられている。米は国内で自給可能な数少ない穀物のひとつであるため、米粉を主原料としたパンの開発は食料自給率を高めるための切り札として期待される。また、小麦アレルギーやセリアック病など、小麦の摂取に起因する疾患の存在からグルテンフリー食品の開発が求められている。この解決策として米粉にグルタチオンを添加したグルテンフリー米粉パンを開発してきたが、①食塩を添加すると膨らみが低下する、②精製したグルタチオンは日本では医薬品に分類され、食品添加物として利用できない、などの問題点があった。そこで本研究では、上記問題点を克服し、実用的なグルテンフリーパンを製造するための基盤技術の開発を目的とする。

### [成果の内容・特徴]

1. グルテンフリー食品に汎用されるホワイトソルガム粉、および精製グルタチオンと水を米粉に添加して混合し、数時間から一晩室温または冷蔵庫で放置する。これに乾燥酵母と砂糖を添加して発酵させると米粉：ホワイトソルガム粉の比率が 150:10～110:50 程度の範囲でパンの比容積が  $3.5 \text{ cm}^3/\text{g}$  以上になり（図 1 A）、きめの細かいパンが製造できる（同 B）。
2. 生地を膨らませるのに必要なグルタチオンの量は、300 g の生地に対して 0.4～3 g 程度であり、この条件でパンの比容積は  $3.8 \text{ cm}^3/\text{g}$  以上になる（図 2 A）。グルタチオンを添加すると無添加に比べて気泡膜が薄く（同 B）、柔らかいパンができる。
3. ホワイトソルガム粉と米粉、精製グルタチオンを含む生地 300 g に食塩 2.4 g を添加して混合し、発酵・焼成するとパンが膨らむ（図 3）。ホワイトソルガム粉を添加しない場合にはパンが十分に膨らまない。
4. 精製グルタチオンを、市販される高濃度グルタチオン含有酵母エキスに置換しても米粉/ホワイトソルガム粉を含むパンが膨らむ。基本原料は米粉、ホワイトソルガム粉、グルタチオン含有酵母エキス、水、砂糖、ドライイースト、バター等であり、増粘剤などの添加物を要せず、食品だけでパンを製造できる。食塩は添加してもしなくてもパンが膨らむ。

### [成果の活用面・留意点]

1. パン製造業者等を普及対象とする。
2. 小麦粉やグルテンを原料としたパンは一般的に食塩の添加を要するが、グルタチオン添加米粉パンは食塩の添加を必要としないため、減塩食品への応用が期待される。

[具体的データ]

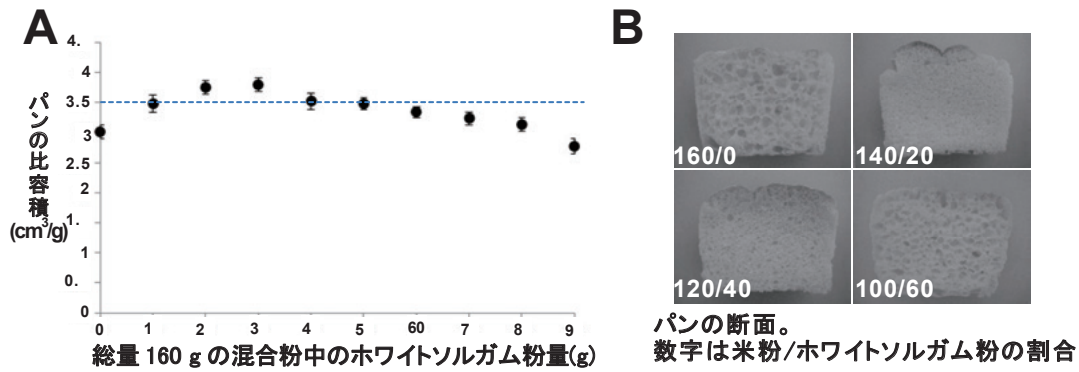


図1 グルタチオンを含む米粉生地へのホワイトソルガム粉の添加効果

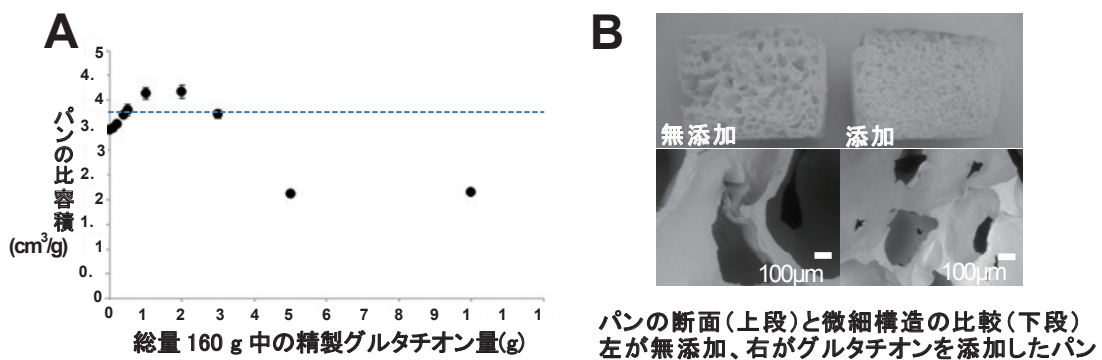


図2 米粉/ホワイトソルガム粉混合生地へのグルタチオン添加効果

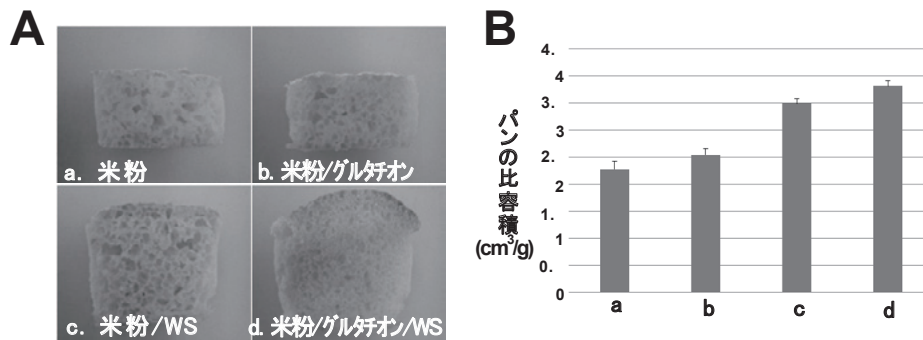


図3 ホワイトソルガム粉(WS)添加による食塩感受性の低下  
(いずれも、生地 300 g に食塩 2.4 g を添加)

(矢野裕之)

[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、競争的資金（科研費）

研究期間：：2013～2014 年度

研究担当者：矢野裕之

発表論文等：

1)Yano H. and Fukui A. (2015) 食研報、受理

2)矢野「米粉ベースのパン類の製造方法」特願 2013-251446(2013年12月4日)

## [成果情報名]NF 膜によるクランベリー果汁からの安息香酸回収

[要約]クランベリー果汁から、防菌・防カビ効果を有する安息香酸の一部をナノろ過 (NF) 処理により分離し回収する。安息香酸 (分子量;122) をその他の有機酸や糖類、色素 (分子量 134 以上) から選択的に分離し、高純度で回収できる製造条件を明らかにする。

[キーワード]クランベリー果汁、安息香酸、ナノろ過膜、分子量

[担当]加工流通プロセス・先端流通加工

[代表連絡先]電話 029-838-7991

[研究所名]食品総合研究所・食品工学研究領域

[分類] 研究成果情報

## [背景・ねらい]

安息香酸は、防菌・防カビ効果を有することから、食品や医薬品、化粧品などの保存料として利用されている。クランベリー果汁は、ジャム等の加工製品の保存性確保に必要な量以上の安息香酸を含有しており、保存料としての活用が期待できる。そこで、ナノろ過 (Nanofiltration; NF) 処理によって果汁から安息香酸 (分子量: 122) の一部を、分子量 134 以上の有機酸、糖類、色素と分離することで回収する。また、適切な NF 膜を選定することで安息香酸を高純度で回収できるプロセスを構築する。

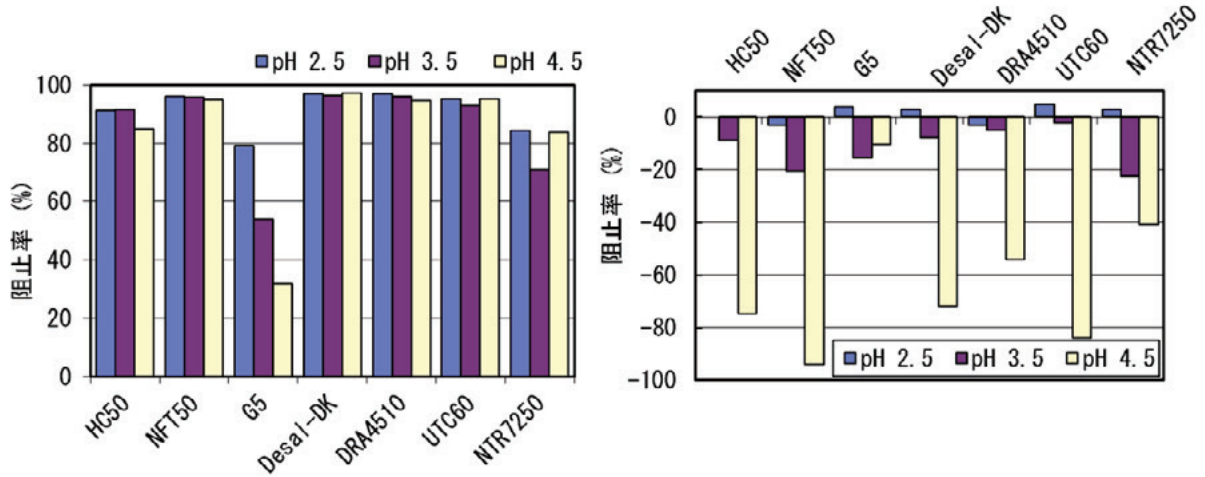
## [成果の内容・特徴]

1. NF 膜は安息香酸の分子量や膜の洗浄性を考慮して、分画分子量 200 前後、NaCl 除去率 50 %前後の膜から選定する。ろ過装置にバッチ式平膜テスト装置 C60F (日東電工 (株)) 等を用いて清澄化クランベリー果汁のろ過試験を行い、透過流束および各成分の阻止率によって NF 膜毎の分離特性を評価する。
2. 安息香酸と糖類など、その他の成分との分離効率の良い (阻止率に差のある) NF 膜 7 種を用いて、pH を 2.5、3.5 および 4.5 に調整したクランベリー果汁のろ過試験を行い、最適な pH 条件を明らかにする (図 1)。
3. 安息香酸を分離可能な NF 膜 (NFT50、Desal-DK) を用いて、模擬液 (①安息香酸 (分子量: 122) 100 ppm、②グルコース (分子量: 180) 4.5 %、③リンゴ酸 (分子量: 134) 1.0 %および④クエン酸 (分子量: 210) 3.0 %) の各成分の分離特性を調査する。この結果を基に安息香酸を精製 (回分濃縮) する際のろ過状況を濃縮係数 (CF; Concentration Factor) から透過流束 ( $J_v$ ) を求める数学モデルを作製する (図 2)。
4. この数学モデルから、NFT50 膜では pH 2.5 のクランベリー果汁 12 L から 4 MPa の操作圧力で回分濃縮すると、140 分で CF=3.0 (3 倍濃縮) となり、原料中の安息香酸は 83 %が透過液に回収されると試算できる。
5. 透過液に回収される安息香酸の純度を向上させるため、再度 NF 処理を行うことで糖類や有機酸は除去される。この 2 回目の NF 処理の際に、供給液の pH を水酸化ナトリウムにより 2.8 (原液) から 4.5 に調整すると安息香酸の純度はさらに向上する (図 3)。

## [成果の活用面・留意点]

1. 分子量の近い成分を分離するには、NF 膜の選抜が重要となる。膜性能は種類により異なるため、スクリーニングには異なるメーカーの NF 膜も用意することが望ましい。
2. 2 段階 NF 処理では 1 回目の NF 処理で pH 調整しないため、濃縮液はクランベリー製品製造にダイレクトに利用でき、透過液は pH 調整後の 2 回目の NF 処理で安息香酸を高純度で回収できる製造プロセスとなる。
3. クランベリー圧搾残渣にも安息香酸は含まれるため、残渣からの安息香酸の抽出法を検討することで原料コストを低減できる。

[具体的データ]



a) 糖類 (フルクトース・グルコース) の阻止率                      b) 安息香酸の阻止率

図1 クランベリー果汁のNF処理に及ぼすpHの影響

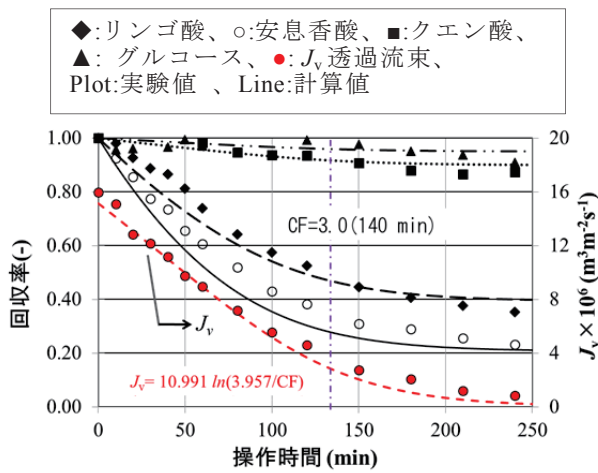


図2 NF処理による果汁の濃縮  
(透過流束、濃縮液組成) pH 2.5, 4 MPa

Brix 10の果汁 1000 Lを 9.8 m<sup>2</sup>のNF膜で処理すると、濃縮係数 CF=3.0 (140分) で安息香酸の 83%を回収

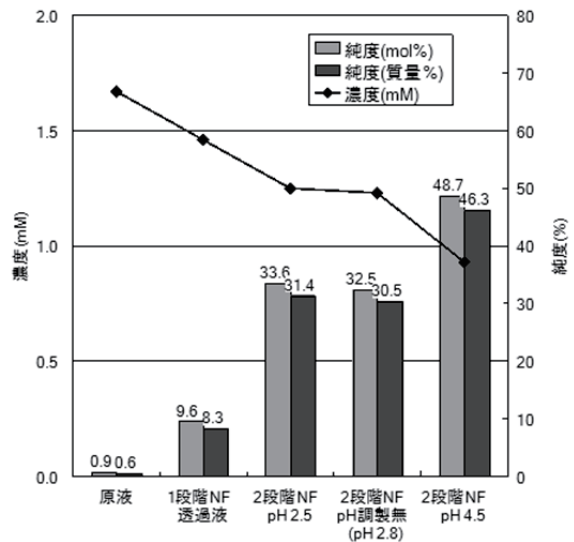


図3 2段階NF処理による安息香酸の精製  
(膜: Desal-DK)

(蘗原昌司、鍋谷浩志)

[その他]

中課題名: 先端技術を活用した流通・加工利用技術及び評価技術の開発

中課題番号: 330c0

予算区分: 交付金、その他外部資金 (国連大学)

研究期間: 2006~2014年度

研究担当者: 蘗原昌司、鍋谷浩志

発表論文等:

1) Dat L. et al. (2012) Food Sci. Tec. Res. 18(1):7-15

2) 鍋谷ら「抗菌保存料の製造方法」特許第 5046228 号(2012年7月27日)

[成果情報名] ESR スピントラップ法による油中ラジカルの簡易・迅速計測

[要約] ESR スピントラップ法を利用して、油中に存在する活性酸素種の計測法開発を行う。油に光照射して発生する過酸化由来のラジカルを ESR スピントラップ法で同定定量することにより、POV、AV 法と同様に、油の加熱酸化を評価できる可能性がある。

[キーワード] ESR、スピントラップ法、ラジカル、油、酸化

[担当] 加工流通プロセス・先端流通加工

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所名] 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]

食品の加工や調理はラジカルの発生を伴う。発生したラジカルのうち、一部は安定なラジカルとして長期間存在するが、大部分のラジカルは食品成分と化学反応を引き起こして、酸化や腐敗などの品質変化に関与する。油の酸化は味、香り、栄養価値など品質の劣化を伴い、さらには人体に有害な作用を及ぼすため、過酸化価(POV)や酸価(AV)法による酸化評価の基準が定められている。本研究は、POV、AV 法よりも簡便かつ迅速にわずかな酸化を評価する計測法開発を目指し、ESR スピントラップ法による油中ラジカルの計測を試みる。

[成果の内容・特徴]

1. 本研究は、ESR スピントラップ法を利用して簡便かつ迅速に油中ラジカルの計測を行う。3種の食用油（オリーブ油、ナタネ油、綿実油）を200 $\mu$ L採取して、ラジカル捕捉剤 PBN を溶解、油を入れたディスポセルを ESR にセットして光照射直後に1分間計測する。加熱油、非加熱の油、両者へ光照射して発生するラジカルを捕捉し、アダクトスペクトルとして ESR で観測する（図1）。
2. 一般的に酸化した油には過酸化ラジカル（ペルオキシラジカル（ROO $\cdot$ ）とアルコキシラジカル（RO $\cdot$ ））が生成される。そこで、過酸化ラジカルの標準スペクトルを利用して、2種のラジカルを同時観測した場合のシミュレーションスペクトルを作成する（図2）。このシミュレーションスペクトルと食用油の ESR スペクトルを比較すると、両者のパラメータはすべて一致するので、油で観測したラジカルは2種の過酸化ラジカルであると同定できる。
3. 2種の過酸化ラジカルは、非加熱の油でも観測できる。ただし、加熱履歴がある油では明らかにラジカル発生量が増加する。
4. 非加熱から12時間加熱した油の ESR 信号強度と、同じ油の POV および AV との相関を検討する。例としてナタネ油の結果を図3に示す。各値は油の加熱時間増加とともに増大する。ESR 信号強度は、POV、AV と非常に相関が高い。本測定法は POV、AV と同様に食用油の加熱酸化が評価できる。

[成果の活用面・留意点]

1. 本測定は、少量(200 $\mu$ L)の油を短時間(1分間)で測定することができるため、POV、AV との相関を得ることができれば、油酸化評価のスクリーニング検査として活用できる可能性がある。
2. ESR スピントラップ法による油の測定は先行研究例が非常に少なく、本成果は基礎的な内容となっている。測定、解析についてより適切な手法を検討する。

[具体的データ]

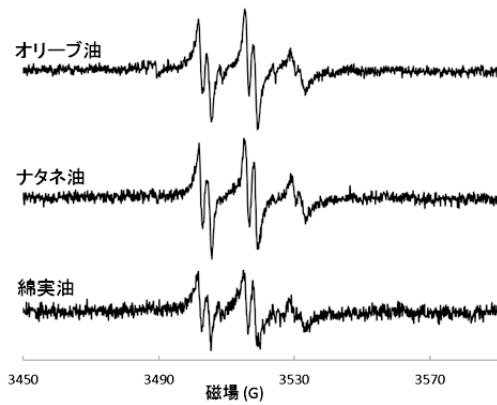


図1 食用油の ESR スペクトル

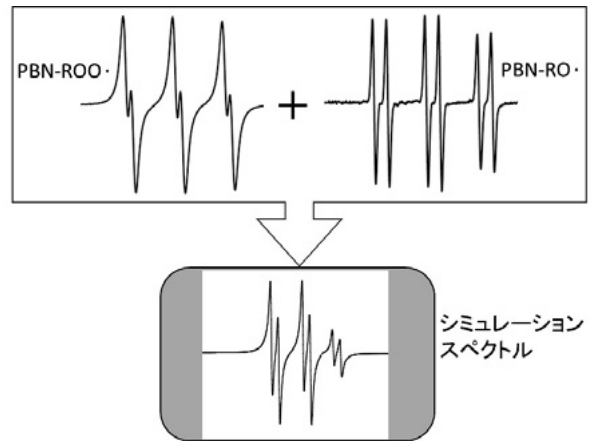


図2 シミュレーションスペクトル

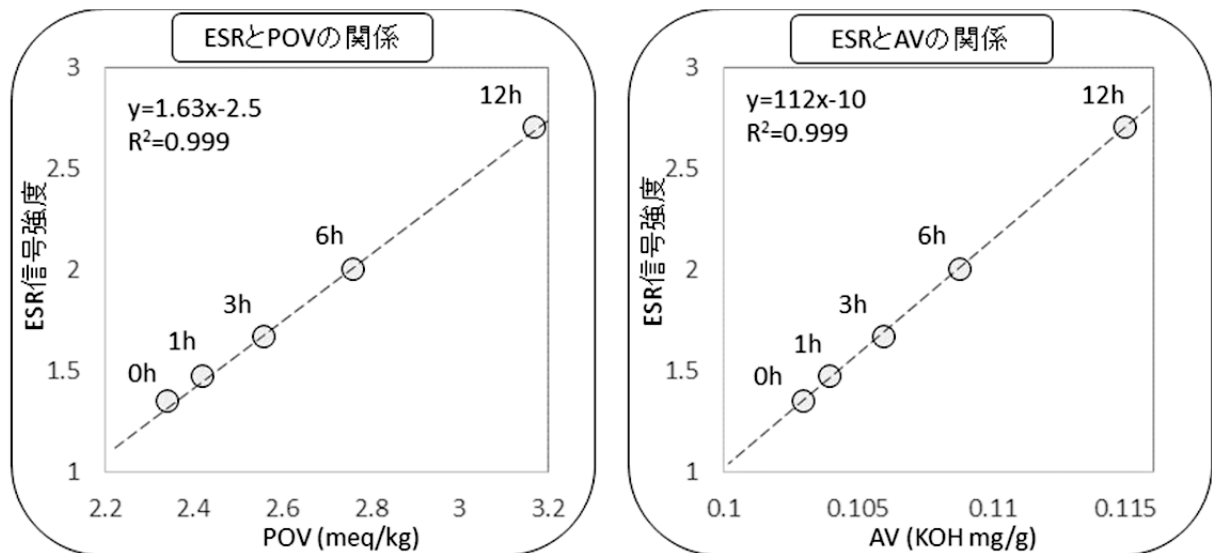


図3 加熱したなたね油の ESR 信号強度と POV および AV との相関

(亀谷宏美)

[その他]

中課題名：先端技術を活用した流通・加工利用技術及び評価技術の開発

中課題番号：330c0

予算区分：交付金、委託プロ（新需要）、委託プロ（嗜好性）、競争的資金（科研費）

研究期間：：2011～2014 年度

研究担当者：亀谷宏美

発表論文等：Kameya H. et al. (2013) J. Food Sci. Eng. 3:299-308

**[成果情報名] 蛍光指紋イメージングによるグルテン・澱粉・バター の 3 成分分布の同時可視化**

**[要約]** 蛍光指紋と画像計測を組み合わせた「蛍光指紋イメージング手法」とスペクトル分解アルゴリズムにより、パイ生地中のグルテン・澱粉・バターの分布を可視化する。染色不要な同時・多成分可視化技術として様々な農産物・食品の成分分布把握に活用できる。

**[キーワード]** 励起・蛍光マトリックス、イメージング、多変量解析、脂質

**[担当]** 加工流通プロセス・先端流通加工

**[代表連絡先]** 電話 029-838-7991

**[研究所名]** 食品総合研究所・食品工学研究領域

**[分類]** 研究成果情報

**[背景・ねらい]**

食品中の成分分布は最終製品の食感や風味を大きく左右するため、これまでに蛍光染色による観察が試みられている。しかしながら、煩雑な操作、試料の変質、定量性に乏しいこと等様々な問題点がある。そこで、試料に照射する励起光の波長を変化させながら、各励起波長における蛍光スペクトルを3次元的に重ね合わせて得られる蛍光指紋を画像計測と組み合わせて対象中の成分分布を非染色で可視化する「蛍光指紋イメージング」に着目する。現在までにグルテン及び澱粉の成分分布可視化は報告されているが、蛋白質・澱粉に加え、食品構造の重要な要素である脂質（油脂）も加えた3成分の同時可視化を行う。そのため、3成分を含有し食感が重要とされる折りパイ生地を実験に供試し、拘束条件付きスペクトル分解をデータ解析に適用する。

**[成果の内容・特徴]**

1. 励起光側と蛍光観察側の両方にバンドパス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1）により、画素単位で対象試料の蛍光指紋を取得する。蛍光指紋は成分固有のパターンを持ち、含有率に応じて強度が変わるため、各画素に存在する成分の同定と、その含有率推定が可能となる。
2. （1）各画素におけるこれら3成分の含有率は非負値である、（2）各画素の蛍光指紋は3成分（グルテン、澱粉、バター）の蛍光指紋の線形和であり、その和は100%となる、という2つの拘束条件のもと、得られたデータにスペクトル分解アルゴリズムを適用する（図2）。
3. 上記により各画素における3成分の含有率を計算する。グルテンの含有率に応じて各画素を黒（含有率0%）から青（含有率100%）に彩色する。同様にして、澱粉（黒から緑）、バター（黒から赤）の含有率に応じた彩色も行う。このようにして得られた3成分の同時可視化結果を図3に示す。
4. 蛍光指紋イメージングによる成分分布可視化結果を検証するため、同一試料を蛋白質・油脂の二重染色に供試する（図3右）。両者を比較すると、澱粉の粒状構造、その間を縫うグルテンのネットワーク構造、厚いバター層の構造や澱粉・グルテンの間に局在する微小油滴の存在が前者においても良く再現できていることが分かる。

**[成果の活用面・留意点]**

1. 澱粉とバターの蛍光指紋パターンは類似しており、従来用いられてきた主成分分析や蛍光指紋の類似度に基づく可視化手法では両者の分布を正確に再現できない。拘束条件付きスペクトル分解のアルゴリズムを用いることにより、初めて澱粉と油脂成分を識別してそれぞれの分布を同時かつ正確に可視化することが可能となる。
2. 含まれている成分の数やそれぞれの特徴的な蛍光指紋パターン等、試料に関する事前情報をスペクトル分解の拘束条件に採用することにより、各成分の含有量推定の精度が向上する。



[具体的データ]

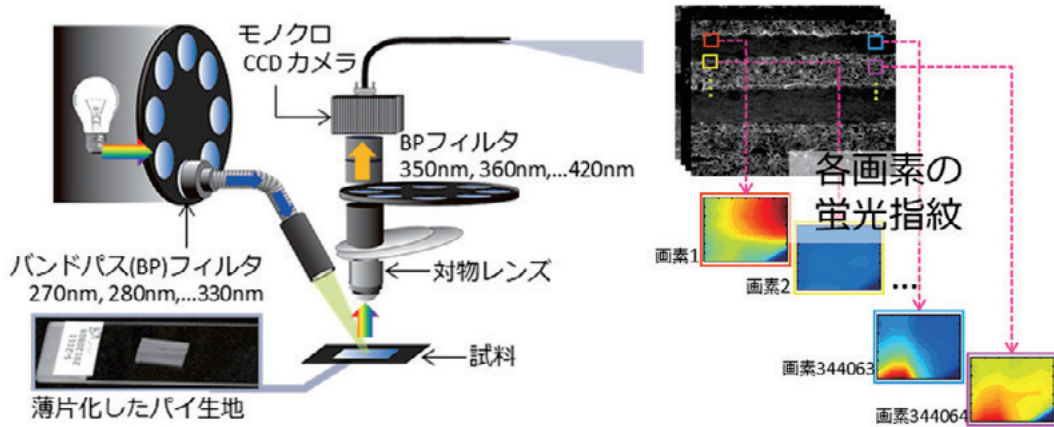


図1 蛍光指紋イメージングシステム（左）と得られるデータ（右）

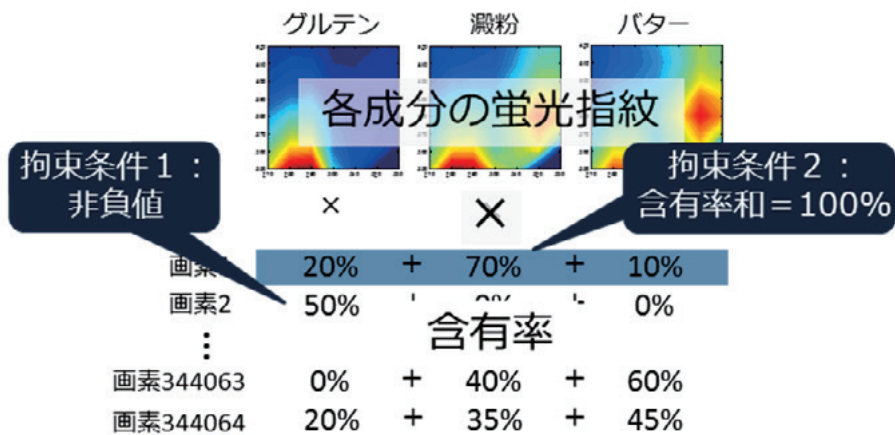


図2 拘束条件付きスペクトル分解による各画素における3成分含有率の算出

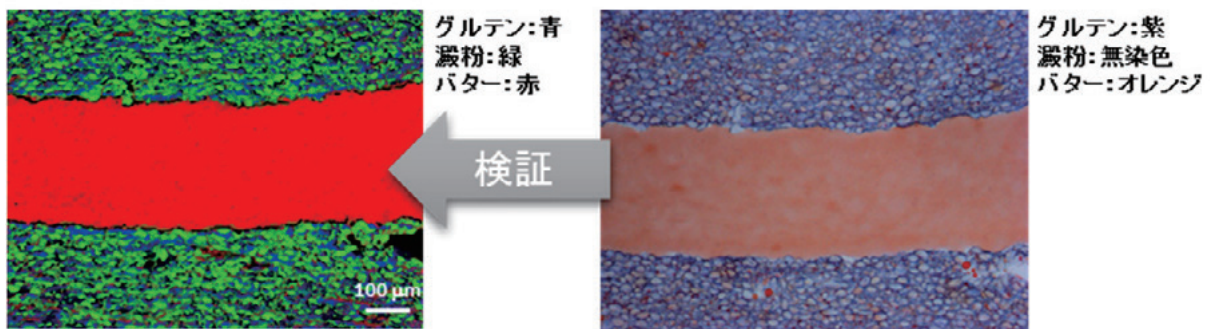


図3 蛍光指紋イメージングによる3成分分布の同時可視化（左）と同一試料の蛋白質・油脂二重染色結果（右）

（蔦瑞樹、杉山純一）

[その他]

中課題名：先端技術を活用した流通・加工利用技術及び評価技術の開発

中課題番号：330c0

予算区分：交付金、競争的資金（科研費）

研究期間：2011～2014年度

研究担当者：蔦瑞樹、杉山純一、粉川美踏（日本学術振興会特別研究員）、  
横矢直人（東京大学工学系研究科）、芦田祐子（不二製油株式会社）

発表論文等：Kokawa M. et al. (2014) Food Bioprocess Tech. 印刷中

## [成果情報名]短波帯交流電界処理による味噌酵素の失活

[要約]水に沈めたプラスチック包装味噌に短波帯交流電界を印加することにより、味噌を迅速、均一に加熱し、味噌中の酵素プロテアーゼおよびフォスファターゼを短時間で失活させる。本技術により、生味噌に近い高品質のだし入り味噌の製造が可能となる。

[キーワード]だし入り味噌、短波帯交流加熱、プラスチック包装、フォスファターゼ

[担当]加工流通プロセス・先端流通加工

[代表連絡先]電話 029-838-7991

[研究所名]食品総合研究所・食品工学研究領域

[分類]研究成果情報

---

### [背景・ねらい]

利便性が高いことから消費が伸びているだし入り味噌は、添加しただしの成分が味噌麴に含まれる酵素フォスファターゼにより分解されてしまうため、加熱などによりフォスファターゼを失活することが必要である。しかしながら、従来の加熱方法により味噌中心部のフォスファターゼを失活させるためには、長時間の加熱が必要となり、味噌表面の過加熱による変性が問題である。一方、短波帯交流電界処理 (RF) はプラスチック包装した味噌を迅速、均一に加熱する特長を有することから、味噌の加熱時間を短縮することが可能となる。したがって、短波帯交流電界加熱により、生味噌に近い風味のだし入り味噌を製造することが可能となる。

### [成果の内容・特徴]

1. 水中に沈めたプラスチック包装味噌を、2 kW、27 MHz の短波帯交流で加熱する。プラスチック包装された味噌は、味噌の誘電損に起因する抵抗 R とプラスチックフィルムに起因するコンデンサー C の直列等価回路と考えられ、コンデンサー C を通過した交流電流が味噌の抵抗 R を流れる際に発熱する (図 1)。
2. 40℃の温水にプラスチック包装した味噌を浸して短波帯交流電界を印加することにより、昇温速度が速い味噌の中心の温度が表面温度に追いつき、最終的に味噌内部の温度を均一に加熱することが可能となる。
3. プラスチック包装した 600 g の味噌を短波帯交流加熱した場合、味噌中心部の昇温時間は、従来の加熱処理 (CH) 時間の 1/6 に短縮することが可能となる。
4. 短波帯加熱処理と従来加熱処理を同じ昇温時間のもので比較したところ、味噌中のプロテアーゼ活性ならびにフォスファターゼ活性は、短波帯加熱処理の方が両酵素とも 10℃程度低い温度で失活する (図 2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 短波帯交流加熱により生味噌風味のだし入り味噌の製造が可能となる。
2. 現在はバッチ処理であるが、将来的に本技術の連続処理ができるようになれば、工業的に高品質のだし入り味噌の製造技術となる。

[具体的データ]

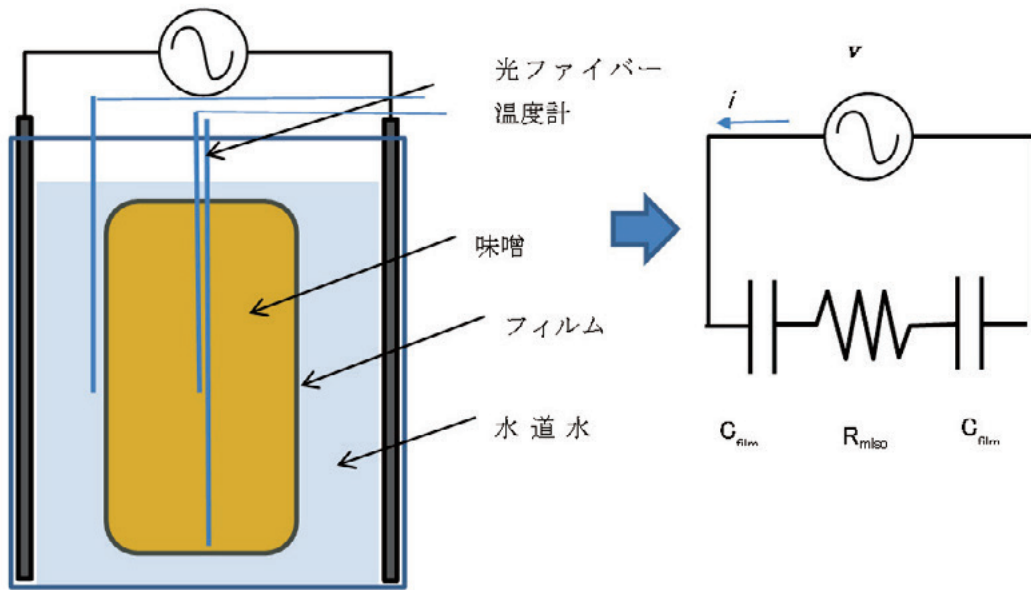


図1 短波帯交流電界処理の概略と電氣的等価回路

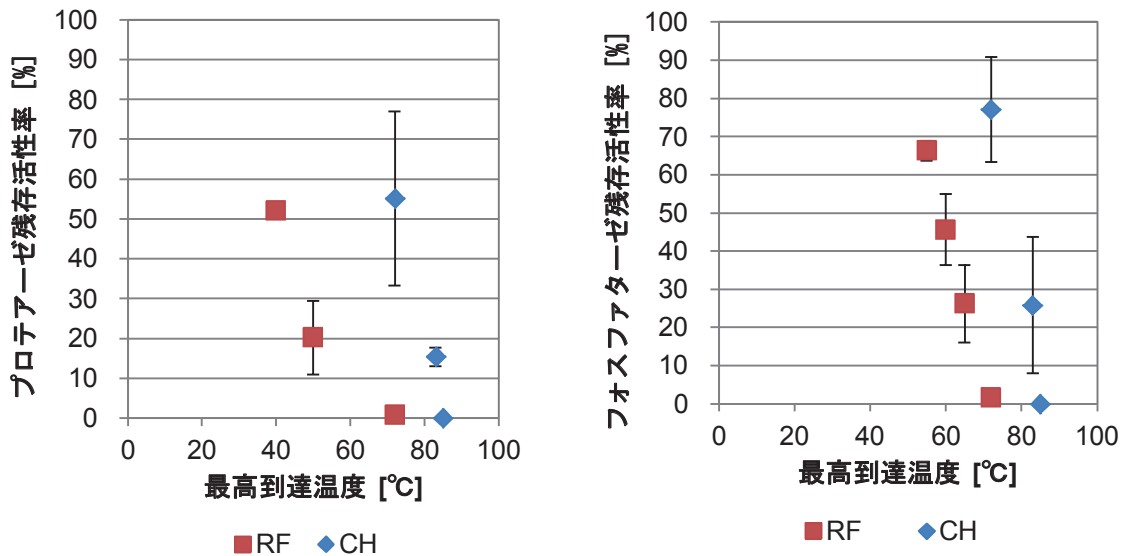


図2 短波帯処理 (RF) および従来加熱処理 (CH) の処理温度が味噌中の酵素フォスファターゼおよびプロテアーゼ活性に与える影響

(植村邦彦)

[その他]

中課題名：先端技術を活用した流通・加工利用技術及び評価技術の開発

中課題番号：330c0

予算区分：交付金、競争的資金（中央味噌研究所研究助成）

研究期間：：2012～2014年度

研究担当者：植村邦彦

発表論文等：

1) 植村邦彦ら (2014) 日食科工誌、61(2)：95-99

2) 植村「食品の加熱処理方法」特願 2013-155529 (2013年7月26日)

[成果情報名] 乳酸菌のキシラン及びムチンへの付着

[要約] 乳酸菌 *Lactobacillus brevis* の特定の株は、植物細胞壁成分であるキシランあるいは胃腸管粘膜成分であるムチンの添加により凝集する。本作用は、細胞表層の静電的な作用に起因し、この静電作用によりキシランとムチンに付着するものと考えられる。

[キーワード] 乳酸菌、キシラン、ムチン、凝集、付着

[担当] 加工流通プロセス・食品生物機能利用

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所名] 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]

乳酸菌の付着特性は、食品原料中での乳酸菌の発生や発酵の制御技術の開発に重要な因子であると共に、食品として摂取した際には消化管粘膜を介した生体内での保健機能発現に重要な役割を果たす。しかし、乳酸菌の付着機構の詳細については十分明らかになっていない。そこで、まず植物細胞壁の主成分であるキシランとの作用に着目し乳酸菌の付着能の解析を行い、付着機構を明らかにする。続いて動物細胞である胃腸管粘膜から分泌され、細胞表面を覆う糖タンパク質ムチンに対する付着能について解析し、キシランへの付着との関連を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 乳酸菌 *Lactobacillus brevis* の特定の株は、キシランの添加により凝集し、凝集塊を形成する。凝集作用の強弱は菌株によって異なり、凝集作用が見られない菌株も存在する（図1）。
2. 凝集作用を有する菌株では、細胞表層タンパク質を除去した状態でもキシランによる凝集作用が認められる。その一方で、凝集作用は高塩濃度条件で低下し、細胞表層電位（ゼータ電位）の影響を受ける。これらのことから、本菌は細胞表層の電荷に起因する静電的な作用によりキシランに付着して凝集すると考えられる（図2）。
3. 本菌に胃腸管粘膜成分であるムチンを添加した場合にも、キシランを添加した場合と同様の経時的な凝集プロファイルが見られる。菌株により凝集度が異なることも同様である（図3）。このことから、本菌は、植物細胞の主要成分であるキシランに対しても、動物の粘膜細胞に存在するムチンに対しても、静電的な作用により同様に付着するものと考えられる。

[成果の活用面・留意点]

1. 食品に発生する乳酸菌の起源の特定や乳酸菌による発酵のメカニズム、生体での腸管刺激や腸内定着性などの乳酸菌の保健機能の解明のための基礎知見として活用できる。
2. 凝集作用が確認できなかった菌株も細胞表層タンパク質や細胞表層電位を有していることから、付着能には静電作用以外の要因も複合的に関与している可能性がある。

[具体的データ]

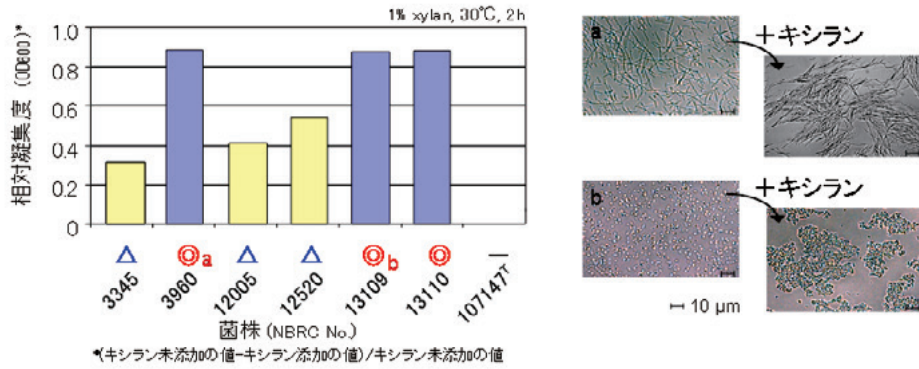


図1 キシラン添加による *Lactobacillus brevis* の凝集

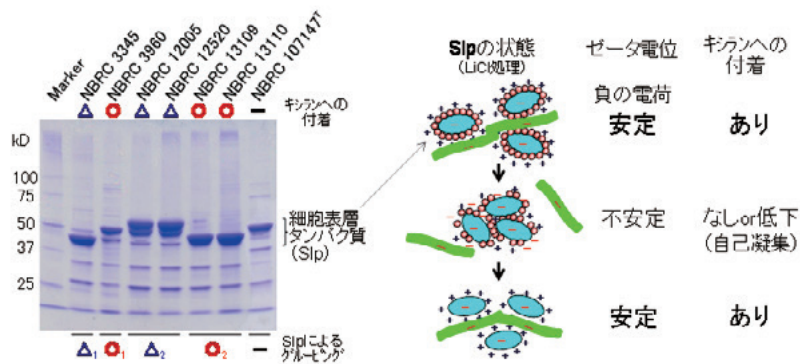


図2 キシランへの付着機構の推定

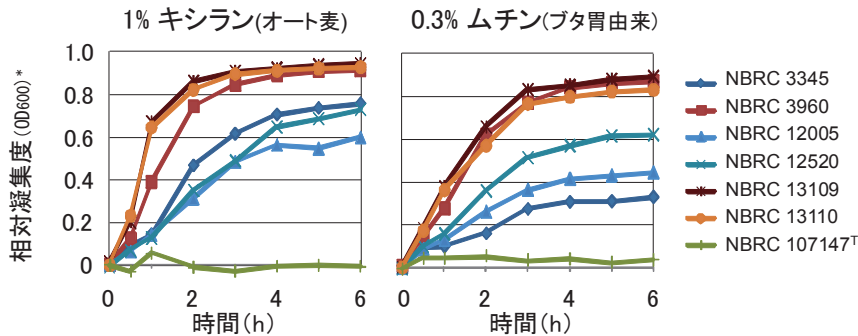


図3 キシラン及びムチン添加による凝集度の経時変化

(齋藤勝一)

[その他]

中課題名：新需要創出のための生物機能の解明とその利用技術の開発

中課題番号：330d0

予算区分：交付金

研究期間：2011～2014年度

研究担当者：齋藤勝一、中村敏英、小林功、亀山眞由美、一ノ瀬仁美、木村啓太郎、舟根和美

発表論文等：Saito K. et al. (2014) Biosci. Biotechnol. Biochem. 78(12):2120-2127

**[成果情報名] 酵素剥皮技術で加工したウンシュウミカンの市場受容性**

**[要約]** 食品加工用の酵素剤を利用して剥皮したウンシュウミカンに対する消費者の評価は、従来の化学的な皮むき法よりも高く、剥皮方法の認知度の向上によりさらに高まる。ヘビーユーザーに向けたジューシーさや見た目を活かした剥皮果実の商品化が重要である。

**[キーワード]** 酵素剥皮、ウンシュウミカン、消費者、市場受容性

**[担当]** 加工流通プロセス・食農連携

**[代表連絡先]** 電話 029-838-8481

**[研究所名]** 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]**

果実需要における加工品比率が高まる中で、果実加工品にもフレッシュ感が求められるようになってきていることから、生鮮に近い食感や香りを保持できる加工方法として、酵素を用いた剥皮技術の開発が進められている。しかし、新しい加工技術を実用化・商品化する際は、最終的に商品を購入する消費者の評価をもとに新技術の市場性を検討しておく必要がある。そこで、食品加工用の酵素剤を利用して加工したウンシュウミカンを対象に、製品テスト（試食調査）による消費者評価や、Web アンケートでの選択実験による消費者の支払意思額の把握から、酵素剥皮技術を用いた商品の市場受容性を明らかにする。

**[成果の内容・特徴]**


1. 酵素剥皮技術により表1中の写真のようなウンシュウミカンの試料（皮むきミカン）を作成し、消費者を対象に製品テストを行った。試食後の評価は、総合評価で5段階中4.03と高く、総合評価にはジューシーさや見た目などが影響している（表1）。また、性別や年代別では評価に違いは見られないが、ミカンがより好きな消費者やミカンの購入頻度が高い消費者の総合評価が高く、ミカンのヘビーユーザー（ミカンが大好きでよく購入する人）から好評を得ている。さらに、カットフルーツの購入頻度が高い消費者の評価も高い（表2）。
2. 想定される皮むきミカンの購入場面としては、日常場面（通常の家で食べる時）が多いが、「自分だけのプチ贅沢」など様々な非日常場面で購入される可能性がある。また、皮むきミカンは丸ごとのものが選好されており、商品化に際しては、房に分けるよりも果実丸ごとを利用する方が酵素剥皮技術の特徴を活かせる（表3）。
3. Web アンケートによる選択実験では、酵素法の皮むきミカンへの支払意思額は手むきよりも低く評価されたが、缶詰ミカンの一般的な剥皮方法である酸・アルカリ法より高い。また、酵素法については、剥皮技術を認知している消費者は、認知していない消費者よりも高く評価する（図1）。
4. 以上より、酵素剥皮したウンシュウミカンは、従来の酸・アルカリ法よりも評価が高く、剥皮方法の認知度を上げること及び商品への表示を行うことや、果実丸ごとの形状や見た目を生かした商品にすることにより、市場受容性がより高まる可能性がある。

**[成果の活用面・留意点]**

1. 産地や加工業者、小売業者が酵素剥皮技術の実用化に取り組む際に活用できる。
2. 手むきは、外皮や薄皮（じょうのう膜）を手やナイフで取り除く方法である。通常、ウンシュウミカンでは果肉から薄皮をきれいに取り除くことが難しいため、手むきでの商品化は困難であり、仮想的な「参考技術」である。

[具体的データ]

表1 製品テストに用いた皮むきミカンと試食後の評価

試料(皮むきミカン)の作成方法	試食後の消費者評価		
	評価項目	評価の 平均値	(重回帰分析) 標準偏回帰係数
外皮を手剥き後、ペクチナーゼ系酵素により表面の薄皮等を除去 	総合評価	4.03	-
	ジューシーさ	4.33	.401 ***
	見た目	3.80	.226 ***
	酸味	3.70	.191 *
	香り	3.63	.174 *
	食感	3.81	.100
	甘み	3.78	.056

注1)酵素剥皮法で加工したウンシュウミカン(皮むきミカン)を2013年11月に名古屋市の果物店(デパートのテナント)の店頭で消費者100人が試食、評価。うち回答に不備がある者を除いた64人(男性4人、女性60人)を集計。  
 注2)評価は「嫌い」1、「やや嫌い」2、「普通」3、「やや好き」4、「好き」5の5段階。  
 注3)標準偏回帰係数は、「総合評価」を被説明変数、他の項目を説明変数とした重回帰分析による。1%水準で有意な項目は\*\*\*、10%水準で有意な項目は\*を付与。N=64、AdjR<sup>2</sup>=.725(p<0.01)。

表2 ミカン等の嗜好・購入頻度別にみた皮むきミカンの試食後評価

		総合評価
ミカン好きの程度	好き・普通	3.8
	大好き	4.2
	(検定結果)	*
ミカン購入頻度	～月1回	3.4
	月2, 3回	3.8
	週1回	4.5
	週2,3回～	4.2
	(検定結果)	**
カットフルーツ購入頻度	買わない	3.7
	月1回	3.9
	月2,3回～	4.4
(検定結果)	*	

注1)表1と同様。  
 注2)分散分析の結果5%水準で有意であった項目に\*\*を、10%水準で有意であった項目に\*を表示。また、分散分析で有意差が確認された項目について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各欄に#を表示。

表3 皮むきミカンの購入場面と望ましい商品形態

(複数回答)		
購入場面 想定される	通常、家で食べる時	67%
	正月や家族の誕生日など特別な日に食べる時	12%
	クリスマスケーキ用に買うとき	12%
	知人に贈答用として	13%
	自分だけのプチ贅沢として	15%
	その他	10%
	希望商品形態	皮むきミカンのみ(丸ごと)
カットフルーツ盛り合わせの中に丸ごと1つ		42%
カットフルーツ盛り合わせに一房ずつに分けた状態		10%
その他		2%

注)表1と同様。

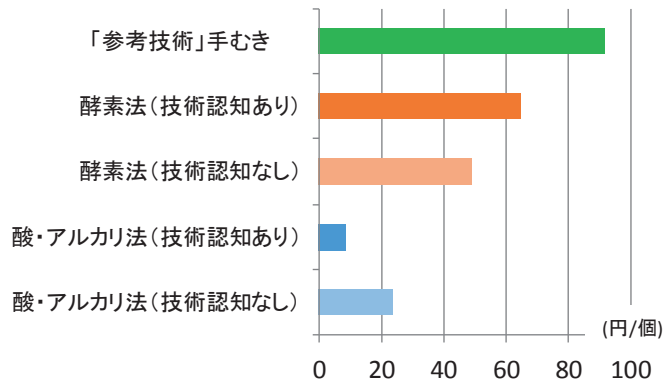


図1 選択実験による皮むきミカンの支払意思額

注1)20代～60代の男女600名へのWebアンケート(2014年1月)による。  
 注2)選択実験の属性は剥皮技術(3水準)、栽培方法(2水準)、価格(6水準)で、調査時には皮むきミカンの写真(表1と同じ)を提示。剥皮技術は名称のみ提示し、詳しい内容は非提示。  
 注3)整合性の取れない回答者を除く393人のデータを使用し、推定方法は条件付きロジットモデル。剥皮技術の認知(缶詰ミカンの薄皮をむく技術を知っているか)の有無別に支払意思額を算出。

(河野恵伸、山本淳子)

[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、競争的資金(農食事業)

研究期間：2013～2014年度

研究担当者：河野恵伸、山本淳子、大浦裕二、野口真己、生駒吉識

発表論文等：大浦ら(2014)フードシステム研究、21(3):230-233

## [成果情報名]うどんの加工・調理における放射性セシウムの加工係数

[要約] うどんは茹で調理により、生麺と乾麺ともに、麺の太さに関わらず、放射性セシウム濃度は茹でる前の10%以下に低下し、茹で調理前の麺に含まれる放射性セシウムの80%以上が茹で麺から除去される。

[キーワード] 放射性セシウム、うどん、生麺、乾麺、加工係数

[担当] 放射能対策技術・移行低減

[代表連絡先] 電話 029-838-7991

[研究所名] 食品総合研究所・放射性物質影響研究コーディネーター、食品分析研究領域

[分類] 研究成果情報

---

### [背景・ねらい]

一般食品に含まれる放射性セシウム濃度の基準値 ( $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の濃度の合算値) は、食品衛生法で 100 Bq/kg と規定されており、正確なリスク評価・管理のためには、その加工・調理過程における放射性セシウムの動態も把握する必要がある。国内産小麦由来の小麦粉のほとんどは中力粉であり、国内産小麦粉の50%以上がうどん等の日本麺加工に使用されていることから、うどん生麺と乾麺への製麺加工と茹で調理での放射性セシウムの動態を解明し、正確な科学データを行政や食品産業、および消費者に提供し、リスク管理や食品への放射能影響に関する正しい理解促進に役立てる。

### [成果の内容・特徴]

1. 小麦粉からの製麺加工では、生麺（太麺と細麺）及び乾麺（太麺と細麺）の加工係数【加工後の放射性セシウム濃度 (Bq/kg, 新鮮重) / 加工前の放射性セシウム濃度 (Bq/kg, 新鮮重)】は、それぞれ 0.7 と 1.0 である（表1）。生麺の場合、製麺時に加えた水（小麦粉 100 に水 31）による希釈効果により、乾麺よりも加工係数が低下する。
2. 生麺（太麺と細麺）と乾麺（太麺と細麺）を、各麺に応じた食べ頃の茹で時間で茹で調理すると、加工係数は 0.04～0.06 の範囲となる（表2）。うどんは茹で調理により、生麺と乾麺ともに、麺の太さに関わらず、放射性セシウム濃度は茹でる前の10%以下に低下する（図1）。
3. 生麺と乾麺の茹で調理による、放射性セシウムの残存割合【調理後に含まれる放射性セシウム (Bq) / 調理前の麺に含まれる放射性セシウム (Bq) ×100】 (%) を計算すると、茹で調理前の麺に含まれる放射性セシウムの12～20%が茹で麺に残存している（図2）。麺から除去された放射性セシウムは、茹で湯に62～70%、すすぎ水に8～16%が存在している（図2）。

### [成果の活用面・留意点]

1. 小麦粉の放射性セシウム濃度に加工係数をかけると、加工麺の放射性セシウム濃度となり、生麺や乾麺の放射性セシウム濃度が推定できる。
2. 行政のリスク管理や食品中の放射性物質の正しい理解促進に活用できる。しかし、実際の商品では、加工・調理での加水量や工程が製造者によって異なることから、この加工係数の数値と完全には一致せず、幅がある。
3. うどん（小麦粉を用いた日本麺）では、適切な茹で時間で十分な低減効果が得られる。さらなる長時間の茹で調理では放射性セシウム濃度は低下しないことに留意する。



[具体的データ]

表1 うどん製麺加工における放射性セシウムの加工係数

	小麦粉	生麺 <sup>1</sup>		乾麺 <sup>2</sup>	
		太麺	細麺	太麺	細麺
加工係数 <sup>3</sup>		0.7	0.7	1.0	1.0
含水率 (%)	12 - 14	33	33	12	12

1. 生麺の太さは、太麺 2.5 mm × 3.0 mm、細麺 1.5 mm × 1.5 mm。
2. 乾麺の太さは、太麺 1.8 mm × 3.0 mm、細麺直径 1.1 mm (丸麺)。
3. 加工係数は「加工後の放射性セシウム濃度 (Bq/kg, 新鮮重) / 加工前の放射性セシウム濃度 (Bq/kg, 新鮮重)」で算出し、3回の独立した実験の算術平均値を示した。

表2 うどん調理における放射性セシウムの加工係数

	生麺 <sup>1</sup>		乾麺 <sup>2</sup>	
	太麺	細麺	太麺	細麺
加工係数 <sup>3</sup>	0.06	0.06	0.06	0.04

1. 表1の注1と同様。
2. 表1の注2と同様。
3. 加工係数は「調理後の放射性セシウム濃度 (Bq/kg, 新鮮重) / 調理前の放射性セシウム濃度 (Bq/kg, 新鮮重)」で算出した。茹で調理は10倍量 (g/g) の湯で、麺の含水率が75%前後となる茹で時間で行い、3回の独立した実験の算術平均値を示した。

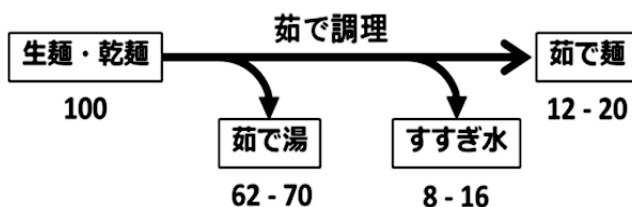


図2 うどん調理過程での放射性セシウムの残存割合 (%)

[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：2012～2014年度

研究担当者：八戸真弓、濱松潮香、内藤成弘、松倉潮

発表論文等：

- 1) 八戸ら(2014)食科工誌、61(1):34-38
- 2) 八戸ら(2015)食科工誌、62(1):56-62
- 3) 八戸ら(2015)食科工誌、62(1):1-26

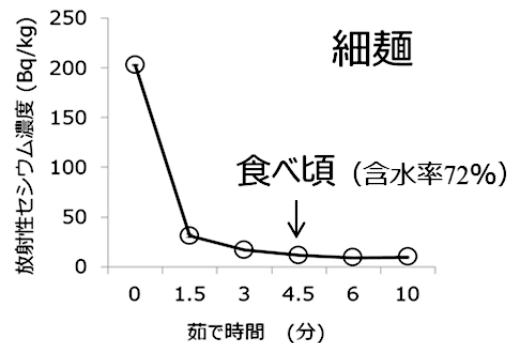
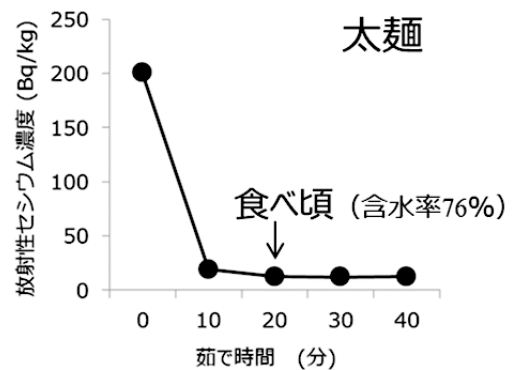


図1 茹で時間と放射性セシウムの濃度変化(生麺)

原材料には、試験用圃場で特別に栽培された2011年産の小麦を用いた。

(八戸真弓、濱松潮香、内藤成弘)



**食品試験研究成果情報  
第27号**

平成 27 年 3 月 30 日 印刷 平成 27 年 3 月 31 日 発行

〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12  
国立開発研究法人農業・食品産業技術総合研究機構  
食品総合研究所

印刷所 朝日印刷株式会社 つくば支社

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。

