

食品総合研究所研究報告

REPORT OF NATIONAL FOOD RESEARCH INSTITUTE

75

平成23年 3 月

March, 2011

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

National Agriculture and Food Research Organization

National Food Research Institute

Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan

この印刷物は、環境物品等の調達に関する法律（グリーン購入法）に基づく基本方針の判断基準を満足する古紙配合率100%、白色度70%以下の非塗工印刷用紙を使用しています。但し、表紙は除く（古紙は、新聞古紙等の市中回収古紙を100%原料として使用）。

食品総合研究所報告（第75号）目次

報 文

米澱粉の糊化における蛋白質の溶解性変化に関する解析 矢野 裕之, 竹内 正彦, 加藤(江森)澄恵, 我妻 義則, 佐藤 里絵, 田口 計哉, 岡澤 由晃, 西澤 賢一, 黒田 秧.....	1
米粒中ナトリウム含量の変動要因としての生育期の塩ストレスの可能性 進藤久美子, 安井 明美.....	9
Effect of caffeine on antigen-specific immune responses of mouse splenocytes Masao Goto, Yuko Takano-Ishikawa, Hiroshi Shinmoto	17

研究ノート

食品ナノテクノロジープロジェクトのウェブサイトの開設 曲山 幸生, 七里 与子, 杉山 滋.....	25
凍り豆腐がラット肝臓でのコレステロール代謝に及ぼす影響 高橋 陽子.....	33
ミキサーの消費電力測定による米粉パン生地のミキシング特性の解析 與座 宏一, 松木 順子, 岡留 博司, 北村 義明, 松倉 潮, 奥西 智哉, 徳安 健.....	39

技術報告

ジャムのテクスチャー用語リストの作成 早川 文代, 長縄 省吾, 干野 隆芳, 風見由香利, 神山かおる.....	45
ウェブアンケートによる食品害虫サイト利用状況調査 曲山 幸生, 七里 与子, 宮ノ下明大, 今村 太郎, 和田 有史, 増田 知尋, 木村 敦.....	55

国連大学生研究成果

Quality Improvement of Fresh Food by Thermal Preprocessing Edith Manlapig San Juan	63
Development of agro-resource and spice-based renewable eco-bio-product and properties Borse Babasaheb Bhaskarrao	64
Effects of Sugar Components on the Properties of Enzymatically-induced Soy Protein Coagulum Luan Guangzhong	65
Improvement of Fish Sauce Flavor by Using Ultrafiltration Method Leopold Oscar Nelwan	66
Development of Method to Enhance Resistant Starch Content in Rice Flour Prajongwate Satmalee.....	67

抄 録

《食品機能研究領域》 A comparative analysis of genistein and daidzein in affecting lipid metabolism in rat liver Takahashi Y., Odbayar T. O., Ide T.	68
L-Lactic Acid Improves the Swimming Endurance of Mice Guihua ZHANG, Nobuya SHIRAI, Hiramitsu SUZUKI	68
Oxygen radical absorbance capacity 法によるスモモの抗酸化活性評価 佐藤 明子, 渡辺 純, 後藤 真生, 石川(高野) 祐子.....	68

Continuous orally administered coffee enhanced the antigen-specific Th1 response and reduced allergic development in a TCR-transgenic mice model Masao GOTO , Kohji YAMAKI , Hiroshi SHINMOTO , Yuko TAKANO-ISHIKAWA	69
Response of gut microbiota to fasting and hibernation in Syrian hamsters Kei Sonoyama , Reiko Fujiwara , Naoki Takemura , Toru Ogasawara , Jun Watanabe , Hiroyuki Ito , and Tatsuya Morita	69
Comparison of gut microbiota and allergic reactions in BALB/c mice fed different cultivars of rice Kei Sonoyama , Toru Ogasawara , Haruka Goto , Tomoyo Yoshida , Naoki Takemura , Reiko Fujiwara , Jun Watanabe , Hiroyuki Ito , Tatsuya Morita , Yoshinari Tokunaga and Tetsuji Yanagihara	69
Maternal consumption of fructo-oligosaccharide diminishes the severity of skin inflammation in offspring of NC/Nga mice Reiko Fujiwara , Naoki Takemura , Jun Watanabe and Kei Sonoyama	70
Epitope analysis of peanut allergen Ara h1 with human monoclonal IgM antibody 92-2 Hiroshi Shinmoto , Yuji Matsuo , Yasunori Naganawa , Shinichi Tomita and Yuko Takano-Ishikawa.....	70
Administration of antibiotics during infancy promotes development of atopic dermatitis-like skin lesions in NC/Nga mice Jun Watanabe , Reiko Fujiwara , Naho Sasajima , Susumu Ito and Kei Sonoyama	70
Role of Bifidobacterium pseudolongum in dietary fructo-oligosaccharide inhibition of 2,4-dinitrofluorobenzene-induced contact hypersensitivity in mice Naho Sasajima , Toru Ogasawara , Naoki Takemura , Reiko Fujiwara , Jun Watanabe and Kei Sonoyama	71
Inulin-type fructans stimulated the growth of exogenously administered Lactobacillus plantarum No.14 in the mouse gastrointestinal tract Naoki Takemura , Keisuke Ozawa , Naoto Kimura , Jun Watanabe and Kei SONOYAMA.....	71
Dietary phloridzin reduces blood glucose levels and reverses sglT 1 expression in the small intestine in streptozotocin-induced diabetic mice Saeko Masumoto , Yukari Akimoto , Hideaki Oike , Masuko Kobori	71
Dietary quercetin alleviates diabetic symptoms and reduces streptozotocin-induced disturbance of hepatic gene expression in mice Masuko Kobori , Saeko Masumoto , Yukari Akimoto , Yumiko Takahashi	72
Drosera rotundifolia and Drosera tokaiensis suppress the activation of HMC-1 human mast cells Kenji Fukushima , Kanji Nagai , Yoshikazu Hoshi , Saeko Masumoto , Ichiho Mikami , Yumiko Takahashi , Hideaki Oike , Masuko Kobori	72
The hydroxyflavone, fisetin, suppresses mast cell activation induced by interaction with activated T cell membranes Kanji Nagai , Yumiko Takahashi , Ichiho Mikami , Tatsunobu Fukushima , Hideaki Oike , Masuko Kobori	72
High fiber diet supplemented with rice bran hemicellulose may reduce daidzein absorption in mice Motoi TAMURA , Takashi IWAMI , Kazuhiro HIRAYAMA , Kikuji ITOH	73
Dietary cholesterol lowers plasma and cecal equol concentrations in mice Motoi TAMURA , Sachiko HORI , Hiroyuki NAKAGAWA	73
Effect of Pectin on Plasma lipids and Cecal Enzyme activity in Rutin-Supplemented Mice Motoi TAMURA , Kazuhiro HIRAYAMA , Kikuji ITOH	73
Lactobacillus collinoides JCM1123T: Effects on mouse plasma cholesterol and isoflavonoids in the caecum Motoi TAMURA , Sachiko HORI , Hiroyuki NAKAGAWA	74
Lrmp/Jaw 1 is expressed in sweet,bitter,and umami receptor-expressing cells Yoichiro Shindo , Mi-Ryung Kim , Hirohito Miura , Tosifumi Yuuki , Toshimasa Kanda , Akihiro Hino , Yuko Kusakabe.....	74
グリシンエチルエステルの塩味増強効果の測定 河合 崇行 , 松本 敦子 , 日下部裕子.....	74

Comparison of human-bite and instrument puncture tests of cucumber texture Kaoru KOHYAMA , Ai NAGATA , Yuko TAMAKI and Maoki SAKURAI.....	75
Relationship between the flow properties of some thickener solutions and their velocity through the pharynx as measured by the ultrasonic pulse Doppler method Hitoshi KUMAGAI , Akiko TASHIRO , Atsuko HASEGAWA , Kaoru KOHYAMA and Hitomi KUMAGAI	75
Effect of amylose content and rice type on dynamic viscoelasticity of a composite rice starch gels Zhan-Hui LU , Tomoko SASAKI , Yong-Yu LI , Tadashi YOSHIHASHI , Li-Te LI and Kaoru KOHYAMA	76
Relations among mechanical properties , human bite parameters , and ease of chewing of solid foods with various textures Toru TAKAHASHI , Fumiyo HAYAKAWA , Masanori KUMAGAI , Yoshinobu AKIYAMA and Kaoru KOHYAMA	76
Effects of sprouting on texture of cooked buckwheat (Fagopyum esculentum Moench) noodles Takahiro HARA , Tomoko SASAKI , Takahisa TETSUKA , Hiroki IKOMA and Kaoru KOHYAMA	76
Physicochemical characteristics of waxy rice starch influencing the in vitro digestibility of a starch gel Tomoko SASAKI , Kaoru KOHYAMA , Yasuhiro SUZUKI , Kazuyuki OKAMOTO , Timothy R NOEL and Steve G RING	77
Effect of acid-methanol treatment on the molecular structure and physicochemical properties of lentil (Lens culinaris Medik) starch Navdeep Singh SODHI , Yung-Ho CHANG , Nimratbir KAUR , Kaoru Kohyama	77
Lexicon for the sensory description of French bread in Japan Fumiyo Hayakawa , Naoko Ukai , Junji Nishida , Yukari Kazami , Kaoru Kohyama	77
Electromyographic measurement of eating behaviors for buckwheat noodles Kaoru KOHYAMA , Takashi HANYU , Fumio HAYAKAWA and Tomoko SASAKI	78
《食品安全研究領域》	
Effect of gamma-irradiation on the survival of <i>Listeria monocytogenes</i> and allergenicity of cherry tomatoes Setsuko Todoriki , Latiful Bari , Kazumi Kitta , Mika Ohba , Yasuhiro Ito , Yuka Tsujimoto , Norihito Kanamori , Erika Yano , Tatsuya Moriyama , Yukio Kawamura , Shinichi Kawamoto	78
照射害虫の ESR 信号 鷓飼 光子 , 亀山 宏美 , 今村 太郎 , 宮ノ下明大 , 等々力節子 , 下山 雄平.....	78
Limited surveillance of fumonisins in brown rice and wheat harvested in Japan Masayo KUSHIRO , Yazhi ZHENG , Reiko NAGATA , Hiroyuki NAKAGAWA and Hitoshi NAGASHIMA	79
Preparation of an in-house reference material containing fumonisins in Thai rice and matrix extension of the analytical method for Japanese rice Norhafniza AWALUDIN , Reiko NAGATA , Tomomi KAWASAKI and Masayo KUSHIRO	79
Contribution of Stress-activated MAP Kinases to Nivalenol-caused Cytotoxicity and Interleukin-8 Secretion in HL60 Cells Hitoshi NAGASHIMA , Hiroyuki NAKAGAWA , Masayo KUSHIRO , Keiko IWASHITA	79
Ryanodine receptor inhibitor dantrolene alleviates nivalenol-induced cytotoxicity in HL60cells Hitoshi NAGASHIMA , Hiroyuki NAKAGAWA , Masayo KUSHIRO	80
Efficacy of chlorine and acidified sodium chlorite on microbial population and quality changes of spinach leaves Daisuke Nei , Ji-Weon choi , Md . Latiful Bari , Susumu Kawasaki , Shinichi Kawamoto , Yasuhiro Inatsu	80
Effectiveness of sanitizers, dry heat, hot water, and gas catalytic infrared heat treatments to inactivate <i>Salmonella</i> on almonds Md Latiful Bari , Daisuke Nei , Itaru Sotome , Ikuo Nishina , Seichiro Isobe , Shinichi Kawamoto	80
Scale-up seed decontamination process to inactivate <i>Escherichia coli</i> O157:H7 and <i>Salmonella</i> Enteritidis on mung bean seeds Md Latiful Bari , Enomoto Katsuyoshi , Daisuke Nei , Shinichi Kawamoto	81

玄米貯蔵倉庫における貯穀害虫の季節的変動について 松阪 守, 石向 稔, 坂本新一郎, 宮ノ下明大, 今村 太郎, 中北 宏.....	81
乾燥唐辛子で飼育したタバコシバンムシに対するガンマ線の効果 今村 太郎, 宮ノ下明大, 等々力節子.....	81
Efficacy of soft-electron (low-energy electron) treatment for disinfestation of brown rice containing different ages of the maize weevil, <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky Taro Imamura, Setsuko Todoriki, Akihiro Miyanoshita, Akemi K. Horigane, Mitsuru Yoshida, Toru Hayashi	82
《食品分析研究領域》	
Formation of grain chalkiness and changes in water distribution in developing rice caryopses grown under high-temperature stress Tsutomu ISHIMARU, Akemi K. HORIGANE, Masashi IDA, Norio IWASAWA, Yumiko A. SAN-OH, Mikio NAKAZONO, Naoko K. NISHIZAWA, Takehiro MASUMURA, Motohiko KONDO, Mitsuru YOSHIDA	82
Evidence for biological nitrification inhibition in <i>Brachiaria</i> pastures Guntur V. SUBBARAO, Kazuhiko NAKAHARA, Maria P. HURTADO, Hiroshi ONO, Danilo E. MORETA, Andrea F. SALCEDO, Tadashi YOSHIHASHI, Takayuki ISHIKAWA, Manabu ISHITANI, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA, Mitsuru YOSHIDA, Marcos RONDON, Idupulapati M. RAO, Carlos E. LASCANO, Wade L. BERRY and Osamu ITO	83
ダイズの吸水障害回避に関する研究(第1報) - 吸水障害の発生条件の検討 - 国立 卓生, 堀金 明美, 吉田 充, 島田 信二.....	83
Oryzamutacin acids B-G, new alkaloids from an <i>Oryza sativa</i> mutant with yellow endosperm Hiroshi NAKANO, Seiji KOSEMURA, Mitsuru YOSHIDA, Toshisada SUZUKI, Rika IWAURA, Ryota KAJI, Makoto SAKAI, Katsutoshi HIROSE	84
元素組成によるカボチャの原産地表示判定技術の開発 門倉 雅史, 法邑 雄司, 渡邊 裕之, 堀田 博, 鈴木 忠直, 安井 明美.....	84
成分添加試料の作製とそれを使用した試験室間共同試験 堀田 博.....	85
Effects of phenolic compounds on the browning of cooked barley Noriko KOHYAMA, Masaya FUJITA, Hiroshi ONO, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA, Hitoshi MATSUNAKA, Toshiyuki TAKAYAMA and Masatsune MURATA	85
Antibacterial discovery in actinomycetes strains with mutations in RNA polymerase or ribosomal protein S12 Takeshi HOSAKA, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA, Hideyuki MURAMATSU, Kana MURAKAMI, Yasuhisa TSURUMI, Shinya KODANI, Mitsuru YOSHIDA, Akihiko FUJIE and Kozo OCHI	85
Differential expression of the skeletal muscle proteome in grazed cattle Masahiro SHIBATA, Kazunori MATSUMOTO, Mika OE, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA, Koichi OJIMA, Ikuyo NAKAJIMA, Susumu MUROYA and Koichi CHIKUNI	86
Structural characterization of an O-linked tetrasaccharide from <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i> flagellin Tomoyuki KONISHI, Fumiko TAGUCHI, Masako IWAKI, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA, Masanobu YAMAMOTO, Ikuko MAEDA, Yoshihiro NISHIDA, Yuki ICHINOSE, Mitsuru YOSHIDA and Tadashi ISHII	86
Genetic analysis of genes involved in synthesis of modified 4-amino-4, 6-dideoxyglucose in flagellin of <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i> Linh Chi NGUYEN, Masanobu YAMAMOTO, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA, Salamah ANDI, Fumiko TAGUCHI, Masako IWAKI, Mitsuru YOSHIDA, Tadashi ISHII, Tomoyuki KONISHI, Kazuhiko TSUNEMI and Yuki ICHINOSE.....	86
Defects in flagellin glycosylation affect the virulence of <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i> 6605 Fumiko TAGUCHI, Masanobu YAMAMOTO, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA, Masako IWAKI, Mitsuru YOSHIDA, Tadashi ISHII, Tomoyuki KONISHI and Yuki ICHINOSE.....	87

Degradation of Epitope Peptides of Wheat Gliadin and Glutenin for Atopic Dermatitis by Crude Proteases from Germinated Wheat Seeds Shigeru OITA , Takami HAYASHI and Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA	87
Construction of helical J-aggregates self-assembled from a thymidylic acid appended anthracene dye and DNA as a template Rika IWAURA , Mayumi Ohnishi-Kameyama , Tomohiko IIZAWA	87
An overview on chlorophylls and quinones in the photosystem I-type reaction centers Shunsuke OHASHI , Tatsuya IEMURA , Naoki OKADA , Shingo ITOH , Hayato FURUKAWA , Masaaki OKUDA , Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA , Takuro OGAWA , Hideaki MIYASHITA , Tadashi WATANABE , Shigeru ITOH , Hirozo OH-OKA , Kazuhito INOUE and Masami KOBAYASHI.....	88
NMR studies on the interaction of sugars with the C-terminal domain of an R-type lectin from the earthworm <i>Lumbricus terrestris</i> Hikaru Hemmi , Atsushi Kuno , Shigeyasu Ito , Ryuichiro Suzuki , Tsunemi Hasegawa and Jun Hirabayashi	88
A noninvasive near infrared system for detection of platelet components contaminated with bacteria Sirinapa Saranwong , Shoji Ezuki , Kinuyo Kawabata , Sumio Kawano and Hitoshi Ohto	88
Attenuated total reflectance -far ultraviolet (ATR-FUV) spectra of CH ₃ OH, CH ₃ OD, CD ₃ OH and CD ₃ OD in a liquid phase Rydberg states Yusuke Morisawa , Akifumi Ikehata , Noboru Higashi , Yukihiko Ozaki	89
アルコール水溶液中の水の水素結合 - モル吸光係数の拡張概念によるスペクトル解析 - 池羽田晶文.....	89
Changes in cadmium content when processing soybean to miso and soy sauce Kumiko SHINDOH , Takashi ABE , Akemi YASUI	89
コメ貯蔵時の害虫防除処理および貯蔵害虫の摂食がアレルゲンタンパク質に及ぼす影響 大羽 美香 , 宮ノ下明大 , 森山 達哉 , 川本 伸一 , 橋田 和美.....	90
Development of quantitative duplex real-time PCR method for screening analysis of genetically modified maize Taichi OGUCHI , Mari ONISHI , Yasutaka MINEGISHI , Yasunori KUROSAWA , Masaki KASAHARA , Hiroshi AKIYAMA , Reiko TESHIMA , Satoshi FUTO , Satoshi FURUI , Akihiro HINO , Kazumi KITTA	90
Optical Detection of Specific Genes for Genetically Modified Soybean and Maize Using Multiplex PCR Coupled with Primer Extension on a Plastic Plate Naoki HARIKAI , Shin SAITO , Midori ABE , Kazunari KONDO , Kazumi KITTA , Hiroshi AKIYAMA , Reiko TESHIMA , Kenji KINOSHITA.....	91
Enantioselective ester hydrolase from <i>Sphingobacterium</i> sp.238C5 useful for chiral resolution of β -phenylalanine and for its β -peptide synthesis Jun OGAWA , Junichi MANO , Tairo HAGISHITA , Sakayu SHIMIZU	91
A Screening Method for the Detection of the35S Promoter and the Nopaline Synthase Terminator in Genetically Modified Organisms in a Real-Time Multiplex Polymerase Chain Reaction Using High-Resolution Melting-Curve Analysis Hiroshi AKIYAMA , Fumi NAKAMURA , Chihiro YAMADA , Kosuke NAKAMURA , Osamu NAKAJIMA , Hiroshi KAWAKAMI , Naoki HARIKAI , Satoshi FURUI , Kazumi KITTA , Reiko TESHIMA	92
An Optimal Design Method for Preventing Air Bubbles in High-Temperature Microfluidic Devices Tsuyoshi NAKAYAMA , Ha Minh Hiep , Satoshi FURUI , Yuji YONEZAWA , Masato SAITO , Yuzuru TAKAMURA , Eiichi TAMIYA	92
PCR 法を用いた米加工品の安全性未審査遺伝子組換え米の検知法 穂山 浩 , 佐々木伸大 , 大木 果林 , 中村 文美 , 坂田こずえ , 中村 公亮 , 大森 清美 , 中島安基江 , 古井 聡 , 橋田 和美 , 小関 良宏 , 手島 玲子.....	93
Improvement of Polymerase Chain Reaction-Based Bt11 Maize Detection Method by Reduction of Non-Specific Amplification Junichi MANO , Yuka YANAKA , Hiroshi AKIYAMA , Reiko TESHIMA , Satoshi FURUI , Kazumi KITTA	93

リアルタイム PCR による DNA 検査に好適なポリプロピレンチューブの選択方法 清水 えり, 布藤 聡, 増淵 友子, 峯岸 恭孝, 笠原 正輝, 穠山 浩, 手島 玲子, 日野 明寛, 真野 潤一, 古井 聡, 橋田 和美.....	94
Novel Method to Detect a Construct-Specific Sequence of the Acetolactate Synthase Gene in Genetically-Modified Flax CDC Triffid (FP967) Kosuke NAKAMURA, Hiroshi AKIYAMA, Chihiro YAMADA, Rie SATOH, Daiki MAKIYAMA, Kozue SAKATA, Hiroshi KAWAKAMI, Junichi MANO, Kazumi KITTA, Reiko TESHIMA	94
《食品素材化学研究領域》 冷蔵保存に伴う米糰の動的粘弾性の変化 LI Yongyu, 鈴木啓太郎, 神山かおる, 大坪 研一, 院多本華夫, 佐竹 隆顕	95
炊飯米を生地に添加したパンの官能評価 奥西 智哉.....	95
製粉方法の異なる米粉の特性と製パン性の関係 與座 宏一, 松木 順子, 岡留 博司, 岡部 繭子, 鈴木啓太郎, 奥西 智哉, 北村 義明, 堀 金 彰, 山田 純代, 松倉 潮.....	95
Effect of glycerophospholipid class on the β -carotene uptake by human intestinal Caco-2 cells Eiichi Kotake-Nara, Lina Yonekura, Akihiko Nagao.....	96
《食品工学研究領域》 粉砕方法および粒子径が米粉の Carr の流動性指数および噴流性指数に与える影響 五月女 格, 津田 升子, 岡部 繭子, 大島紗也香, ムハマドシャリフホッセン, 板倉真由実, 竹中真紀子, 岡留 博司, 五十部誠一郎.....	96
Solute adsorption and gel-layer formation during ultrafiltration of ovalbumin Hiroshi Nabetani, Mitsutoshi Nakajima, Shoji Hagiwara, Atsuo Watanabe, Shin-ichi Nakao, Shoji Kimura	96
Reduce of Oxidation Index Value of Fish Oils Using Hydrophobic Nonporous Denser Membrane Process Atsushi Miyagi, Hiroshi Nabetani, Mitsutoshi Nakajima	97
Analysis of permeability of organic solvents through a composite dense nonporous membrane Atsushi Miyagi, Moriyasu Murata, Hiroshi Nabetani, Mitsutoshi Nakajima and Rangaswamy Subramaniane	97
Purification of physiologically active chitosan oligosaccharides by means of nanofiltration membrane Takashi Kuroiwa, Izuta Hiroshi, Hiroshi Nabetani, Mitsutoshi Nakajima, Seigo Sato, Sukekuni Mukataka, Sosaku Ichikawa	97
Visualization and Quantification of Three-Dimensional Distribution of Yeast in Bread Dough Tatsuro Maeda, Gab-Soo Do, Junichi Sugiyama, Tetsuya Araki, Mizuki Tsuta, Seizaburo Shiraga, Mitsuyoshi Ueda, Masaharu Yamada, Koji Takeya, Yasuyuki Sagara	98
Visualization of food additive effects on prawn properties by near infrared spectral imaging Takehiro Sugiyama, Mizuki Tsuta, Junichi Sugiyama, Tetsuya Araki, Yasuyuki Sagara.....	98
保育所における SEICA 利用による食農教育に関する情報提供の効果 河合 幹裕, 杉山 純一, 伴 亜紀, 田村三津子.....	98
走査型プローブ顕微鏡応用によるゲノム解析技術の開発 杉山 滋, 塚本 和己, 山内 武志, 吉野 智之, 高橋 宏和, 桑崎 誠剛, 末次 克行, 生川 潤子, 山本 公子, 大谷 敏郎.....	99
トウモロコシ澱粉内部構造の AFM 観察 塚本 和己, 大谷 敏郎, 杉山 滋.....	99
Rolling circle amplification for signal enhancement in ovalbumin detection Toshiro Kobori, Atsuko Matsumoto, Hirokazu Takahashi, Shigeru Sugiyama	99

The transient receptor potential channels TRPP 2 and TRPC 1 form a heterotetramer with a 2:2 stoichiometry and an alternating subunit arrangement Toshiro Kobori , Graham D. Smith , Richard Sandford , J. Michael Edwardson	100
Structural changes in cuticles on violin bow hair caused by wear Tomoko Yamamoto , Shigeru Sugiyama	100
稲わら由来のバイオエタノール生産におけるエタノール変換効率の違いがコスト、CO ₂ 排出およびエネルギー収支に及ぼす影響 折笠 貴寛, 徳安 健, 井上 貴至, 小島 浩司, ロイポリトシュ, 中村 宣貴, 椎名 武夫	100
Characteristics of sugar content in different sections and harvest maturity of bamboo shoots Manasikan Thammawong , Daisuke Nei , Poritosh Roy , Nobutaka Nakamura , Yuuichi Inoue , Hidenobu Hamachi , Shigeyuki Nonaka , Takeo Shiina	101
トマト ‘桃太郎’ 緑熟果実の追熟過程における果皮色および果実硬度変化の積算エチレン生成量による予測 中村 宣貴, 徐歩前, マナシカン タンマウオン, 伊藤 博孝, 北川麻美子, 稲熊 隆博, 伊藤 康博, 椎名 武夫	101
卸売市場流通における CO ₂ 排出量削減の可能性 折笠 貴寛, ロイポリトシュ, 根井 大介, 中村 宣貴, 椎名 武夫	102
Vibration and shock analysis of fruit and vegetables transport –Cherry transport from Yamagata to Taipei– Yutaka ISHIKAWA , Hiroaki KITAZAWA and Takeo SHIINA	102
C F D による微細孔フィルムのヒートシール温度解析 石川 豊, 北澤 裕明, 阿部 真, 胡 耀 華, 鈴木 芳孝	102
Measurement of impact pressure and bruising of apple fruit using pressure-sensitive film technique Fei Lu , Yutaka Ishikawa , Hiroaki Kitazawa , Takaaki Satake	103
収穫から選果までの間にレモン果実が受ける衝撃解析 池田 裕朗, 石川 豊, 北澤 裕明, 路 飛, 赤阪 信二, 塩田 俊	103
Effects of the addition of clinker ash to the propagation medium on rooting of rabbiteye blueberry cuttings Takuya Ban , Hiroaki Kitazawa , Shingo Matsumoto , Nobuo Kobayashi , Kenji Tokumasa , Masashi Kobatake , Toshiki Asao	103
底面緩衝材による 1 段トレー包装されたイチゴの振動による損傷の軽減 北澤 裕明, 石川 豊, 路 飛, 胡 耀 華, 中村 宣貴, 椎名 武夫	104
Effect of vehicle speed on shock and vibration levels in truck transport Fei Lu , Yutaka Ishikawa , Hiroaki Kitazawa , Takaaki Satake	104
High hydrostatic pressure tolerance of four different anhydrobiotic animal species Daiki D. Horikawa , Ken-Ichi Iwata , Kiyoshi Kawai , Shigenobu Koseki , Takashi Okuda , Kazutaka Yamamoto.....	104
Microbial Responses Viewer (MRV): A new ComBase-derived database of microbial responses to food environments Shige Koseki.....	105
Prediction of a required log reduction with probability for Enterobacter sakazakii during high-pressure processing, using a survival/death interface model Shige Koseki , Maki Matsubara , Kazutaka Yamamoto	105
食品凍結中に磁場が及ぼす効果の実験的検証 鈴木 徹, 竹内 友里, 益田 和徳, 渡辺 学, 白 樫 了, 福田 裕, 鶴田 隆治, 山本 和貴, 古賀 信光, 比留間直也, 一岡 順, 高井 皓	105
《微生物利用研究領域》 Characterization of spontaneous flocculation mutant derived from Candida glabrata: a useful strain for bioethanol production Itsuki WATANABE , Toshihide NAKAMURA , AND Jun SHIMA.....	106

Prevention of bacterial contamination using acetate-tolerant <i>Schizosaccharomyces pombe</i> during bioethanol production from molasses Pramuan SAITHONG , Toshihide NAKAMURA and Jun SHIMA	106
Involvement of ergosterol in tolerance to vanillin ,a potential inhibitor of bioethanol fermentation ,in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ayako ENDO , Toshihide NAKAMURA and Jun SHIMA	106
ボール攪拌型併行複発酵法によるキノコ廃菌床のエタノール変換中のエタノール発酵阻害要因の解明 渡邊 樹 , 下田 隆史 , 西堀 耕三 , 島 純	107
Insufficiency of copper ion homeostasis causes freeze-thaw injury of yeast cells revealed by indirect gene expression analysis Shunsuke TAKAHASHI , Akira ANDO , Hiroshi TAKAGI and Jun SHIMA	107
Multicopy suppression of oxidan-sensitive eos1 mutation by IZH 2 in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> and the involvement of Eos 1 in zinc homeostasis Toshihide NAKAMURA , Shunsuke TAKAHASHI , Hiroshi TAKAGI and Jun SHIMA	107
Antioxidant N-acetyltransferase Mpr1/2 of industrial baker's yeast enhances fermentation ability after air-drying stress in bread dough Yu SASANO , Shunsuke TAKAHASHI , Jun SHIMA and Hiroshi TAKAGI.....	108
Expression of the pgsB encoding the poly-gamma-DL-glutamate synthetase of <i>Bacillus subtilis</i> (natto) Keitarou Kimura , Lam-Son Phan Tran , Thi-Huyen Do and Yoshifumi Itoh	108
Crystallization and preliminary crystallographic analysis of poly-[gamma]-glutamate hydrolase from bacteriophage [PhiNIT1] Zui Fujimoto , Isao Shiga , Yoshifumi Itoh and keitarou Kimura	108
An arginyl residue in rice UDP-arabinopyranose mutase is required for catalytic activity and autoglycosylation Tomoyuki Konishi , Mayumi Ohnishi-Kameyama , Kazumi Funane , Yasumasa Miyazaki , Teruko Konishi , Tadashi Ishii	109
A novel transformation system using a bleomycin resistance marker with chemosensitizers for <i>Aspergillus oryzae</i> Satoshi Suzuki , Sawaki Tada , Mari Fukuoka , Hiroko Taketani , Yoshiki Tsukakoshi , Mayumi Matsushita , Kosuke Oda , Ken-Ichi Kusumoto , Yutaka Kashiwagi , Masanori Sugiyama	109
Deletion analysis of the promoter of <i>Aspergillus oryzae</i> gene encoding heat shock protein30 Mayumi Matsushita , Satoshi Suzuki , Sawaki Tada , Ken-ichi Kusumoto , Yutaka kashiwagi	109
Characterization of a neutral ceramidase orthologue from <i>Aspergillus oryzae</i> Sawaki Tada , Mayumi Matsushita-Morita , Satoshi Suzuki , Ken-Ichi Kusumoto , Yutaka Kashiwagi	110
Heterologous expression and characterization of CpI, OcpA, and novel serine-type carboxypeptidase OcpB from <i>Aspergillus oryzae</i> Hiroto Morita , Ayako Okamoto , Youhei Yamagata , Ken-Ichi Kusumoto , Yoshinao Koide , Hiroki Ishida , Michio Takeuchi	110
Characterization of <i>Aspergillus oryzae</i> glycoside hydrolase family 43 β -xylosidase expressed in <i>Escherichia coli</i> Satoshi Suzuki , Mari Fukuoka , Hikaru Ookuchi , Motoaki Sano , Kenji Ozeki , Emi Nagayoshi , Yukio Takii , Mayumi Matsushita , Sawaki Tada , Ken-Ichi Kusumoto and Yutaka Kashiwagi	110
《食品バイオテクノロジー研究領域》 Crystal structure of glycoside hydrolase family55 β -1,3-glucanase from the basidiomycete <i>Phanerochaete chrysosporium</i> Takuya ISHIDA , Shinya FUSHINOBU , Rie KAWAI , Motomitsu KITAOKA , Kiyohiko IGARASHI and Masahiro SAMEJIMA	1101
Prebiotic effect of lacto-N-biose I on bifidobacterial growth Masashi KIYOHARA , Asaki TACHIZAWA , Mamoru NISHIMOTO , Motomitsu KITAOKA , Hisashi ASHIDA and Kenji YAMAMOTO.....	111

A chemoenzymatic route to N-acetylglucosamine-1-phosphate analogues: substrate specificity investigations of N-acetylhexosamine-1-kinase Li CAI , Wanyi GUAN , Motomitsu KITAOKA , Jie SHEN , Chengfeng XIA , Wenlan CHEN and Peng George WANG	111
Crystallographic and mutational analyses of substrate recognition of endo- α -N-acetylgalactosaminidase from <i>Bifidobacterium longum</i> Ryuichiro SUZUKI , Takane KATAYAMA , Hisashi ASHIDA , Kenji YAMAMOTO , Motomitsu KITAOKA , Hidehiko KUMAGAI , Takayoshi WAKAGI , Hirofumi SHOUN and Shinya FUSHINOBU	112
Characterization of three β -galactoside phosphorylases from <i>Clostridium phytofermentans</i> : discovery of D-galactosyl- β 1 4-L-rhamnose phosphorylase Masahiro NAKAJIMA , Mamoru NISHIMOTO and Motomitsu KITAOKA	112
2-Acetamido-2-deoxy-3-O- α -D-galactopyranosyl-D-glucose dihydrate Masahisa WADA , Kayoko KOBAYASHI , Mamoru NISHIMOTO , Motomitsu KITAOKA , Keiichi NOGUCHI ...	113
Substrate specificity of N-acetylhexosamine kinase towards N-acetylgalactosamine derivatives Li CAI , Wanyi GUAN , Wenjun WANG , Wei ZHAO , Motomitsu KITAOKA , Jie SHEN , Crystal O'NEIL and Peng George WANG	113
Purification , crystallization and preliminary X-ray analysis of β -glucosidase from <i>Kluyveromyces marxianus</i> NBRC1777 Erina YOSHIDA , Masafumi HIDAOKA , Shinya FUSHINOBU , Takashi KOYANAGI , Hiromichi MINAMI , Hisanori TAMAKI , Motomitsu KITAOKA , Takane KATAYAMA and Hidehiko KUMAGAI	113
Synthesis of cellobiose from starch by the successive actions of two phosphorylases Masayuki SUZUKI , Kyoko KANEDA , Yukiko NAKAI , Motomitsu KITAOKA and Hajime TANIGUCHI.....	114
One-pot enzymatic production of β -D-galactopyranosyl-(1 3)-2-acetamido-2-deoxy-D-galactose (galacto-N-biose) from sucrose and 2-acetamido-2-deoxy-D-galactose (N-acetylgalactosamine) Mamoru NISHIMOTO and Motomitsu KITAOKA	114
Synthesis of highly ordered cellulose II in vitro using cellodextrin phosphorylase Masao HIRAISHI , Kiyohiko IGARASHI , Satoshi KIMURA , Masahisa WADA , Motomitsu KITAOKA and Masahiro SAMEJIMA.....	114
Catalytic reaction mechanism based on α -secondary deuterium isotope effects in hydrolysis of trehalose by european honeybee trehalase Haruhide MORI , Jin-ha LEE , Masayuki OKUYAMA , Mamoru NISHIMOTO , Masao OHGUCHI , Doman KIM , Atsuo KIMURA , and Seiya CHIBA	115
Distribution of in vitro fermentation ability of lacto-N-biose I, the major building block of human milk oligosaccharides, in bifidobacterial strains Jin-zhong XIAO , Sachiko TAKAHASHI , Mamoru NISHIMOTO , Toshitaka ODAMAKI , Tomoko YAESHIMA , Keiji IWATSUKI and Motomitsu KITAOKA	115
Structural explanation for the acquisition of glycosynthase activity Masafumi HIDAOKA , Shinya FUSHINOBU , Yuji HONDA , Takayoshi WAKAGI , Hirofumi SHOUN and Motomitsu KITAOKA	115
Characterization of D-galactosyl- β 1 4-L-rhamnose phosphorylase from <i>Opitutus terrae</i> Masahiro NAKAJIMA , Mamoru NISHIMOTO and Motomitsu KITAOKA	116
Automated synthesis of a tri-branched pentasaccharide: the application of the uni-chemo hydroxyl protection method to the automated synthesis of oligosaccharides Shiro Komba , Takeshi Terauchi , Sachiko Machida	116
UCHP method for oligosaccharide combinatorial library synthesis Shiro Komba , Sachiko Machida.....	116
Minimum stable structure of the receptor for advanced glycation end product possesses multi ligand binding ability M. Kumano-Kuramochi, M. Ohnishi-Kameyama, Q. Xie, S. Niimi, F. Kubota, S. Komba, S. Machida	117

X

Lipid peroxidation generates a body order component trans-2-nonenal covalently bound to protein in vivo kousuke Ishino , Chika Wakita , Takahiro Shibata , Shinya Toyokuni , Sachiko Machida , Shun Matsuda , Tomonari Matsuda , Koji Uchida.....	117
Microbial production of xylitol from L-arabinose by metabolically engineered <i>Escherichia coli</i> Yoshikiyo Sakakibara , Badal C. Saha , Paul Taylor.....	117
A new method for cleavage of silicon-carbon linkers on glass plate supports with applications to solid-phase syntheses on silica resins Takeshi Terauchi , Sachiko Machida , Shiro Komba	118
Identification and characterization of a novel multidrug resistance operon, mdtRP (yusOP), of <i>Bacillus subtilis</i> . Ji-Yun Kim , Takashi Inaoka , Kazutaka Hirooka , Hiroshi Matsuoka , Makiko Murata , Reiko Ohki , Yoshikazu Adachi , Yasutaro Fujita and Kozo Ochi	118
ScoC regulates bacilysin production at the transcription level in <i>Bacillus subtilis</i> Takashi Inaoka , Guojun wang and Kozo Ochi	118
Antibiotic overproduction by rpsL and rsmG mutants of various actinomycetes Yukinori TANAKA , Mamoru KOMATSU , Susumu OKAMOTO , Shinji TOKUYAMA , Akira KAJI , Haruo Ikeda , Kozo OCHI	119
Participation in aflatoxin biosynthesis by a reductase enzyme encoded by vrdA gene outside the aflatoxin gene cluster Yoko Shima , Marisa Shiina , Takao Shinozawa , Yasuhiro Ito , Hiromitsu Nakajima , Yoshikazu Adachid , Kimiko Yabe.....	119
Size exclusion chromatography combined with small-angle X-ray scattering optics Yasushi WATANABE , Yoji INOKO	119
Novel family of hemicellulolytic α -glucuronidase Olena Ryabova , Maria Vrsanska , Satoshi Kaneko , Willem H. van Zyl , Peter Biely	120
Crystallization and preliminary crystallographic analysis of β -L-arabinopyranosidase from <i>Streptomyces avermitilis</i> NBRC14893 Zui Fujimoto , Hitomi Ichinose , Koichi Harazono , Mariko Honda , Atsuko Uzura , Satoshi Kaneko	120
Characterization of glycoside hydrolase family 6 enzymes from <i>Coprinopsis cinerea</i> Yuan Liu , Kiyohiko Igarashi , Satoshi Kaneko , Takashi Tonzuka , Masahiro Samejima , Kiyoharu Fukuda , Makoto Yoshida	120
Use of whole crop sorghums as a raw material in consolidated bioprocessing bioethanol production using <i>Flammulina velutipes</i> Ryoji Mizuno , Hitomi Ichinose , Mariko Honda , Koji Takabatake , Itaru Sotome , Tomoyuki Takai , Tomoko Maehara , Hiroshi Okadome , Seiichiro Isobe , Mitsuru Gau , Satoshi Kaneko	121
Crystallographic snapshots of an entire reaction cycle for a retaining xylanase from <i>Streptomyces olivaceoviridis</i> E-86 Ryuichiro Suzuki , Zui Fujimoto , Shigeyasu Ito , Shun-Ichi Kawahara , Satoshi Kaneko , Kazunari Taira , Tsunemi Hasegawa , Atsushi Kuno.....	121
Substrate recognition of a family 10 xylanase from <i>Streptomyces olivaceoviridis</i> E-86: a study by site-directed mutagenesis to make an hindrance around the entrance toward the substrate-binding cleft Satoshi Kaneko , Hitomi Ichinose , Zui Fujimoto , Shinnosuke Iwamatsu , Atsushi Kuno , Tsunemi Hasegawa ...	121
Importance of interactions of the alpha-helices in the catalytic domain N- and C-terminals of the family 10 xylanase from <i>Streptomyces olivaceoviridis</i> E-86 to the stability of the enzyme Satoshi Kaneko , Shigeyasu Ito , Zui Fujimoto , Atsushi Kuno , Hitomi Ichinose , Shinnosuke Iwamatsu , Tsunemi Hasegawa	122
Effect of sugars on biofilm formation by <i>Escherichia coli</i> O157:H7 Makoto Yoshida , Shinichi Kawamoto , Satoshi Kaneko	122

A beta-L-arabinopyranosidase from <i>Streptomyces avermitilis</i> is a novel member of glycoside hydrolase family 27 Hitomi Ichinose , Zui Fujimoto , Mariko Honda , Koichi Harazono , Yukifumi Nishimoto , Atsuko Uzura , Satoshi Kaneko	123
Crystallization of selenomethionyl exo- β -1,3-galactanase from the basidiomycete <i>Phanerochaete chrysosporium</i> Takuya Ishida , Zui Fujimoto , Hitomi Ichinose , Kiyohiko Igarashi , Satoshi Kaneko , Masahiro Samejima	123
Properties of ethanol fermentation by <i>Flammulina velutipes</i> Ryoji Mizuno , Hitomi Ichinose , Tomoko Maehara , Koji Takabatake , Satoshi Kaneko	124
Molecular cloning and expression in <i>Pichia pastoris</i> of a <i>Irpex lacteus</i> exo- β -(1 \rightarrow 3)-galactanase gene Toshihisa Kotake , Kiminari Kitazawa , Ryohei Takata , Kohei Okabe , Hitomi Ichinose , Satoshi Kaneko , Yoichi Tsumuraya	124
The Tetramer Structure of the Glycoside Hydrolase Family 27 α -Galactosidase I from <i>Umbelopsis vinacea</i> Zui Fujimoto , Satoshi Kaneko , Wook-Dong Kim , Gw-Gun Park , Mitsuru Momma , Hideyuki Kobayashi	124
Bifunctional cytosolic UDP-glucose 4-epimerases catalyse the interconversion between UDP-D-xylose and UDP-L-arabinose in plants Toshihisa Kotake , Ryohei Takata , Rajeev Verma , Masato Takaba , Daisuke Yamaguchi , Takahiro Orita , Satoshi Kaneko , Koji Matsuoka , Tetsuo Koyama , Wolf-Dieter Reiter , Yoichi Tsumuraya	125
Evaluation of ethanol fermentation ability of <i>Flammulina velutipes</i> NBRC33210 from starch by consolidated bioprocessing Sumiko Mori , Satoshi Kaneko	125

付 録

「食品総合研究所研究報告」の編集について.....	132
「日本食品科学工学会誌」投稿論文記載要項（第50巻第1号より転載）.....	134

報 文

米澱粉の糊化における蛋白質の溶解性変化に関する解析

矢野 裕之^{1,2§}, 竹内 正彦³, 加藤(江森)澄恵⁴, 我妻 義則⁵,
佐藤 里絵¹, 田口 計哉⁶, 岡澤 由晃⁶, 西澤 賢一³, 黒田 秧^{2,7}

Analyses on the solubility of rice protein in the gelatinization of rice starch

Hiroyuki Yano^{1,2§}, Masahiko Takeuchi³, Sumie Kato-Emori⁴, Yoshinori Wagatsuma⁵,
Rie Satoh¹, Keiya Taguchi⁶, Yoshiaki Okazawa⁶, Kenichi Nishizawa³, Shigeru Kuroda^{2,7}

¹ National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization, Tsukuba, Ibaraki 305-8642 Japan; ² National Institute of Crop Science, National Agriculture and Food Research Organization, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan; ³ Agriculture and Technology Institute of Nagano Farmers, Suzaka, Nagano 382-0084, Japan; ⁴ Research Station, Tokita Seed Co., Ltd., Otone, Saitama 349-1144, Japan; ⁵ Wagatsuma Pediatric and Allergy Clinic, Sapporo, Hokkaido 005-0804, Japan; ⁶ Nagano Kono Co., Ltd., Nagano 380-0948, Japan; ⁷ Bio-oriented Technology Research Advancement Institution (BRAIN), Minato-Ku, Tokyo 105-0001, Japan

1) 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, 2) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究所, 3) 社団法人長野県農村工業研究所, 4) トキタ種苗株式会社, 5) わがつまこどもクリニック, 6) 長野興農株式会社, 7) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター

Abstract

The allergenic fraction of rice seed extract contained many kinds of putative allergens. Western-blot analysis of the fraction with sera from rice allergy patients showed a significant inter-individual variation of IgE-binding patterns. Two-dimensional SDS-PAGE has shown that after centrifugation, the supernatant of gelatinized and liquefied rice slurry contained almost no protein. So the solution should be useful as a basic ingredient for less-allergenic or low protein beverage, which is beneficial for rice-allergic patients as well as renal patients.

Keywords : アレルゲン , 糊化 , 米 , 蛋白質 , 糖化液

緒 言

厚生労働科学研究班による「食物アレルギーの診療の手引き2008」によると、わが国における食物アレルギー有病率は乳児が約10%、3歳児で約5%、学童以降が13.26%程度であり、全年齢を通して推定12%程度の有病率とされる。食物アレルギーは最近増加傾向にあることが指摘されており、アトピー性皮膚炎やアナフィラキシーなど重篤な症状を誘発することもあることから、早急に対応すべき課題である。

アレルギー症状の発症には、食生活を含む環境要因とともに、免疫の反応性を決定する遺伝子（免疫応答遺伝子）や、免疫反応を抑制する遺伝子（免疫抑制遺伝子）が関与し、アレルギーの起こしやすさは遺伝的にある程度決定されていることが明らかになりつつある。こうしたゲノム研究の成果が将来的には食物アレルギーやアトピー性皮膚炎の根本的な治療に貢献すると期待されるが、現在のところはアレルギーの原因物質であるアレルゲンの除去と、薬物によるアレルギー症状の緩和（対症療法）が現実的な対応策である。

アレルゲンの分解・変性による低アレルゲン食品の開発は、治療や対症療法によらずアレルギー発症の抑制・回避が期待できることから重要な研究課題の一つである。Chungら^{1,2)}は、ピーナツの主要なアレルゲン Ara h1や Ara h2をフィチン酸やフェノール化合物と反応させることで不溶化し、除去する手法を開発しているが、全ての種類のアレルゲンが除去されるのではない。穀物からほぼ全てのアレルゲンを除去する加工技術が開発できれば、低アレルゲン食品の原料提供に利用できる可能性がある。

米粉に加水し、オートクレーブ中で加熱しながら熱安定性の α アミラーゼで液化すると、不溶化した蛋白質をその後の濾過により回収できることが知られており、これは蛋白質の熱凝固によると考えられている³⁾。また、米粉に還元剤 DTT を添加すると糊化時に澱粉の吸水が促進されることや、RVA で測定した際の粘度上昇開始温度が低下することなどから、分子間ジスルフィド結合により高分子化した蛋白質がバリアとなって澱粉の吸水を妨げている可能性が示唆されている⁴⁾。このバリアをプロテアーゼで破壊することで米澱粉の吸水を促進し、グルテンフリー米粉パンの膨らみを改良する試みがなされているが、共焦点レーザー顕微鏡を用いた観察により、生地にプロテアーゼを添加したパンでは澱粉に結合した蛋白質の集合体が

分散することが観察されている⁵⁾。これらの知見は、澱粉が糊化する際に蛋白質の溶解性が変化すること、また、この現象を利用して蛋白質を除去できる可能性を示唆するが、米に含まれる多種類の蛋白質のうち、どの蛋白質がどの程度不溶化するのかなど、詳しい解析はなされておらず、そのメカニズムについても検証されていない。そこで本研究では、糊化における蛋白質の溶解性の変化についての解析と、それを利用した低蛋白質・アレルゲン食品の加工技術の可能性について検討することとした。

実験材料及び方法

1. 米アレルゲン画分の調製および二次元電気泳動による蛋白質の分離

抽出法は文献6を参考に室温で実施した。精白米（長野県産コシヒカリ）1gをコーヒーマルで破碎し、その粉末を10mLの1M食塩水に懸濁して室温で16時間攪拌した。懸濁液を5,000×gで10分間遠心した後、上清を遠心カラム CL4（ミリポア製）で濾過し、アレルゲン抽出液を得た。これを遠心カラム YM 10（ミリポア製）で14,000×gで30分程度処理して脱塩し、二次元電気泳動用サンプルバッファーに溶解し、二次元電気泳動装置 Protean IEF Cell（Bio-Rad 製）により蛋白質を分離した。

泳動後のゲルを20%のメタノールを含む25mM トリス 20mM グリシンバッファー中で振とうした後、セミドライプロットング装置（Bio-Rad 製）を用いて PVDF 膜に 1 mA/cm² で30分間転写した。5%の脱脂粉乳を含む TBS T バッファー（137mM の食塩と0.1%の Tween20を含む20mM Tris 塩酸、pH7.6）に転写後の PVDF 膜を32℃で2時間浸漬した後、50倍に希釈したアレルギー患者血清を含む TBS T バッファー中で32℃、2時間浸漬した。これを、二次抗体（1/500に希釈した HRP 結合マウス抗体）で30分間処理し、TBS T バッファーで洗浄した後、ECL 検出キット（GEヘルスケア製）で検出した。

2. 米糊化液の調製と電気泳動による蛋白質の解析

精白米に3倍量の水を加え、多管式第一種圧力容器（有限会社アトラスエンジニアリング製、型式 BEM）中で121℃、6分間加熱し、糊化させた後、その糊化物を45℃まで冷却した。これにアミラーゼ N KT 2（協和化成株式会社製、グルコアミラーゼ、 α アミラーゼ及びプロテアーゼ活性を有する複合酵素剤）を0.2%

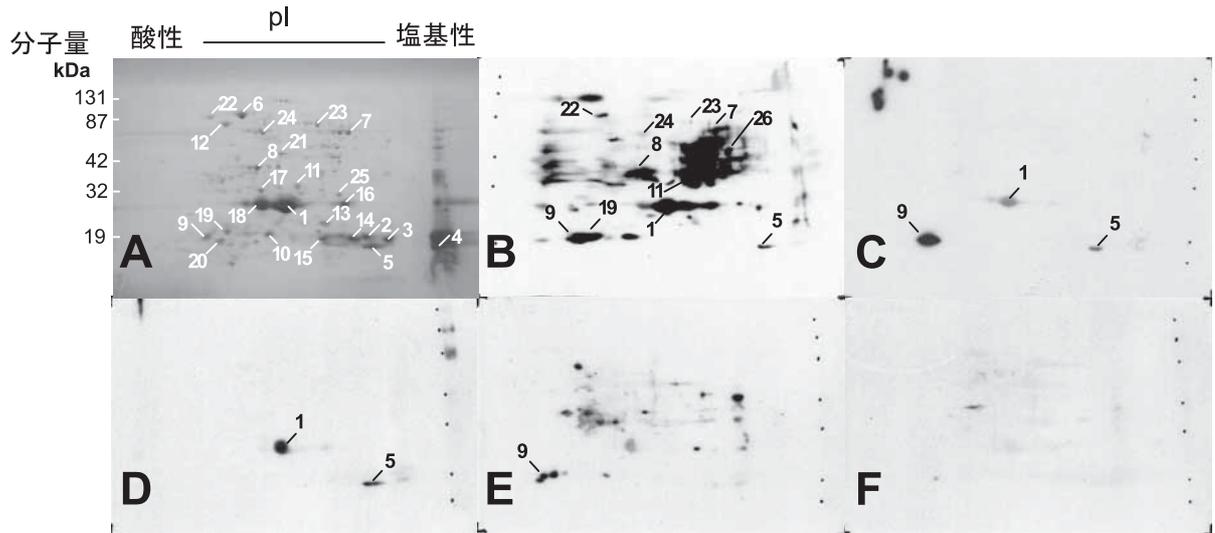


図1．米塩溶性画分の二次元電気泳動 (A) とウェスタンブロッティング (B ~ F)

B ~ D : アレルギー患者血清 ; E , F : 非アレルギー者の血清 .

(w/w) 添加し, 45 に保温したままホモジナイザー処理を10分間行って十分に攪拌・混合して液化した. 液温を96 に上昇させて酵素を失活させ, 振動篩 (80メッシュ) で処理して米の糖化液を得た.

糖化液に等量 (w/w) の2倍濃縮 SDS サンプルバッファー (6 M 尿素, 4 % SDS, 20% グリセロールを含む 125 mM トリス/塩酸) を加えて混合し, 一晩室温で保存した. サンプルバッファーは還元剤として 100 mM DTT を含むものと含まないものを用いた. これを $5,000 \times g$ で10分間遠心し, 上清を SDS-PAGE に供した.

3. 蛋白質の熱変性による沈殿の可能性の検討

アレルギー抽出液をオートクレーブで 121 , 15分間加熱した. これを遠心カラム CL4 (5 μ m 以上の粒子を排除, ミリポア製) の上部カラムに添加し, 添加した液が上部カラムから下部カラムに移行するまで遠心した. 次にその下部カラムから溶液を回収して遠心カラム YM 100 (排除限界分子量10万, ミリポア製) の上部カラムに添加し, 添加した液が上部カラムから下部カラムに移行するまで遠心した. さらにこの下部カラムから溶液を回収して YM 10 (排除限界分子量1万, ミリポア製) の上部カラムに添加し, 添加した液が上部カラムから下部カラムに移行するまで遠心した. それぞれの上部カラムから 100 mM の DTT, 6 M 尿素を含む SDS サンプルバッファー (62.5 mM トリス/塩酸バッファー, 2 % SDS, 20% グリセロールを

含む) で蛋白質を抽出した. 抽出液を $10,000 \times g$ で10分間遠心して夾雑物を取り除き, 上清を SDS-PAGE で分析した.

実験結果および考察

1. 米アレルギー画分に含まれる蛋白質の内部アミノ酸配列分析による同定およびアレルギー患者血清との反応性の解析

まず, 米に含まれるアレルギーの同定を試みた. 米アレルギーはそのほとんどが塩可溶性であることが知られている^{6,7)}. そこで白米から得た塩溶性画分を脱塩・濃縮し, 含まれる蛋白質を二次元電気泳動により分離した (図 1 A). また, 主要なスポットをゲルから切り出し, 内部アミノ酸配列分析による蛋白質の同定を行った (表 1). これまで米アレルギー画分で報告されている 26 kDa グロブリンや α アミラーゼ/トリプシンインヒビター, ラクトグルタチオンリアーゼ以外に, 熱ショック蛋白質やキュピン, ジスルフィドイソメラーゼやトリオースリン酸イソメラーゼ, マレートデヒドロゲナーゼやエノラーゼ等, 他の植物で報告されているアレルギーが新たに同定された.

次に, 臨床的所見から米アレルギーと診断された患者の血清との反応性を調べたところ, 患者によって反応するアレルギーが異なることが示唆された (図 1 B ~ D. E, F は非アレルギー者の血清). ウェスタンブロッティングにおけるこうした "inter-individual vari-

表 1 . 米塩溶性画分に含まれる蛋白質の内部アミノ酸配列分析

内部アミノ酸配列	ホモロジーサーチによる同定	アレルゲンファミリー	アレルゲン性 (報告されているものは Y)
1. VEPQQCSIFAAGDHH	26kDa globulin	2S seed storage albumin family	Y
2. DHHQVYSPGEQC	Seed allergenic protein RAG1	Alpha-amylase trypsin inhibitor family	Y
3. ELGATDVGHXMA, CQPGMGYPMYSL	Allergenic protein	Alpha-amylase trypsin inhibitor family	Y
4. ELGAPDVGHMPS	Allergenic protein	Alpha-amylase trypsin inhibitor family	Y
5. ELGATDVGHMPA CQPGMGYPMYSL QLAAVDDSWCR	Seed allergenic protein RAG2	Alpha-amylase trypsin inhibitor family	Y
6. INDAVVTVPAYF, ERIDARNQLETY	HSP70precursor(barley)	HSP70family	Y
7. NGXEGGRPYHLXE	Putative globulin	Cupin family	Y
8. VVLVDNADFLK	lactoylglutathione lyase	Glyoxalase I family	Y
9. VEPQQCSIFAAG, QYAAQLPSMCRV	26kDa globulin	2S seed storage albumin family	Y
10. GAMAAIAEGLPG	Hypothetical protein OJ1116-C08.106	Alpha-amylase trypsin inhibitor family	Y
11. VSFGENFSPAR, LRSPAAEALGPT	Hypothetical protein OSJNB0024A20.12		-
12. SVYYGAAEEF	Protein disulfide isomerase		Y
13. FRRPGALGLR	26kDa globulin	2S seed storage albumin family	Y
14. ELGATEAGHPMA	Seed allergen RA17	Alpha-amylase trypsin inhibitor family	Y
17. VATPDQAQEV	Triosephosphate isomerase		Y
19. QYAAQLPSM, ARQYAAQLPSM	26kDa globulin	2S seed storage albumin family	Y
20. VEPQQCS, YGGEG, QYAAQLP, ARQYAAQ	26kDa globulin	2S seed storage albumin family	Y
21. VLVVANPANTNA	Malate dehydrogenase		Y
22. LTPFYK LAPGVQXITTV	Putative protein disulfide isomerase		Y
23. EALQAEAGLPV	Granule-bound starch synthase I		-
24. FRAPVEPY TYDLNFK	Enolase		Y

ation” は、小麦⁸やゴマ⁹でも報告されており、交配や遺伝子組換えによってどのアレルゲンを除去すべきか絞り込むことが容易でない原因の一つである。本研究からも、米で多くのアレルゲンを一度に除去できる加工技術の開発の重要性が再確認された。

2 . 澱粉糊化前後での蛋白質の溶解性の変化

米粉に加水しただけの未加熱の懸濁液からは、グルテリンやグロブリン、トリブシンインヒビターが SDS により抽出された (図 2 A a)。対照的に、米粉に加水後加熱し、澱粉が糊化した後に α アミラーゼを添加して液化させると、ほとんどの蛋白質が SDS では抽出されなくなった (図 2 A b)。一方、還元剤を添加した SDS バッファーで抽出すると、両者から蛋白質が回収された (図 2 B)。本研究は食品原料の開発を目的とするため、実験に食品添加用のアミラーゼを用いたが、プロテアーゼを含まない精製アミラーゼを用いても同様の結果が得られている (未発表)。

以上の実験結果より、米澱粉が糊化すると SDS 可溶性のほとんどの蛋白質が SDS に対して不溶化すること、また、還元剤を添加すると再び溶出されることから、不溶化にはジスルフィド結合の形成が関与する

ことが裏付けられた。

3 . 不溶化は蛋白質の熱変性によるのか？

澱粉が糊化する際に蛋白質が不溶化する原因は熱変性によると一般的に考えられている³⁾。これを検証するため、米から得た塩溶性画分をオートクレーブで処理し、不溶化するか調べた。塩溶性画分と、これをオートクレーブ処理したのものについてそれぞれを遠心カラム CL4 の上部カラムに添加し、添加した液が上部カラムから下部カラムに移行するまで遠心した。ここで添加液に沈殿が含まればこのカラムに捕捉されるはずである。次いでその下部カラムから溶液を回収して遠心カラム YM 100 および YM 10 に順次アプライした。この添加液中で複数の分子が結合して高分子化していれば前者、分子量が変化していない蛋白質は後者のカラムに捕捉されるはずである。それぞれの上部カラムから蛋白質を抽出し、SDS-PAGE で分析したところ、塩溶性画分に含まれる蛋白質は加熱の有無にかかわらずそのほとんどが分子量 1 万の分子ふるいで捕捉されていた (図 3)。この結果から、アレルゲン蛋白質自体は熱処理では沈殿や高分子化することはなく、熱凝固しないことが示唆された。

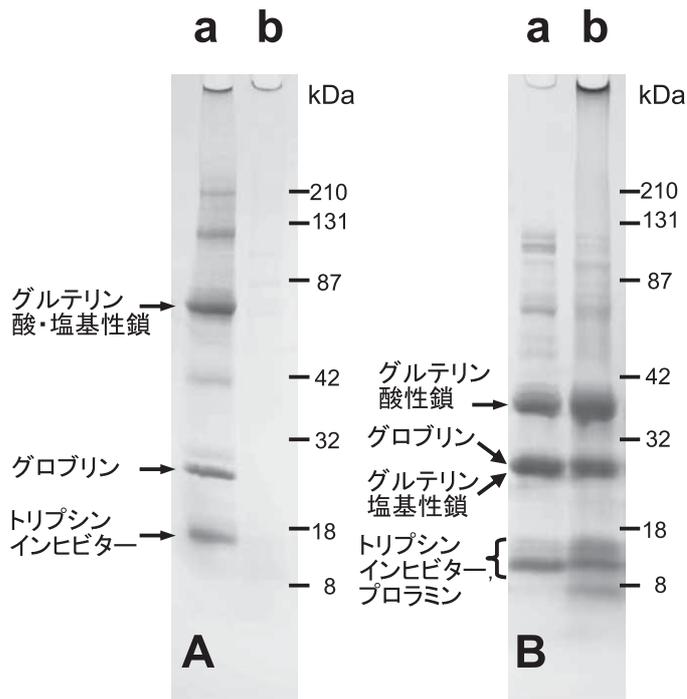


図2 . デンプン糊化前後での主要な蛋白質の溶解性の変化

A : 還元剤無添加の SDS バッファーによる抽出 ;
 B : 還元剤を添加した SDS バッファーによる抽出 .
 a : 糊化前 ; b : 糊化後 .

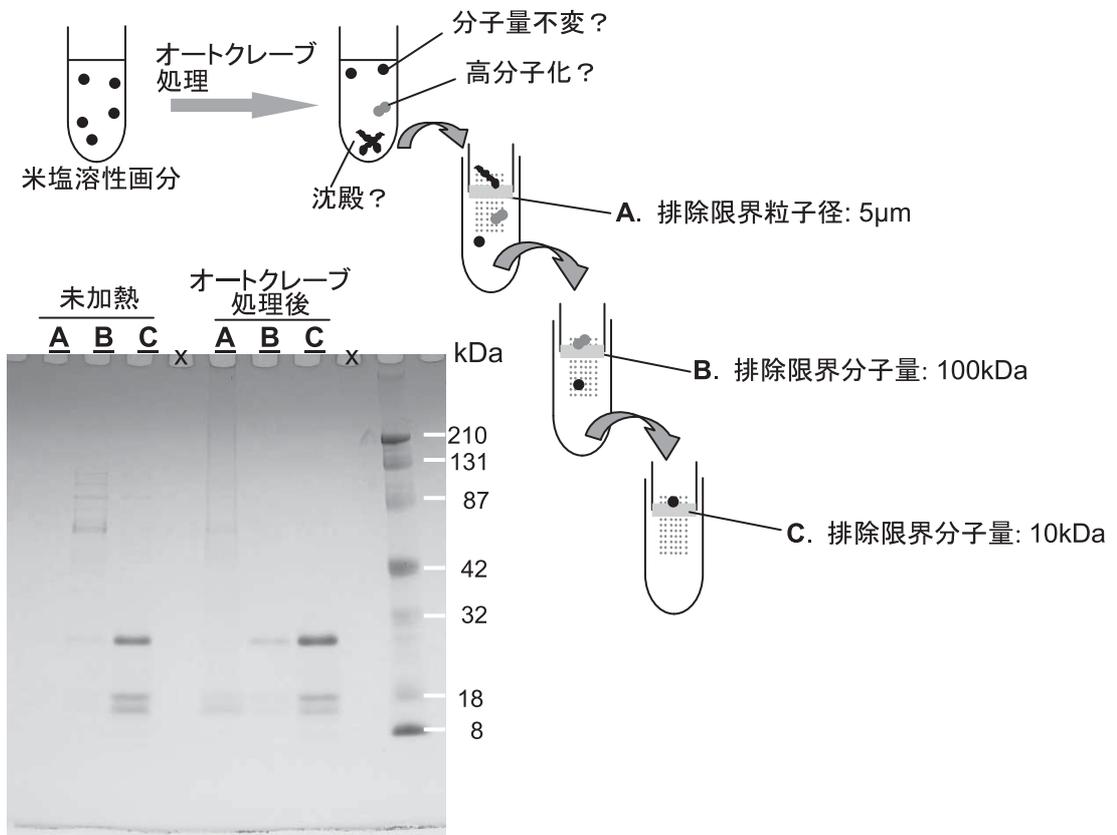


図3 . 米塩溶性画分の熱処理による沈殿の生成の解析

x : 試料をロードしていないレーン .

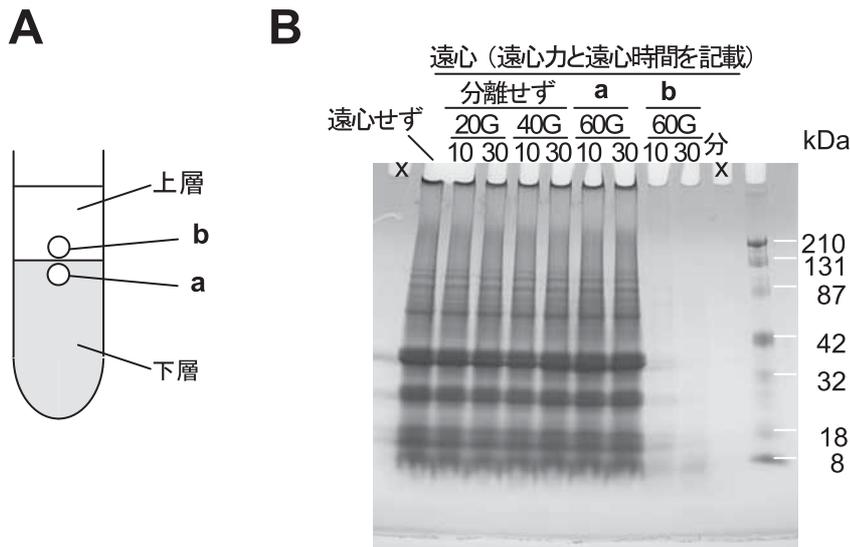


図4．米糖化液の遠心による上・下層への分離と、それぞれに含まれる蛋白質の解析

A：分離のモデル図； B：上・下層に含まれる蛋白質の組成．
x：試料をロードしていないレーン．

また、米粉に加水せず、そのままオープンで加熱しても蛋白質の不溶化は起こらない(未発表)ことから、不溶化には水の存在下での加熱、すなわち糊化、が必須であると推測される。

4．蛋白質・アレルギーの除去について

糊化における蛋白質の不溶化を利用して糖化液から蛋白質の除去が可能が調べた。米粉に加水して糊化温度以上に加熱し、放冷後にアミラーゼを添加して液化した糖化液は、60×g程度の弱い遠心力で透明な上層と白濁した下層に分けることができた。上・下層の界面付近(図4a, b)からそれぞれ少量の溶液をサンプリングしSDS-PAGEで分析すると、ほとんどの蛋白質は下層に存在し、上層には含まれなかった(図4)。

一般的に、熱変性した蛋白質を遠心により分離する際には10,000×g程度の遠心力を要することから、この実験結果は不溶化が単純な熱変性によるものではないことを支持する。また、Chungらが開発したピーナツアレルギーの除去法¹²⁾が8,000×g程度の遠心力を要するのに対し、本法は分離に要する施設の簡素化や消費エネルギーの低減などの点で有益であると考えられる。

上・下層に含まれる蛋白質を二次元電気泳動により詳細に解析しても(図5)、図1で同定されたアレルギーは上層には確認されず、蛋白質がほとんど含まれないことがわかった。グルテリン・プロラミン等、米

貯蔵蛋白質は本来水に不溶性のものが大半であるが、糊化後の糖化液を遠心することで可溶性画分を含めたほぼ全ての蛋白質が除去されることが明らかになった。また、糊化前にはSDS可溶性のグルテリンが糊化後には不溶化するなど、糊化の前後で多くの蛋白質の溶解性が変化を受けると考えられる。遠心後の糖化液の上層には白米100グラムあたりブドウ糖、麦芽糖がそれぞれ64.8グラム、14.2グラム含まれており(食品分析センター調べ)、白米からほぼ定量的に単糖が回収されていることから、本知見を蛋白質やアレルギーを穀物から除去し、アレルギー患者・腎臓病患者用の飲料、あるいは低蛋白・低アレルギー食品原料として利用するための簡便な加工技術に応用できる可能性がある。

蛋白質が不溶化するメカニズムは不明である。図2から、ジスルフィド結合の形成が関与すること、図3から、単純な熱変成による沈殿ではないことが示唆される。米粉を脱脂後、SDSにより抽出した画分は、分子間ジスルフィド結合により高分子化したグルテリン集合体を含み、これが他の蛋白質も巻き込んでいること、また、これらが還元剤存在下で遊離することが報告されている¹⁰⁾。今回のように、加熱によるジスルフィド交換反応によってグルテリンの高分子化が生じた場合でも、ポリペプチド間での疎水性相互作用や水素結合、分子間ジスルフィド結合等により他の蛋白質をトラップした可能性がある。

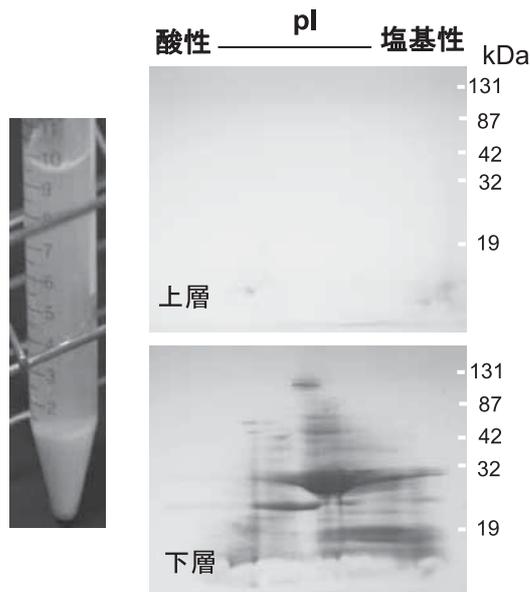


図5．上・下層に含まれる蛋白質の二次元電気泳動図

還元剤の存在・非存在下における米粉のRVAデータや吸水量の比較などから、「糊化における吸水を妨げる」蛋白質のバリアは米胚乳にはじめから存在する、あるいは調理過程や玄米をパーボイリングする過程で生成する⁴⁾ことが推測され、生成した高分子集合体が澱粉と相互作用する可能性も示唆されるが、分子的な証明はなされていない。糖化液を弱い遠心力で分離した際、界面の上下で蛋白質の組成が全く異なっていた(図4)ことから、不溶化が単純な熱変性によるものではないことが示唆されるが、不溶化が分子間ジスルフィド結合による高分子化とそれに引き続く澱粉との相互作用によるのか、あるいは澱粉の糊化と蛋白質の動態変化が全く独立して起こるのかは現時点では不明である。メカニズムの解明には今後さらに研究を進めることが重要である。

プロテアーゼの作用により食品アレルギーを消化・低減化することも試みられているが、蛋白質が十分に消化されない場合があり、生成したプロテアーゼ耐性フラグメントがアレルギーになる危険性がある¹¹⁾。一方、糊化後の糖化液上清には二次元電気泳動を用いた分析からも蛋白質は検出されず、蛋白質やアレルギーが残留する可能性が低い米を原料とした糖化液には、抗ピロリ菌作用が報告されている(既報:平成18年度産学官連携による食料産業等活性化のための新技術開発事業(農林水産省事業)ことから、アレルギーを含まない機能性食品素材の開発への応用も期待できる。

一方、低アレルギー製品の実用化には、医療機関の監督下でのアレルギー性の評価や、生産ラインにおけるコンタミの制限など、クリアすべき問題点が数多くある。現在実用化に向けた研究を進めている。

謝 辞

本研究は農林水産省アグリバイオ実用化・産業化研究および科研費(22500752)の助成を受けたものである。

要 約

米アレルギー画分には多くの種類のアレルギーが含まれ、米アレルギー患者血清を用いたウェスタンブロットティングにより、反応するアレルギーが血清によって異なることが確認された。米粉に加水・加熱し糊化させた後、アミラーゼ処理で液化した糖化液を遠心すると、二次元電気泳動による解析からも上清には蛋白質やアレルギーがほとんど含まれないことから、アレルギー患者・腎臓病患者用の飲料、あるいは低蛋白・低アレルギー食品原料として利用できる可能性がある。

文 献

- 1) Chung, S. Y. and Champagne, E. T. Reducing the allergenic capacity of peanut extracts and liquid peanut butter by phenolic compounds. *Food Chemistry*, **115**, 1345-1349 (2009).
- 2) Chung, S. Y. and Champagne, E. T. Effects of phytic acid on peanut allergens and allergenic properties of extracts. *J. Agric. Food Chem.*, **55**, 9054-9058 (2007).
- 3) Akoh C. C., Chang S. W., Lee, G. C., Shaw J. F. Biocatalysis for the production of industrial products and functional foods from rice and other agricultural produce. *J. Agric. Food Chem.*, **56**, 10445-10451 (2007).
- 4) Derycke, V., Veraverbeke, W. S., Vandeputte, G. E., De Man, W., Hoseney, R. C., Delcour, J. A. Impact of proteins on pasting and cooking properties of nonparboiled and parboiled rice. *Cereal Chem.* **82**, 468-474 (2005).
- 5)Renzetti, S., Arendt, E. K. Effect of protease treatment on the baking quality of brown rice bread: From textural and rheological properties to biochemistry and microstructure. *J. Cereal Sci.* **50**, 22-28 (2009).
- 6) Urisu A, Yamada K, Masuda S, Komada H, Wada E, Kondo Y, Horiba F, Tsuruta M, Yasaki T, Yamada M, et al. 16-kilodalton rice protein is one of the major allergens in rice grain extract and responsible for cross-allergenicity between cereal grains in the Poaceae family. *Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.* **96**, 244-252 (1991).
- 7) 山田千佳子, 和泉秀彦, 加藤保子. 米アレルギー蛋白質とその低減化. 川崎医療福祉学会誌, 16, 21-29 (2006).
- 8) Sander, I., Flagge, A., Merget, R., Halder, T. M., Meyer, H. E., Baur, X. Identification of wheat flour allergens by means of 2-dimensional immunoblotting. *J. Aller. Clin. Immunol.*, **107**, 907-913 (2001).
- 9) Beyer, K., Bardina, L., Grishina, G., Sampson, H. A. Identification of sesame seed allergens by 2-dimensional proteomics and Edman sequencing: Seed storage proteins as common food allergens. *J. Aller. Clin. Immunol.*, **110**, 154-159 (2001).
- 10) Van Der Borght, A., Vandeputte, G. E., Derycke, V., Brijs, K., Daenen, G., Delcour, J. A. J. Extractability and chromatographic separation of rice endosperm proteins. *J. Cereal Sci.* **44**, 68-74 (2006).
- 11) Yano H. Disulfide-related proteomic studies on food allergens. *Expert Rev. Proteomics*, **6**, 563-571 (2009).

報 文

米粒中ナトリウム含量の変動要因としての生育期の塩ストレスの可能性

進藤久美子[§], 安井 明美

Possibilities of salinity stress as a variation factor of sodium content in rice

Kumiko SHINDOH[§], Akemi YASUI

National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8642 Japan

Abstract

We have received many inquiries about the differences between their own analytical values of food components and the representative values described in Standard Table of Food Composition in Japan. Food components are fluctuated by various factors. We focused on the high-sodium rice grain production in this study to show one of the background information about the variation in content of food components. We analyzed sodium content in brown rice from rice plants hydroponically-cultivated under the salinity stress condition at the booting stage. Comparing with the control group, sodium contents in brown rice from the stressed plants were from 1 to 234 times higher with variety- or line-dependent differences. This result indicates that, rice plants grown under salinity environments have potential to produce rice with sodium content much higher than the representative sodium value for paddy rice grain described in Standard Table of Food Composition in Japan.

keywords : 米 , ナトリウム含量 , 塩ストレス , 日本食品標準成分表

緒 言

(独)農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所(以下,食品総合研究所)は,農林水産省食品総合研究所であった時代から,公的な機関として,さまざまな技術相談や問い合わせを受けており,その中で,食品成分含有量に関する質問では,「日本食品標準成分表に収載されている含有量と実際の分析値が異なったのはなぜか」という類のものが目立つ。

このような「日本食品標準成分表の値と異なった」

場合の理由として,まず不適切な分析方法や分析技能の問題によって,分析値が本来の成分値(真値)とかけ離れてしまったケースが考えられる。このような場合の対策として,分析方法の妥当性を確認するための認証標準物質の整備や,プロフィシエンシーテスト(技能試験)への参加の必要性について,さらに理解を広げる努力がなされなければならないところである¹⁾。しかし,もちろん分析方法や分析技能に問題がない場合でも,「日本食品標準成分表」に収載されている成分値と分析値が必ず一致するわけではない。食品総合研究所では,遺伝子組換え農作物の開発が予

[§]連絡先, shindoh@affrc.go.jp

想される農作物について、主要品種に含まれる栄養成分等の系統的な分析・調査を行い、安全性評価の実施の際に比較値として利用できるデータベースの構築を行っている^{2,3)}。このデータを例にとっても、農産物の成分含有量は、品種や産地、収穫年等によって変動し、一定ではない。また、無機元素を中心とした成分含有量の変動を指標に、産地の推定ができることも示されている⁴⁾。「日本食品標準成分表」では、複数の場所からサンプリングした試料を測定するほか、文献値なども参考にし、また利用上の便宜を図るため原則一つの標準的な成分値を決定し、それを記載しており⁵⁾、記載されている成分値それぞれの背後には様々な要因により変動している分析値、文献値等がある。

本報告では、「日本食品標準成分表と含有量が異なったのはなぜか」との質問に対する情報の一つとして、「こめ [水稲穀粒]」に含まれるナトリウム (以下、Na) 含有量が高いケースに着目した。

農産物において、カドミウム (以下、Cd) や鉛 (以下、Pb) などの有害元素の含有量は、通常は ppt ($\mu\text{g}/\text{kg}$) と極めて微量なレベルのため、コメに通常の10倍、100倍の濃度が検出されるような場合でも、イネに明らかでない外見上の生育障害や収量低下は認められない。一方、Na は植物にとっては必須元素ではなく⁶⁾、この点においては Cd、Pb のような有害元素と同じであるが、イネは比較的耐塩性の低い作物で、塩害が出やすい⁷⁾。このため、「五訂増補日本食品標準成分表」の「こめ [水稲穀粒]」(以下、コメ) の「玄米」、「精白米」ともに、可食部100g あたりの成分値が 1 mg と記載されている Na は、換算すれば、通常で 10 ppm (mg/kg) レベルが含まれることになり、有害元素のように、何桁も高い濃度のコメが収穫されるかどうかは疑問の残るところである。

また、一般に調理損耗といわれる、加工調理過程での各種の成分含有量の減少が知られているが、Na は水道水など加工調理に使用する水にも数 ppm ~ 数十 ppm (mg/L) 含まれ⁸⁾、こうした水で炊いた炊飯米では、用いられた精白米より Na 含量が高くなり⁹⁾、また加工食品では味付けや保存のために食塩が使用されることから、原材料より加工調理後の Na 含量が高いことが多い。初めての試料や、由来がよくわからない食品では、分析目的の元素以外の無機元素も測定し、分析目的元素の測定に影響する多量の共存元素の有無を把握するようにしているが、このとき多量の Na が含まれることは、食品の場合珍しくない。このため、コメに多量の Na が含まれる場合には、その Na がす

べてコメそのものに由来するのではなく、何らかの Na を含むもので処理をしたのではないかとの疑問も生じる。

収穫後に加工処理をしなくとも、コメに高濃度の Na が含まれるとすれば、原因は塩分の高い水田で生育したケース、すなわち塩害が起こる地域において生産されたことが考えられる。塩害のメカニズムの解明のための研究は、生育初期を中心に根や茎葉を対象として行われているものの、収穫までに時間のかかる穀粒のコメについては、塩ストレスによりイネが確実に生育しないこともあり、塩ストレス下で栽培されたイネから収穫されたコメ中の Na をはじめとした成分含有量までが研究対象になることは稀である¹⁰⁾。しかし (独) 国際農林水産業研究センターにおいて、ともにイネの穂ばらみ期に最も感受性が高くなる、塩ストレスと低温ストレスの関係を明らかにする研究が行われ、その一環として、耐冷性の程度が明らかな品種・系統を中心に、穂ばらみ期に塩ストレス条件下で水耕栽培され、収穫された玄米の無機元素を食品総合研究所で分析する機会があった。そこで本報告では、このときの未発表データを国際農林水産業研究センターより提供いただき、塩ストレスにより Na 含量が高いコメが生産される可能性を検証した。

実験材料及び方法

1. 試料

耐塩性が高いことで知られるスリランカのインディカ米「Pokkali」と、塩ストレス処理区および無処理区それぞれでコメが収穫ができた24品種・系統、計25種類の玄米を試料とした。インディカ米は「Pokkali」と、国際稲研究所 (IRRI) で育成された「IR28」および中国原産の「Aijiao nante」の計3種類であり、そのほかの中国原産15種類および日本原産の7種類はジャポニカ米である。複数個の穴が貫通した厚さ20mmの発泡スチロール板に、片面ナイロンメッシュを貼った育苗容器を脱イオン水に浮かべ、各穴に種籾を1粒ずつ入れて脱イオン水に浸し発芽させた。発芽後の苗は、一週ごとに、脱イオン水、吉田氏水耕液¹¹⁾ (pH5.8) の1/4倍、1/2倍、1倍と希釈率を順次替え、以降収穫まで吉田氏1倍液を用いて栽培した。塩ストレス処理区では、穂ばらみ期から収穫に至るまでの間、塩化ナトリウム (以下、NaCl) を加えて電気伝導度が6dS/mになるように調整した水耕液 (約60mmol/LのNaCl溶液に相当) で栽培した。収穫された処理区と無処理

区の玄米については、Naをはじめとした無機元素の分析のため、1品種・系統につき16~114粒を入手した。各玄米試料は、全量を2等分して水分を測定後、2等分したそれぞれを1点として、2点併行による無機元素分析に供した。

2. 水分の測定

常圧135 20時間の通風加熱乾燥法により、乾燥減量分を玄米試料の水分とした¹²⁾。この水分値をもとに、無機元素含有量は、「五訂増補日本食品標準成分表」に収載の「玄米」の水分値と同じ15.5%の時の値に換算して示した。

3. 無機元素含有量の分析

ホウケイ酸ガラス製のコニカルビーカーを使用する一般的な開放系の湿式分解法¹³⁾を一部変更し、Naが溶出するガラス製品をすべてテフロン製やプラスチック製に替えた。また、分析に使用できる試料が少量であることや、操作ブランクを抑えるため、分解に使用する酸などは相応にスケールダウンして測定用試料溶液を調製した。すなわち、容量50mLのテフロンPFA製ヒータブルビーカーに水分値を測定後のコメを移し、60%硝酸（原子吸光分析用、和光純薬製）5mLを加え、テフロンPTFE製時計皿をかぶせて、ホットプレートにより、最初に100℃で加熱した。激しく泡立つ反応がおさまったら、ホットプレートから降ろして、60%過塩素酸（原子吸光分析用、和光純薬製）1mLを加え、加熱温度を150℃に上げて分解を続けた。硝酸がなくなる際に液が褐色になり始めたら、ホットプレートから降ろし、硝酸1mLを加えて分解を続けた。液が褐色にならず、透明あるいは淡黄色になったら、時計皿をはずして乾固寸前まで濃縮した。残留物を1%塩酸（和光純薬製、精密分析用20%塩酸を20倍に希釈したもの）で加温溶解して、容量50mLのポリメチルペンテン（PMP）製の全量フラスコに洗い込み、50mL定容として測定用試料溶液を調製した。なお、試料量の少ない一部のコメは、30mL定容とした。

調製した試料溶液の測定には、測光方向がラジアル型の誘導結合プラズマ発光分析装置（ICP-AES）、Leeman Lab社製JICP-PS3000UVを用いた。測定した元素と用いた波長は、Na：589.582nm、カリウム（以下、K）：766.490nm、カルシウム（以下、Ca）：393.366nm、マグネシウム（以下、Mg）：279.533nm、リン（以下、P）：214.910nm、鉄（以下、Fe）：238.204nm、亜鉛（以下、Zn）：213.856nm、銅（以下、Cu）：324.754

nmおよびマンガン（以下、Mn）：257.610nmである。プラズマ条件は、RFパワー1.0kw、プラズマガスは13L/min、補助ガスなし、ネブライザーガス圧40psiである。検量線の作成には、関東化学製の原子吸光測定用標準液を適宜希釈して用いた。

なお、試料溶液調製等に用いた水はミリポア製Milli-ROおよびSuper-Qシステムを順次通過したものをを用いた。

実験結果

表1に、無処理区の水耕栽培において収穫された玄米の無機元素含有量等を示す。「五訂増補日本食品標準成分表」に収載の玄米の無機質と比較すると、水耕栽培による玄米の平均は、Na、K、Ca、Mg、P、Zn、Cuが高く、中でもZnとCuは2倍以上高い値となった。一方、FeとMnは「五訂増補日本食品標準成分表」に収載の成分値より低くなった。

表2に、穂ばらみ期に塩ストレス処理が行われた玄米の無機元素含有量等を示す。また、表3にはこれらの処理区/無処理区の比を示す。品種・系統によって大きな違いが認められるが、穂ばらみ期の塩ストレス処理により、玄米のNa含量は無処理区の1倍~234倍となった。1粒の重量を比較すると、無処理区の0.68~0.98と、塩ストレス処理区ではいずれも1粒あたりの玄米重量が減少していた。また、処理区/無処理区の粒重比が小さいほどNa含量比は大きい傾向があり（図1）、25品種・系統で $r = -0.567$ 、Na含有比が234と大きく離れた1種類を除く24品種・系統では $r = 0.625$ と、いずれも有意な相関（ $p < 0.05$ ）が認められた。ほかの無機元素のコメ中含含有量については、元素によっても、品種・系統によっても異なり、塩ストレスによる吸収障害があったと推察されるものと、逆にコメ中の含有量が増えたものの両者が認められた。無機元素ごとに平均すると、処理区ではFe、Cu、Zn含量が10%以上の減少、KとMn含量が10%を越える増加、ほかは無処理区と大きく変わらない値となった。

考察

塩ストレス処理における1粒あたりの平均重量（粒重）の減少度合から、「トドロキワセ」など一部を除いて、生育障害が認められる塩ストレス条件であった

表1. 水耕栽培(無処理区)で収穫された玄米の無機元素含有量等*

試料名	入手	粒重**	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn
	粒計	mg									
mg (100gあたり)											
Pokkali	30	27.7	1.1	297	10.1	126	321	1.2	4.4	0.73	1.14
IR 28	26	17.5	0.8	359	11.6	185	422	2.0	6.5	1.09	1.28
Aijiao nante	25	25.5	1.2	364	8.7	152	363	1.5	2.7	1.02	1.14
He 16	28	23.0	1.2	343	8.9	145	376	1.8	5.4	1.25	0.79
Banjiemang	31	21.0	1.7	323	9.3	165	414	2.1	5.5	1.64	0.86
Jinning 78-102	29	35.3	1.2	315	8.1	126	330	1.4	3.8	0.83	1.19
Lijing 2	16	23.9	0.4	355	11.3	157	380	2.0	5.6	0.94	1.79
Zhaotong maxiang	27	20.1	0.8	312	11.2	159	398	2.0	5.6	1.38	0.90
Kunming 217	26	31.1	1.4	338	7.9	139	340	1.6	4.2	0.78	1.19
Yunleng 25	25	24.4	2.1	374	11.7	150	387	1.7	4.9	1.00	1.41
Yunjing 79-635	35	24.0	1.5	311	8.3	124	295	1.2	3.8	0.74	1.29
Hexi 15	38	24.9	2.3	313	10.1	127	337	1.6	4.3	0.79	1.51
Yunxi 37	30	27.1	2.5	367	10.6	126	340	1.5	4.6	0.79	1.59
Dianjing 8	32	20.8	1.5	341	9.3	114	283	1.1	3.6	0.58	1.14
Kunming xiaobaigu	34	23.3	0.6	338	12.2	153	383	1.7	5.2	1.39	1.00
Kunjing 4	36	29.6	2.1	332	9.3	130	328	1.7	4.8	0.75	1.68
Hexi 24	29	25.3	0.7	324	10.4	166	432	2.1	6.1	1.26	2.32
Chongtui	33	28.1	1.6	377	11.2	149	409	1.9	7.5	1.22	1.14
トドロキワセ	32	22.4	1.3	323	9.9	161	403	1.9	5.6	1.32	1.97
フジミノリ	40	24.0	1.0	342	9.5	154	357	1.7	4.7	1.26	1.81
ヨネシロ	27	25.7	1.5	312	8.3	167	383	1.7	5.0	1.38	1.71
ヒデコモチ	43	24.5	1.6	418	11.7	154	360	1.5	4.4	1.45	1.62
日本晴	24	20.4	0.9	402	11.5	175	420	2.3	5.3	1.49	1.63
染分	38	26.4	1.3	311	9.4	144	376	2.0	5.8	1.36	1.41
ひとめぼれ	38	21.9	1.7	326	8.5	142	321	1.6	4.3	0.95	1.26
平均	31	24.7	1.4	341	10	148	366	1.7	4.9	1.10	1.39
最大値	43	35.3	2.5	418	12	185	432	2.3	7.5	1.64	2.32
最小値	16	17.5	0.4	297	8	114	283	1.1	2.7	0.58	0.79
中央値	30	24.4	1.3	338	10	150	376	1.7	4.9	1.09	1.29
五訂増補日本食品標準成分表(参考)			1	230	9	110	290	2.1	1.8	0.27	2.05

* 粒重, 無機元素含有量とも, 五訂増補日本食品標準成分表に収載の玄米の水分値15.5%に換算

** 1粒あたりの平均値

表2. 穂ばらみ期に塩ストレス処理が行われた玄米の無機元素含有量等*

試料名	入手	粒重**	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn
	粒計	mg									
mg (100gあたり)											
Pokkali	70	24.7	1.1	260	6.7	113	296	0.9	3.5	0.44	1.17
IR 28	99	15.7	21.3	319	11.4	139	351	1.4	4.0	0.56	1.42
Aijiao nante	91	17.6	65.7	429	8.3	145	421	1.1	3.0	0.73	1.11
He 16	59	17.5	96.2	424	12.3	159	419	1.6	5.7	0.93	2.43
Banjiemang	54	19.5	4.8	375	7.4	162	412	1.8	5.5	0.91	1.62
Jinning 78-102	69	28.5	79.5	388	9.8	133	372	1.1	3.4	0.61	1.30
Lijing 2	40	17.4	91.8	396	9.8	147	412	1.8	5.4	0.84	1.67
Zhaotong maxiang	64	18.0	1.0	377	10.3	165	412	2.3	5.6	0.92	1.91
Kunming 217	37	23.9	38.2	415	10.4	160	392	1.8	5.9	0.96	1.91
Yunleng 25	53	16.6	104.2	427	10.8	159	437	1.5	4.9	0.95	1.86
Yunjing 79-635	68	20.6	51.9	369	9.5	126	347	1.1	3.1	0.64	1.07
Hexi 15	101	21.4	65.8	345	11.6	137	378	1.5	3.5	0.69	1.39
Yunxi 37	80	24.9	44.0	382	16.3	129	359	1.4	3.5	0.60	1.25
Dianjing 8	50	18.4	21.2	430	11.1	145	400	1.5	4.5	0.67	1.38
Kunming xiaobaigu	57	18.6	69.0	387	10.3	148	377	1.1	4.5	0.81	1.68
Kunjing 4	52	23.7	44.3	382	9.9	126	333	1.5	3.9	0.72	1.77
Hexi 24	114	22.2	7.2	346	12.1	148	405	2.1	5.0	1.23	2.63
Chongtui	52	21.5	53.0	419	11.9	137	447	1.8	3.6	0.71	1.33
トドロキワセ	62	22.0	2.2	319	10.0	149	391	2.0	4.2	1.19	2.38
フジミノリ	70	19.2	48.6	350	9.3	128	362	1.3	2.9	0.71	1.67
ヨネシロ	73	21.7	33.2	340	9.2	139	367	1.4	3.3	0.84	1.76
ヒデコモチ	53	18.5	57.2	412	11.2	157	392	1.8	3.6	1.10	1.96
日本晴	37	16.4	63.9	399	11.0	148	391	1.6	3.5	0.93	1.69
染分	54	22.0	9.3	340	9.5	126	351	1.4	5.8	0.96	1.61
ひとめぼれ	69	19.2	9.6	312	8.8	131	338	1.4	3.3	0.69	1.51
平均	65	20.4	43.4	374	10	142	382	1.5	4.2	0.81	1.66
最大値	114	28.5	104.2	430	16	165	447	2.3	5.9	1.23	2.63
最小値	37	15.7	1.0	260	7	113	296	0.9	2.9	0.44	1.07
中央値	62	19.5	44.3	382	10	145	391	1.5	3.9	0.81	1.67

* 粒重, 無機元素含有量とも, 五訂増補日本食品標準成分表に収載の玄米の水分値15.5%に換算

** 1粒あたりの平均値

表3．穂ばらみ期における塩ストレス処理の玄米へ及ぼす影響 [処理区 / 無処理区]

試料名	粒重	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn
Pokkali	0.89	1.0	0.88	0.66	0.90	0.92	0.73	0.79	0.60	1.02
IR 28	0.90	25.5	0.89	0.98	0.75	0.83	0.71	0.61	0.51	1.10
Aijiao nante	0.69	54.7	1.18	0.95	0.95	1.16	0.74	1.08	0.71	0.98
He 16	0.76	79.1	1.23	1.39	1.10	1.12	0.90	1.04	0.74	3.06
Banjiemang	0.93	2.8	1.16	0.79	0.98	0.99	0.83	1.00	0.56	1.88
Jinning 78-102	0.81	66.0	1.23	1.22	1.05	1.13	0.79	0.91	0.73	1.09
Lijing 2	0.73	233.6	1.11	0.86	0.94	1.09	0.94	0.97	0.89	0.93
Zhaotong maxiang	0.90	1.3	1.21	0.92	1.04	1.04	1.15	0.99	0.67	2.12
Kunming 217	0.77	28.2	1.23	1.33	1.15	1.15	1.12	1.41	1.23	1.61
Yunleng 25	0.68	50.4	1.14	0.92	1.06	1.13	0.88	1.00	0.95	1.32
Yunjing 79-635	0.86	33.5	1.19	1.14	1.02	1.18	0.89	0.82	0.87	0.83
Hexi 15	0.86	29.2	1.10	1.16	1.08	1.12	0.93	0.81	0.87	0.92
Yunxi 37	0.92	17.5	1.04	1.53	1.02	1.05	0.94	0.77	0.76	0.79
Dianjing 8	0.88	14.3	1.26	1.19	1.28	1.42	1.28	1.24	1.15	1.21
Kunming xiaobaigu	0.80	111.9	1.14	0.85	0.97	0.98	0.64	0.87	0.59	1.68
Kunjing 4	0.80	20.7	1.15	1.06	0.97	1.02	0.89	0.81	0.96	1.06
Hexi 24	0.88	9.8	1.07	1.16	0.89	0.94	1.00	0.82	0.98	1.13
Chongtui	0.76	33.2	1.11	1.06	0.92	1.09	0.94	0.47	0.58	1.16
トドロキワセ	0.98	1.7	0.99	1.01	0.92	0.97	1.05	0.74	0.90	1.21
フジミノリ	0.80	47.9	1.02	0.97	0.83	1.02	0.79	0.63	0.56	0.92
ヨネシロ	0.84	22.1	1.09	1.11	0.83	0.96	0.80	0.65	0.61	1.03
ヒデコモチ	0.76	35.2	0.99	0.96	1.02	1.09	1.18	0.83	0.76	1.21
日本晴	0.80	73.8	0.99	0.95	0.84	0.93	0.71	0.65	0.63	1.04
染分	0.83	7.3	1.09	1.01	0.88	0.93	0.69	1.00	0.70	1.14
ひとめぼれ	0.88	5.6	0.96	1.03	0.92	1.06	0.90	0.77	0.72	1.19
平均	0.83	40.3	1.10	1.05	0.97	1.05	0.90	0.87	0.77	1.27
最大値	0.98	233.6	1.26	1.53	1.28	1.42	1.28	1.41	1.23	3.06
最小値	0.68	1.0	0.88	0.66	0.75	0.83	0.64	0.47	0.51	0.79
中央値	0.83	28.2	1.11	1.01	0.97	1.05	0.89	0.82	0.73	1.13

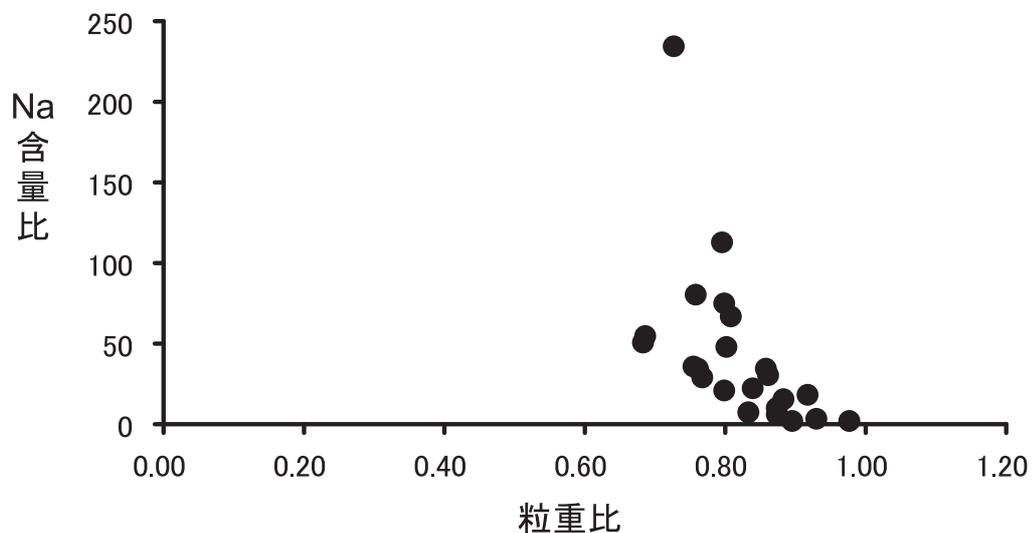


図1．粒重比と Na 含量比 [処理区 / 無処理区] の関係

と推察される。しかし、少なくともコメが収穫できる範囲の塩ストレス処理で、玄米の Na 含量は、高耐塩性の品種「Pokkali」では無処理区と同じであったが、高いものでは「Lijing 2」のように234倍までにもなることが明らかとなった。

耐塩性品種は、感受性品種に比較して、地上部における Na 含量が抑えられていることから、根における

Na イオン排除能が耐塩性の品種間差に大きく寄与していると考えられている¹⁴⁾。生育障害が起こりやすい塩に感受性が高い品種・系統では、塩ストレス下の登熟により粒重が小さくなるとともに、地上部の茎葉ばかりでなくコメの Na 含量も高くなるため、図1のように、処理区 / 無処理区の粒重比が小さい品種・系統で、Na 含量比が大きい傾向になったと考えられる。

今回の試料は、ともに穂ばらみ期に最も感受性が高くなる塩ストレスと低温ストレスの関係性を調べる研究の中で得られた玄米を用いているので、供試されたのは耐冷性の程度の明らかな中国原産の品種・系統が中心であった。しかし、今回の結果を見る限りでは、インディカ米がジャポニカ米であるかにかかわらず、また中国原産か日本原産であるかにかかわらず、コメのNa含量は品種・系統により大きな変動が認められた。よって、水田の塩濃度が何らかの原因によって通常より高ければ、品種・系統によって、「日本食品標準成分表」に収載の可食部100gあたりのNa含量1mgより10倍高いコメが国内で収穫される可能性も十分ありうると判断される。

ほかの無機元素のコメ中含量についても、品種・系統によって塩ストレスの影響は異なったが、無機元素ごとに平均すると、処理区ではFe, Cu, Zn含量が10%以上の減少, KとMn含量が10%を越える増加, ほかは無処理区と大きく変わらなかった。本報告とは塩ストレスの程度や品種は異なるものの、基本培養液に50meq/LのNaClを加えて試験をした品種「朝日」の穂におけるNa, P, K, Ca, Mg, MnおよびFeの乾物あたりの含有率では、対照区の0.07%から処理区の0.40%への増加があったNa以外の元素については、あまり大きな変動は認められないとの報告¹⁵⁾と、今回の結果は全体としては類似している。なお、穂とイネの根および茎・葉のNa含有率を比較すると、上述の「朝日」を用いた研究では、対照区とNaCl処理区について、根ではそれぞれ0.19%と1.26%、茎・葉では0.19%と1.75%であり、NaCl処理した試料のNa含有率の増加割合が、根および茎・葉はともに穂と比較して高いものとなっている¹⁵⁾。

北海道から九州までの慣行栽培で得られた国産米14品種の無機元素を筆者らが分析した結果では、玄米に含まれるNaは乾重量あたりで8.0~41.3mg/kg(水分15.5%の玄米の100gあたりに換算すると0.7mg~3.5mg)であり、平均は16.4mg/kg、標準偏差10.2mg/kg、相対標準偏差62.2%であった⁹⁾。K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, ZnおよびMnについて、同様にこれら14品種の無機元素含有量の相対標準偏差を算出すると、それぞれ9.3, 17.6, 8.7, 8.8, 18.1, 20.0, 17.2および30.8%であった。また、国内の27産地34点のコシヒカリ玄米の無機元素組成を分析した結果では、Naは測定されていないが、K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, ZnおよびMnでは、相対標準偏差がそれぞれ6.2, 10.1, 6.5, 6.0, 13.2, 35.6, 11.2および19.4%であった⁴⁾。これらの

結果から、Naは産地による変動が大きい無機元素と言える。植物では、水素(H)、炭素(C)、酸素(O)、窒素(N)、K, Ca, Mg, P, イオウ(S)、モリブデン(Mo)、Cu, Zn, Mn, Fe、ホウ素(B)および塩素(Cl)の計16元素が必須である⁶⁾。すなわち、K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, ZnおよびMnは、植物にとっての必須元素であり、生理学的に濃度を一定の範囲に保つ調節機能が働くとは推定されるのに対し、Na含量の変動が大きいのは、有害元素等と同様に非必須元素であるためと考えられる。

実際の水田で塩ストレスがかかる状況としては、地形的に海水が侵入する沿岸性のもの¹⁶⁾、および台風や強風による潮風害¹⁷⁾がある。今回は穂ばらみ期に塩ストレス処理を行った水耕栽培によるイネから収穫されたコメのNa含量を分析したが、こうした塩害の起こる地域では、同様に穂ばらみ期に塩ストレスがかかることがあり得る。また、冠潮田では除塩が必要とされるケースもあることから¹⁸⁾、時期によらず潜在的に塩ストレスがかかる水田で、Na含量の高いコメが生産されることも想定される。

加えて、「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律(食品リサイクル法)」が平成13年5月より施行されており、食品循環資源の飼料や堆肥への再生利用促進のため、食品関連事業者に対し、業種別に目標が設定されている。食品には食塩が含まれるため、食品の処理物の堆肥の施用で、Naの土壌への集積が懸念されることがあり、生ごみを処理した堆肥のNa含有率や、それが作物生育に影響を与える可能性について検討がなされており、2%程度(NaCl換算で5%)までならば利用可能と報告されている¹⁹⁾。日本の水田では、乾燥地帯の畑作のような急激な塩の集積は起こらず¹⁴⁾、またこうした堆肥の有効利用による生育障害はまずないと考えられるが、施肥の内容によっては通常より塩濃度が高くなり、これに伴ってコメのNa含量が高くなるケースもあると推察される。

なお、本研究ではNaを中心に、「五訂増補日本食品標準成分表」⁵⁾の無機質9元素を対象に分析したが、「日本食品標準成分表2010」²⁰⁾では、「日本人の食事摂取基準」で策定した栄養素²¹⁾にあわせ、無機質ではこれら9元素に加えて、ヨウ素(I)、セレン(Se)、クロム(Cr)、Moの4元素が追加される。27産地34試料の玄米の無機元素組成を調べた結果、CdやPbに限らず、セシウム(Cs)やニッケル(Ni)など極微量な元素では、その濃度分布は低濃度側に集中し、高濃度側に裾をひく形となり、相対標準偏差もそれぞれ

118% (Cd), 94% (Pb), 258% (Cs), 111% (Ni) と高かった⁴⁾。「日本食品標準成分表」に新たに追加される4元素についても, Moを除くと植物にとって必須性の確認されていない元素であり, また陸上の植物ではいずれも極微量で, 含有量の変動が大きいと考えられる。

本研究で調べたコメに限らず, 農産物の成分の含有量は, 土壌, 施肥, 栽培法, 天候などの環境条件の変化や, 品種・系統の違いのような遺伝子の変異に影響されて変動する。本研究では, 水耕栽培のイネにおける穂ばらみ期の塩ストレス処理により, 収穫されたコメのNa含量が無処理区の1倍から234倍にもなったことから塩ストレスがかかる環境条件に加えて品種・系統の塩ストレス感受性によっては, 「日本食品標準成分表」に収載の成分値と比較して, Na含量がかなり高いコメが生産されることは十分あり得ることが示された。

要約

「日本食品標準成分表」に収載されている含有量と実際の分析値が異なる理由に関する問い合わせに答えを与える一つの情報となるよう, コメのNa含量が高いケースに着目し, 穂ばらみ期に塩ストレス処理を与えて水耕栽培したイネから収穫した玄米のNa含量を無処理区と比較した。その結果, 処理区の玄米のNa含量の増加の度合いは品種・系統によって差があり, 無処理区の1倍から234倍となった。このことから, 品種・系統によっては, イネが生育した環境条件で, 「日本食品標準成分表」に収載の標準的な成分値と比較してNa含量がかなり高いコメが生産されることが十分あり得ることが示された。

謝辞

栽培試料および未発表データをご提供いただきました(独)国際農林水産業研究センターの飛田哲博士に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 「最新版食品分析法の妥当性確認ハンドブック」, 安井明美, 五十君静信, 後藤哲久, 丹野憲二, 湯川剛一郎編, (株式会社サイエンスフォーラム, 東京), pp i-ii (2010)。
- 2) 橘田和美, 海老原光湖, 日野明寛, 一色賢司, 飯塚太由, 吉川礼次, 斉藤和夫, 牛尾房雄, 萩野周三, 井口正雄, 島村保洋, 金谷建一郎, 小川正, 森山達哉, 川本伸一, 組換え農作物の安全性評価のための食品成分データベースの作成, 日本食品化学学会誌, 12(1), 1-9 (2005)。
- 3) 組換え農作物の安全性評価のための食品成分データベース, <http://afdb.dc.affrc.go.jp/afdb/index.asp> (2011年2月1日現在)。
- 4) 安井明美, 進藤久美子, 玄米中の無機元素組成による産地判別, 分析化学, 49, 405-410 (2000)。
- 5) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会報告, 平成17年1月24日, 「五訂増補日本食品標準成分表」, (独立行政法人国立印刷局, 東京), pp. 1-23 (2005)。
- 6) 塚本崇志, 植物栄養編要素, 「新版土壌肥料用語事典第2版」, (社団法人農村漁村文化協会, 東京), pp. 102-107 (2010)。
- 7) Maas, E. V. and Hoffman, G. J., Crop salt tolerance - current assessment. J. Irrig. Drain. Div. ASCE, **103**, 115-134 (1977)。
- 8) 上脇雅代, 寺澤真実, 増田豊, 市販ミネラルウォーター製品, 水道水, 井戸水の無機成分組成, 日食工誌, 39, 432-438 (1992)。
- 9) 進藤久美子, 安井明美, 「新形質米」の搗精および炊飯による無機元素および窒素含有量の変化(食品成分の加工・調理による変化, 第2報), 食品総合研究所研究報告, No. 60, 17-23 (1996)。
- 10) 李成雲, 飛田哲, 八島茂夫, 林隆治, 柳原誠司, 豊島英親, 進藤久美子, 大坪研一, 安井明美, 伊勢一男, 穂ばらみ期におけるイネの耐塩性と玄米の品質に及ぼす塩ストレスの影響, 育種学雑誌, 48 (別冊2号), 253 (1998)。
- 11) Yoshida S., Forno D. A., Cork J. H. and Gomez K. A., Laboratory manual for physiological studies of rice, 3rd ed., (The International Rice Research Institute. Los Banos, The Philippines), pp. 61-66 (1976)。
- 12) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会食品成分委員会資料, 平成16年2月, 「五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル」, (独立行政法人国立印刷局, 東京), pp. 1-2 (2005)。
- 13) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会食品成分委員会資料, 平成16年2月「五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル」, (独立行政法人国立印刷局, 東京), pp. 39 (2005)。

- 14) 飛田哲, 庄野真理子, 稲における耐塩性研究の現状, 農林水産技術研究ジャーナル, 20(12), 29-34 (1997).
- 15) 下瀬昇, 作物の塩害生理に関する研究(第5報) 水稻の塩害とカリウム欠乏, カルシウム欠乏の関係, 日本土壌肥科学雑誌, 35, 148-151 (1964).
- 16) 池橋宏, 塩害地の実態, 「稲学大成第3巻遺伝編」, (社団法人農村漁村文化協会, 東京), pp 459-460 (1990).
- 17) 坪井八十二, 水稻の暴風被害に関する生態学的研究, 農業技術研究所報告, A 8, 1-156 (1961).
- 18) 知崎良雄, 宮崎公市, 伊達一郎, 伊藤俊雄, 冠潮被災地の水稻作における塩害の防除について II 灌漑による除塩の方法, 愛知県農業試験場彙報, 18, 201-213 (1963).
- 19) 竹本稔, 食品廃棄物の堆肥化とその農業利用に関する研究, 神奈川県農業技術センター研究報告, 148号, 1-121 (2006).
- 20) 文部科学省, 日本食品標準成分表等の改訂について(平成22年11月16日) http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/22/11/1299182/.htm
- 21) 厚生労働省, 「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書, 平成21年5月, 「日本人の食事摂取基準(2010年版)」, pp 6.

報 文

Effect of caffeine on antigen-specific immune responses of mouse splenocytes

Masao Goto¹⁾, Yuko Takano-Ishikawa^{1)*}, Hiroshi Shinmoto²⁾¹⁾ National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8642 Japan²⁾ Tamagawa University, 6-1-1 Tamagawa-gakuen, Machida, Tokyo 194-8610, Japan

Abstract

Caffeine, a natural component of coffee and tea, is one of the most widely consumed drugs in the world. Caffeine can interact with several cell-surface receptors (e.g., adenosine receptors) and can modulate various cellular functions by binding to these receptors. However, there are few reports on its immunological functions. Therefore, we investigated the effects of caffeine on *in vitro* antigen-specific immune responses of unsensitized (naïve) immune cells from transgenic mice expressing the ovalbumin-specific T-cell receptor (TCR). Caffeine treatment significantly suppressed the proliferation of splenocytes and the secretion of interleukin (IL)-2, IL-4, and IL-10 elicited by ovalbumin stimulation. Moreover, immunoglobulin (Ig) G1 secretion was downregulated. In contrast, antigen-specific secretion of IL-12p40, IL-5, IgG2a, and IgA were not affected. These results suggest that caffeine treatment alters antigen-specific immune responses of primary naïve immune cells.

Key words: caffeine; Th1; Th2; naïve immune cells; immune responses

Introduction

Caffeine (1,3,7-trimethylxanthine) is a purine alkaloid that occurs naturally in many plant materials (i.e., coffee beans and tea leaves). Because it acts as a central nervous system stimulant, caffeine is commonly consumed as a psychoactive drug. It is now known that caffeine has various biological functions, such as anti-inflammatory, anti-obesity, and diuretic functions. Caffeine is an antagonist that binds to adenosine receptors (Yang, A. *et al.* 2010). Moreover, this compound has affinity for the inositol-3-phosphate receptors (IP3Rs) (Szatkowski, C. *et al.* 2010) and ryanodine receptors (RyRs) (Herrmann-Frank, A. *et al.* 1999). These receptors exist on the surface of immune cells (Hasko, G. *et al.* 2009, Premack, B.A. and Gardner,

P., 1992, Kong, H. *et al.* 2008). Therefore, it is possible that caffeine modulates the immune system through the binding of these cell-surface receptors. However, its effects on the immune system are not well understood.

Elevation of intracellular calcium concentration is an essential triggering signal for T cells, and this leads to changes in antigen-specific immune responses. Recent studies have suggested that caffeine alters intracellular calcium signaling in lymphocytes (Ritter, M. *et al.* 2001). Indeed, caffeine suppresses the activation of immune cells (Rosenthal, L.A. *et al.* 1992, Ritter, M. *et al.* 2005).

In these previous studies, caffeine was used at relatively high doses (1.5–10 mM) and concanavalin A or lipopolysaccharide was utilized as a non-specific immune stimulator. Therefore, the cellular responses observed in these experiments may not reflect the intrinsic antigen-

*Corresponding author: Yuko Takano-Ishikawa (E-mail: yuko@affrc.go.jp)

specific immune responses *in vivo*. In addition, in some reports, cloned T cell lines were employed to assess the effects of caffeine on antigen-specific T cell responses. The establishment of antigen-specific T cell lines requires repeated stimulation with specific antigens. Hence, the immunological characteristics of established immune cell lines may be different from those of naïve cells.

In this study, we used primary immune cells from DO11.10 mice that express a transgenic T cell receptor (TCR) that recognizes chicken ovalbumin (OVA), which is presented by the major histocompatibility complex class II molecule. Given that the T cells in these mice cells properly respond to OVA without sensitization to this antigen, our experimental system seems to be more appropriate for investigating immune modulatory activities of drugs in naïve immune cells. Here, we describe the effects of low-dose caffeine treatment on antigen-specific responses of splenocytes.

Materials and Methods

Mice DO11.10 mice that express TCR specific for the OVA 323-339 peptide bound with I-Ad were purchased from Jackson Laboratory (Boston, MA, USA) and maintained in our specific pathogen-free animal facilities. Homozygotic male mice were mated with BALB/c female mice and the heterozygotes were used in these experiments. The animal studies were reviewed and approved by the Animal Care and Use Committee of the National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization (NARO), Japan. All surgical processes were conducted after cervical dislocation.

Chemicals and Reagents RPMI 1640 medium and OVA (Fraction V) were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Caffeine was purchased from Nacalai Tesque (Kyoto, Japan). All other chemicals were of the highest purity available from commercial sources.

Isolation of immune cells Single-cell suspensions of splenocytes were prepared from individual mice by mechanical dispersion. Splenocytes were counted and the viability was assessed with trypan blue exclusion. The viability of the splenocytes from all treatment groups was 95%.

Cell culture The medium used for the cell cultures was RPMI 1640 containing 2-mercaptoethanol (5×10^{-5}

mol/L), penicillin (100 U/mL), streptomycin (100 µg/mL), and 10% fetal calf serum (Biowest, Nuaille, France).

Caffeine treatment Caffeine was dissolved in PBS at a concentration of 100 mM and stored at -30 °C as a stock solution. The caffeine stock solution was diluted with the culture medium immediately before use. Pooled splenocytes from 4 mice were treated with 6.25, 25, and 100 µM of caffeine and stimulated with intact OVA (0, 1, 2, 5, or 10 µM) for up to 1 week in a culture medium. The data shown are the means (SE) from cultures measured in triplicate (Similar results were seen in 2 additional experiments with 3–4 mice).

Analysis of antigen-specific immune responses *in vitro* Splenocytes from the mice were suspended at a concentration of 2×10^6 cells/mL in culture medium and stimulated with OVA in 96-well culture plates (NUNC, Boston, MA, USA). An antigen-specific cell proliferation assay was conducted in a total volume of 100 µL with 1×10^5 cells per well. After 72 h, cell proliferation was measured by a cell proliferation enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and BrdU (chemiluminescent) kit (Roche Molecular Biochemicals, Basel, Switzerland). An antigen-specific cytokine and antibody secretion assay was performed in a total volume of 300 µL with 3×10^5 cells per well. The culture supernatants were collected at 48 h (for the measurement of IL-2, IL-4, and IL-5) and at 72 h (for the measurement of IL-10, IL-12p40, and IFN-γ) and at 1 week (for the measurement of IgG1, IgG2a, IgM, and IgA) after the OVA stimulation and stored at -30 °C. The cytokine concentrations were measured using Mouse Cytokine ELISA Ready Set Go! kits (eBioscience, San Diego, CA, USA) and the antibodies were measured using Mouse Ig ELISA Quantitation Kits (Bethyl, Montgomery, TX, USA).

Statistical analysis We compared the data for OVA-stimulated cells treated with the same concentrations of OVA. Statistical analyses were performed by ANOVA with Tukey's multiple comparison of means test.

Results

Effect of caffeine on antigen-specific proliferation of naïve splenocytes First, we confirmed that the concentrations of caffeine used in this study did not have result in acute toxicity to the splenocytes prepared from the DO

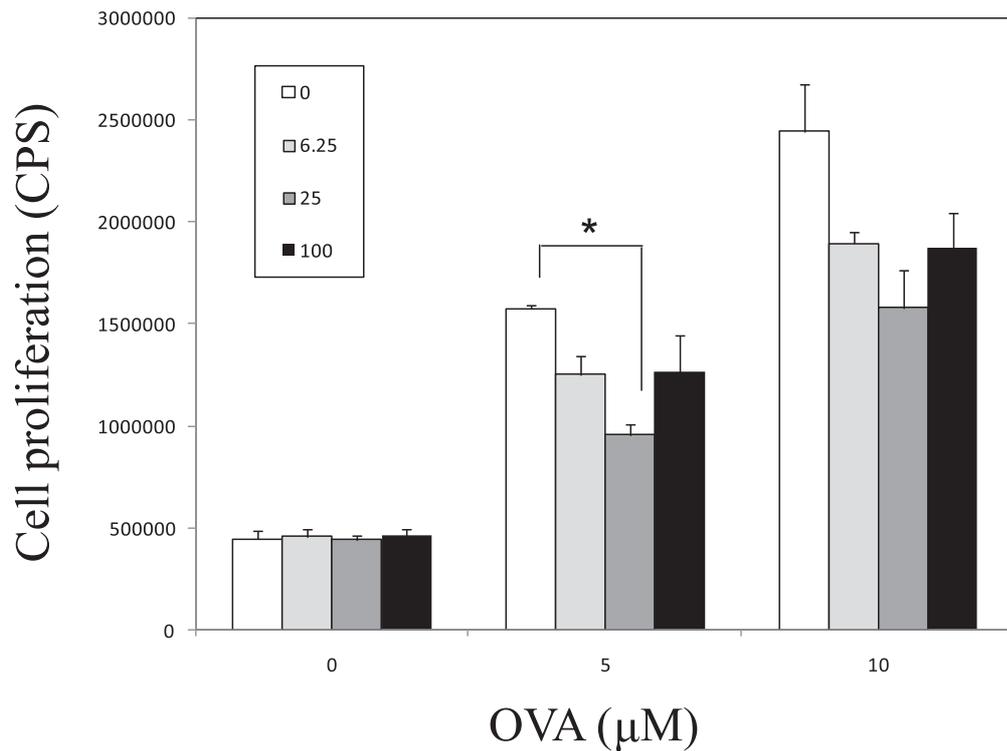


Fig. 1 Proliferation of splenocytes from naïve transgenic mice with specific-antigen in the presence of caffeine

Pooled splenocytes from four DO11.10 mice were cultured for up to 72 h with treatment of 0 (control), 6.25, 25, and 100 µM of caffeine in the presence of 5 and 10 µM of OVA. Cell proliferation was measured by intake of BrdU. Comparison was done among the data of OVA stimulation by equal concentration.

*: p 0.05

11.10 mice (data not shown). Then, the effects of caffeine on antigen-specific cell proliferation of splenocytes prepared from DO11.10 mice were determined. Caffeine exposure (25 µM) significantly suppressed the proliferation of splenocytes stimulated with 5 µM OVA (Fig. 1), indicating that caffeine suppressed the antigen-specific proliferation of these cells (Fig. 1).

Effects of caffeine on antigen-specific Th1-type cytokine secretion from splenocytes The Th1-type cytokines (IL-2, IL-12p40, and IFN-γ) are critical for the development of Th1-type T cells, and IL-2 is critical for the proliferation of T cells. Moreover, IL-2 and IFN-γ are secreted from T cells and IL-12p40 is secreted from antigen-presenting cells. Thus, we analyzed their concentrations in the culture supernatant of OVA-stimulated splenocytes (Fig. 2). Antigen-specific IL-2 secretion decreased significantly following treatment with 100 µM of caffeine. Suppression of IFN-γ secretion was also observed, though it was not significant. In contrast, the suppression of IL-12p

40 secretion was not observed.

Effects of caffeine on antigen-specific Th2-type cytokine secretion from splenocytes. Because the Th2-type cytokines (IL-4, IL-5, and IL-10) that are secreted from Th2 cells are also important for proper immune responses, we examined the concentrations of these cytokines. As shown in Fig. 3, IL-4 and IL-10 secretion, but not IL-5 secretion, was significantly suppressed by caffeine treatment (at 25 and 100 µM).

Effects of caffeine on antigen-specific antibody secretion from splenocytes Finally, we investigated the effect of caffeine on antibody secretion from splenocytes. The concentrations of antibodies (IgM, IgG1, IgG2a, and IgA) in the culture supernatant of specific-antigen-stimulated splenocytes are shown in Fig. 4. Caffeine, at the concentration of 100 µM, significantly suppressed the secretion of IgG1 stimulated with 1 µM OVA. The suppression of IgM secretion was observed following treatment with 100 µM of caffeine and 5 µM of OVA, but the suppression

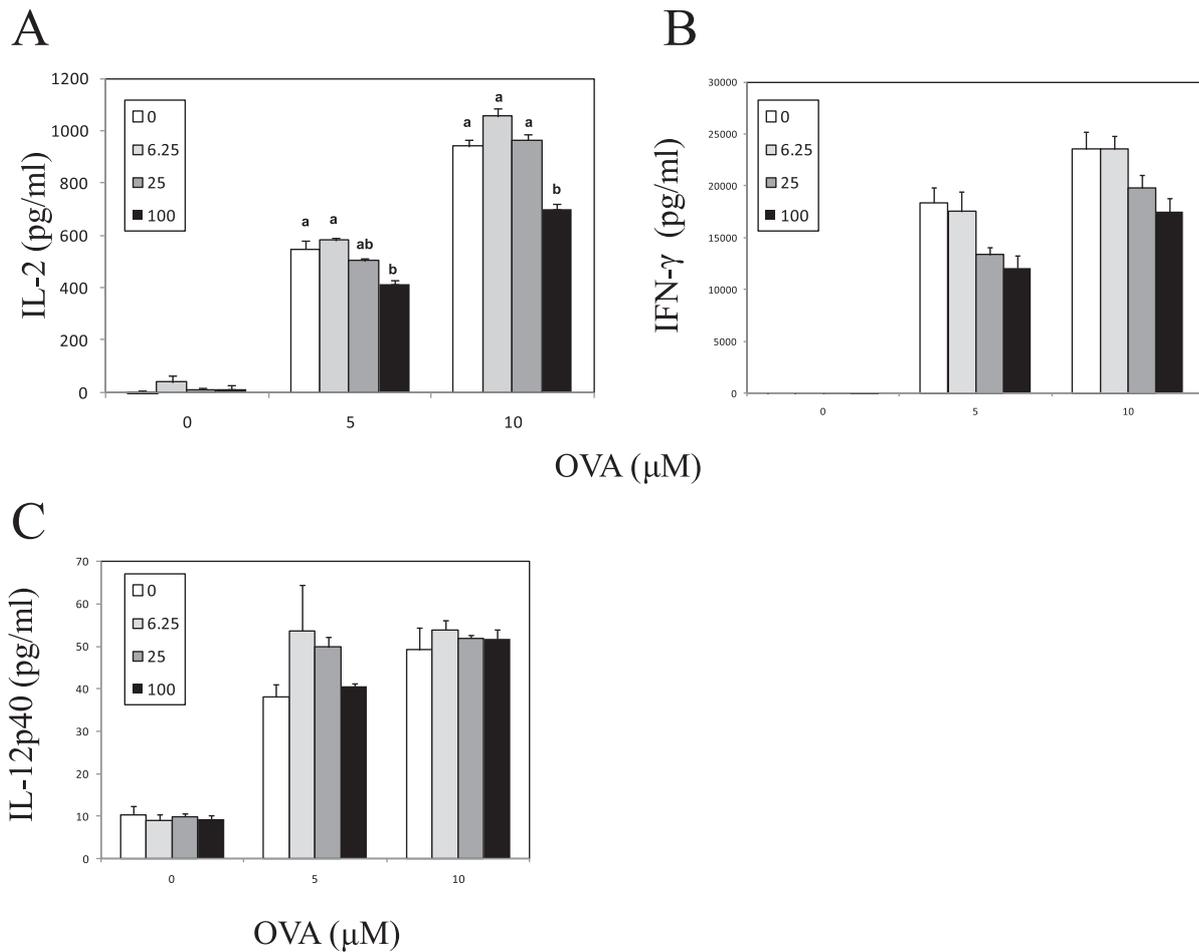


Fig. 2 Effects of coffee on antigen-specific Th1 type cytokines (A: IL-2, B: IFN- γ , C: IL-12p40) secretion of splenocytes from naïve transgenic mice

Pooled splenocytes from four DO11.10 mice were cultured with 0 (control), 6.25, 25, and 100 μ M of caffeine in the presence of 5 and 10 μ M of OVA for 48h (A) and 72 h (B and C). Concentrations of cytokines were measured by ELISA. Comparison was done among the data of OVA stimulation by equal concentration. Different letters above each bar indicate statistical difference ($p < 0.05$).

was not significant. The secretion of IgG2a and IgA did not change.

Discussion

In this study, we investigated the immunological effects of caffeine on the antigen-specific responses of naïve splenocytes. Our data indicate that caffeine suppresses antigen-specific cell proliferation of splenocytes (Fig. 1) and the secretion of IL-2 (Fig. 2A), which is the most important cytokine for T cell proliferation, without any adverse effects on cell viability. Splenocytes include various types of cells that may have various sensitivities to caffeine, and therefore, suppression of the whole batch of

splenocytes caused by caffeine might be inconsistent. Additionally, we demonstrated that caffeine treatment reduces the secretion of IL-4 (Fig. 3A), IFN- γ (Fig. 2B), and IL-10 (Fig. 3C). These results are consistent with previous observations of non-specific stimulated T cells (Rosenthal, L.A. *et al.* 1992, Ritter, M. *et al.* 2005).

Caffeine alters calcium signaling and thereby induces a transient increase in intracellular calcium (Ritter, M. *et al.* 2001). The cell-surface receptors IP3R and RyR are thought to be involved in calcium signaling in T cells. Caffeine has been shown to block IP3Rs, which are involved in calcium signaling in T cells (Premack, B. A. and Gardner, P., 1992); perturbation of IP3R-dependent, but not RyR-dependent, calcium signaling is considered to

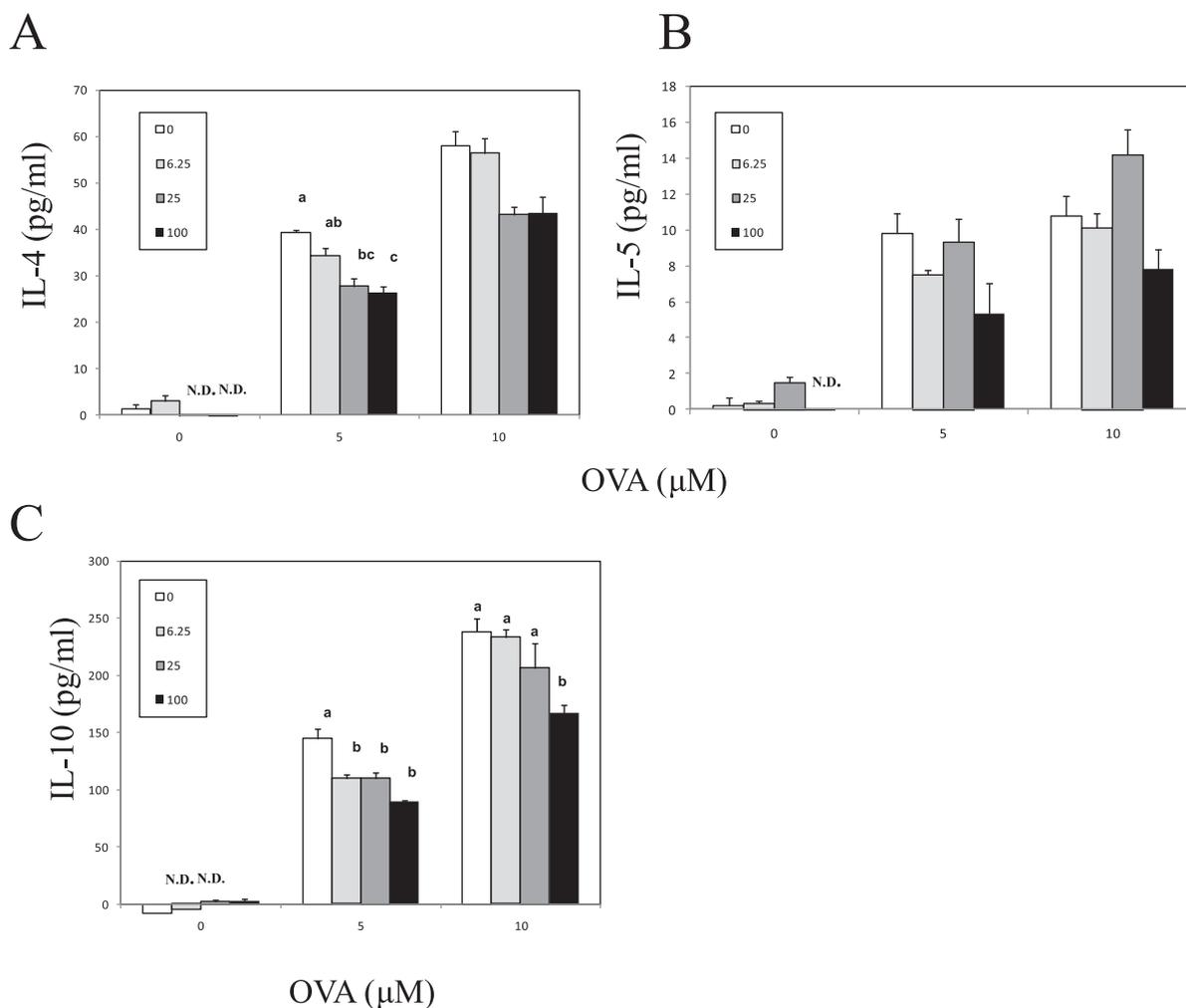


Fig. 3 Effects of caffeine on antigen-specific Th2 type cytokines (A: IL-4, B: IL-5, C: IL-10) secretion of splenocytes from naïve transgenic mice

Pooled splenocytes from four DO11.10 mice were cultured with 0 (control), 6.25, 25, and 100 µM of caffeine in the presence of 5 and 10 µM of OVA for 48 h (A and B) and 72h (C). Concentrations of cytokines were measured by ELISA. Comparison was done among the data of OVA stimulation by equal concentration. Different letters above each bar indicate statistical difference ($p < 0.05$).

be responsible for the suppression of cytokine production (Ritter, M. *et al.* 2005). Therefore, it is likely that caffeine caused the suppression of antigen-specific IL-2 secretion and cell proliferation of naïve cells through a similar mechanism.

These findings imply that the signal-transduction pathways that govern the expression of these cytokines are different. Indeed, it has been shown that the regulation of IL-5 expression is different from that of IL-4 and IL-10 (Zhu, J. *et al.* 2004).

IgG1 secretion from splenocytes was significantly suppressed by caffeine treatment (Fig. 4A). The secretion of IgG1 is influenced by the production of Th2-type cy-

tokines, particularly IL-4 (Purkerson, J. and Isakson, P., 1992). Therefore, caffeine might decrease IgG1 through IL-4 suppression. Additionally, it was reported that IP3R is also involved in signal transduction that regulates Ig production in B cells (Sugawara, H. *et al.* 1997, Dellis, O. *et al.* 2006). Hence, caffeine might generally affect Ig secretion through a synergistic effect from its interaction with IP3R on B cells and with T cells. However, this assumption is less likely because the secretion of IgA, IgG2 a, and IgM was not significantly affected by caffeine treatment.

Future clinical and epidemiological studies on caffeine consumption are needed to elucidate the exact physi-

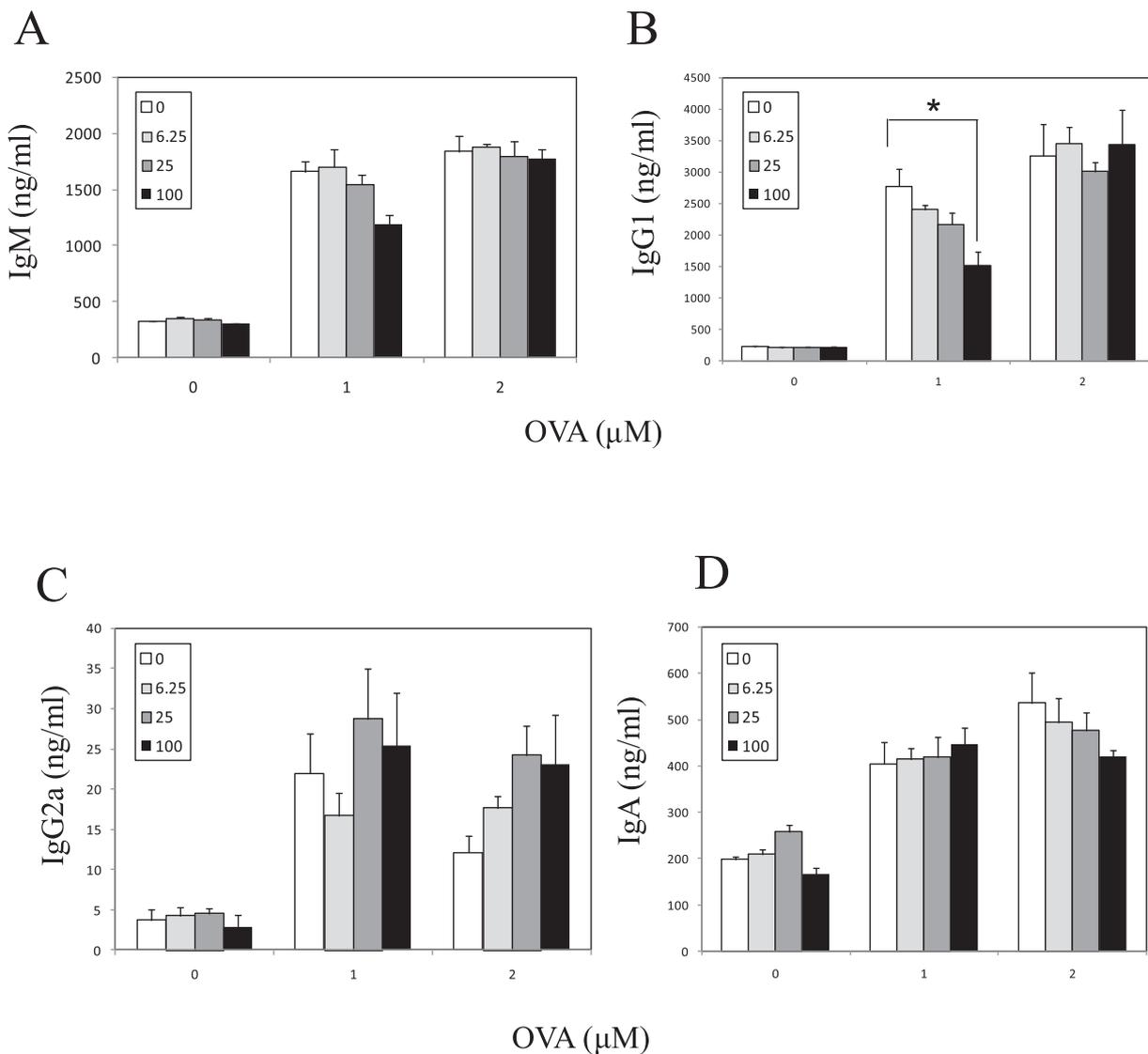


Fig. 4 Effects of caffeine on antigen-specific antibodies (A: IgM, B: IgG1, C: IgG2a, D: IgA) secretion of splenocytes from naïve transgenic mice

Pooled splenocytes from four DO11.10 mice were cultured with 0 (control), 6.25, 25, and 100 μM of caffeine in the presence of 1 and 2 μM of OVA for 1 wk. Concentrations of antibodies were measured by ELISA. Comparison was done among the data of OVA stimulation by equal concentration. Different letters above each bar indicate statistical difference ($p < 0.05$).

ological mechanism of immune response.

Acknowledgment

We thank Michiko Yamamoto for technical assistance. This work was supported by a grant-in-aid for the development of evaluation and management methods for the supply of safe, reliable, and functional food and firm produce from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan.

References

- Yang A, Palmer AA and de Wit H. (2010). Genetics of caffeine consumption and responses to caffeine. *Psychopharmacology (Berl)*, **211**, 245-257.
- Szatkowski C, Parys JB, Ouadid-Ahidouch H and Matifat F. (2010). Inositol 1,4,5-trisphosphate-induced Ca^{2+} signalling is involved in estradiol-induced breast cancer epithelial cell growth. *Mol Cancer*, **9**, 156-168.

- Herrmann-Frank A, Luttgau HC and Stephenson DG. (1999). Caffeine and excitation-contraction coupling in skeletal muscle: a stimulating story. *J Muscle Res Cell Motil*, **20**, 223-237.
- Hasko G, Csoka B, Nemeth ZH, Vizi ES and Pacher P. (2009). A(2B) adenosine receptors in immunity and inflammation. *Trends Immunol*, **30**, 263-270.
- Premack BA and Gardner P. (1992). Signal transduction by T-cell receptors: mobilization of Ca and regulation of Ca-dependent effector molecules. *Am J Physiol*, **263**, C1119-1140.
- Kong H, Jones PP, Koop A, Zhang L, Duff HJ and Chen SR. (2008). Caffeine induces Ca²⁺ release by reducing the threshold for luminal Ca²⁺ activation of the ryanodine receptor. *Biochem J*, **414**, 441-452.
- Ritter M, Menon S, Zhao L, Xu S, Shelby J and Barry WH. (2001). Functional importance and caffeine sensitivity of ryanodine receptors in primary lymphocytes. *Int Immunopharmacol*, **1**, 339-347.
- Rosenthal LA, Taub DD, Moors MA and Blank KJ. (1992). Methylxanthine-induced inhibition of the antigen- and superantigen-specific activation of T and B lymphocytes. *Immunopharmacology*, **24**, 203-217.
- Ritter M, Hohenberger K, Alter P, Herzum M, Tebbe J and Maisch M. (2005). Caffeine inhibits cytokine expression in lymphocytes. *Cytokine*, **30**, 177-181.
- O'Connell PJ, Klyachko VA and Ahern GP. (2002). Identification of functional type 1 ryanodine receptors in mouse dendritic cells. *FEBS Lett*, **512**, 67-70.
- Zhu J, Min B, Hu-Li J, Watson CJ, Grinberg A, Wang Q, Killeen N, Urban JF, Jr., Guo L and Paul WE. (2004). Conditional deletion of GATA3 shows its essential function in T(H)1-T(H)2 responses. *Nat Immunol*, **5**, 1157-1165.
- Purkerson J and Isakson P. (1992). A two-signal model for regulation of immunoglobulin isotype switching. *FASEB J*, **6**, 3245-3252.
- Sugawara H, Kurosaki M, Takata M and Kurosaki T. (1997). Genetic evidence for involvement of type 1, type 2 and type 3 inositol 1,4,5-trisphosphate receptors in signal transduction through the B-cell antigen receptor. *EMBO J*, **16**, 3078-3088.
- Dellis O, Dedos SG, Tovey SC, Taufiq Ur R, Dubel SJ and Taylor CW. (2006). Ca²⁺ entry through plasma membrane IP3 receptors. *Science*, **313**, 229-233.

研究ノート**食品ナノテクノロジープロジェクトのウェブサイトの開設**

曲山 幸生*・七里 与子・杉山 滋

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

Opening the Website of Food-Nanotechnology Project

Yukio Magariyama*, Kumiko Shichiri and Shigeru Sugiyama

National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8642 Japan

Abstract

農林水産省委託研究プロジェクト「食品素材のナノスケール加工及び評価技術の開発」(食品ナノテクノロジープロジェクト)のウェブサイト (<http://nfri.naro.affrc.go.jp/yakudachi/foodnanotech/index.html>) を開設した。ナノテクノロジーが社会に受容される技術となるためには、研究者などの専門家だけでなく、一般の方にも初期の段階から研究の状況を知ってもらい、ともに研究を推進することが重要だと考えられている。ここでは、研究の成果や現状を専門家でない方にも理解してもらうために、ウェブサイトに組み込んだいくつかの工夫について紹介する。

ウェブサイト開設の目的

本ウェブサイトのトップページ(図1)に、プロジェクトリーダーである杉山滋が本サイトの目的を次のように記している。

本サイトは、農林水産省委託研究プロジェクト「食品素材のナノスケール加工及び評価技術の開発」の研究成果を多くの方に知っていただくために開設しました。

つまり、食品ナノテクノロジーの現状を専門家でない人たちにも知ってもらい、この技術のメリットとデ

メリットを公平に判断するための材料を提供することが本ウェブサイトの目的である。

日本やヨーロッパでは遺伝子組換え技術はうまく社会に受容されたとは言いがたい。その反省に基づき、社会全体に影響を及ぼしそうな新技術分野の場合、研究の初期の段階から研究者が研究成果を専門家以外の方にもわかりやすく発信し、研究の方向性も含めて社会全体に関わっていきこうという考え方が強くなってきている¹⁾。食品ナノテクノロジープロジェクトはその考え方で進められるべき研究課題であると位置づけられている。そのため、本ウェブサイトは、これまでのものに比べて、専門家以外の方にとって役立つという点が重視されなければならない。

§ 連絡先, maga@affrc.go.jp



図1．食品ナノテクノロジープロジェクトサイトのトップページ

プロジェクトリーダーの巻頭言を掲載している。



図2．研究内容紹介のページ例

研究紹介のページには、研究担当者氏名を記載し、責任を明確化した。また、関連する論文リストも付記し、詳細な情報にアクセスできるようにした。

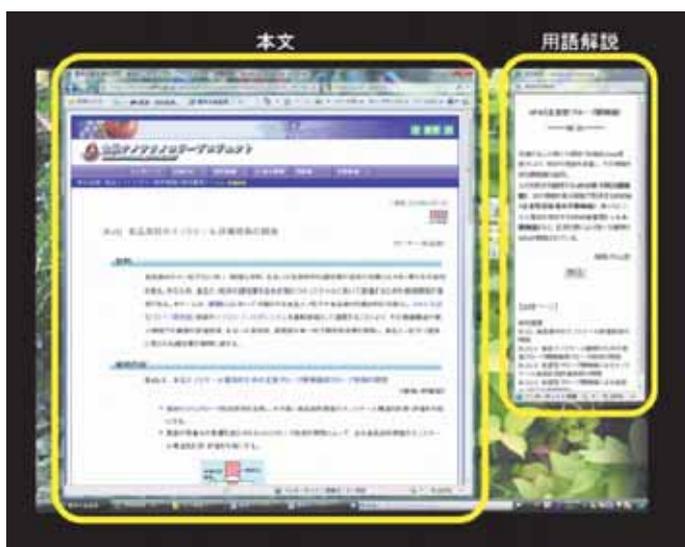


図3．用語解説ウィンドウの例．

左側の本文ウィンドウで青い字で示された用語（ここでは「SPM」）をクリックすると、用語ウィンドウが画面の右上で開く．

研究成果

食品ナノテクノロジープロジェクトが農林水産省の委託研究プロジェクトのひとつとして重要であることを示すために、研究成果を解説するページを著者らは最も重視している．研究課題が妥当か、その課題を担当する研究者の課題遂行能力は十分か、また研究者は真摯に課題に取り組んでいるか、といった視点で、国民は本研究プロジェクトの成果を検討すると思われる．

その厳しい評価をしっかりと受け止めるという意味で、研究担当者が自分の研究課題についてその成果を解説するという形態を採用し、各ページには担当者の氏名を記した（図2）．また、担当者がその成果を発表した論文（審査を受けたもの）リストを付記し、より詳しく正確な情報を調べることができるようにした．これにより、その記述内容に対する責任が明確化される一方で、担当者がその分野において高い専門性を有していることを訪問者に示した．情報を受け取ってもらうためには、情報源の信頼感が高いこと、つまり、専門性の高さと誠実な態度が必要だが、本ウェブサイトはその要素を盛り込めたと考えている．

用語解説

専門家以外の方が研究成果の文章を読むときの最初の障害が専門用語である．用語解説には、語句の解説にとどまらずその周辺の考え方もまとめて伝達しよう

とする百科事典タイプ（例、食品安全委員会の用語集²⁾と、文章を読むことに特化した軽い説明が掲載された国語辞典タイプの、ふたつの方法がある．本サイトは後者の方法を採用した．用語解説自身に内容の説明を含めすぎて、訪問者が本文を読み進むリズムを崩してしまう恐れがあるからである．研究成果の説明文に使われているすべての専門用語をクリックすると、用語解説ウィンドウが開き、簡単な解説を読むことができるようにした（図3）．本文ウィンドウと用語解説ウィンドウを重ねないように表示できるので、用語解説ウィンドウを開いたまま本文を読み進めることができる．

よくある質問

専門家以外の方にとって未知の新技术は、期待と裏腹に、大きな不安も感じさせるので、ナノトライ³⁾のミニ・コンセンサス会議でまとめられた「鍵となる質問」のような、専門家が答えにくいさまざまな質問が寄せられる．しかし、食品ナノテクノロジーが社会に受容され、理想的な形で推進されるようにするためには、専門家は誠実にこれらの質問に答えなければならない．答えないことは、自分たちに不都合なことが秘密に進められていると専門家以外の方に感じさせるからである．

食品ナノテクノロジープロジェクトでは、「よくある質問」にあえて専門家が答えにくい質問を取り上げ、プロジェクトリーダーが現状の知識をベースに正直に答えている．例えば、



図4．印刷版のダウンロード

トップページを始め、研究紹介などのページから、印刷版（PDF）をダウンロードできるようにしてある。



図5．国内外の情報のページ

PEN News Letter より、食品ナノテクノロジーに関する記事を転載している。

そもそもヒトの消化器系が食品をナノ化するシステムだという見方ができません。まえもってナノ加工した食品と、そうでない食品を食べたときに、人体に違いは生じるのでしょうか？

という問に対して、単に情報がないと答えるのではなく、

通常食品の場合には、経口摂取した後、ゆっくりと消化が進み、腸管で吸収されることとなります。ナノ食品の消化吸収についての研究データはまだ少ないですが、消化されたのと同程度のサイズの食品が腸に到達するため、吸収率は通常食品に比べて高くなることが予想されます。

とひとつの考え方を示すことにした。決着の付いていない問題に対して、従来は客観性を重視してコメントしないことが多かったが、本サイトでは、なぜこの研究を推進したいのかという思いを示すためにプロジェクトリーダーが一步踏み込んで答えることにした。

印刷版

食品ナノテクプロジェクトの研究成果を読みたいとき、必ずしもインターネットに接続されたパソコンの前には限らない。そのような場合に対応するために、印刷して利用できる PDF ファイルを提供している(図4)。これは各ページ(個別研究課題)に対応したパンフレットのようなものと、全体をとりまとめた報告書のような形式のものがあり、資料として適宜利用できるようにした。

外部情報(リンク集, PEN から抜粋)

専門家以外の方にとって重要な情報は、食品ナノテクプロジェクトの研究成果だけではない。プロジェクトの背景となる、世界の研究状況、各国のナノテクノロジーに対する対応なども興味の対象である。そこで、関係する国内外の諸機関やそれらが発行した報告書のリンク集を充実させた。8月25日現在で、国内20機関、国外17機関、報告書等27件をリストアップしている。また、独立行政法人産業技術総合研究所ナノシステム研究部門の許可を受け、2010年10月よりナノシステム研究部門発行の「PEN News Letter」に掲載された食

品ナノテクノロジーに関する記事を本サイトに転載している(図5)³⁾。

利用状況

2010年8月10日にウェブサイトを公開した後、9月30日までの訪問数は469件(図6)、サイト内のページの閲覧数は1198回(図7)であった(解析方法は補足で記述した)。この中にはPDFファイルのダウンロード数も含まれている。図8はどのような情報が訪問者に見られているかを示したグラフである。全閲覧数のうち、食品ナノテクノロジープロジェクトの研究情報が約4割を占めており、研究内容に興味を持っている人が多く訪問していることがわかった。PDFファイルのダウンロードは2割で、著者らの期待どおり資料として活用する人が多いことを示している。また、FAQ、用語集、リンク集というコンテンツからなる外部情報(解析期間には国内外の情勢は掲載されていなかった)の閲覧も14%あり、本プロジェクトの背景となる情報にも興味を持たれていることがわかった。参照元(訪問者が直前に閲覧していたページ)を集計したところ、「食品ナノテク」など適当な検索語を使って検索サイトから食品ナノテクノロジープロジェクトサイトを訪問した人が6割以上だった(図9)。一方、個人のブログなど食総研サイトや検索サイト以外のサイトを経由した訪問はなかった。この結果は、食品ナノテクノロジープロジェクトサイトが開設されて間がないため、世間にほとんど知られていないことを示している。

補足: アクセス解析の方法

食品総合研究所サイトのアクセスログファイル(2010年8月分, 9月分)から、食品ナノテクノロジープロジェクトサイトのページへのアクセスログを抽出した。抽出条件は表1のとおりである。その後、食総研からのアクセス(ホスト: 150.26.17.0/24, 150.26.147.0/24)を除外した。さらに、表2の条件を満たすものを検索エンジンのロボットからのアクセスとみなし、除外した。同じホストが30分未満に食品ナノテクノロジーサイトのページをアクセスした場合は同一セッション(1回の訪問)と考えた。これらの操作は、MS-Excel2007にログデータを取り込み、VBAで作成したプログラムにより実行した。

なお、ここで使用したアクセス解析に関する用語を表3にまとめておく。

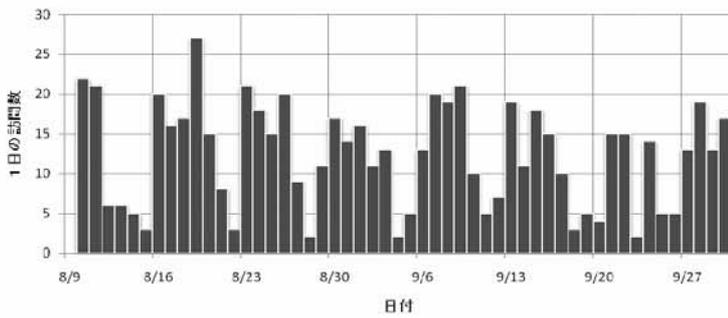


図6．1日の訪問数

2010年8月10日から9月30日の期間の、1日に食品ナノテクノロジープロジェクトサイトを訪問した件数を示した。同じIPアドレスからのアクセスであっても、30分以上アクセスがなかった場合は別の訪問としてカウントした。

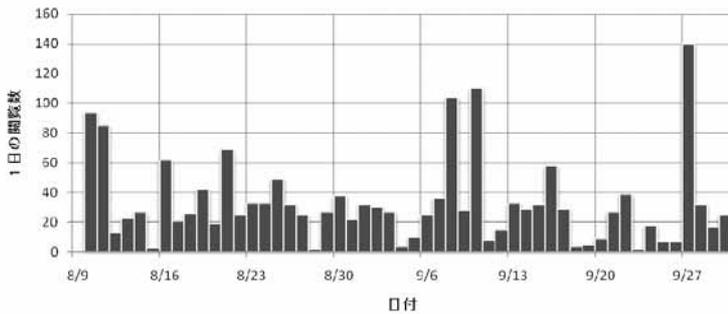


図7．1日の閲覧ページ数

2010年8月10日から9月30日の期間の、1日に食品ナノテクノロジープロジェクトサイトに含まれるすべてのページの閲覧数を示した。

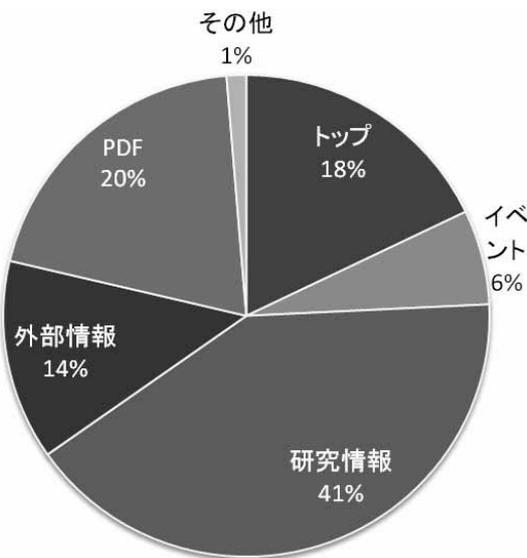


図8．情報の種類別に分けた閲覧数の割合

ウェブサイトのページを、トップページ、イベント情報、本プロジェクトに関する研究成果の解説などの研究情報、本プロジェクト以外の情報、その他（サイトマップなど）に分類し、閲覧数を集計した。用語解説ウィンドウの閲覧は含まれていない。

今後の課題

ウェブサイト利用者の信頼を高めるには、研究情報や外部情報をできるだけ頻繁に更新していくことが望

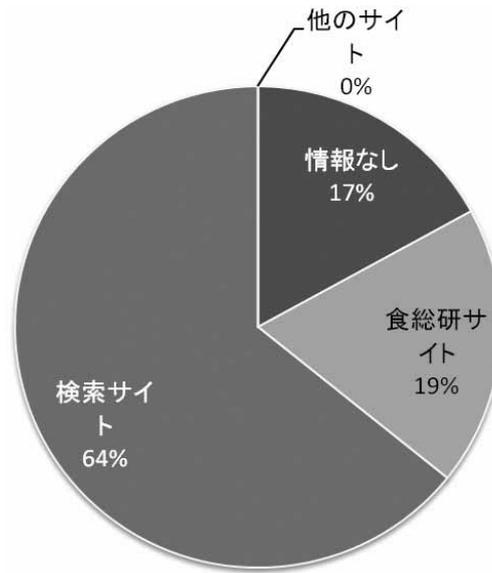


図9．参照元の割合

参照元を、情報なし（直接アクセスを含む）、食総研サイト、検索サイト、他のサイトに分類し、訪問数を集計した。

ましい⁵⁾。そのためには、次の機能を実施できる仕組みづくりが必要である。

- ① 研究担当者からプロジェクトリーダーにタイムリーに研究情報が集められる。
- ② プロジェクトリーダーに集積された情報がウェブ

表1．食品ナノテクノロジープロジェクトサイトのアクセスログ抽出条件

リクエスト (GET/yakudachi/foodnanotech/から始まる) AND ((html ファイル) OR (pdf ファイル))
ステータス 200 : リクエストが成功

表2．検索エンジンのロボットの条件

(ユーザーエージェントに下記の文字列を含むもの) OR (情報がないもの) “ abby ” “ BaidelImagespider ” “ Baiduspider ” “ BlinkaCrawler ” “ Butterfly ” “ CatchBot ” “ Cityreview Robot ” “ Comodo-Certificates-Spider ” “ discobot ” “ Dotbot ” “ DotBot ” “ eGovRobot ” “ Exabot ” “ Gaisbot ” “ Google Desktop ” “ google-search ” “ Googlebot ” “ HyperRobot ” “ ia_archiver ” “ ICC-Crawler ” “ ichiro ” “ kmbot ” “ L . webis ” “ librabot ” “ libwww-perl ” “ Mail . Ru ” “ MJ12bot ” “ MLBot ” “ msnbot ” “ mxbot ” “ ndl-dnavi-japan ” “ NetcraftSurveyAgent ” “ NjuiceBot ” “ Nutch ” “ Ocelli ” “ psbot ” “ Purebot ” “ Speedy Spider ” “ tenteki . org ” “ Toata dragostea ” “ TurnitinBot ” “ TweetmemeBot ” “ Twiceler ” “ Twitterbot ” “ Voyager ” “ VSIDX crawler ” “ vspider ” “ webcollege ” “ WebCompass crawler ” “ WhatsUp ” “ WordPress ” “ WWW::Document ” “ WWWC ” “ Y ! J-BRI ” “ Yahoo ! Slurp ” “ Yandex ” “ Yeti ”
--

表3．アクセス解析に関する用語の説明

用語	説明
アクセスログ	ウェブサーバがおこなった動作をウェブサーバ自身が記録したもの。食総研サーバでは、ホスト（アクセス者の IP アドレス）、日時、リクエスト（動作要求の内容）、ステータス（成功/エラー情報）、サイズ（転送したファイルサイズ）、参照元（アクセス者が直前に見ていたページ）、ユーザーエージェント（アクセス者が使用しているブラウザ）を記録している。
検索エンジン（ロボット）	インターネット上に存在するウェブページや画像ファイルなどを検索する機能。ロボット型検索エンジン、ディレクトリー型検索エンジンなどがある。ロボット型検索エンジンでは、インターネット上の文書や画像を周期的に取得し、データベース化するロボット（クローラ、ボット、スパイダーなどとも呼ばれる）が使われている。
閲覧	特定のウェブページにアクセスする行為。ページビューとも言う。
訪問	特定のウェブサイトに含まれるページを連続して閲覧する場合を、そのウェブサイトへの訪問としている。セッションとも言う。

サイト編集チームにも自動的に共有される。

③ どの情報が掲載されるべきか常時判断できる。

また、食品ナノテクノロジープロジェクトの研究課題の中で、どの課題の注目度が高いのかなど、社会の要請をアクセス解析によって推定することができるかもしれない⁶⁾。このような情報を求め、今後もアクセス解析を続けていく予定である。

謝 辞

PEN News Letter からの転載を許可していただいた、独立行政法人産業総合研究所ナノシステム研究部門に感謝します。

要 約

ナノテクノロジーの発展は期待されているが、一方、社会にデメリットをもたらすかもしれない。そこで、研究の初期の段階から、専門家でない人も含めて社会全体で関わりを持ちながら、研究開発を推進していこうという考え方が強くなっている。その流れに沿って、食品ナノテクノロジープロジェクトの研究成果を一般の方に知ってもらうためにウェブサイトを開設した。専門家でない一般の方にも研究内容と周辺情報をわかりやすく提供し、食品ナノテクノロジーの価値を理解していただくことを目的としている。ここでは、その

目的のためにウェブサイトに組み込んだ次の項目について工夫した。

- ① 研究成果の説明に対して信頼感を高めるために、研究担当者の氏名を記載し、論文リストを付記した。
- ② 研究成果の説明を読みやすくするために、用語解説ウィンドウを工夫した。
- ③ 研究者が隠し事をしていないことを示すために、「よくある質問」で決着の付いていない答えにくい問題にも回答した。
- ④ まとまった資料としても利用できるように、印刷版（PDF）を準備した。
- ⑤ 周辺情報にアクセスしやすくするために、外部情報（国内外の情報とリンク集）を充実させた。

参考文献

- 1) 三上直之, 杉山滋郎, 高橋祐一郎, 山口富子, 立川雅司, 「上流での参加」にコンセンサス会議は使えるか, 科学技術コミュニケーション, no. 6, pp. 34 - 49 (2009)
- 2) 食品安全委員会, 「食品の安全性に関する用語集 (第4版)」, 2008年10月, http://www.fsc.go.jp/yougoshu_fsc.pdf, (2010年10月14日アクセス)
- 3) CoSTEP, ウェブサイト「NanoTRI ナノトライ」, <http://costep.hucc.hokudai.ac.jp/nanotri/index.php> (2010年10月13日アクセス)
- 4) ナノテクノロジー戦略室, ウェブサイト「産業技術総合研究所ナノシステム研究部門: ナノテク戦略室」, <http://unit.aist.go.jp/nri/nano-plan/index.html> (2010年10月14日アクセス)
- 5) B. J. フォッグ, 実験心理学が教える人を動かすテクノロジー, 日経BP社, ISBN4-8222-8246-5, 2005年発行
- 6) 曲山幸生, 七里与子, 宮ノ下明大, 今村太郎, アクセス解析から推定した食品害虫の注目度と浸透度, 農業情報研究, vol. 19, no. 1, pp. 1-9 (2010)

研究ノート

凍り豆腐がラット肝臓でのコレステロール代謝に及ぼす影響

高橋 陽子[§]

Freeze-dried tofu modulates the expression of cholesterol metabolism-related genes in liver of rats

Yoko TAKAHASHI[§]

*National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8642 Japan

Abstract

The effect of freeze-dried tofu on cholesterol metabolism was compared with soy protein and isoflavone in rats . Serum cholesterol levels were significantly lowered by tofu and soy protein compared with casein . The expression of some hepatic genes involved in cholesterol metabolism was altered by soy protein and tofu; cholesterol synthesis-related enzymes were decreased , and the rate-limiting enzyme of bile acid synthesis and the transporters of cholesterol excretion were increased . In contrast , isoflavone supplementation did not have significant effect on serum cholesterol levels and these gene expressions , and exerted little synergistic effects with protein sources . Therefore , the reduction in serum cholesterol levels may be triggered by a protein fraction of tofu , and derived from reduced cholesterol synthesis and induced bile acid excretion in liver .

Keywords: soy foods (大豆食品) , soy protein (大豆タンパク質) , isoflavone (イソフラボン) , cholesterol metabolism (コレステロール代謝)

緒言

疫学調査の結果、大豆食品を多く摂取する集団では、心臓病の危険因子である肥満度指数、血圧、血清総コレステロール (Total-C) 濃度が非摂取群よりも低いことが報告されている¹⁾。大豆食品には健康維持に寄与する成分が複数存在し、そのうち血清コレステロールの低下機構については、大豆タンパク質とイソフラボ

ンの作用が多く研究されている。実験動物を用いた実験結果から、大豆タンパク質の摂取の代表的な作用として、胆汁酸の排出促進、肝臓におけるコレステロール合成の増加と胆汁酸合成への代謝シフト、low density lipoprotein (LDL) 受容体の活性化が起こることが知られており、これらの変化が血清コレステロール濃度を低下させると推察されている²⁾。一方イソフラボンは、肝細胞を用いた実験でコレステロール合成と分泌を抑制したり、LDL 受容体の遺伝子発現と活性

[§]連絡先, youkot@affrc.go.jp

表 1 . 食餌組成

Ingredients (g/kg diet)	C	CI	S	SI	T10	T20
Casein (90.5% purity) ¹	225	225	0	0	113	0
Soy protein isolate (88.7% purity) ²	0	0	220	220	0	0
Freeze-dried tofu (50.3% protein) ³	0	0	0	0	199	398
Soybean oil	150	150	150	150	81.6	13.2
Corn starch	150	150	150	150	150	150
Cellulose	20	20	20	20	17.3	14.4
Vitamin mixture ⁴	10	10	10	10	10	10
Mineral mixture ⁵	35	35	35	35	35	35
L-Cystine	3	3	3	3	3	3
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Isoflavone mixture ⁶	0	0.12	0	0.10	0	0
Sucrose	404.5	404.4	409.5	409.4	388.6	373.9
Total energy (kJ/kg diet) ⁷	18,120	18,120	18,171	18,171	17,693	17,605

C, カゼイン食; CI, カゼイン+イソフラボン食; S, 大豆タンパク質食; SI, 大豆タンパク質+イソフラボン食;
T10, カゼイン+凍り豆腐食; T20, 凍り豆腐食.

¹ カゼイン, 乳由来 (和光純薬株)

² フジプロ (不二製油株)

³ トーフミール (株みすずコーポレーション)

⁴ AIN-93ビタミン混合 (オリエンタル酵母工業株)

⁵ AIN-93G ミネラル混合 (オリエンタル酵母工業株)

⁶ ゲニステイン:ダイゼイン=3:1 (wt:wt)

⁷ 五訂増補日本食品標準成分表を基に算出した値

を増加させたりすることが示され, 実験動物レベルでも LDL 受容体の活性化や血清コレステロール濃度の低下が認められた³⁾. このように大豆成分とコレステロール代謝の関係は解明されつつあるが, ヒト試験ではこれらの成分を摂取しても血清コレステロール濃度は有意に低下しなかったとの報告もある⁴⁾. その理由として, 大豆製品にはタンパク質やイソフラボン以外にも食物繊維や植物ステロール, 不飽和脂肪酸等の脂質代謝に影響する成分が含まれていることが挙げられる⁴⁾. さらに, 単一成分では見られない食品成分間の相互作用が脂質代謝に影響することも予想される. しかし食品そのものの機能性を調べた研究は少なく, 食品成分間の相互作用もほとんど解明されていないのが現状である. 本研究では, 大豆食品である凍り豆腐はラットの血清コレステロール濃度を低下させるのか, また, 肝臓でのコレステロール代謝にどのような影響を与えるのかを遺伝子発現レベルで解析した. 凍り豆腐は, その主要成分がタンパク質であり, イソフラボンも含んでいる. そのため, 大豆食品中の両成分による作用解明に適していると考え 本研究で取り上げた. さらに大豆タンパク質とイソフラボンの作用も解析し, これらの相互作用についても解析した.

実験材料及び方法

1. 飼料の材料

粉末凍り豆腐は(株みすずコーポレーション)より購入した. 100g 中にエネルギー2,193kJ, 水分7.4g, タンパク質50.3g, 脂質34.4g, 炭水化物1.9g, 食物繊維1.4g, 灰分4.6g (以上, 製造者による分析値), イソフラボンはアグリコン当量約30mg (著者による分析値) 含まれていた. 分離大豆タンパク質は不二製油(株)より恵与され, 80%メタノール水で洗浄・乾燥処理し, イソフラボン含量を低減させた(アグリコン当量9.12mg/100g).

2. 動物実験

4週齢の Sprague-Dawley 雄性ラット (Charles River 株) を明暗サイクル(点灯7:00, 消灯19:00), 室温(22 ± 1 °C), 湿度(55-65%) が一定の飼育室にて市販の標準飼料で5日間予備飼育した. その後, タンパク質源とイソフラボン含量の異なる食餌で14日間飼育した (n=7-8). 試験飼料はカゼイン食 (C), カゼイン+イソフラボン食 (CI), 大豆タンパク質食 (S), 大豆タンパク質+イソフラボン食 (SI), 飼料中タンパク質の構成割合が1:1であるカゼイン+凍り豆腐食 (T10) または凍り豆腐食 (T20) の6種類とした (表1). 食餌タンパク質量は各群20%に調製し, CI と SI

にはイソフラボンを T20に含まれる凍り豆腐由来の量 (0.12g/kg) と等しくなるように添加した。凍り豆腐は脂質や食物繊維も含むため、各食餌間で含有量が等しくなるよう大豆油、セルロースで調整した。試験期間中は自由に飲水・摂食させた。飼育終了後にエーテル麻酔下で腹部大動脈より採血し、肝臓を採取した。本実験は食品総合研究所動物実験委員会の承認を得て、同所規定の動物実験ガイドラインに従い実施した。

3. 血清および肝臓コレステロール濃度の測定

血清 Total-C および high density lipoprotein コレステロール (HDL-C) 濃度はコレステロール E-テストワコーおよび HDL-コレステロール E-テストワコーにより測定した (和光純薬工業^株)。肝臓コレステロール濃度は Folch 法により総脂質を抽出し、cholesterol oxidase を用いて測定した⁶⁾。

4. DNA マイクロアレイによる遺伝子発現量の測定

各個体の肝臓 RNA を Acid Guanidinium-Phenol-Chloroform 法により抽出した後、血清脂質濃度を基準に各群 5 サンプルを選抜した。RNA は One-Cycle Target Labeling and Control Reagents (Affymetrix^株) によりプローブ化され、Affymetrix Rat Genome230_2.0 アレイと反応させた。遺伝子発現強度は Affymetrix GeneChip Operating Software1.2 にて解析し、アレイ間、遺伝子間で標準化した後、発現シグナル強度が 50 以下の値を除いた。各群間で発現量が異なる遺伝子は GeneSpring7.3.1 ソフトウェア (Agilent Technology^株) にて解析した。測定方法および解析条件の詳細は文献⁵⁾ に準ずる。

5. リアルタイム PCR による遺伝子発現量の測定

肝臓 RNA から TaqMan Reverse Transcription Reagents (Applied Biosystems^株) を用いて cDNA を得た。遺伝子発現量は ABI PRISM7000 リアルタイム PCR システム (Applied Biosystems^株) で測定した。発現量は 18S RNA の発現量を参照値とし、C 群での発現量を 1 としたときの相対量で表した。3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase (Hmgcr) のプライマーおよびプローブの配列は 3'-CGTCTTCAGCACTGTCGTCATT-5', 3'-GAAAAAAGGGCAAAGCTTCATT-5', および 3'-TTCCTCGACAAAGAATTGACAGGCT-5' であった。

6. 統計処理

統計処理にはソフトウェア SPSS13.0J for Windows (日本 IBM^株) を用い、実験結果は平均値 ± 標準誤差 (SE) で表した。一元配置分散分析の後、Tukey-Kramer の多重比較検定により危険率 5% 以下を有意

差ありと判定した ($p < 0.05$)。食餌タンパク質源とイソフラボン添加の相互作用は、C, CI, S, SI 群で二元配置分散分析により有意差を判定した。

実験結果および考察

実験期間中の摂食量に各群間での有意差はなく、エネルギー摂取量にも違いはなかった。血清 Total-C および HDL-C 濃度は、C および CI 群と比較して S, SI, T10, T20 群で有意に低く (図 1A), 凍り豆腐は大豆タンパク質と同様に血清コレステロール濃度の低下作用を持つことを示した。一方、C と CI, S と SI 群の間にはこれらの濃度に差がなかった。著者らのグループが過去に行った研究では、2.0g/kg ゲニステイン食はイソフラボンを含まない食餌と比べて血清脂質濃度を有意に低下させたが、1.0g/kg 食ではこの低下作用が小さくなったことを認めた⁵⁾。本研究では食餌イソフラボン濃度が 0.12g/kg 相当であり、凍り豆腐に含まれる程度の少量のイソフラボンは血清コレステロール濃度に影響しないことを示唆した。しかし、肝臓コレステロール濃度は血清とは逆の傾向を示した (図 1B)。また、これらの濃度への大豆タンパク質とイソフラボンの相互作用は有意でなく (血清 Total-C, $p = 0.197$; 血清 HDL-C, $p = 0.341$; 肝臓コレステロール, $p = 0.132$)、イソフラボンの血清脂質濃度調節作用は食餌タンパク質源の種類に依存しないことが示唆された。

次に、凍り豆腐食が血清コレステロール濃度の低下に寄与する機構を解明するため、肝臓で発現する遺伝子を DNA マイクロアレイで解析した。C 群と比べて他群で 1.5 倍以上発現量が変化した 688 遺伝子のうち、各遺伝子の生物学的機能を Rat Genome Database⁷⁾ で検索してコレステロール代謝に関連する遺伝子を抽出したところ、8 遺伝子が検出された (表 2)。そのうち 4 遺伝子 (Hmgcr, Lss, Tm7sf, Hsd17b7) がコレステロール合成系の酵素であった。コレステロール合成経路の上流に存在する律速酵素 Hmgcr⁸⁾ とその下流に存在する Lss は C 群と比べて S, T20 群で低下あるいは低下傾向を示したことから、大豆タンパク質や凍り豆腐食は肝臓でのコレステロール合成を抑制し、その結果、肝臓から血清へのコレステロール分泌が減少したと考えられた。しかし、肝臓コレステロール濃度は大豆タンパク質と凍り豆腐群でカゼイン群よりも高かったため (図 1B)、フィードバック機構によりコレステロール合成が抑制された可能性もある。一方、

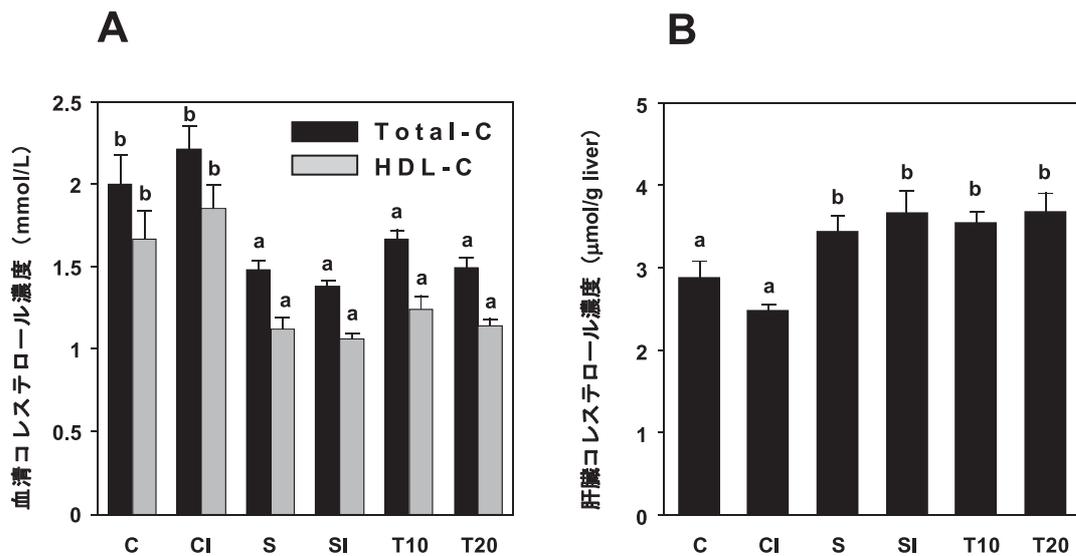


図1．タンパク質源とイソフラボン添加が血清コレステロール濃度（A）および肝臓コレステロール濃度（B）に及ぼす影響

C, カゼイン食; CI, カゼイン+イソフラボン食; S, 大豆タンパク質食; SI, 大豆タンパク質+イソフラボン食; T10, カゼイン+凍り豆腐食; T20, 凍り豆腐食. 値は平均値±SEで示す(各群7・8匹). 表中のa, bの表示は異なる文字を付した群間で有意差があることを示す($p < 0.05$).

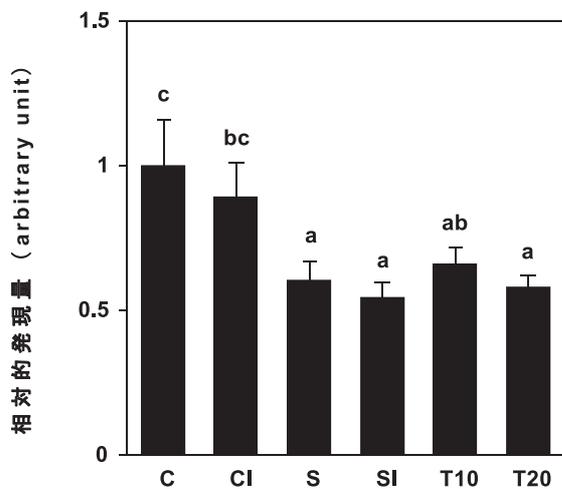


図2．食餌タンパク質源とイソフラボン添加が肝臓HMG-CoA reductase 遺伝子の発現に及ぼす影響(リアルタイムPCRでの測定値)

C, カゼイン食; CI, カゼイン+イソフラボン食; S, 大豆タンパク質食; SI, 大豆タンパク質+イソフラボン食; T10, カゼイン+凍り豆腐食; T20, 凍り豆腐食. 値はC群での発現量を1としたときの相対値を平均値±SEで示す(各群7・8匹). 表中のa, bの表示は異なる文字を付した群間で有意差があることを示す($p < 0.05$).

同経路のさらに下流に位置するTm7sf2とHsd17b7では, 前者はS群で低下し, 後者はSI群で増加しており, 同経路の上流と下流で発現量変化の相違が見られた. この経路の中間産物も, より上流の酵素活性に影響すると考えられており⁸⁾, 部分的にフィードバックが起きた結果とみられる. あるいは, 肝臓から末梢組織にコレステロールを輸送するvery low density lipoproteinを形成するには, 核となるapolipoprotein B (ApoB) や脂質輸送タンパク質microsomal triglyceride

transfer protein (MTP) が必要であるため⁸⁾, ApoB やMTPの合成が阻害されて肝臓からのコレステロール分泌が妨げられ, 血清コレステロール濃度が低下したとも考えられる. 実際, ApoB 遺伝子の発現量はマイクロアレイ解析の条件は満たさなかったが, C群に対してS群で 0.600 ± 0.02 倍, T20群では 0.524 ± 0.025 倍であり, 大豆タンパク質や凍り豆腐摂取による低下傾向を示した. 一方, 血清コレステロールを肝細胞に取り込むLDL受容体(Ldlr)遺伝子の発現量は, C

表2. 食餌タンパク質源とイソフラボンの添加が肝臓コレステロール代謝関連遺伝子の発現に及ぼす影響

GenBank accession number	Gene symbol	Gene name	Dietary group					
			C	CI	S	SI	T10	T20
BM390399	Hmgcr	3-hydroxy-3-methylglutaryl-Coenzyme A reductase	1.00 ± 0.18 ^b	0.776 ± 0.137 ^{ab}	0.497 ± 0.030 ^a	0.593 ± 0.019 ^{ab}	0.688 ± 0.066 ^{ab}	0.514 ± 0.085 ^a
NM_013134	Hmgcr	3-hydroxy-3-methylglutaryl-Coenzyme A reductase	1.00 ± 0.23 ^b	0.744 ± 0.127 ^{ab}	0.379 ± 0.066 ^a	0.482 ± 0.061 ^{ab}	0.665 ± 0.060 ^{ab}	0.488 ± 0.081 ^{ab}
BM390574	Lss	lanosterol synthase	1.00 ± 0.08 ^b	0.647 ± 0.110 ^a	0.438 ± 0.086 ^a	0.677 ± 0.098 ^{ab}	0.692 ± 0.152 ^{ab}	0.625 ± 0.124 ^a
BM390364	Tm7sf2	transmembrane 7 superfamily member 2	1.00 ± 0.09 ^{bc}	0.861 ± 0.126 ^{ab}	0.523 ± 0.046 ^a	0.663 ± 0.051 ^{ab}	1.21 ± 0.12 ^c	1.18 ± 0.16 ^c
NM_017235	Hsd17b7	hydroxysteroid (17-beta) dehydrogenase 7	1.00 ± 0.06 ^a	1.05 ± 0.05 ^a	1.44 ± 0.06 ^{ab}	1.73 ± 0.18 ^b	1.37 ± 0.11 ^{ab}	1.24 ± 0.16 ^{ab}
X13722	Ldlr	low density lipoprotein receptor	1.00 ± 0.06 ^b	0.750 ± 0.060 ^{ab}	0.548 ± 0.022 ^a	0.701 ± 0.053 ^a	0.681 ± 0.110 ^a	0.548 ± 0.070 ^a
NM_012942	Cyp7a1	cytochrome P450, family 7, subfamily a, polypeptide 1	1.00 ± 0.31 ^a	0.830 ± 0.276 ^a	2.09 ± 1.12 ^{ab}	1.94 ± 0.24 ^a	1.28 ± 0.27 ^a	4.51 ± 0.97 ^b
NM_130414	Abcg8	ATP-binding cassette, sub-family G (WHITE), member 8	1.00 ± 0.31 ^a	1.20 ± 0.18 ^a	2.24 ± 0.57 ^a	2.62 ± 0.71 ^a	8.95 ± 2.71 ^b	9.16 ± 2.81 ^b
NM_053754	Abcg5	ATP-binding cassette, sub-family G (WHITE), member 5	1.00 ± 0.22 ^a	0.931 ± 0.273 ^a	1.78 ± 0.41 ^a	1.94 ± 0.19 ^a	4.77 ± 0.65 ^b	4.30 ± 0.79 ^b

C, カゼイン食; CI, カゼイン + イソフラボン食; S, 大豆タンパク質食; SI, 大豆タンパク質 + イソフラボン食; T10, カゼイン + 凍り豆腐食; T20, 凍り豆腐食.

値はC群での発現量を1としたときの相対値を平均値 ± SE で示す (各群5匹).

表中の a-c の表示は異なる文字を付した群間で有意差があることを示す ($p < 0.05$).

群と比べ S, SI, T10, T20群で有意に減少したため(表2), 血清コレステロールの低下作用が血清から肝臓へのコレステロール輸送の促進によるものではないと推察できる. コレステロール異化関連の遺伝子では, 胆汁酸合成の律速酵素 cytochrome P450, family 7, subfamily a, polypeptide 1 (Cyp7a1) 遺伝子の発現量が S, SI 群で C 群よりも高く, T20群では有意に上昇した(表2). また, コレステロールを胆汁酸に排出する輸送体 ATP-binding cassette, sub-family G (Abcg) のファミリーである Abcg 5 と Abcg 8 遺伝子も T10 と T20群で有意な上昇が見られた(表2). これら遺伝子の発現増加は, 胆汁酸を介したコレステロール排出が増加したことを示唆している. イソフラボン添加は, Lss 遺伝子で C 群と比べて CI 群で有意に低下した以外は有意な影響を示さなかった. 大豆タンパク質とイソフラボンの相互作用は一部の遺伝子で有意差が生じた(Lss, $p=0.008$, Tm7sf2, $p=0.002$, Ldlr, $p=0.0006$) が, 血清や肝臓のコレステロール濃度には相互作用がなく, 生理的な影響を与えるものではなかったと考えられる.

更に, DNA マイクロアレイの結果を検証するため, リアルタイム PCR にて Hmgcr 遺伝子の発現量を測定した. 両方法で測定した発現量の変化は相似しており, DNA マイクロアレイ解析の結果が裏付けられた(図2).

以上の結果から, ラットで見られた凍り豆腐による血清コレステロール濃度低下作用は, イソフラボンではなく大豆タンパク質成分に由来することが明らかになった. また, 遺伝子発現レベルでの解析により, この低下作用は肝臓でのコレステロール合成の抑制および胆汁酸へのコレステロール排出促進により誘導されることが示唆された.

謝 辞

本研究は, 農林水産省委託プロジェクト研究「食品・農産物の表示の信頼性確保と機能性解析のための基盤技術の開発」の一部として行われたものである.

要 約

コレステロール代謝への凍り豆腐の影響を, 大豆タンパク質とイソフラボンによる影響と比較した. ラットの血清コレステロール濃度は, カゼインと比べ凍り豆腐と大豆タンパク質摂取により有意に低下した. 肝臓でのコレステロール代謝関連遺伝子の発現量は, 凍り豆腐と大豆タンパク質により変化した. コレステロール合成系酵素は減少し, 胆汁酸合成律速酵素とコレステロール排出輸送体は減少した. 一方, イソフラボンは血清コレステロール濃度や遺伝子発現に影響を

与えず，食餌タンパク質源との相互作用もほとんどなかった。よって，血清コレステロール濃度の低下作用は凍り豆腐のタンパク質成分に由来し，肝臓でのコレステロール合成の抑制と胆汁酸の排出促進によるものと考えられた。

参考文献

- 1) Yamori, Y. Worldwide epidemic of obesity: hope for Japanese Food. *Clin Exp Pharmacol Physiol* **31**, S2-4 (2004)
- 2) Potter, S. M. Overview of proposed mechanisms for the hypocholesterolemic effect of soy. *J Nutr* **125**, 606S-611S (1995)
- 3) Ørgaard, A., Jensen, L. The effects of soy isoflavones on obesity. *Exp Biol Med* **233**, 1066-1080 (2008)
- 4) Sacks, F. M., Lichtenstein, A., Van Horn L., Harris, W., Kris-Etherton, P., Winston, M. Soy Protein, isoflavones, and cardiovascular health. *Circulation* **113**, 1034-1044 (2006)
- 5) Takahashi, Y., Odbayar, T. O., Ide, T. A comparative analysis of genistein and daidzein in affecting lipid metabolism in rat liver. *J Clin Biochem Nutr* **44**, 223-230 (2009)
- 6) Ide, T., Oku, H., Sugano, M. Reciprocal responses to clofibrate in ketogenesis and triglyceride and cholesterol secretion in isolated rat liver. *Metabolism* **10**, 1065-1072 (1982)
- 7) Rat Genome Database, <http://rgd.mcw.edu/>
- 8) Sakakura, Y., Shimano, H., Sone, H., Takahashi, A., Inoue, N., Toyoshima, H., Suzuki, S., Yamada, N. Sterol regulatory element-binding proteins induce an entire pathway of cholesterol synthesis. *Biochem Biophys Res Commun* **286**, 176-183 (2001)

研究ノート**ミキサーの消費電力測定による米粉パン生地のミキシング特性の解析**與座 宏一[§], 松木 順子, 岡留 博司, 徳安 健**Evaluation of mixing properties of dough from wheat flour blended with rice flour by recording dough mixer**

Koh-ichi Yoza, Junko Matsuki, Hiroshi Okadome and Ken Tokuyasu

*National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8642 Japan

Abstract

Mixing properties of dough of rice flour and wheat flour were investigated using a recording dough mixer. Five kinds of rice flours were prepared by different milling methods including blade mill, pin mill and roll mill. Rice flour and wheat flour were mixed in the ratio of 3:7. The mixed flour, water (60–80%) and other ingredients were mixed in 10 minutes using the pin mixer. Power consumption during the mixing was monitored by a data logger. The peak of power consumption decreased when water addition was increased. The change of peak time was related to the type of the rice flour classified according to the mean particle size and the amount of damaged starch.

Keywords: 米粉 (rice flour), パン (bread), 生地 (dough)

緒言

米粉は主に和菓子の原料として年間に約11万トン生産されている¹⁾。このうち上新粉が半分以上を占めている。近年になり、パン用や麺用など従来とは異なる用途での米粉の利用が注目されている。農林水産省の調査によれば平成21年度ではこの新規用途の米粉の生産量が1万3千トンとなっている²⁾。米粉全体の生産量からするとわずかながら生産量は年々増加している。

米の消費量は戦後のピーク時の昭和37年度には国民1人当たり118kgであったが平成20年度では59kgと半

減している²⁾。米の消費拡大を図るという観点からも新規用途での米粉の利用が注目されている。小麦粉の一部を米粉で代替することを考えると、小麦粉を利用した食品の中でもパンはその消費量が多いので、米粉パンへの利用が期待されている。

米粉パンには様々なタイプがあるのでこれらを区別して考える必要がある。我々は大きく3分類を考えている³⁾。すなわち、(1)部分置換パン、(2)グルテン添加パン、(3)グルテンフリーパンである。部分置換パンとは小麦粉をベースに部分的に米粉に置換した粉を原料として製造するパンを示す。グルテン添加パンとは小麦粉を使用せず米粉に(小麦粉から抽出した)グルテ

[§]連絡先, yozako@affrc.go.jp

ンを添加したパンである。グルテンフリーパンとはグルテンを添加しないパンであり、米粉を主体にして増粘多糖類などを添加した米粉パンである。本論文では部分置換パンについて報告する。小麦粉の一部を米粉に置き換えた場合、小麦粉パンに近い食感を持つパンとなる。大手の製パンメーカーが製造している食パンに関してはこのタイプのパンが多い。

米粉パンを製造する上で重要となるのは生地の混捏条件である。しかしながら、米粉を含むパンの生地の特性は十分に解明されているとは言えない。また、米粉の製粉方法の違いにより生地の特性がどのように変化するか、整理する必要がある。そこで製粉方法の異なる米粉を含むパンの生地の混捏特性を調べた。

生地物性の測定方法には大別して、材料を混捏する過程の物性を測定する記録混合機および生地の伸展性を測定する伸展性試験機がある⁴⁾。前者の例としてファリノグラフ（ブラベンダー社製）およびミキソグラフ（ナショナルMFG社製）がある。また、後者の例としてはエキステンシグラフ（ブラベンダー社製）やアルベオグラフ（シヨパン社製）などがある。記録混合機に分類されるファリノグラフは世界的に普及しており、小麦粉の特性を調べる指標として使用されている。しかし、混合部の羽根の形状はZ型であり、混捏する速度も速くない。したがって捏ね上がった生地は実際のパンの生地とは異なる。ミキソグラフは欧米でよく使用されているシステムである。本論文では記録混合機のタイプのヴァーサロガー（アトー社製）を使用した。この機械のメリットは、コンピューターと連動したシステムになっていることからデータ処理が容易なことである。以前はドウグラフという名称であったが、機械の更新とともに名称が変更になった。

実験材料及び方法

1. 供試米

平成20年度茨城県産コシヒカリの精白米を茨城県内の米穀販売業者より購入して使用した。

2. 米粉の調製

試験に供した5種類の米粉を表1に示した。米粉の調製は製粉業者に依頼した。米の粉碎方式としては次の4種類である。すなわち湿式気流粉碎、乾式気流粉碎、ピンミルによる粉碎、ロール式粉碎である。湿式気流粉碎のみ2種類の粉を供試したので合計5種類となっている。湿式気流粉碎および乾式気流粉碎は、米

表1. 試験に使用した米粉

	米粉の略記名称	製造方法
1	Wh	湿式気流粉碎（H社で委託製造）
2	Wk	湿式気流粉碎（K社で委託製造）
3	D	乾式気流粉碎（H社で委託製造）
4	P	ピンミル による 粉碎（H社で委託製造）
5	R	ロール式粉碎（Y社で委託製造）

表2. 生地の組成

	ベーカーズパーセント(%)	配合量(g)
小麦粉	70	140
米粉	30	60
砂糖	6	12
油脂	5	10
塩	2	4
イースト	2	4
水	60~80	120~160mL
ビタミンC	10ppm	200μL(1%溶液)

注：ベーカーズパーセントでは、使用する粉を100%として、粉に対する割合で他の材料を表す。本実験では小麦粉および米粉の合計を100%とした。

粉関連業界で一般に気流粉碎と呼ばれる方式で、ローターを高速で回転させて発生する渦流で粉碎する粉碎方法である⁵⁾。米を水に浸漬し水分含量を約30%に調整した後に製粉するものを湿式と呼び、浸漬工程を経ないで粉碎するものを乾式と呼ぶ。ピンミルは遠心衝突式粉碎機に分類される。原料米を高速回転するピンに衝突させて粉碎する。ロール式粉碎では回転する一対のロールに原料米を挟み込み粉碎する。

表1に示したように本論文では、湿式気流粉碎による製粉した米粉でH社に依頼した試料をWh、K社で依頼製粉した試料をWkと省略して表記する。同様に、乾式気流粉碎試料をD、ピンミルによるものをP、ロール式粉碎によるものをRと略記する。

3. 米粉の特性

米粉の特性の測定法は前法⁶⁾と同様である。損傷デンプン含量の測定にはメガザイム社の損傷デンプン測定キット(K-SDAM)を使用した。すなわち米粉を微生物由来α-アミラーゼで処理し、生じた分解物をさらにグルコースへと分解し、酵素法を用いて比色定量した。粉体物性の測定は(株)セイシン企業製粉体物性測定器マルチテスターMT-1001を使用した。本機を用いてゆるめかさ密度、安息角およびスパチュラ角を測定した。平均粒径の測定はベックマンコールター(株)製粒度分布測定装置LS13320を使用し、乾式法による

表3. 米粉の特性値

米粉試料	平均粒径 (μm)	損傷デンプン含量 (%)	米粉水分含量 (%)	ゆるめかさ密度 (g/cm^3)	安息角 ($^\circ$)	スパチュラ角 ($^\circ$)
Wh	81.4	3.8	13.4	0.48	51.1	60.1
Wk	56.6	4.7	11.9	0.50	50.1	64.0
D	49.6	13.8	12.6	0.40	54.2	72.8
P	160.7	6.8	14.4	0.64	47.0	69.2
R	145.4	7.5	11.7	0.58	46.6	67.1

注) 略記した米粉試料名に関しては表1参照

粒度分布計測値から平均粒径を求めた。

4. 生地物性試験

表2に記載した材料を用いて生地を調製した。試験に使用したミキサーはナショナルMFG社製ピンミキサーである。計測結果の安定再現性を向上させるため、既報⁷⁾を参考にミキサーの設定温度は室温より低い19℃とした。混捏条件は105rpm(50Hz)で10分間とし、この間の消費電力をアトー社製ヴァーサロガー(AF-1700)により測定し、測定値の20秒ごとの移動平均値を求めた。さらにこの測定を4回ずつ行い、その平均値を混捏過程における消費電力とした。

実験結果および考察

1. 米粉の特性

表3に米粉の特性を示した。平均粒径ではPおよびRの平均粒径がそれぞれ160.7 μm および145.4 μm と気流式粉碎により製粉した試料(Wh, Wk, D)よりおよそ2倍大きかった。Whの平均粒径は既報よりやや大きかったが、WkおよびDの平均粒径は従来の報告と同程度であった。損傷デンプン含量は湿式気流粉碎したWh, Wkの値が低く、乾式気流粉碎のDが高い値を示した。PおよびRは両者の中間的な値であった。これまでも乾式気流粉碎した米粉の損傷デンプン含量が高く、湿式気流粉碎したものでは低くなる事が報告されている^{8),9)}。その他の項目について比較すると、Dでは他の試料よりゆるめかさ密度が小さく、安息角およびスパチュラ角が大きいという特徴がみられた。

以上の米粉の特性から試料を3区分に分類できた。すなわち(1)湿式気流式粉碎のWhおよびWk、(2)乾式気流粉碎したD、(3)ピンミルおよびロール式粉碎したP, Rである。(1)の特徴は平均粒径が小さく、損傷デンプン含量が低い。(2)は平均粒径が小さく、損傷デンプン

ン含量が高い。(3)は平均粒径が大きく、損傷デンプン含量は中程度である。

2. 混捏試験

製粉方法の異なる5種類の米粉を含む材料を混合し、加水量を60%から80%まで変化させてピンミキサーによる混捏試験を行った。この際の消費電力の変化の様子を示したのが図1である。いずれの試験区においても混捏開始とともに消費電力は増加し、ピークを形成した後に減少した。これはこれまでに報告されている米粉を含まない小麦粉生地の場合と同様である⁷⁾。カーブの形状は違うもののミキソグラフでも同様のピークがみられる^{4),10)}。各試験区において加水量が少ないほど消費電力は大きく、加水量を増大させるに従い消費電力は低下した。

加水量とピーク時の消費電力、加水量とピーク到達時間の関係を図2にまとめた。加水量を増大させるといずれの米粉の場合でもピークでの消費電力値が低下した(図2A)。同じ加水量で比較した場合、Wh, Wk, DはP, Rより高い値を示した。Wh, Wk, DとP, Rとを比較すると平均粒径が大きく異なるので、その影響が考えられる。加水量とピークへの到達時間については、Wh, Wkでは加水量を変化させてもピーク到達時間の値に変動があまりみられなかった(図2B)。それに対してDでは72%まで値は減少し続けた。PおよびRでは68%以降値が増大する傾向があった。この3種類のパターンは前述した米粉特性の3区分と合致しており、米粉の特性の違いが生地のミキシング特性に影響を及ぼしていると考えられた。また、ピーク時の消費電力とピーク到達時間の関係をみると210W付近で到達時間が最小となり、消費電力がそれより小さくても大きくてもピーク到達時間は長くなる傾向がみられた。これは、PおよびRにおいて、加水量が多い72%~80%の範囲でピーク到達時間が遅れることと、Dにおいて加水量が少ない60%、64%でピーク

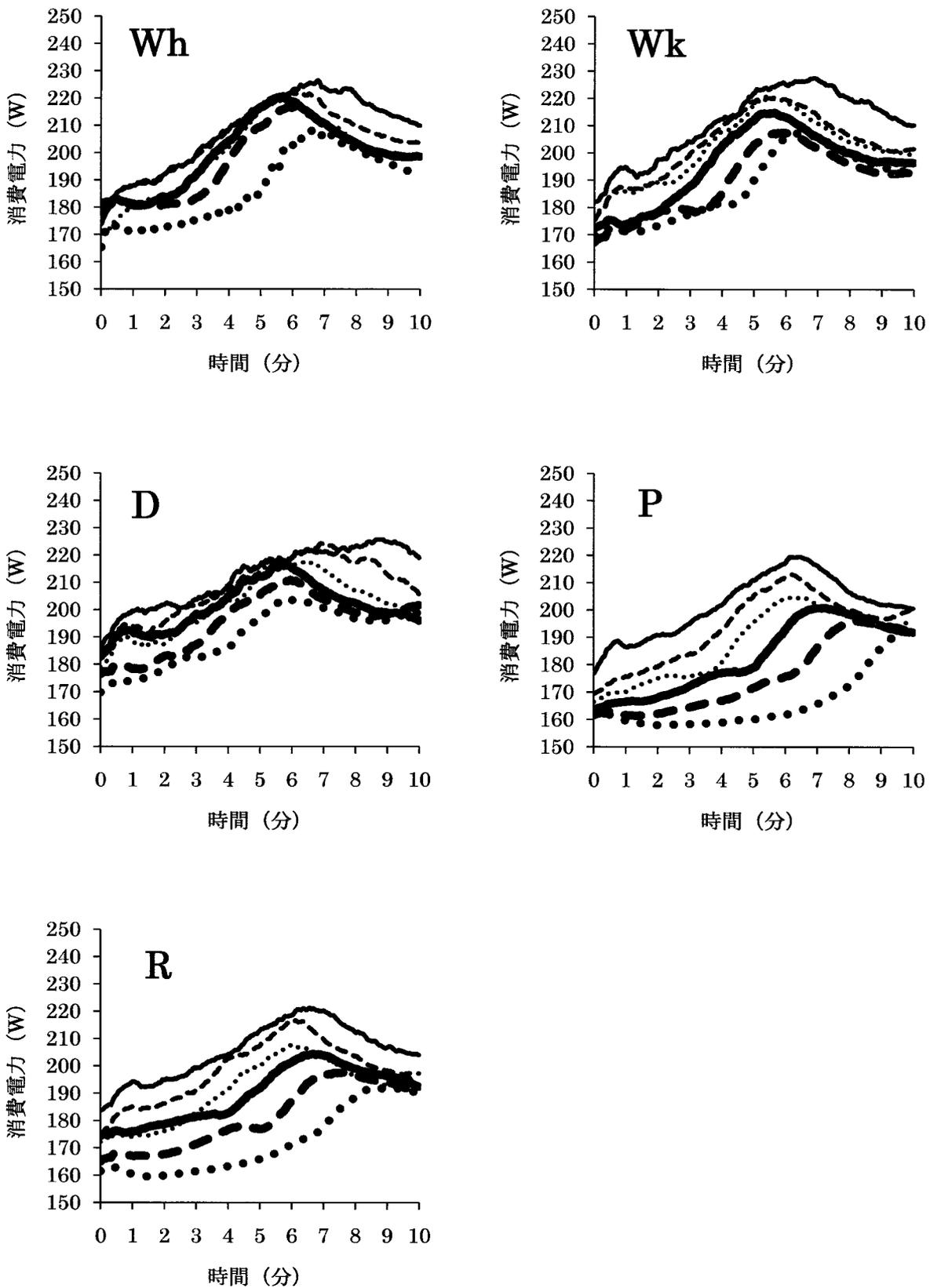


図1．生地を加水分を変えた場合の混捏過程における消費電力の変化

生地の加水量を60～80%まで変えた場合のヴァーサロガーで測定した消費電力の変化。測定値を20秒ごと移動平均した値を4回測定した平均値。米粉試料の略記については表1を参照。

—— : 60% , - - - - : 64% , : 68% , ——— : 72% , - . - . : 76% , : 80%

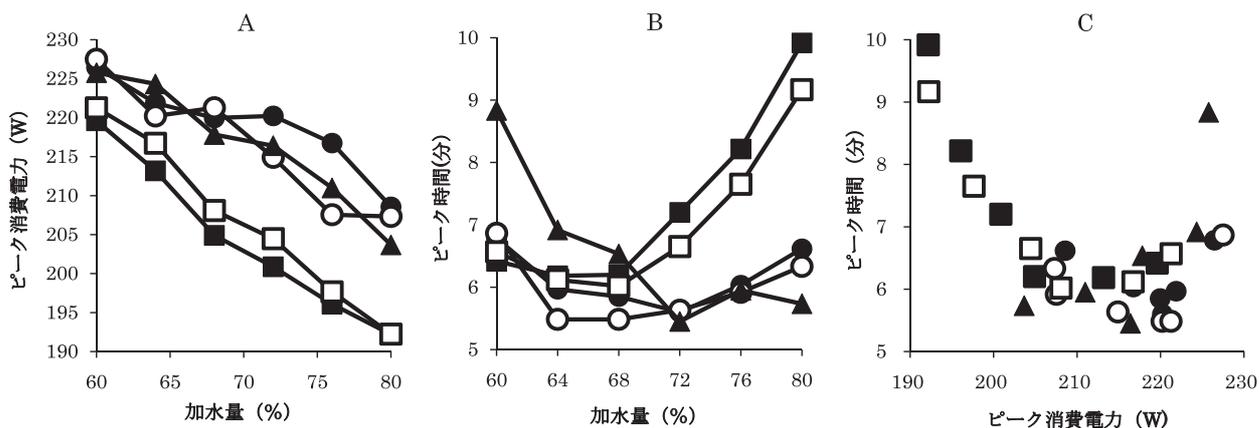


図2．加水量と消費電力の最大値および到達時間の関係

図1のデータより、加水量、ピーク時間、ピーク時の消費電力の関係についてまとめた。A：加水量とピーク消費電力の関係、B：加水量とピーク消費電力となる混捏時間の関係、C：ピーク消費電力と混捏時間の関係。米粉試料の略記については表1参照を参照。

□：Wh, ○：Wk, △：D, ●：P, ◆：R

到達時間が遅くなることによるものと考えられた。

生地に含まれる水の状態として、米粉、小麦粉などの粒子間に存在して潤滑性を与える水、粒子の表面に吸着されている水、粒子の内部に浸透した水の3種類に分けて考えることができる。PおよびRの米粉のように、平均粒径が大きい粒子は比表面積（単位固体質量あたりの表面積）が小さいので、粒子表面に吸着する水量も減少すると考えられる。そのためPおよびRでは、加水量が多い条件では非吸着状態の水が多いため生地が柔らかくなったのであろう。そして米粉および小麦粉の内部に水が浸透するのに時間がかかるため、ピーク時間が遅くなったと考えられた。また、Dでは平均粒径が小さく、損傷デンプン含量も高いので、米粉が吸着する水が増加し、非吸着の水が減少したため、生地が硬くなった（消費電力が増大した）のであろう。米粉、小麦粉による水の吸水量や速度などの米粉の吸水特性、グルテンの物性に与える吸水との関連性などに関してはさらに解析を必要とする課題である。

小麦粉と米粉を7対3の比率で混合した粉で加水量をかえて混捏すると米粉の製粉方法の違いによって、ミキシングカーブのパターンが異なっていた。このことは使用する米粉の製粉方法の違いによって生地のミキシング条件を変更し、その米粉に適した条件を選択する必要があることを示唆している。今後さらに米粉を含むパン生地の特性を詳細に検討していく必要があるだろう。

謝 辞

本研究は農林水産省委託プロジェクト「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」の一部として行われたものである。実験を補助していただいた鈴木寿美子氏、小竹久代氏に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省平成21年米麦加工食品生産動態等統計調査年報
- 2) 農林水産省米粉利用の推進について（平成22年11月）<http://www.maff.go.jp/j/soushoku/keikaku/komeko/>
- 3) 與座 宏一，岡部 繭子，島 純，米粉利用の現状と課題 - 米粉パンについて - ，食科工，55，444-454（2008）。
- 4) 松本博，団野源一，パン生地の熟成と生地改良，「製パンプロセスの科学」，第2版，田中康夫，松本博編，（光琳，東京），pp.63-98（1997）。
- 5) 山田昌治，粉碎，「食品工学ハンドブック」，第1版（朝倉書店，東京），pp.75-78（2006）。
- 6) 與座宏一，松木順子，岡留博司，岡部繭子，鈴木啓太郎，奥西智哉，北村義明，堀金彰，山田純代，松倉潮，製粉方法の異なる米粉の特性と製パン性の関係，食品総合研究所研究報告，74，37-44（2010）。
- 7) 伊賀大八，横山規子，井上好文，パン生地混捏曲

- 線描画装置「ドウグラフ」による製パン性能評価系の検討, *パン技術*, 539, 1-31 (2001).
- 8) 穴戸功一, 江川和徳, ペクチナーゼ処理による米粉の製造法及びその製パン適性(第1報)米の粉食文化に関する研究, *新潟県食品研究所研究報告*, 27, 21-28 (1992).
- 9) Araki, E., Ikeda, T. M., Ashida, K., Takata, K., Yanaka, M., and Iida, S., Effects of Rice Flour Properties on Specific Loaf Volume of One-loaf Bread Made from Rice Flour with Wheat Vital Gluten, *Food Sci. Technol. Res.* **15**, 439-448 (2009).
- 10) 金子成延, 鈴木啓太郎, 関口恭史, 中川力夫, 大坪研一, 米粉, 大麦粉と混合した小麦粉生地のみキシング特性, *作物研究所研究報告*, 10, 89-115 (2009).

技術報告

ジャムのテクスチャー用語リストの作成

早川 文代[§] , 長縄 省吾^{*} , 干野 隆芳^{*} , 風見由香利 , 神山かおる

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

^{*}アヲハタ株式会社

Development of a list of texture descriptors for jam in Japanese

Fumiyo Hayakawa, Shogo Naganawa^{*}, Takayoshi Hoshino^{*}, Yukari Kazami and Kaoru Kohyama

National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8642 Japan

^{*}Aohata Corporation, 1-1-25 Tadanouminakamachi, Takehara, Hiroshima, 729-2392 Japan

Abstract

Descriptive terms for jam texture were selected from the list of 445 Japanese texture terms. Four hundred and forty five texture terms were listed in the questionnaire and 34 assessors evaluated appropriateness of each term as a jam descriptor using 3-point categorical scale. The data was submitted to multiple correspondence analysis. Since dimension 1 can be interpreted as the axis related to the appropriateness as a descriptor for jam, “degree of appropriateness” of each term was obtained and 124 terms were regarded as “jam texture terms”. Dimension 2 can be interpreted as the axis related to attributes of assessors. Experiences in eating wide range of jam and in sensory evaluation of jam might affect the judgment of the terms. The data obtained in this study can be used in sensory evaluation of jam for both basic research and product development.

Keywords: ジャム (jam) , テクスチャー (texture) , 評価用語 (descriptor) , 質問紙 (questionnaire) , 官能評価 (sensory evaluation)

緒言

ジャム類とは、ジャム、マーマレード、ゼリーを含み、果実、野菜、又は花卉を砂糖類等とともにゼリー化するようになるまで加熱したものと日本農林規格で定義されている¹⁾ 総務省が行った家計調査²⁾によると、

平成20年の1世帯あたりの年間消費量は1293gで、日本ジャム工業組合の統計³⁾によると、平成20年に国内で生産された量は55,400トン、輸入品も加えると国内での総供給量は62,300トンである。市場に流通している製品は多種多様で、原料の果物の種類には、いちご、ブルーベリー、かんきつ類、あんず、りんごなどがあり、糖度は40度未満のものから65度以上のものまで広

[§]連絡先, fumiyo@affrc.go.jp

範囲にわたっている。

ジャムの官能評価は国内外で行われており、市販品のフレーバーのプロファイリング⁴⁾、ミックスジャムの原料果実の配合比の最適化⁵⁾、製品の性状に及ぼす食物繊維の添加の影響⁶⁾や人工甘味料の添加の影響⁷⁾などの報告がある。

ジャムは、材料や加工工程によって、テクスチャーが大きく変化する。粒感やべたつきなどのテクスチャーは消費者の製品の受容性に直接関与する。また、テクスチャーはフレーバーリリースに影響して、間接的にもジャムの官能特性に関与する。さらに、近年、わが国で販売、消費される食パンに柔らかいタイプのもが増え、それに伴って、塗りやすさの観点から、ジャムに求められるテクスチャーも変わりつつある。

このような状況の下、ジャムのテクスチャーの官能評価、特に、詳細なプロファイルが得られる記述型の官能評価の必要性が高まっている。記述型官能評価において、評価用語の選定は結果に大きく影響する重要な過程である。用語選定の際、候補用語のリストがあれば、迅速かつ精密な官能評価の実現に貢献すると考えられる。これまでに、フランスパン⁸⁾、アーモンド⁹⁾、葉菜類¹⁰⁾など、いくつかの食品において用語リストの作成が行われ、公表されている。しかし、ジャムの評価用語リストは作成されておらず、評価用語を曖昧なまま用いているか、あるいは用語選定に労力と時間をかけているというのが現状である。

そこで、本研究では、ジャムの官能評価に参照できるテクスチャー用語リストを作成することを目的として、すでに作成している日本語テクスチャー用語リスト¹¹⁾を利用して、質問紙調査および解析を行った。

実験方法

1. 質問紙

質問紙調査を行った。日本語テクスチャー用語445語¹¹⁾を50音順に提示して、ジャムの評価用語としての適性を3段階の尺度(1: 適当でない/ 2: やや適当である/ 3: 適当である)で評価させた。

なお、ここでいうジャムは、果物や野菜を原料としたものとし、マーマレード、プレザープスタイル(原料の果肉片が大きく、その原形を保持するようにしたもの)、ゼリータイプ(果実等の搾汁を原料とし、製品に果肉の原形を含まないもの)のものも含むこととした。

2. 評価者

評価者は分析型パネルとし、ジャムに対する評価経験と知識の程度の異なる3つのパネルを用いた。ジャム評価のエキスパートパネル、職業としてジャムに携わっているプロフェッショナルパネル、一般的な分析型パネルである。本研究では、以下、エキスパートパネル、プロフェッショナルパネル、一般分析型パネルとする。

エキスパートパネルは、ジャムのテクスチャーの評価に10年以上の経験があり、ジャムについて十分な知識を有している5人(男性4、女性1、33~49歳)で構成した。プロフェッショナルパネルは、ジャムを製造販売する企業に勤務し、3年以上研究あるいは商品開発に携わり、ジャムに対して十分な知識をもつが、テクスチャー評価の経験は頻繁ではない14人(男性7、女性7、26~56歳)で構成した。一般分析型パネルは15人(男性1、女性14、25~56歳)で構成した。このパネルは、ISO8586¹²⁾に従って選抜、訓練され、様々な食品の記述型官能評価に3年以上週1回の頻度で従事しているが、ジャムに関する訓練や評価の経験はない。

3. データ解析

解析にはPASW Statistics 18 (IBM Japan Ltd.)を用いて、質的データの多変量解析の一種であるコレスポネン分析を行った。コレスポネン分析は、主成分分析のようにデータを解釈しやすい次元を減らして新しい因子を抽出し、対象物や変量の関係を探る統計手法である¹³⁾。用語をアイテム、選択肢をカテゴリーとして、列側に用語、行側に評価者を取り、アイテム・カテゴリー型のデータ行列とし、多重コレスポネン分析を適用した。

実験結果および考察

1. ジャムのテクスチャー用語としての妥当性の検討

日本語テクスチャー用語445語について、ジャムのテクスチャー用語として、「適当である」、「やや適当である」、「適当でない」の3カテゴリーの回答分布が得られた。いま、対象とする用語は445語と多く、結果の表示や解析が煩雑である。また、頻度に極端な偏りのある用語が多く含まれると意味の無い解析結果が得られることがある。本研究の目的は、ジャムの評価用語リストを作成することなので、「適当である」の回答の頻度が極端に小さい用語は、明らかにジャム用

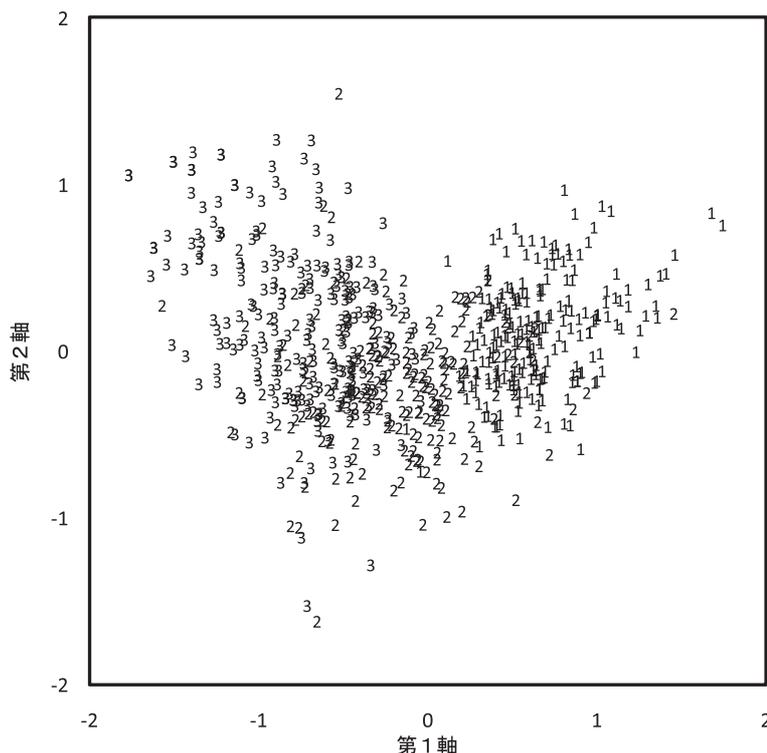


図1．コレスポネンス分析の結果（用語と選択肢）

224語に対してジャムのテクスチャー用語として適当か否かを34人の評価者が判定したデータに、コレスポネンス分析を適用した。図中の数字は選択肢を表し、それぞれ、1、適当でない；2、やや適当である；3、適当である、を示す。

語として適当でない用語とみなし、解析から除外することとした。本研究では、予備的に解析を行って、「適当である」の回答が10%以上であった224語を以下の解析対象とした。

「適当である」の回答割合が最も高いのは「なめらか」で、次いで「口あたりがよい」、「ゼリー状」であった。「適当である」の回答割合が0.5を超える用語は42語であった。一方、「適当でない」の回答割合が0.5以上の用語も224語のうち96語あった。224語について、各カテゴリーの集計結果は付表に一覧を示した。

これらの単純集計のデータは、ジャムの評価用語としての妥当性を表す一つの基準に成り得る。しかし、本研究では、ジャムの評価用語としての妥当性に関して、より正確な情報を得るためにコレスポネンス分析を適用した。順序尺度のデータにコレスポネンス分析を適用した場合、用語間の距離や評価者の属性との関係を読み取ることができる上に、Guttman効果（あるいは馬蹄効果ともいう）として知られるような一次元構造¹³⁾¹⁴⁾がデータにあれば、順序尺度で評価させた事柄についての強度を解釈することも可能な場合がある¹⁵⁾¹⁶⁾。すなわち、本研究の場合には、ジャムの評価用

語としての妥当性を数値化することも可能であると考え、以下の解析を行った。以下の数値化は既報¹⁷⁾¹⁸⁾と同様の手順で行った。

224語について、用語をアイテム、選択肢をカテゴリーとして、列側に用語、行側に評価者を取り、アイテム・カテゴリー型のデータ行列とし、多重コレスポネンス分析を適用した。第1軸と第2軸の固有値は、それぞれ0.340、0.132であった。

まず、224語に1次元の順序構造があるか否かを検討した。図1に第1軸と第2軸より成る直角座標上のアイテム・カテゴリーの布置を示した。図1のように、アイテム・カテゴリーのプロットはおおよそ2次曲線を描き、カテゴリーは、1（適当でない）、2（やや適当である）、3（適当である）、の順に配置された。また、図には記載を省略したが、各カテゴリーにおけるアイテム、すなわち用語は、おおよそ同様の傾向に並んでいた。このことは、データのもつ内容に1次元の順序構造があることを示している。すなわち、用語はジャム評価用語としての妥当性に関して尺度構成が可能であることが示された。この場合、第1軸に尺度化に適した数値が得られるので、各アイテムについ

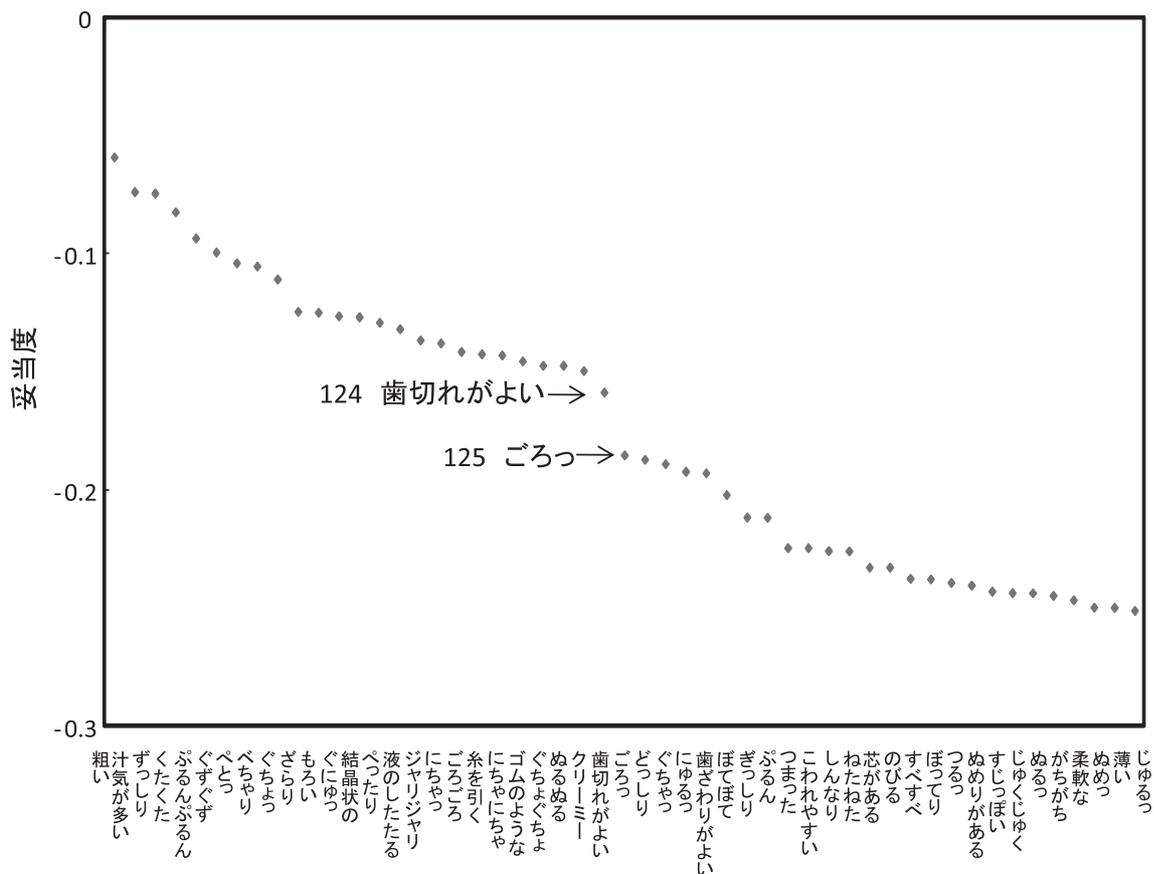


図2. 妥当度上位100~150位の用語

コレスポネンス分析の結果から算出した各用語の妥当度。

て、3カテゴリーの第1軸のスコアの平均値を求め、ジャムの評価用語の妥当度とした。妥当度の数値が大きいほどジャムの評価用語として適当であると判定されたことを示している。各用語の妥当度は付表に記した。

2. ジャムのテクスチャー用語リストの作成

次に、妥当度を用いてジャムのテクスチャー用語リストを作成した。用語リストの作成にあたっては、ある妥当度以上の用語を選定する必要がある。用語の選定に決まった判定基準はないが、本研究では、その基準を以下のように考えた。官能評価において、用語の整理、統合、選定をする際に、取り扱いが困難でない用語数の上限は100~150語程度であると考えられる。実際、記述型官能評価の用語選定の国際標準 (ISO 11035)⁹⁾では、例として、パンの官能評価の候補用語として100語を挙げている。また、本研究のデータでは、妥当度の上位から100~150語の範囲で「適当でない

い」の回答の割合がおおよそ0.4~0.6であった。そこで、100~150語をリスト化することとし、この範囲の用語の妥当度について検討した。図2に示したように、この範囲で妥当度に最も開きのあるのが、妥当度124番目の「歯切れがよい」と125番目の「ごろっ」の間であったので、124番目までをジャム評価用語候補として選定した。妥当度の上位から順に124語を表1に示した。

表1の上位には、なめらか、べたつく、べとつく、ゆるい、ゼリー状の、などが挙がっていた。先行研究では、ジャムの詳細なテクスチャーのプロファイルを作成した例はないが、viscosity⁵⁾、spreadability²⁰⁾、硬さと粘り⁷⁾などの評価項目が官能評価に用いられている。本研究で作成したリストにもviscosityや粘りに関しては「どろどろ」、「とろとろ」、「さらさら」など、硬さに関しては「かたい」や「やわらかい」などの用語が含まれていた。Spreadabilityについては、直接、訳語にあたる日本語は見られないが、ジャムに関しては

表1. ジャムのテクスチャー用語リスト

順位	用語	順位	用語	順位	用語	順位	用語	順位	用語
1	なめらか	26	とろっ	51	ねばっこい	76	ざらっ	101	汁気が多い
2	べたつく	27	軟らかい	52	固形の	77	べちょっ	102	ずっしり
3	べとつく	28	とろとろ	53	つぶれやすい	78	たらっ	103	くたくた
4	ゆるい	29	まとわりつく	54	こくがある	79	ねとっ	104	ぶるんぶるん
5	ゼリー状の	30	しっかり	55	粒状の	80	蜜状の	105	ぐずぐず
6	口ざわりがよい	31	ねっとり	56	ねばりがある	81	べちゃっ	106	ぺとっ
7	べたっ	32	きめ細かい	57	ねばつく	82	だらり	107	べちゃり
8	べたべた	33	重い	58	水気が多い	83	ねとつく	108	ぐちょっ
9	まるやか	34	口あたりがよい	59	軽い	84	さらり	109	ざらり
10	水飴状の	35	かたい	60	さらっ	85	ぶるぶる	110	もろい
11	舌に残る	36	ジューシー	61	さらさら	86	のどごしがよい	111	ぐにゅっ
12	口どけがよい	37	液状の	62	ねちゃねちゃ	87	柔らかい	112	結晶状の
13	どろっ	38	どろどろ	63	舌ざわりがよい	88	ねとねと	113	べったり
14	水っぽい	39	べちょべちょ	64	ぺたっ	89	ねちょねちょ	114	液のしたたる
15	糊状の	40	べっとり	65	くずれやすい	90	からみつく	115	ジャリジャリ
16	やわらかい	41	みずみずしい	66	硬い	91	ざらざら	116	にちゃっ
17	べちゃっ	42	くつつく	67	繊維状の	92	ぐちゃぐちゃ	117	ごろごろ
18	べとべと	43	とろける	68	だらだら	93	固い	118	糸を引く
19	均一な	44	しっとり	69	だらっ	94	ねちょっ	119	にちゃにちゃ
20	とろり	45	分離した	70	どろり	95	ぼてっ	120	ゴムのような
21	とろみがある	46	ざらつく	71	ねばい	96	ぺたぺた	121	ぐちょぐちょ
22	濃厚な	47	まったり	72	ねばっ	97	渋い	122	ぬるぬる
23	べとっ	48	塊状の	73	密な	98	ねばねば	123	クリーミー
24	弾力がある	49	つぶつぶ	74	ねちゃっ	99	たらたら	124	歯切れがよい
25	べちゃべちゃ	50	べったり	75	たらり	100	粗い		

順位はジャムテクスチャー用語としての妥当度の高い順。

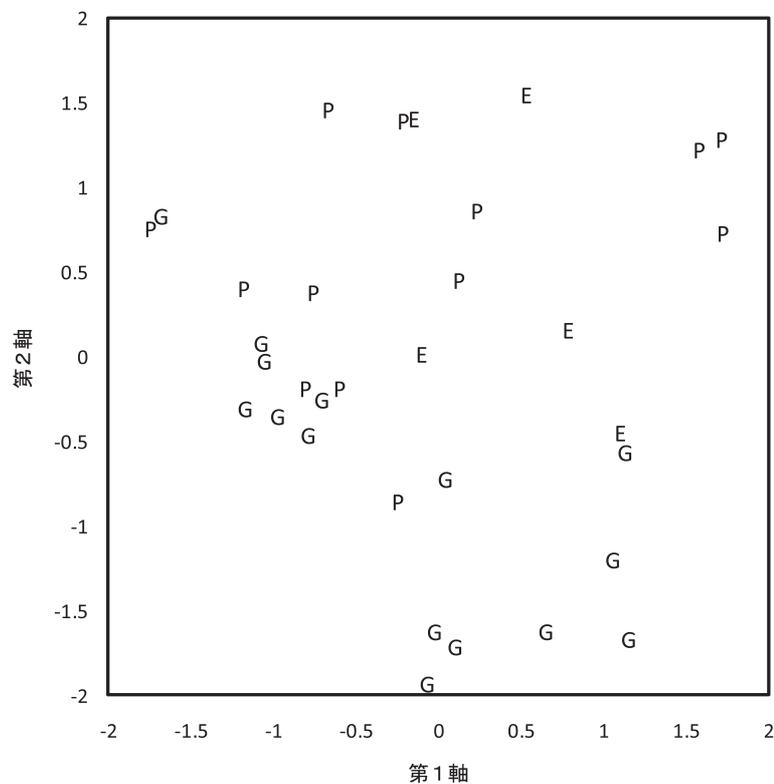


図3 コレスポネンス分析の結果（評価者）

224語に対してジャムのテクスチャー用語として適当か否かを34人の評価者が判定したデータに、コレスポネンス分析を適用した。図中の文字は評価者が属するパネルを表し、それぞれ、E，エキスパートパネル；P，プロフェッショナルパネル；G，一般分析型パネル，を示す。

spreadability とほぼ同じ意味と考えられる「重い」、「軽い」、また spreadability に強く影響する「ゼリー状の」、「固形の」などが含まれていた。さらに、先行研究では取り上げられていない「なめらかさ」や「つぶつぶ」などの幾何学的特性に関する表現、「弾力がある」や「ぷるぷる」などの弾力に関する表現、「べたつく」や「まとわりつく」などの付着に関する表現、「水っぽい」などの水分に関する表現といったように、広範囲のテクスチャー要素の用語が挙がっていた。このリストは、ジャムのテクスチャー評価用語を選定する際に参照でき、また物性測定結果の解釈などにも有用な情報を提供すると考えられる。

3. ジャムの用語判定に及ぼす評価者の属性の影響

評価者のスコアを第1軸と第2軸より成る直交座標上に示した散布図が図3である。第2軸に、正の方向にエキスパートパネルとプロフェッショナルパネルが、負の方向に一般分析型パネルが布置されていた。このことから、第2軸は専門度を表す軸と解釈できた。図1と重ね合わせると、エキスパートパネル、一般分析型パネルにそれぞれ特徴的なアイテム・カテゴリーの特徴を読み取ることができる。エキスパートパネルを構成する人数が他の2パネルに比べて少ないので、ジャム評価のエキスパートの詳細な特徴については今後検討する余地はあるが、評価者のおおよその傾向を把握することはできると考えられる。

ここでは、カテゴリー3の「適当である」の判断に着目した。第2軸に関してスコアの低い用語はエキスパートパネルやプロフェッショナルパネルが、スコアの低い用語は一般分析型パネルが、それぞれ「適当である」と判定する傾向があると言える。第2軸のスコアの低い用語と高い用語各20語を表2に示した。

エキスパートパネルとプロフェッショナルパネルは、広範囲のジャムの評価経験、食経験がある。そのため、「ジャリジャリ」や「ゴムのよう」などの用語もジャム用語として適当であると判定したと考えられる。また、特にエキスパートパネルはジャムのみでの評価の経験も多いので、「歯切れがよい」や「もろい」など通常のジャムの摂食状況では認識しにくい表現にも注視したと考えられる。一方、一般分析型パネルに特徴的な用語は、「べちゃり」、「べったり」、「べちゃっ」、「だらり」、「たらし」などであった。一般分析型パネルはジャムのみで食べたり評価したりする経験が少なく、パンなどに塗って食べる経験に基づいて用語を評価しているので、容器から出してパンに置く

表2. 評価者の専門性の高さが反映された用語の例

専門性の高い用語		専門性の低い用語	
用語	専門度	用語	専門度
歯切れがよい	1.02	べちゃり	-1.28
ぬるぬる	0.90	べったり	-0.79
固形の	0.77	だらだら	-0.66
もろい	0.73	だらり	-0.59
ねばっこい	0.59	だらっ	-0.56
ジャリジャリ	0.54	べちゃっ	-0.53
糸を引く	0.54	ぐちょっ	-0.52
つぶれやすい	0.54	たらし	-0.48
ねばい	0.53	べたべた	-0.42
ゴムのよう	0.52	たらし	-0.41
ねばつく	0.52	たらっ	-0.40
硬い	0.51	液のしたたる	-0.40
柔らかい	0.46	どろり	-0.38
ねばりがある	0.44	べちょべちょ	-0.38
ねばっ	0.41	べっとり	-0.38
ぐにゅっ	0.39	均一な	-0.37
結晶状の	0.39	さらり	-0.34
かたい	0.39	べったり	-0.34
ぼてっ	0.38	蜜状の	-0.33
繊維状の	0.38	とろり	-0.32

ジャムのテクスチャー用語124語のうち、専門度の高い用語と低い用語それぞれ上位20語を示した。

ときの表現にも注視していると推測された。

本研究では、ジャムの分析型官能評価全般に利用することを想定してリストを作成しているため、専門の程度の違いを網羅するために、全評価者のデータ用いて得た妥当度をジャム評価用語リストの基準とした。ただし、パネルの専門の程度によって注視する表現に傾向がみられたので、官能評価の際には、パネルに応じて適当な用語をリストから選定する必要があると考えられる。

本研究で得られたデータは、ジャムの官能評価の設計の際に有用な情報を提供する。また、機器測定のパラメータの選択や解釈の際にも参照することができる。

要約

ジャムのテクスチャー用語リストを作成することを目的として、エキスパートパネル、プロフェッショナルパネル、一般分析型パネルの3パネル、合計34人に対して、質問紙調査を行った。コレスポネンス分析の結果から妥当度を算出し、日本語テクスチャー用語445語から、124語をジャムのテクスチャー用語として選定することができた。また、ジャムのテクスチャー

用語としての判定には、パネリストの専門性の高さが影響することが示された。

参考文献

- 1) ジャム類の日本農林規格, 平成20年7月17日農林水産省告示第1128号
- 2) 総務省統計局統計調査部, 家計調査, http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_toGL08020103_&listID=000001064772&requestSender=dsearch (公表日2010年6月18日, 引用日2010年10月20日)
- 3) 日本ジャム工業組合, ジャム類の生産と消費, <http://www.jca-can.or.jp/njkk/> (引用日2010年10月20日)
- 4) Alves, L. R., Battochio, J. R., Cardoso, J. M. P., De Melo, L. L. M. M., Da Silva, V. S., Siqueira, A. C. P. and Bolini, H. M. A., Time-intensity profile and internal preference mapping of strawberry jam. *Journal of Sensory Studies*, **23**, 125–135 (2008).
- 5) Abdullah, A. and Cheng, T. C., Optimization of reduced calorie tropical mixed fruits jam. *Food Quality and Preference*, **12**, 63–68 (2001).
- 6) Grigelmo-Miguel, N. and Martin-Belloso, O., Influence of fruit dietary fibre addition on physical and sensorial properties of strawberry jams. *Journal of Food Engineering*, **41**, 13–21 (1999).
- 7) 寺沢なお子, 松浦民恵, ジャムの性状に及ぼす新甘味料の影響, 家政誌, **50**, 137–145 (1999).
- 8) Hayakawa, F., Ukai, N., Nishida, J., Kazami, Y., and Kohyama, K., Lexicon for the sensory description of French bread in Japan. *Journal of Sensory Studies*, **25**, 76–93 (2010).
- 9) Civille, G. V., Lapsley, K., Huang, G., Yada, S., and Seltam, J., Development of an almond lexicon to assess the sensory properties of almond varieties. *Journal of Sensory Studies*, **25**, 146–162 (2010).
- 10) Talavera-Bianchi, M., Chambers IV, E., and Chambers D. H., Lexicon to describe flavor of fresh leafy vegetables. *Journal of Sensory Studies*, **25**, 163–183 (2010).
- 11) 早川文代, 井奥加奈, 阿久澤さゆり, 齋藤昌義, 西成勝好, 山野善正, 神山かおる, 日本語テクスチャー用語の収集, 食科工, **52**, 337–346 (2005).
- 12) ISO8586-1, Sensory analysis –General guidance for the selection, training and monitoring of assessors (1993)
- 13) McEwan, J. A. and Schlich, P., Correspondence analysis in sensory evaluation. *Food Quality and Preference*, **3**, 23–36 (1991).
- 14) Greenacre, M. J., Horseshoe effect. In “Theory and applications of correspondence analysis” (Academic Press Co., London), pp.226–232 (1984).
- 15) 岩坪秀一, 数量化法の基礎, (朝倉書店, 東京), pp.125–160 (1987).
- 16) 駒沢勉, データ構造の探索的分析, 「数量化理論」(放送大学教育振興会, 東京), pp.145–159 (1992).
- 17) 早川文代, 畑江敬子, 島田淳子, アンケート調査による“あぶらっさ”の尺度化, 家政誌, **48**, 161–170 (1997).
- 18) 早川文代, 馬場康維, 流行語としての“まったり”の客観化 - 首都圏におけるアンケート調査 -, 家政誌, **53**, 437–446 (2002).
- 19) ISO11035, Sensory analysis –Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach (1994).
- 20) Basu, S. and Shivhare, U. S., Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *Journal of Food Engineering*, **100**, 357–365 (2010).

付表 各用語の集計結果およびジャム評価用語としての妥当度

用語	適当	やや適当	適当でない	妥当度	用語	適当	やや適当	適当でない	妥当度
* 粗い	0.21	0.44	0.35	-0.06	* ぐにゅっ	0.12	0.38	0.50	-0.13
* 糸を引く	0.15	0.38	0.47	-0.14	ぐによぐによ	0.15	0.26	0.59	-0.36
薄い	0.18	0.24	0.59	-0.25	ぐによっ	0.12	0.32	0.56	-0.45
* 液状の	0.41	0.41	0.18	0.18	* クリーミー	0.21	0.38	0.41	-0.15
* 液のしたたる	0.24	0.35	0.41	-0.13	クリーム状の	0.15	0.29	0.56	-0.33
* 重い	0.38	0.47	0.15	0.20	* 結晶状の	0.15	0.38	0.47	-0.13
* かたい	0.56	0.21	0.24	0.19	* こくがある	0.44	0.29	0.26	0.10
* 硬い	0.47	0.15	0.38	0.06	* 固形の	0.35	0.41	0.24	0.10
* 堅い	0.18	0.29	0.53	-0.03	こしがある	0.26	0.18	0.56	-0.37
固い	0.24	0.41	0.35	-0.26	ごつごつ	0.12	0.21	0.68	-0.54
* 塊状の	0.35	0.44	0.21	0.14	こってり	0.32	0.12	0.56	-0.27
かちかち	0.15	0.21	0.65	-0.37	粉状の	0.15	0.12	0.74	-0.41
がちがち	0.21	0.21	0.59	-0.25	粉っぽい	0.15	0.24	0.62	-0.30
がっしり	0.12	0.18	0.71	-0.49	細かい	0.18	0.24	0.59	-0.31
かみごたえがある	0.12	0.26	0.62	-0.51	* ゴムのような	0.24	0.26	0.50	-0.15
かゆ状の	0.12	0.21	0.68	-0.44	ゴリゴリ	0.12	0.15	0.74	-0.44
* からみつく	0.21	0.50	0.29	-0.02	ころころ	0.15	0.18	0.68	-0.41
* 軽い	0.32	0.44	0.24	0.08	* ごろごろ	0.38	0.12	0.50	-0.14
ぎっしり	0.21	0.29	0.50	-0.21	ころっ	0.15	0.18	0.68	-0.40
* きめ細かい	0.47	0.35	0.18	0.20	ごろっ	0.26	0.15	0.59	-0.19
切れやすい	0.12	0.21	0.68	-0.61	ごろり	0.24	0.12	0.65	-0.26
* 均一な	0.44	0.41	0.15	0.29	こわれやすい	0.26	0.18	0.56	-0.22
ぐしゃっ	0.12	0.24	0.65	-0.40	ザクッ	0.12	0.09	0.79	-0.45
* ぐずぐず	0.26	0.32	0.41	-0.10	さっくり	0.12	0.12	0.76	-0.52
* くずれやすい	0.41	0.29	0.29	0.06	* さらさら	0.53	0.15	0.32	0.07
* たくた	0.26	0.32	0.41	-0.08	* ざらざら	0.50	0.12	0.38	-0.02
くだけやすい	0.12	0.38	0.50	-0.34	* さらっ	0.44	0.26	0.29	0.07
くたっ	0.15	0.41	0.44	-0.25	* ざらっ	0.41	0.24	0.35	0.04
* 口あたりがよい	0.85	0.12	0.03	0.19	* ざらつく	0.47	0.24	0.29	0.14
* 口ざわりがよい	0.79	0.15	0.06	0.53	* さらり	0.38	0.26	0.35	0.00
* 口どけがよい	0.68	0.24	0.09	0.39	* ざらり	0.32	0.24	0.44	-0.12
* ぐちゃぐちゃ	0.29	0.38	0.32	-0.03	* 舌ざわりがよい	0.71	0.18	0.12	0.07
くちゃっ	0.15	0.26	0.59	-0.34	* 舌に残る	0.74	0.18	0.09	0.43
ぐちゃっ	0.21	0.35	0.44	-0.19	* しっかり	0.56	0.15	0.29	0.22
* ぐちょぐちょ	0.18	0.38	0.44	-0.15	しっけた	0.12	0.06	0.82	-0.83
* ぐちょっ	0.26	0.32	0.41	-0.11	* しっとり	0.50	0.29	0.21	0.15
* くつつく	0.38	0.41	0.21	0.16	しとっ	0.12	0.24	0.65	-0.42
ぐにゃぐにゃ	0.12	0.24	0.65	-0.54	* 渋い	0.32	0.29	0.38	-0.05
ぐにゃり	0.12	0.18	0.71	-0.44	しまりがある	0.12	0.24	0.65	-0.36
ぐにゅぐにゅ	0.18	0.26	0.56	-0.27	シャキシャキ	0.35	0.03	0.62	-0.31

34人の評価者が日本語テクスチャー用語445語について、ジャムのテクスチャー用語として「適当である」「やや適当である」「適当でない」の3カテゴリで評価した結果。各用語について各カテゴリに回答した評価者の割合を示した。「適当である」の割合が0.1以上の用語224語のみ記載した。また、妥当度は、コレスポネンス分析によって得られた第1軸の数量を、各用語について3カテゴリで平均した値とした。妥当度の値が大きいほどジャムのテクスチャー表現として適当であると判断されたことを示す。最終的にジャムのテクスチャー用語として選定された用語には*を付記した。

付表 各用語の集計結果およびジャム評価用語としての妥当度（続き）

用語	適当	やや適当	適当でない	妥当度	用語	適当	やや適当	適当でない	妥当度
シャキッ	0.26	0.09	0.65	-0.33	* どろっ	0.59	0.29	0.12	0.36
シャリシャリ	0.15	0.21	0.65	-0.50	* とろとろ	0.56	0.26	0.18	0.25
* ジャリジャリ	0.26	0.29	0.44	-0.14	* どろどろ	0.50	0.29	0.21	0.16
シャリッ	0.15	0.15	0.71	-0.63	* とろみがある	0.50	0.35	0.15	0.28
ジャリッ	0.21	0.24	0.56	-0.27	* とろり	0.59	0.26	0.15	0.29
* ジューシー	0.50	0.26	0.24	0.19	* どろり	0.47	0.21	0.32	0.06
柔軟な	0.12	0.32	0.56	-0.25	* なめらか	0.94	0.06	0.00	0.68
じゅくじゅく	0.21	0.24	0.56	-0.24	* にちゃっ	0.21	0.38	0.41	-0.14
じゅるじゅる	0.15	0.35	0.50	-0.25	* にちゃにちゃ	0.21	0.35	0.44	-0.14
じゅるっ	0.12	0.35	0.53	-0.25	にゆるっ	0.26	0.21	0.53	-0.19
ショリショリ	0.12	0.03	0.85	-0.57	にゆるにゆる	0.24	0.24	0.53	-0.27
ショリッ	0.12	0.00	0.88	-0.60	にゆるり	0.15	0.29	0.56	-0.39
* 汁が多い	0.26	0.41	0.32	-0.07	ぬめっ	0.18	0.35	0.47	-0.25
芯がある	0.18	0.15	0.68	-0.23	ぬめぬめ	0.18	0.32	0.50	-0.29
しんなり	0.18	0.29	0.53	-0.23	ぬめりがある	0.15	0.41	0.44	-0.24
すかすか	0.15	0.09	0.76	-0.57	ぬるっ	0.12	0.29	0.59	-0.24
すじっばい	0.12	0.32	0.56	-0.24	* ぬるぬる	0.18	0.38	0.44	-0.15
* ずっしり	0.32	0.26	0.41	-0.07	ねたねた	0.12	0.32	0.56	-0.23
すべすべ	0.18	0.26	0.56	-0.24	ねちねち	0.12	0.41	0.47	-0.32
すべる	0.12	0.32	0.56	-0.43	* ねちゃっ	0.26	0.50	0.24	0.05
* ゼリー状の	0.82	0.12	0.06	0.60	* ねちゃねちゃ	0.29	0.47	0.24	0.07
* 繊維状の	0.47	0.24	0.29	0.06	* ねちょっ	0.24	0.53	0.24	-0.04
* たらたら	0.26	0.38	0.35	-0.06	* ねちょねちょ	0.24	0.53	0.24	-0.01
* だらだら	0.24	0.50	0.26	0.06	* ねっとり	0.41	0.38	0.21	0.20
* たらっ	0.35	0.35	0.29	0.04	* ねとっ	0.32	0.38	0.29	0.02
* だらっ	0.29	0.41	0.29	0.06	* ねとつく	0.29	0.47	0.24	0.02
* たらり	0.32	0.38	0.29	0.05	* ねとねと	0.24	0.53	0.24	0.00
* だらり	0.26	0.41	0.32	0.02	* ねばい	0.44	0.24	0.32	0.05
* 弾力がある	0.56	0.18	0.26	0.27	* ねばっ	0.38	0.24	0.38	0.05
* 粒状の	0.59	0.26	0.15	0.09	* ねばつく	0.38	0.32	0.29	0.08
* つぶつぶ	0.71	0.21	0.09	0.13	* ねばっこい	0.41	0.29	0.29	0.10
* つぶれやすい	0.44	0.32	0.24	0.10	* ねばねば	0.29	0.35	0.35	-0.05
つまった	0.15	0.32	0.53	-0.22	* ねばりがある	0.44	0.24	0.32	0.09
つるっ	0.21	0.29	0.50	-0.24	* 濃厚な	0.59	0.26	0.15	0.28
つるつる	0.15	0.21	0.65	-0.42	* のどごしがよい	0.35	0.26	0.38	0.00
つるり	0.21	0.21	0.59	-0.34	のびる	0.18	0.26	0.56	-0.23
つるん	0.18	0.21	0.62	-0.33	* 糊状の	0.47	0.41	0.12	0.33
どっしり	0.21	0.38	0.41	-0.19	* 歯切れがよい	0.21	0.12	0.68	-0.17
* とろける	0.56	0.15	0.29	0.16	歯ごたえがある	0.15	0.32	0.53	-0.28
* とろっ	0.56	0.38	0.06	0.26	歯ざわりがよい	0.26	0.21	0.53	-0.19

付表 各用語の集計結果およびジャム評価用語としての妥当度（続き）

用語	適当	やや 適当	適当で ない	妥当度	用語	適当	やや 適当	適当で ない	妥当度
びちゃっ	0.12	0.29	0.59	-0.42	* べとつく	0.62	0.35	0.03	0.64
びちゃびちゃ	0.21	0.24	0.56	-0.34	* べとべと	0.50	0.35	0.15	0.31
びちゃびちゃ	0.15	0.26	0.59	-0.30	べとべと	0.12	0.29	0.59	-0.41
ぶっくら	0.12	0.15	0.74	-0.58	ぼってり	0.21	0.24	0.56	-0.24
ぶつぶつ	0.18	0.29	0.53	-0.32	ぼってり	0.15	0.03	0.82	-0.58
ぶつぶつ	0.12	0.26	0.62	-0.45	* ぼてっ	0.32	0.29	0.38	-0.04
ぶにぶに	0.12	0.29	0.59	-0.41	ぼてっ	0.15	0.15	0.71	-0.51
ぶにゆぶにゆ	0.12	0.26	0.62	-0.44	ぼてぼて	0.21	0.32	0.47	-0.20
ぶによぶによ	0.12	0.21	0.68	-0.47	* まったり	0.38	0.44	0.18	0.14
ぶよっ	0.12	0.26	0.62	-0.44	* まとわりつく	0.53	0.26	0.21	0.25
ぶよぶよ	0.15	0.24	0.62	-0.43	* まろやか	0.68	0.26	0.06	0.44
ぶよぶよ	0.15	0.21	0.65	-0.49	* 水飴状の	0.65	0.26	0.09	0.44
ぶりっ	0.12	0.09	0.79	-0.57	* 水気が多い	0.38	0.35	0.26	0.08
ぶりん	0.12	0.24	0.65	-0.49	* 水っぽい	0.65	0.18	0.18	0.36
ぶりんぶりん	0.12	0.35	0.53	-0.46	* みずみずしい	0.59	0.12	0.29	0.16
ふるふる	0.12	0.29	0.59	-0.34	* 蜜状の	0.29	0.47	0.24	0.02
ふるふる	0.15	0.18	0.68	-0.54	* 密な	0.38	0.32	0.29	0.05
* ふるふる	0.32	0.35	0.32	0.00	もちもち	0.15	0.21	0.65	-0.40
ふるん	0.24	0.29	0.47	-0.21	もったり	0.26	0.18	0.56	-0.30
ふるんふるん	0.12	0.24	0.65	-0.55	* もろい	0.38	0.00	0.62	-0.13
* ふるんふるん	0.24	0.41	0.35	-0.09	* やわらかい	0.65	0.21	0.15	0.32
* 分離した	0.53	0.18	0.29	0.15	* 軟らかい	0.50	0.35	0.15	0.25
* べたっ	0.59	0.35	0.06	0.48	* 柔らかい	0.35	0.29	0.35	0.00
* べたっ	0.41	0.26	0.32	0.07	* ゆるい	0.76	0.15	0.09	0.60
* べたつく	0.74	0.24	0.03	0.65					
* べたべた	0.65	0.26	0.09	0.45					
* べたべた	0.38	0.24	0.38	-0.04					
* べちゃっ	0.56	0.29	0.15	0.31					
* べちゃっ	0.35	0.32	0.32	0.02					
* べちゃべちゃ	0.56	0.26	0.18	0.26					
* べちゃり	0.15	0.24	0.62	-0.11					
べちゃり	0.12	0.29	0.59	-0.26					
* べちょっ	0.38	0.29	0.32	0.04					
* べちょべちょ	0.38	0.41	0.21	0.16					
* べったり	0.44	0.35	0.21	0.13					
* べったり	0.21	0.38	0.41	-0.13					
* べっとり	0.50	0.32	0.18	0.16					
べっとり	0.18	0.41	0.41	-0.26					
* べとっ	0.53	0.32	0.15	0.28					
* べとっ	0.26	0.35	0.38	-0.10					

技術報告

ウェブアンケートによる食品害虫サイト利用状況調査

曲山 幸生^{*} , 七里 与子 , 宮ノ下明大 , 今村 太郎 ,
和田 有史 , 増田 知尋 , 木村 敦[†]

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

[†]東京電機大学 情報環境学部 情報環境学科

A Survey of Visitors to Food-Insect Site by Web Questionnaire

Yukio Magariyama^{*} , Kumiko Shichiri , Akihiro Miyanoshita , Taro Imamura ,
Yuji Wada , Tomohiro Masuda , and Atsushi Kimura[†]

National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8642 Japan

[†]Tokyo Denki University, 2-1200 Muzai Gakuendai, Inzai, Chiba, 270-1382 Japan

Abstract

We have opened Food-Insect Site as expanding an internet illustrated book of stored grain pests and their natural enemies, "Picture Guide to Food Pests" since November 2007. Some defects in Food-Insect Site have appeared gradually. To obtain the objective data, we made a survey of visitors to the website by a questionnaire embedded in each webpage. The questions were the following: the purpose of the visit, the achievement of the purpose, the unexpected result, visits to this site, confidence in this site, and comment. In the questions other than comment, a respondent could choose the answer from several alternatives by checking a radio button. We had obtained 55 valid answers for 3 months from June 1 to August 31 in 2010. To the question "the purpose of the visit," half the respondents answered "work or study," 40% "home," and the rest "hobby or curiosity." We consider that the contents in Food-Insect Site are appropriate because only 3 respondents answered that the purpose was not achieved. About 80% of the respondents got unexpected results. About half the respondents made comments although it was purely optional. We will open a new version of Food-Insect Site to be more user-friendly by evaluating the results.

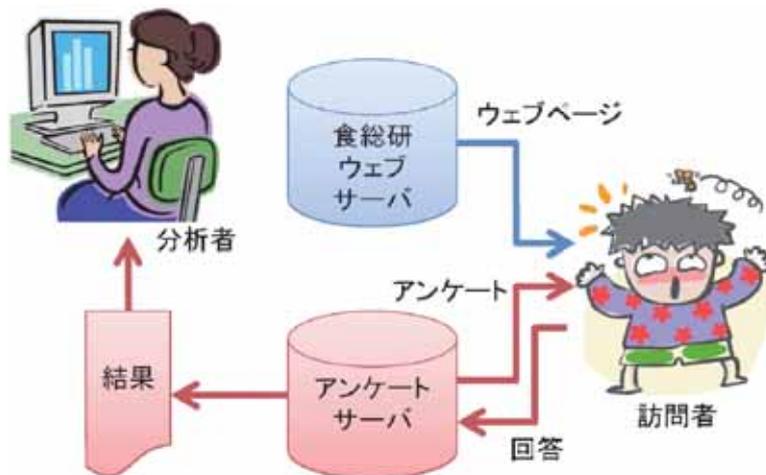


図1 . WEB CAS formulator システム概念図

緒言

食総研ウェブサイト¹⁾の中でも人気の高かったインターネット図鑑「貯穀害虫・天敵図鑑」を拡張する形で、2007年11月に食品害虫サイト²⁾を開設した³⁾。食品害虫サイトを開設した目的は、貯穀害虫・天敵図鑑を使いやすくし、食総研における研究成果を中心に周辺情報の提供もおこなうことであった。この目的を満足するようなサイトを構築するためには、食品害虫サイトや貯穀害虫・天敵図鑑がサイト訪問者にどのように評価されているかを知る必要がある。昨年、その一環として貯穀害虫・天敵図鑑のアクセス解析を実施した結果、社会の注目度と閲覧数が連動していること、参照元と閲覧数を総合的に評価するとその昆虫の社会への浸透度が推定できることがわかった⁴⁾。今回はアクセス解析では得られない情報を入手するために、アンケート調査の手法を使って直接サイト訪問者の目的や満足度を調査した。

実験方法

アンケートサーバによるアンケート調査法

2009年9月に農林水産研究情報総合センターがその利用登録者に対する、アンケートシステム WEB CAS formulator (株式会社エイジア, <http://webcas.azia.jp/formulator/>)を導入している(図1)。今回はこのアンケートシステムを使用し、農研機構で定められた内部利用規程にしたがいアンケート調査をおこなった。

回答の回収と解析法

食品害虫サイトに埋め込んだアンケートに対して訪問者が回答すると、その結果は自動的にアンケートサーバに蓄積される(図1参照)。蓄積された回答結果データはZIP形式で圧縮されたひとつのファイルになっており、解凍するとCSV形式のファイルが得られる(表2参照)。これをExcelで読み込み、解析をおこなった。

質問項目の決定

アンケートサーバのプレビュー画面で、実際のウェブアンケートのウィンドウを確認できる。複数選択できるチェックボタンなど、さまざまな設定が可能だが、今回はラジオボタン(単一選択)と自由記述のみを利用した。

食品害虫サイトの改善を目指し、サイト訪問の目的と満足度を測定することを目的とした。回答数を多くするために、できるだけ回答の負担を少なくするようにした。具体的には、①個人情報収集しないこと、②選択肢が基本で文字入力オプションにすること、③質問数は最低限にすること、④質問文と回答候補は簡潔であること、⑤迷わずに回答できること、になるよう質問項目を作成した。その結果、図2に示した6問の質問項目に決定した。コメント欄の自由記述以外は、ラジオボタンを用いた選択式である。

サイトへのアンケートの埋め込み

アンケートの理想は回答者集団に偏りが無いことだが、国勢調査などとは違い、回答したい人だけが回答するという形式のウェブアンケートを使用するため、



図2．アンケートのプレビュー画面

表1．アンケート協力者に提供した豆知識集

- ジンサンシバンムシはエジプトのミイラからも発見された．
- コクゾウムシ成虫の頭の突起は、角でも鼻でもなく長い口である．
- ノシメダラメイガ幼虫はチョコレートの害虫であるが、成虫になるのは難しい．
- チャイロコメノゴミムシダマシの幼虫はミールワームと呼ばれる小動物の餌として売られている．
- ジンサンシバンムシはネズミの毒餌やトリカブトの乾燥根を食べても死なない．
- コクゾウムシの幼虫はお米の中を食べているので、普段は見る事が出来ない．
- コクゾウムシはスパゲティの中身を食べて成虫になれる．
- コクヌストモドキは大量に新築家屋に飛来することがある．
- ヒメマルカツオブシムシは5月頃、野外の白い花に飛んでくる．
- ノシメダラメイガの幼虫はヘラブナ釣りの餌として使われた．
- タバコシバンムシは畳やドライフラワーからも発生する．
- コクゾウムシの卵を完全に殺すには、酸素濃度0.1%以下に置いて12日間かかる．

コントロールされた回答者集団を得ることはできない⁵⁾。しかし、食品害虫サイトを訪問した人のうち、できるだけ多くがアンケートの存在に気づき、協力しようという気になってもらうために、次の工夫をおこなった。

- ① サイト内のすべてのページにアンケートウィンドウを開くボタンを設置した。
- ② ボタンのサイズを大きくし、ページ上部に配置した。
- ③ アンケートの目的を表示した。
- ④ アンケートに協力するとランダムに豆知識（表1）

を表示するようにした。

- ⑤ アンケート回収期間中に、中間集計結果を公表した⁶⁾。

食品害虫サイトを訪問すると必ずアンケートウィンドウが開く（ポップアップ）というやり方は、信用性を損なうという研究結果⁷⁾があることから、採用しなかった。

アンケートサーバから得られる情報

アンケートサーバからは表2のようなデータを得る

表 2 . アンケートサーバが出力するデータ例 (1 セット)

項目	データ (例)
登録数	1
登録日時	2010/6/1 10:41
訪問の目的	仕事・学習
目的の達成度	達成した
目的外の成果	あった
本サイトへの訪問回数	始めて
本サイトへの信頼度	信頼する
コメント	テスト (曲山)
I P アドレス	150.26.147.148
ブラウザ情報	Mozilla/4.0 (compatible; MSIE 7.0; Windows NT 6.0; Trident/4.0; GTB6; SLCC1; .NET CLR 2.0.50727; Media Center PC 5.0; InfoPath.2; .NET CLR 3.5.30729; .NET CLR 3.0.30729; OfficeLiveConnector.1.5; Office
リンク元	http://info.dc.affrc.go.jp/nfri/foodinsect/index.html

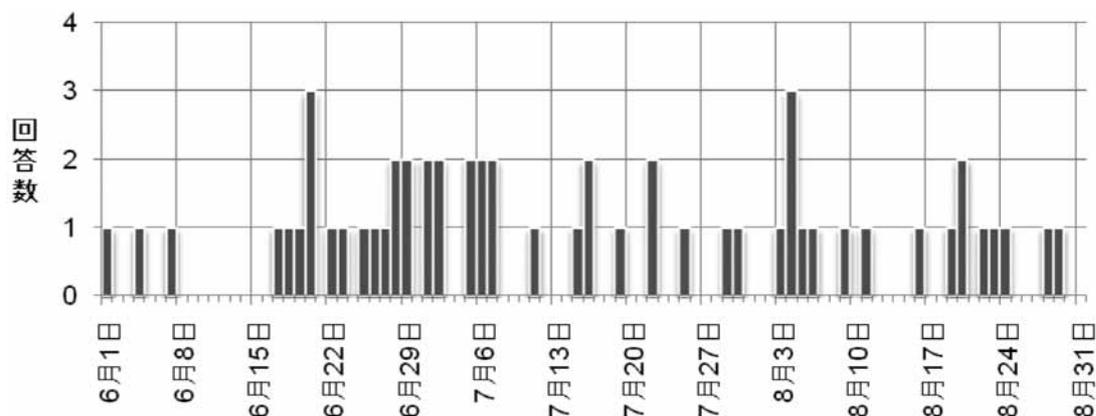


図 3 . 1日あたりのアンケート回答数

縦目盛り線は7日ごとに引いてある。6月1日は火曜日である。ウェブサイトに中間報告を発表したのは7月20日である。

ことができる。3行目 (訪問の目的) から 8 行目 (コメント) のデータがアンケートに対する回答で、それ以外はアンケートサーバのアクセスログから抽出された情報である。

実験結果および考察

解析結果：回答数

2010年6月1日から8月31日までの3ヶ月間のアンケート回収期間中の回答総数は55件であった。最初の2週間は3件と回答が少なかったが、3週目からは毎週平均5件程度と安定して回答が集まった (図 3) 。

解析結果：訪問の目的

訪問した目的は、4割が家庭、5割が仕事・学習、1割が趣味・好奇心だった (図 4) 。つまり、アンケー

ト回答者のほとんどが、明確な目的があって食品害虫サイトを訪問したことになる。単純に昆虫の写真を見たくて図鑑を開いた人は、予想よりも少なかった。職場や学校で食品害虫を調べる必要性が生じた人と、家庭で食品に虫がわいて困った人が、それぞれほぼ同程度食品害虫サイトを訪問していることから、今後もこのような目的を持った人たちに対応した内容や記述方法を意識していく必要がある。

解析結果：目的の達成度

目的の達成度は「達成した」と「一部達成した」を合わせると9割に達し (図 5) ，食品害虫サイトに対する満足度が高いことが示された。これは、貯穀害虫に限った場合、食品害虫サイト (その中の、貯穀害虫・天敵図鑑) が訪問者の要求にあった情報を提供しているからだと考えられる。寄せられたコメントの中に貯

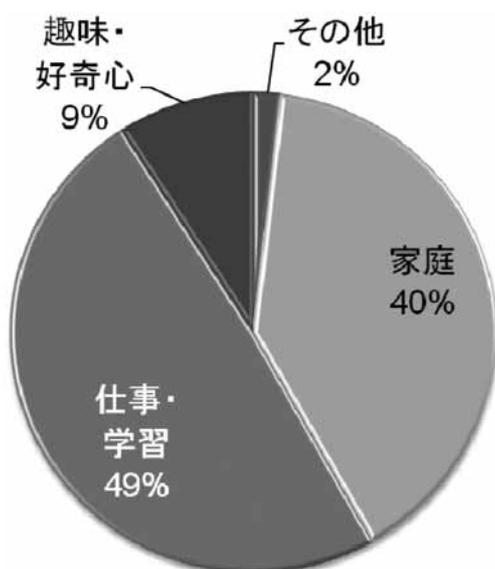


図4．訪問の目的

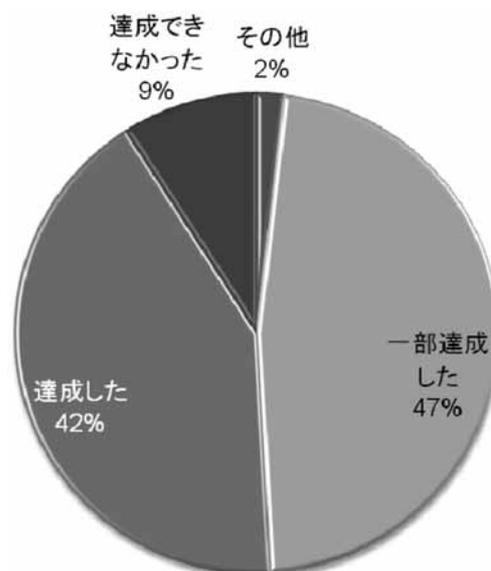


図5．目的の達成度

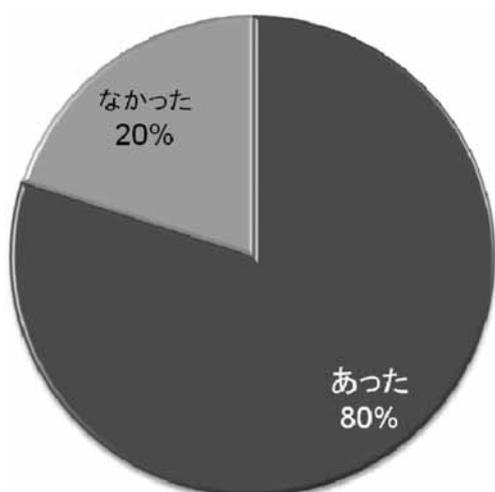


図6．目的外の成果

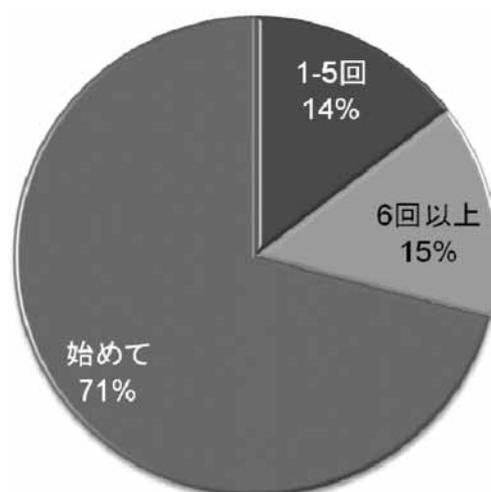


図7．本サイトへの訪問回数

穀害虫・天敵図鑑の写真がすばらしいとほめているものもあり、この点は他のサイトにはない独自性であると考えられる。一方、目的を達成できなかった少数の方のコメントから判断すると、特定の昆虫を駆除するなど明確な目的があり、その答えが食品害虫サイトに見つからなかったためだと思われる。このようなケースのすべてに、一ウェブサイトが対応することは困難であるが、解決の糸口が見つかるようなサイト作りを考えていきたい。

解析結果：目的外の成果

アンケート回答者のうち、8割の人が目的外の成果があったと回答し、2割の人がなかったと回答している（図6）。食べようとした食品に昆虫が混入していたという場面に遭遇したときにも冷静に正しい判断ができるようになるためには、食品害虫に関する正しい知識を幅広く知っておくことが必要である。このような知識を多くの人に発信することを目的に、著者らは食品害虫サイトを開設した。その点からすると満足できる結果が得られたと考えられる。今後は、明確な目

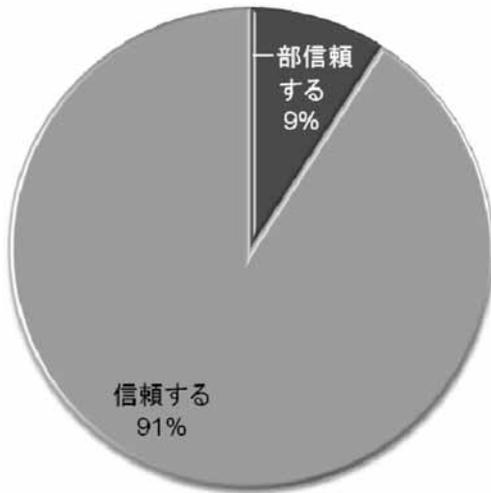


図8 . 本サイトへの信頼度

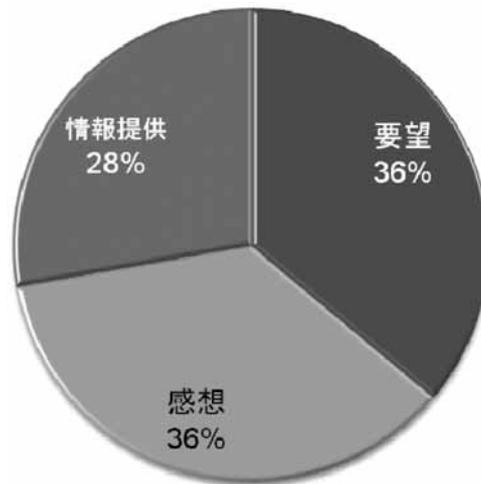


図9 . コメントの分類

表3 . ブラウザ情報の例

PC / 携帯	データ (例)
PC	Mozilla/4.0 (compatible; MSIE 7.0; Windows NT 5.1; GTB6.5; .NET CLR 1.0.3705; .NET CLR 1.1.4322)
携帯	DoCoMo/2.0 SH01A (c100; TB; W24H16)

的で食品害虫サイトを訪問した人も、その目的以外の情報に目が向くようなサイトにするよう、さらに工夫を重ねていきたい。

解析結果：本サイトへの訪問回数

アンケート回答者のうち7割が食品害虫サイトへの初めての訪問者であった。現在の食品害虫サイトは貯穀害虫・天敵図鑑の拡張という形で運営されており、問題が起こったときに検索サイトなどを通じて図鑑の各ページにたどり着くという利用が主流である。その点からすると、この結果は妥当だと考えられる。今後も、貯穀害虫・天敵図鑑を中心に、その周辺の情報を充実させていく予定である。

解析結果：本サイトへの信頼度

食品害虫サイトを信頼できないという回答はなかった(図8)。アンケートに協力しようという意思を持った時点ですでにサイトを信頼していると考えられることから、この結果は当然かもしれない。しかし、どのようなウェブサイトであれ、目的を果たすためには、訪問者にその内容が信頼できると感じてもらう必要がある(7)。この結果は食品害虫サイトが最低レベルを

クリアしていることを示している。これからもさらに信頼感を生み出すようなサイトづくりを心がけたい。

解析結果：コメント

自由記述のコメントはオプションであるが、アンケート回答者55名のうち約半数の27名が記入してくれた。これは予想以上の高い数値だった。コメントを要望、感想、情報提供の三つに分類すると、それぞれほぼ3分の1ずつになった。ただし、ひとつのコメントに複数の分類にわたる内容が含まれていた場合はそれぞれカウントしたので、3分類全部を合計すると27件以上になる。

自分の身近でこのような状況でこのような昆虫が発生しているといった、情報提供に分類されるコメントが予想以上に多かった。情報提供した方はその情報を共有したいのではないかと考えられる。今後の食品害虫サイトでは、双方向の情報提供、あるいは、情報共有の場の提供といったことも検討していく。

解析結果：その他

アンケートサーバが出力する情報の中には、IPアドレス、ブラウザ情報、リンク元も含まれている(表

2 参照)。

ブラウザ情報からは、PC からアンケートに回答したのか、携帯からアンケートに回答したのかを判別できる(表3)。今回の回答は、PC から53件、携帯から2件であった。アンケートを計画しているとき携帯から回答することは想定していなかったが、今回利用したアンケートシステムは携帯利用者にも配慮した設計であるため、アンケートそのものには問題はなかったと思われる。しかし、食品害虫サイト本体はPCによる閲覧を前提としている。今後、携帯利用者から画面構成に対して要望があった場合、対応を考える必要性が出てくるかもしれない。

リンク元の情報は、食品害虫サイト内のどのページのリンクボタンを使ってアンケートウィンドウを開いたのかを示す。結果は、貯穀害虫・天敵図鑑のページが48件、図鑑以外のページが5件、不明が2件であった。不明の2件は携帯からの回答に対応していた。この結果も食品害虫サイトでは貯穀害虫・天敵図鑑が中心であることを示している。

新版食品害虫サイトへの反映

以上の結果を参考に、2010年10月現在、食品害虫サイトを大幅改訂する作業を実施中である。中心コンテンツは貯穀害虫・天敵図鑑であるが、それを補足する防除方法などの情報や、食総研の研究活動を身近に感じてもらうために設けているニュース・コラムの充実を図り、それぞれの情報が滑らかにつながるようにする。従来は食品害虫サイトの中の貯穀害虫・天敵図鑑は各害虫に対する個別の情報の単純な寄せ集めであったが、この改善によって食品害虫サイト全体でひとつのまとまった情報(メッセージ)を発信していると感じられるウェブサイトにすることを目指している。

謝 辞

忙しい中ウェブアンケートに協力していただいた回答者のみなさまに感謝します。また、アンケートのサイトへの埋め込み方について助言していただいた新田宜史氏に感謝します。

要 約

2007年11月に貯穀害虫・天敵図鑑を拡張する形で食品害虫サイトを開設してから、2010年4月で約2年半が経過し、欠点がしだいに明らかになってきた。この

点について客観的なデータを得るために、食品害虫サイトにアンケートを埋め込み、訪問者に対してアンケート調査を実施した。アンケートの項目は、①訪問の目的、②目的の達成度、③目的外の成果、④本サイトへの訪問回数、⑤本サイトへの信頼度、⑥コメント(自由記述)で、コメント以外はラジオボタンによる選択式とした。2010年6月1日から8月31日までの3ヶ月間に55件の有効回答があった。訪問の目的は、仕事や学習が半数、家庭が4割、残りが趣味や好奇心だった。目的が達成できなかったという回答は3件のみだったので、食品害虫サイトの掲載内容は大きな問題はないと考えられた。目的外の成果が得られた訪問者も約8割いたが、他のページへの誘導を改良できる余地もあると思われた。また、回答者のうち約半数から面倒なコメント欄への記述が得られたので、回答にもう少し手間のかかるアンケート調査も可能かもしれない。以上の結果を検討して、近日中に、より使いやすい改訂版食品害虫サイトを公開する予定である。

参考文献

- 1) 食品総合研究所, ウェブサイト「独立行政法人農研機構 食品総合研究所」, <http://nfri.naro.affrc.go.jp/> (2010年10月14日アクセス)
- 2) 食品総合研究所, ウェブサイト「食品総合研究所: 食品害虫サイト(トップ)」, <http://info.dc.affrc.go.jp/nfri/foodinsect/index.html> (2010年10月14日アクセス)
- 3) 曲山幸生, 七里与子, 宮ノ下明大, 今村太郎, 食品害虫サイトの開設とそのアクセス解析 家屋害虫, vol 31, no 2, pp 93-99 (2009).
- 4) 曲山幸生, 七里与子, 宮ノ下明大, 今村太郎, アクセス解析から推定した食品害虫の注目度と浸透度, 農業情報研究, vol .19, no .1, pp .1-9(2010).
- 5) 安藤明之, 初めてでもできる社会調査・アンケート調査とデータ解析, 日本評論社, ISBN978-4-535-58551-5, 2009年発行
- 6) 食品総合研究所, ウェブページ「食品総合研究所: 食品害虫サイト: 編集者便り(ニュース12)」, http://info.dc.affrc.go.jp/nfri/foodinsect/news/news_12.html (2010年10月15日アクセス)
- 7) B .J .フォッグ, 実験心理学が教える人を動かすテクノロジー, 日経 BP 社, ISBN4-8222-8246-5, 2005年発行

Quality Improvement of Fresh Food by Thermal Preprocessing

Edith Manlapig San Juan
UNU-Kirin Fellow from Philippines
Food Processing Laboratory

Heat treatments, such as use of aqua-gas (AQG), which is a mixture of micro-droplets of hot water in superheated steam (SHS), heating at 60 °C in water, and steaming are used mainly to inactivate enzymes that cause browning and to facilitate peeling of green fruit where the peel adheres firmly to the pulp, like in bananas. The characteristics of Cavendish banana (*Musa* spp.) blanched in AQG with SHS, boiling water, and steam were studied to determine the effectiveness of these treatments in prolonging the green stage of the fruit in order that the fruit could be prepared into value-added products. The work focused also on determining the characteristics of banana during the normal ripening process and on the effectiveness of these blanching techniques in delaying the ripening process. Untreated fruits stored at ambient conditions ripened after 8 days with a total soluble solids (TSS) content of 9%, which is the table ripe stage of bananas. Bananas to be used for preparing chips are required to have a maximum TSS of 5%. This level was attained in untreated bananas after 6 days of ripening. Blanching in water at 60 °C for 1, 3 and 5 minutes resulted in water soaked bananas after 5 days of blanching resulting in soft texture of the fruit. Steaming of green bananas for 30, 60 and 90 seconds resulted in ripened bananas after 4, 7 and 10 days, respectively. Blanching of mature, green bananas (Color Index, CI=2) with AQG delayed ripening time by about 7 days. Increase in TSS to 5% was attained after at least 14 days in bananas blanched for 60 seconds at 115 °C with AQG. Blanching for 90 seconds was also effective in prolonging the green stage of bananas, the 5% level was attained within 14 days of ripening or a delay of 7 days. Bananas blanched for 30 seconds delayed ripening by 4 days. Regression equations for ripening of bananas were obtained from the straight line in the graph representing the changes in total soluble solids content during its ripening. These equations can be used to predict the number of days before reaching the 5% TSS. Above results will be useful for producers of banana chips, flour and powder utilizing green bananas as raw material. The producers will have extended time to prepare these products and not worry about the early ripening of the raw material especially at times when there is abundant supply of green bananas.

Development of agro-resource and spice-based renewable eco-bio-product and properties

Borse Babasaheb Bhaskarrao
UNU-Kirin Fellow from India
Food Processing Laboratory

Renewable bio-products are biodegradable products developed keeping environmental concerns in mind. An integrated research and scientific on renewable bio-products / materials with insect attack protection property is an urgent need as agro/cereal grain based bio-products are usually attacked on shelf by insect pests making them defective. The aim of the study was to develop and understand the properties of biodegradable material with spice (turmeric) inclusion for protection against attack from harmful insect pests. Keeping the above objectives processing, properties and development of agro-resource and spice-based renewable eco-bio-product (eco-pots) was carried out using twin extrusion technology for pelleting and injection molding for bio-product casting. This followed studies on pellets and pots (RP 820/RPT 821) from rice, potato pulp waste with and without turmeric. Maize weevil (*Sitophilus zeamais Motschulsky*) was used as the stored product insect pest and its food preference was studied in prepared pellets and eco-pots. It was RP 820 pots which were highly preferred as food by maize weevil, as absence of turmeric resulted in cracks and crevices in pots making easy access for insect attack. Whereas pots from RPT 821 (with turmeric inclusion) were not at all preferred as food by the insect pest as the pots were free from cracks and crevices and pots had enough integrity to allow any bite. Turmeric inclusion afforded the compatibility effect on pots making it inaccessible to insect attack besides natural color.

Effects of Sugar Components on the Properties of Enzymatically-induced Soy Protein Coagulum

Luan Guangzhong

UNU-Kirin Fellow from China

Food Physics Laboratory

To elucidate the role of soybean proteins in enzymatic coagulation, and to analyze the effect of glycan moiety of β -conglycinin (7S) on the coagulation, dynamic rheological properties during the enzymatic coagulation as well as other physicochemical properties of soybean proteins were studied.

The coagulation of commercial soybean protein isolate (SPI) by papain and alcalase at different temperatures were studied. The results showed that papain had higher thermal stability than alcalase. The results of Arrhenius plot suggested that the coagulation by both alcalase and papain at different temperatures was single process and that the coagulation induced by papain depended more on temperature than that by alcalase.

The coagulation of commercial SPI and 7S dispersions with presence of papain were studied at 40 °C. Dynamic viscoelasticity of 7S dispersion developed faster than that of SPI, indicating that commercial 7S was easier to coagulate and formed firmer coagulum than SPI.

The observed clotting time and dynamic rheological properties of extracted 11S (E11S), 7S (E7S) and SPI (ESPI) with presence of papain were compared. The E11S dispersion coagulated much faster than ESPI and E7S, and the E7S was the slowest. The saturated modulus values were ordered as E11S > E7S > ESPI, indicating that 11S played a key role in the papain induced coagulation.

No significant difference was found for the clotting time by papain between the deglycosided 7S (D7S) and its intact control. The D7S coagulum was little bit firmer than the control one, but both formed very weak coagula. The deglycosidation was not effective to enhance gel structure induced by papain.

It can be concluded that deglycosidation is not very effective for increasing the gel strength of the enzymatic coagulum of soybean protein. Soybean 11S plays a key role in the coagulation of the enzymatic coagulation, the same as reported in tofu-like gels induced by saline or acid coagulants.

Improvement of Fish Sauce Flavor by Using Ultrafiltration Method

Leopold Oscar Nelwan

UNU-Kirin Fellow from Indonesia

Reaction and Separation Engineering Laboratory

Fish sauce is a condiment made from fermented fish. Some people, however, dislike fish sauce due to its some strong unpleasant flavors. In this study, a membrane separation technique for improving the flavor of fish sauce was developed.

Some polymers solutions including sodium carboxymethyl cellulose, sodium alginate, dextran, chitosan, gelatin, polyethylene glycol were mixed with trimethylamine or butyric and iso-valeric acids and then were ultrafiltrated and subsequently both the permeate and feed were assayed. At the next stage, ultrafiltration experiments of the polymer solutions with total recirculation mode were carried out, and the model of ultrafiltration of polymers solution was developed. A simple optimization technique was set up in order to find the optimum energy for filtration. Simulation of the batch-wise ultrafiltration the polymer in fish sauce solution was carried out and sensory evaluation was applied to compare the original fish sauce and the treated ones.

It was found that sodium carboxymethyl cellulose (CMC) and sodium alginate (SAG) could bind with trimethylamine while chitosan could bind with lower fatty acids. Gelatin could slightly bind with the lower fatty acids. The model based on resistance-in-series model can explain the permeate data obtained. Feed flow velocity ranging from 0.073 to 0.298 m/s has significant effect to the resistance only at higher trans-membrane pressures while temperature ranging from 25 to 45 °C has the effect at both higher and lower trans-membrane pressure. However, the temperature effect was lower than that of feed flow velocity. In the range of targeted permeate flux of 0.00003 to 0.00007 m³/m²-s, optimum inlet pressure for all solutions are occurred at similar values but the corresponding feed flow velocity of chitosan in 0.01 N HCl solution, and therefore its pressure energy, is significantly higher than those of CMC and SAG solution. At the curve J_v vs ΔP , the required optimum energy points do not necessarily to occur at the region where the curve deviates from linear.

The permeate flux of polymers in fish sauce is severely lower than those in aqueous solutions, i.e. less than a quarter for all polymers. Furthermore, the CMC in fish sauce solution has permeate flux much lower than that of SAG at the same trans-membrane pressure whereas their optimum values are approximately same in the aqueous solution. The model for batch-wise simulation was agreed with data only for SAG.

Sensory evaluation showed that ultrafiltration of CMC, SAG, chitosan and mixture of SAG and chitosan in fish sauce solution can significantly change the odor and taste of the fish sauce at 95% confidence interval. CMC, SAG and mixture of SAG and chitosan improved significantly the odor of fish sauce, while chitosan and mixture of SAG and chitosan improved significantly the taste of fish sauce.

Development of Method to Enhance Resistant Starch Content in Rice Flour

Prajongwate Satmalee

UNU-Kirin Fellow from Thailand

Carbohydrate Laboratory

Rice is the main crop of Thailand, but the utilization and the value of the rice flour is limited. The digestibility of rice flour is high due to its low resistant starch (RS) content. The functions of the RS are similar to the dietary fibers. Many public health authorities and food organizations recognize RS as a beneficial carbohydrate. High and low amylose Thai rice flours (KC and ML, respectively) were used in this work, to increase the RS content in the flour. Pullulanase debranching followed by heat-moisture treatment (HMT) altered the pasting properties, which increased the shear stability to the flours. The gelatinization temperature determined by DSC was increased and the more retrogradation occurred in treated flour compared to the native flour. The SEM observation showed that the treatment did not change the morphology of the granules in both flours. The RS content of the treated KC flour was not significantly changed from 10.86% in native to 10.20 and 10.81% in both treatments, but the slowly digestible starch (SDS) content was significantly increased (from 1.07% to 3.27 and 3.25%). The treatment worked well with ML rice. The RS content in the treated ML flour was increased to 18.31% from 11.59% in native flour. This concluded that the treatment can increase the RS, while maintaining the granular structure and improve the pasting properties of the flour. Moreover the debranching and HMT process has different effect on the RS content, depends on the cultivar and the milling method of the rice flour. This can be used to improve functional properties of rice flour and also increase the value of rice flour.

抄録

Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition 44(3)223–230(2009)

A comparative analysis of genistein and daidzein in affecting lipid metabolism in rat liver

Takahashi Y.*, Odbayar T. O. ***, Ide T.*

*National Food Research Institute

**Mongolian University of Science and Technology

大豆イソフラボンであるゲニステインとダイゼインがラット肝臓の遺伝子発現プロファイルと脂質代謝の指標に及ぼす影響を比較した。実験1では、ラットにゲニステインまたはダイゼインを2 g/kg含む食餌、あるいはイソフラボンを含まないコントロール食を与えて14日間飼育した。実験2では、ラットにゲニステインを1または2 g/kg含む食餌、あるいはイソフラボンを含まないコントロール食を与えて16日間飼育した。食餌ゲニステインの量が2 g/kgのとき、両実験において血清中性脂肪濃度が減少し、実験2では血清コレステロール濃度が減少した。しかし実験1のダイゼイン2 g/kg食では血清脂質濃度は減少しなかった。実験1でのDNAマイクロアレイ解析で、ゲニステインはダイゼインよりも肝臓で発現する脂質および炭水化物代謝に関係する多くの遺伝子の発現に大きな影響を与えた。詳細な解析の結果、ゲニステインによる血清脂質濃度低下作用は、脂質合成に関連する遺伝子発現の変化に起因することが示唆された。このことは実験2で実施した酵素活性レベルの測定結果とも一致した。

ラット肝臓での脂質代謝に影響するゲニステインとダイゼインの作用の比較解析

高橋 陽子*, Odbayar T. O. ***, 井手 隆*

*食品総合研究所, **モンゴル科学技術大学

International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism ,19(6), 673-684(2009)

L-Lactic Acid Improves the Swimming Endurance of Mice

Guihua ZHANG*, Nobuya SHIRAI*, Hiramitsu SUZUKI**

*National Food Research Institute

**Kagawa Nutrition University

L-乳酸がマウスの遊泳持久力に及ぼす影響について調査した。マウスに(n=50)25mg/体重kgまたは50mg/体重kgのL-乳酸またはグルコースを腹腔内に投与し、強制遊泳した時の疲労に至るまでの時間を、生理的食塩水を投与した場合と比較した。また遊泳試験終了一週間後、生理的食塩水、L-乳酸またはグルコースを同様に腹腔内投与して、30分後の生化学的項目について分析を行った。生理的食塩水と比べたL-乳酸の疲労までの時間は、グルコース投与よりも有意に伸びた。その伸びは、25mg/体重kgに比べて50mg/体重kgで大きかった。グルコース投与では投与量によるそのような伸びは認められなかった。血漿および筋肉の乳酸、筋肉肝臓のグリコーゲン、血漿NEFAとグルコースに生理的食塩水、L-乳酸およびグルコース投与グループで有意な差は認められなかった。これらの結果から、L-乳酸の投与は量依存的に遊泳持久力を伸ばすものと考えられた。

日本食品科学工学会誌, 57(1), 44-48 (2010)

Oxygen radical absorbance capacity 法によるスモモの抗酸化活性評価

佐藤 明子***, 渡辺 純*, 後藤 真生*, 石川(高野)祐子*

*独立行政法人食品総合研究所

**山梨果樹試験場

スモモ38品種/系統を用い、ヘキサン:ジクロロメタン(1:1)およびアセトン:水:酢酸(70:29.5:0.5, AWA)による連続抽出を行なった。得られたAWA抽出液を用いて、ORAC法およびDPPHラジカル消去活性法による抗酸化活性、ならびにフォーリン-チオカルト法による総ポリフェノール量を測定した。水溶性ORAC(H-ORAC)値は、ニホンスモモは2.49-7.06mmol TE/100g FWの範囲に、ドメスチカスモモは、1.53-5.71mmol TE/100g FWの範囲に分布していた。また、ニホンスモモおよびドメスチカスモモは、DPPHラジカル消去活性値(0.20-2.21mmol TE/100g FW)および総ポリフェノール量(45.7-247.4GAE mg/100g FW)もそれぞれ $r=0.717$, $r=0.803$ となり、H-ORAC値と高い正の相関を示した。

Evaluation for Anti-oxidant activities of Prunus sp. using Oxygen radical absorbance capacity

Akiko Sato***, Jun Watanabe*, Masao Goto*, Yuko Ishikawa-Takano*

*National Food Research Institute

**Yamanashi Fruit Tree Experiment Station

Bioscience biotechnology and biochemistry, 73(11) 2439–2444(2009)

Continuous orally administered coffee enhanced the antigen-specific Th1 response and reduced allergic development in a TCR-transgenic mice model

Masao GOTO*, Kohji YAMAKI*, Hiroshi SHINMOTO***, Yuko TAKANO-ISHIKAWA*

*National Food Research Institute

**Tamagawa University

コーヒー摂取の免疫系への影響の研究は現在ほとんど存在しない。そこで即時型アレルギーマウスモデルを用いて、コーヒー飲用のアレルギーへの影響を解析した。その結果、コーヒー経口投与はアレルギー未感作マウス由来脾臓細胞の抗原特異的 IL - 12 産生を有意に増強した。アレルギー感作マウスにおいても有意な抗原特異的 IL - 12 産生の増強と IL - 2 産生の減弱が観察された。さらに血清中抗原特異的 IgE の減少と即時型皮膚反応の抑制が観察された。一方でアレルギー成立後のコーヒー摂取は即時型皮膚反応を抑制しなかった。よってコーヒーの経口摂取は Th 1 型免疫応答を誘導し、アレルギー体質への移行を抑制することが示唆された。

Applied and Environmental Microbiology, 75(20) 6451–6456(2009)

Response of gut microbiota to fasting and hibernation in Syrian hamsters

Kei Sonoyama*Reiko Fujiwara*, Naoki Takemura*, Toru Ogasawara*, Jun Watanabe**, Hiroyuki Ito***, and Tatsuya Morita***

*Hokkaido University

**National Food Research Institute

***Shizuoka University

冬眠動物の腸内細菌叢は冬眠中どのように変化するのであろうか。そこで、冬眠下と絶食下のシリアンハムスターでの腸内細菌叢変化を比較した。絶食下ではムチン分解菌である Akkermansia muciniphila が腸内で増加し、腸管のバリア機能が低下することが示された。一方で、冬眠下では絶食条件であるにもかかわらず A. muciniphila の増加は見られず、腸管バリアの低下も見られなかった。以上より、絶食と冬眠ではシリアンハムスターの腸内細菌叢への影響が異なると結論された。

British Journal of Nutrition, 103(2) 218–222(2010)

Comparison of gut microbiota and allergic reactions in BALB/c mice fed different cultivars of rice

Kei Sonoyama*, Toru Ogasawara*, Haruka Goto*, Tomoyo Yoshida*, Naoki Takemura*, Reiko Fujiwara*, Jun Watanabe**, Hiroyuki Ito***, Tatsuya Morita***, Yoshinari Tokunaga**** and Tetsuji Yanagihara*****

*Hokkaido University

**National Food Research Institute

***Shizuoka University

****Chinobeikokuten Co.,Ltd

*****Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station

コメ品種「ゆきひかり」は臨床的にアレルギー抑制効果を有することが報告されている。このアレルギー抑制メカニズムをマウスを用いて明らかにした。「ゆきひかり」摂取群では、通常のコメ品種を摂取した群と比較して、アレルギーの吸収量が少なく、腸管のバリア機能が高く保たれていた。また、ムチンを分解するため腸管のバリア機能を低下させると考えられる Akkermansia muciniphila 菌数が「ゆきひかり」摂取群で少なかった。以上より、「ゆきひかり」は食物アレルギー発症抑制に有利に作用することが示された。

British Journal of Nutrition, 103(4) 530–538(2010)

Maternal consumption of fructo-oligosaccharide diminishes the severity of skin inflammation in offspring of NC/Nga mice

Reiko Fujiwara*, Naoki Takemura*, Jun Watanabe** and Kei Sonoyama*

*Hokkaido University
**National Food Research Institute

幼少期の腸内細菌叢変化が成長後のアレルギー発症と関与するか NC/Nga マウスにおけるアトピー性皮膚炎様症状を指標に調べた。妊娠・授乳期にフルクトオリゴ糖を摂取させると、仔の腸内細菌叢が変化し、仔の皮膚炎症状が軽減した。一方で、離乳後のフルクトオリゴ糖摂取による軽減作用は限定的であった。すなわち、妊娠・授乳期のフルクトオリゴ糖摂取は、仔でのアトピー性皮膚炎様症状を抑制することが示され、これには仔の発達初期の腸内細菌叢変化が関与することが示唆された。

Cytotechnology, 62(4) 307–311(2010)

Epitope analysis of peanut allergen Ara h1 with human monoclonal IgM antibody 92–2

Hiroshi Shinmoto*, Yuji Matsuo*, Yasunori Naganawa**, Shinichi Tomita* and Yuko Takano-Ishikawa***

*Tamagawa University
**Nagahama Institute of Bio-Science and Technology
***National Food Research Institute

ピーナツアレルゲンタンパク質である Ara h1 に対する IgM クラスの抗体を産生するヒトハイブリドーマ clone92-2 を樹立した。この抗体の Ara h1 結合部位を明らかにするために、Ara h1 タンパク質から一連のペプチドを合成し、マルチピンペプチド ELISA 法に夜検索を行った。その結果、本クローンの産生する抗体は、'GREGEQEWGTPGSHVREETS' のアミノ酸配列を認識することが明らかになった。さらに短いペプチドを使って解析を進めたところ、最終的に QEWGTPGS からなる 8 つのアミノ酸直線配列がエピトープであることを明らかにした。特に QEW の部位をアラニンに変換することにより抗体の結合力が失われたことから、これらのアミノ酸が最も重要な役割を果たしていることが分かった。

Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 74(2) 358–363(2010)

Administration of antibiotics during infancy promotes development of atopic dermatitis-like skin lesions in NC/Nga mice

Jun Watanabe*, Reiko Fujiwara**, Naho Sasajima**, Susumu Ito** and Kei Sonoyama**

*National Food Research Institute
**Hokkaido University

幼少期の抗生物質投与が腸内細菌叢の変化を介して、NC/Nga マウスのアトピー性皮膚炎様症状を増悪するか調べた。離乳直後の NC/Nga マウスにカナマイシンを投与すると IgE レベルの上昇、皮膚炎症状の重篤化が見られ、腸内細菌叢が一過性に变化することを示した。皮膚炎の重症化はポリミキシン B 投与では起こらなかった。以上より、幼少期のカナマイシン投与は一過性の腸内細菌叢変化を介して、アトピー性皮膚炎様症状を増悪することが示唆された。

British Journal of Nutrition, 103(4) 539–548(2010)

Role of Bifidobacterium pseudolongum in dietary fructo-oligosaccharide inhibition of 2,4-dinitrofluorobenzene-induced contact hypersensitivity in mice

Naho Sasajima*, Toru Ogasawara*, Naoki Takemura*, Reiko Fujiwara*, Jun Watanabe** and Kei Sonoyama*

* Hokkaido University

** National Food Research Institute

我々はフルクトオリゴ糖摂取が接触過敏症を抑制すること、これにはビフィズス菌数の増加が関与する可能性を報告しており、この作用機序を明らかとすることを目的とした。BALB/c マウスをフルクトオリゴ糖添加あるいは非添加飼料で飼育し、*B. pseudolongum* を経口投与した。フルクトオリゴ糖摂取により接触過敏症が抑制されたが、*B. pseudolongum* 投与では過敏症の即時相のみ抑制が見られた。すなわち、腸管での *B. pseudolongum* の増殖はフルクトオリゴ糖摂取による接触過敏症の抑制に部分的に関与し、これにはアレルゲンにより誘導されるサイトカイン産生の変化が関与することが示唆された。

Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 74(2) 375–381(2010)

Inulin-type fructans stimulated the growth of exogenously administered *Lactobacillus plantarum* No.14 in the mouse gastrointestinal tract

Naoki Takemura*, Keisuke Ozawa*, Naoto Kimura*, Jun Watanabe** and Kei SONOYAMA*

*Hokkaido University

**National Food Research Institute

フルクタンとして知られているフルクトオリゴ糖 (FOS) およびイヌリンの *Lactobacillus plantarum* No.14 (LP14) の増殖、消化管定着性への影響を調べた。培地への FOS、イヌリンの添加はいずれも LP14 の増殖を促進した。LP14 投与後 24 および 30 時間のマウス糞便中生菌数は、イヌリン添加飼料、FOS 添加飼料、対象飼料の順で高かった。しかし、いずれの試料でも LP14 の消化管での存在は延長は見られなかった。マウス糞便から調製した培養液で LP14 を培養したところ、フルクタン摂取マウスにおいて増殖の促進が見られた。蛍光標識 LP14 を投与したところ、LP14 は主に腸管内容物中に認められた。これらの結果により、フルクタンは LP14 の消化管内容物中での増殖促進を腸管通過時のみに示すことが示唆された。

Journal of Agricultural and Food Chemistry 57(11), 4651–4656(2009)

Dietary phloridzin reduces blood glucose levels and reverses *sglt 1* expression in the small intestine in streptozotocin-induced diabetic mice

Saeko Masumoto, Yukari Akimoto, Hideaki Oike, Masuko Kobori

National Food Research Institute, National Agricultural and Food Research Organization

リンゴに含まれるジヒドロカルコンのフロリジンを飼料に添加して、ストレプトゾトシン誘発糖尿病マウスに 14 日間自由摂取させた。その結果、0.5% のフロリジンはストレプトゾトシン誘発糖尿病マウスの血糖値を有意に低下させた。14 日間の自由摂取の後、フロリジンは血漿中に検出されたが、その濃度はフロリジンの代謝産物と比較して低かった。定量 RT-PCR の結果から、0.5% のフロリジンは小腸において、ストレプトゾトシンで誘導されるナトリウム/グルコース共輸送体 *sglt 1* 及び薬物代謝酵素の *Cyp 2b10* 及び *Ephx 1* の発現を抑制することが明らかになった。また、フロリジンは腎臓において、ストレプトゾトシンで誘導されるグルコーストランスポーター *Glut2* の発現を抑制した。これらのことから、食餌中のフロリジンはストレプトゾトシン誘発糖尿病マウスにおける血糖値の上昇、及び小腸における *sglt1*、*Cyp2b10* 及び *Ephx1* の過剰発現を抑制することが明らかになった。

食餌中のフロリジンはストレプトゾトシン誘発糖尿病マウスの血糖値を低下させ、小腸の *sglt1* の発現を抑制する

升本早枝子, 秋元由香里, 大池 秀明, 小堀真珠子

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

Dietary quercetin alleviates diabetic symptoms and reduces streptozotocin-induced disturbance of hepatic gene expression in mice

Masuko Kobori, Saeko Masumoto, Yukari Akimoto, Yumiko Takahashi

National Food Research Institute, National Agricultural and Food Research Organization

野菜、果物等に広く含まれるフラボノイドのケルセチンの糖尿病軽減効果を検討した。BALB/c マウス及びストレプトゾトシンで糖尿病を誘発した BALB/c マウスにケルセチン含有飼料を2週間自由摂取させ、糖尿病の症状及び肝臓の遺伝子発現に及ぼす影響を検討した結果、0.1%及び0.5%ケルセチン含有飼料を摂取させることにより、ストレプトゾトシンで誘導される血糖値の増加が抑制され、血中インスリン濃度の低下が改善された。肝臓の遺伝子発現をクラスター分析した結果、0.5%ケルセチン含有飼料はストレプトゾトシンで誘導される遺伝子発現変化を抑制した。GSEA 解析及び定量 RT-PCR の結果、ケルセチン含有飼料は、肝臓及び膵臓でストレプトゾトシンで誘導される細胞周期制御因子 Cdkn1a の発現を強く抑制することが明らかになった。食餌中のケルセチンは Cdkn1a の発現を抑制し、細胞増殖を回復されることにより肝臓及び膵臓の機能を改善すると考えられる。

食餌中のケルセチンはマウスにおいてストレプトゾトシンで誘発される糖尿病の症状を軽減し、肝臓の遺伝子発現変化を抑制する

小堀真珠子, 升本早枝子, 秋元由香里, 高橋 弓子

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

Drosera rotundifolia and *Drosera tokaiensis* suppress the activation of HMC-1 human mast cells

Kenji Fukushima*, Kanji Nagai****, Yoshikazu Hoshi*, Saeko Masumoto**,
Ichiho Mikami**, Yumiko Takahashi**, Hideaki Oike**, Masuko Kobori**

*School of Agriculture, Tokai University **National Food Research Institute, National Agricultural and Food Research Organization
***Mitsubishi Rayon Co.Ltd.

北半球に自生する数種のモウセンゴケは、伝統薬 *Drosera Herba* として、呼吸器の感染症の治療に用いられている。*Drosera Herba* の原料であるモウセンゴケの抗炎症作用を明らかにするため、モウセンゴケ3種 (*Drosera rotundifolia*, *Drosera tokaiensis*, 及び *Drosera spatulata*) の抽出物が活性化 T 細胞膜で HMC-1 ヒトマスト細胞に誘導される炎症性遺伝子の発現に及ぼす影響を検討した。3種のモウセンゴケはそれぞれ80%エタノールで抽出し、OASIS HLC カラムに供して、吸着画分を抽出物とした。HMC-1細胞は各抽出物で15分間処理した後、活性化 T 細胞膜を添加して16時間培養した。その結果、*Drosera rotundifolia* 及び *Drosera tokaiensis* の抽出物は活性化 T 細胞膜で誘導される炎症性サイトカインの産生を抑制することが明らかになった。*Drosera tokaiensis* の作用は、伝統薬として用いられている *Drosera rotundifolia* より強く、*Drosera Herba* の原料として代用できる可能性が示された。

Drosera rotundifolia 及び *Drosera tokaiensis* は HMC-1 ヒトマスト細胞の活性化を抑制する

福島 健児*, 永井 寛治****, 星 良和*, 升本早枝子**, 三上 一保**, 高橋 弓子**, 大池 秀明**, 小堀真珠子**

*東海大学農学部 **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
***三菱レイヨン株式会社

The hydroxyflavone, fisetin, suppresses mast cell activation induced by interaction with activated T cell membranes

Kanji Nagai**, Yumiko Takahashi*, Ichiho Mikami*, Tatsunobu Fukushima**, Hideaki Oike*, Masuko Kobori*

*National Food Research Institute, National Agricultural and Food Research Organization
**Mitsubishi Rayon Co. Ltd.

マスト細胞と活性化 T 細胞の相互作用はアレルギー性又は非アレルギー性の炎症性疾患の原因になると考えられる。フラボノイドであるフィセチンのアレルギー抑制効果を明らかにするため、フィセチンが活性化した Jurkat T 細胞膜で誘導される HMC-1 ヒトマスト細胞の活性化に及ぼす影響を検討した。HMC-1細胞にフィセチンを添加して15分間培養した後、phorbol-12-myristate 13-acetate で活性化した Jurkat T 細胞膜を添加して16時間培養し、DNA マイクロアレイ及び定量 RT-PCR により遺伝子発現解析を行った。その結果、フィセチンは活性化 T 細胞膜で誘導される細胞接着及び遺伝子発現を抑制した。活性化 T 細胞膜刺激で誘導される遺伝子発現には転写因子 NF- κ B 及び MAP キナーゼの活性化が関与している。フィセチンはこれらの活性化を抑制した。さらに、フィセチンは細胞表面抗原 CD40及び接着因子 ICAM-1のタンパク質発現を抑制した。

ヒドロキシフラボンのフィセチンは活性化 T 細胞膜との相互作用で誘導される HMC-1 ヒトマスト細胞の活性化を抑制する

永井 寛治***, 高橋 弓子*, 三上 一保*, 福島 達伸**, 大池 秀明*, 小堀真珠子*

*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
**三菱レイヨン株式会社

Food Science and Technology Research 15, 141–146(2009)

High fiber diet supplemented with rice bran hemicellulose may reduce daidzein absorption in mice

Motoi TAMURA*, Takashi IWAMI*, Kazuhiro HIRAYAMA**, Kikuji ITOH**

*National Food Research Institute

**The University of Tokyo

マウスの血漿イソフラボン類濃度、血漿総コレステロール濃度におよぼす食物繊維の影響について検討した。10週齢雄マウスに5%米糠ヘミセルロース+5%セルロース(10%食物繊維)-0.1%ダイゼイン(RBI)食もしくは、5%セルロース-0.1%ダイゼイン(CI)食を30日間給餌した。飼育試験終了後、マウスを解剖して盲腸内容物と血液を採取し、盲腸内容物量、血漿イソフラボン類濃度および血漿総コレステロール濃度の測定を行った。血漿ダイゼイン濃度は、CI群で有意に高値を示した。しかし、血漿エコーン濃度については、有意な差は認められなかった。血漿エコーン/ダイゼイン比はRBI群で高い傾向が認められた。盲腸内容物量は、RBI群で有意に高値を示した。血漿総コレステロール濃度については、2群間で有意な差は認められなかった。米糠ヘミセルロースの投与は、ダイゼインのバイオアベイラビリティに影響をおよぼす可能性が示唆された。

米糠ヘミセルロースを含む高繊維食はマウスのダイゼイン吸収を抑制するかもしれない

田村 基*, 岩見 卓*, 平山 和宏**, 伊藤喜久治**

*農研機構・食品総合研究所

**東京大学大学院農学生命科学研究科

Nutrition Research 29, 882–887(2009)

Dietary cholesterol lowers plasma and cecal equol concentrations in mice

Motoi TAMURA*, Sachiko HORI*, Hiroyuki NAKAGAWA*

*National Food Research Institute

マウス腸内フローラ、血漿及び盲腸内容物のイソフラボン類濃度に及ぼすコレステロール添加食の影響を検討したところ、コレステロールとダイゼインを給餌したグループCDA群は、ダイゼインを添加したグループDA群に比べて血漿及び盲腸内容物のエコーン濃度が有意に低く、腸内フローラの構成に差が認められた。食餌性コレステロールが腸内フローラや消化管機能の変動を介してマウスのイソフラボン代謝に影響を及ぼしていることが示唆された。

食餌性コレステロールはマウスの血漿と盲腸のエコーン濃度を低下させる。

田村 基*, 堀 幸子*, 中川 博之*

農研機構 食品総合研究所

Journal of the science of food and agriculture 89, 1174–1177(2009)

Effect of Pectin on Plasma lipids and Cecal Enzyme activity in Rutin-Supplemented Mice

Motoi TAMURA*, Kazuhiro HIRAYAMA**, Kikuji ITOH**

*National Food Research Institute

**The University of Tokyo

ルチン添加ペクチン食もしくはルチン添加セルロース食でマウスを14日間飼育し、血漿総コレステロール、血漿トリグリセリド、盲腸内容物のβ-グルコシダーゼ活性、β-グルクロニダーゼ活性に及ぼす影響を検討したところ、血漿総コレステロールと血漿トリグリセリド濃度はルチン添加ペクチン食で有意に低く、β-グルクロニダーゼ活性/β-グルコシダーゼ活性はルチン添加ペクチン食で有意に高かった。腸内フローラの変動が血漿脂質に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

ルチン投与マウスの血漿脂質と盲腸酵素活性に及ぼすペクチンの影響

田村 基*, 平山 和宏**, 伊藤喜久治**

*農研機構 食品総合研究所

**東京大学

Antonie van Leeuwenhoek 96, 621–626(2009)

Lactobacillus collinoides JCM1123T: Effects on mouse plasma cholesterol and isoflavonoids in the caecum

Motoi TAMURA*, Sachiko HORI*, Hiroyuki NAKAGAWA*

*National Food Research Institute

Lactobacillus collinoides JCM1123は in vitro におけるマウスの糞便希釈液とダイゼインとの反応において、エコール産生性を向上させた。そこで、マウスにダイゼイン添加食を給餌し、Lactobacillus collinoides JCM1123T 投与群と生理食塩水投与群とで、盲腸内容物のエコール濃度と血漿コレステロール及び糞便中の乳酸桿菌数を比較したところ、Lactobacillus collinoides JCM1123T 投与群は、血漿コレステロール濃度を有意に低下させ、糞便中の乳酸桿菌数を有意に増加させた。しかし、盲腸内容物のエコール濃度は、生理食塩水投与群に比べて低くは無いものの、有意に高い結果とはならなかった。

Lactobacillus collinoides JCM1123のマウス血漿コレステロールと盲腸のイソフラボン類濃度に及ぼす影響

田村 基*, 堀 幸子*, 中川 博之*

*農研機構 食品総合研究所

Chem. Senses 35(2), 171–177(2010)

Lrmp/Jaw 1 is expressed in sweet,bitter,and umami receptor-expressing cells

Yoichiro Shindo*, Mi-Ryung Kim**, Hirohito Miura***, Tosifumi Yuuki*, Toshimasa Kanda*, Akihiro Hino**, Yuko Kusakabe**

*Asahi Breweries Ltd

**National Food Research Institute

***Kagoshima University

イノシトール三リン酸 (IP3) およびカルシウムイオンを介するシグナル情報伝達系 (IP3 - Ca²⁺ + シグナル情報伝達系) は甘味, 苦味およびうま味の情報伝達において重要なプロセスであるが, このプロセスを制御する分子については未だ不明な点が多い。そこで, 我々は, 味覚の情報伝達に関与する遺伝子の探索を行い, lymphoid-restricted membrane protein (Lrmp/Jaw 1) がマウス舌の有郭, 葉状, 茸状乳頭において, 甘味, 苦味およびうま味を受容する細胞に特異的に発現していることを明らかにした。さらに, 我々は COS7細胞を用いた強制発現系において, Lrmp/Jaw 1 のコイルドコイルドメインとタイプ3のイノシトール三リン酸受容体が結合することを見出した。これらの結果から, Lrmp/Jaw 1 は味細胞中で IP3R3と結合し, Lrmp/Jaw 1 が甘味, 苦味およびうま味の情報伝達において重要な役割を担う可能性が高いことが示唆された。

Lrmp/Jaw 1は甘味, 苦味, うま味受容細胞に発現している

進藤洋一郎*, 金 美 令**, 三浦 裕仁***, 結城 敏文*, 神田 智正*, 日野 明寛**, 日下部裕子**

*アサヒビール(株) **食品総合研究所 ***鹿児島大学

日本味と匂学会誌16(3), 425 - 428 (2009)

グリシンエチルエステルの塩味増強効果の測定

河合 崇行, 松本 敦子, 日下部裕子

農研機構・食品総合研究所

利尿薬投与により低濃度域での塩味弁別能の高まった C57Bl/6マウスを用い, グリシンエチルエステル塩酸塩 (GOE) による塩味増強効果を測定した。0 ~ 60mM の範囲内で塩味強度とリック数が1次相関する条件下で測定したところ, 30mM NaCl に45mM GOE を添加した試料, 45mM NaCl に30 ~ 45mM GOE を添加した試料において, 添加しない試料に比べて著しいリック数の増加が見られた。このことは, これらの試料に対して, 塩味を強く感じている可能性を示している。45mM GOE 添加による増強効果は 7 ~ 12mM NaCl の塩味に相当していた。

Postharvest Biology and Technology, 52(2), 243–246(2009)

Comparison of human-bite and instrument puncture tests of cucumber texture

Kaoru KOHYAMA*, Ai NAGATA***, Yuko TAMAKI*** and Maoki SAKURAI****

*National Food Research Institute, NARO

**Tottori Institute of Industrial Technology

***Niigata University of Health and Welfare

****Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University

キュウリ果実のテクスチャーをヒトの咀嚼計測と機器による貫入試験で調べた。切歯部による咀嚼試験は多点シートセンサを用いて行った。キュウリ果実の中央部から、10mm厚さの輪切りを取り、23度と4度で調べた。果皮部を除くと、面積あたり咀嚼力は、破壊に必要な咀嚼圧が約15%減少した。輪切り全体の咀嚼圧よりも、果肉部の咀嚼圧は高く、胎座部の咀嚼圧が低かった。皮付き輪切りの咀嚼圧は皮を剥いた試料の果肉および胎座部を破壊するのに必要な圧よりも高くなった。低温ではキュウリ輪切りを破壊するときの咀嚼力は常温よりも有意に低かった。果肉、胎座、果皮部について部位毎の貫入試験の結果からは、温度差は有意には認められなかった。

キュウリテクスチャーのヒトの咀嚼と機器の貫入試験の比較

神山かおる*, 永田 愛**, 玉木 有子***, 桜井 直樹****

*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

**鳥取県産業技術センター

***新潟医療福祉大学

****広島大学大学院生物圏科学

Food Science and Technology Research, 15(3), 203–210(2009)

Relationship between the flow properties of some thickener solutions and their velocity through the pharynx as measured by the ultrasonic pulse Doppler method

Hitoshi KUMAGAI*, Akiko TASHIRO*, Atsuko HASEGAWA*, Kaoru KOHYAMA**, and Hitomi KUMAGAI***

*Kyoritsu Women's University

**National Food Research Institute, NARO

***Department of Chemistry and Life Science, Nippon University

嚥下困難者向け食品に用いられている増粘剤の指標を作るために、増粘剤溶液の粘度が超音波ドップラー法により測定した咽頭部を通過するときの速度に及ぼす影響を調べた。B型粘度計で、決められたずり速度の粘度概算値が求められた。嚥下障害者が誤嚥を起こしやすい水の最大流速は、誤嚥を起こしにくいヨーグルトよりも3倍以上高値だった。水や低濃度の増粘剤溶液の速度スベクトルは、ヨーグルトや高濃度の増粘剤溶液よりも、広い範囲に分布していた。最大流速は、増粘剤の濃度が上がるほど、ヨーグルトのものに近づいた。咽頭部の最大流速は、機器測定した粘度値とよく相関し、相関係数はずり速度 10s^{-1} のものが、 1s^{-1} や 100s^{-1} に比べて幾分か高くなった。

増粘剤溶液の流動特性と超音波ドップラー法により測定した咽頭部を通過するときの速度との関係

熊谷 仁*, 田代 晃子*, 長谷川温子*, 神山かおる**, 熊谷日登美***

*共立女子大学

**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

***日本大学生物資源科学部

Food Hydrocolloids, 23(7), 1712–1719(2009)

Effect of amylose content and rice type on dynamic viscoelasticity of a composite rice starch gels

Zhan-Hui LU***, Tomoko SASAKI*, Yong-Yu LI**, Tadashi YOSHIHASHI***, Li-Te LI** and Kaoru KOHYAMA*

*National Food Research Institute, NARO

**China Agricultural University

***Japan International Research Center for Agricultural Sciences

澱粉中のアミロース量は、生精米粉の利用法を決定づける重要な指標である。高いアミロース量を持つインディカ米は、米麵製造によく用いられるが、ジャポニカ米は麵のテクスチャーを調整するために、部分的に混合されている。米澱粉ゲルの動的粘弾性に及ぼすアミロース含量と米のタイプの影響を調べた。異なる米型の粉を混合して、適したテクスチャーの米麵が得られる。ウルチのインディカ米とモチのジャポニカ米澱粉の混合ゲルは、加熱過程において個別の糊化を起こすことが示された。高アミロース米澱粉のゲルは、高い粘弾性値、低い損失正接値を示し、弾性率の周波数依存性が小さく、老化速度が速かった。ジャポニカ米澱粉のゲルは、アミロース量が同等のインディカ米澱粉よりも老化が遅かった。アミロース量だけでなく、アミロペクチンの鎖長分布も米澱粉ゲルの動的粘弾性に影響した。超長鎖のアミロペクチン成分が少ないジャポニカ米澱粉は、インディカ米よりも老化が遅く、米麵製造には生地が付着しやすく不適であった。

混合米澱粉ゲルの動的粘弾性に及ぼすアミロース含量と米のタイプの影響

魯 戦 会***, 佐々木朋子*, 李 永 玉**, 吉橋 忠***, 李 里 特**, 神山かおる*

*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

**中国農業大学

***独立行政法人国際農林水産業研究センター

Journal of Food Engineering, 95(3), 400–409(2009)

Relations among mechanical properties, human bite parameters, and ease of chewing of solid foods with various textures

Toru TAKAHASHI*, Fumiyo HAYAKAWA**, Masanori KUMAGAI*, Yoshinobu AKIYAMA***, and Kaoru KOHYAMA**

*Akita Research Institute for Food and Brewing

**National Food Research Institute, NARO

***Akita Prefectural University

本研究では、11種のテクスチャーが異なる固形状食品の、ヒトの咀嚼パラメータ、力学的性質、官能評価された噛みやすさの関係を明らかにした。ヒトの臼歯部での第一咀嚼における咀嚼力、圧、力積を多点シートセンサにより測定した。ヒトの咀嚼力-時間曲線の形と大きさに基づいて、食品試料を4群に分類した。咀嚼パラメータは力学的パラメータと、多くの場合、べき乗則に代表されるような非線形な関係を示した。咀嚼パラメータは、万能試験装置による圧縮測定および貫入試験結果と比較し、最も高い相関関係は咀嚼力の対数と貫入試験での最大力の対数に示された(相関係数 $R = 0.916$)。官能評価からは、第一咀嚼の力積と噛みやすさが最も高い相関があった($R = 0.872$)。噛みやすさは、咀嚼力や圧よりも力積の方が高い相関を示したことから、最大力を示す時点より第一咀嚼全体で評価されていると考えられた。圧縮試験での仕事量を用いて、噛みやすさを推定する($R = 0.689$)ことができた。

様々なテクスチャーの固形状食品における力学的性質、ヒトの咀嚼パラメータ、噛みやすさの関係

高橋 徹*, 早川 文代**, 熊谷 昌則*, 秋山 美展***, 神山かおる**

*秋田県総合食品研究所

**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

***秋田県立大学

Plant Production Science, 12, 492–496(2009)

Effects of sprouting on texture of cooked buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) noodles

Takahiro HARA*, Tomoko SASAKI**, Takahisa TETSUKA*, Hiroki IKOMA*, and Kaoru KOHYAMA**

*National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, NARO

**National Food Research Institute, NARO

茹でたソバのかたさはおいしさを支配する重要な要因であるが、収穫後の人工的な穂発芽と、収穫前の圃場での穂発芽がソバのテクスチャーに及ぼす影響をテクスチャーアナライザーによる圧縮試験を行うことによって評価した。使用した試料の穂発芽率はコントロールでは0%, 自然に圃場で発芽した種子では46%, 人工的に収穫後に穂発芽させた種子では88%であった。これらの穂発芽率の異なるソバの種子から調製したソバのテクスチャーを解析した結果、圧縮時のピーク荷重値、変形率ともに穂発芽により有意に減少する傾向を示した。また、極大変形下での圧縮荷重値も穂発芽により減少する傾向が認められたので、穂発芽したソバの種子を用いた麵は、コントロールの麵よりも噛み切りやすいことが示唆された。

穂発芽がソバのテクスチャーに及ぼす影響

原 貴洋*, 佐々木朋子**, 神山かおる**, 手塚 隆久*, 生駒 泰基*

*独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター

**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

Food Chemistry, 116, 137–142(2009)

Physicochemical characteristics of waxy rice starch influencing the in vitro digestibility of a starch gel

Tomoko SASAKI*, Kaoru KOHYAMA*, Yasuhiro SUZUKI**, Kazuyuki OKAMOTO***, Timothy R. NOEL**** and Steve G. RING****

*National Food Research Institute, NARO

**National Institute of Crop Science, NARO

***Ibaraki Agricultural Center, Plant Biotechnology Institute

****Institute of Food Research

3品種系統の糯米から精製した澱粉を用いて40%の澱粉ゲルを調製し、1日および7日間冷蔵保存したゲルの澱粉消化性を評価した。また、糯米澱粉のアミロペクチンの側鎖長分布ならびに示差走査熱量測定装置(DSC)を用いて生澱粉と澱粉ゲルの結晶性の評価を行った。品種系統間で比較すると、他の2品種よりも有意に澱粉消化率の低い系統が認められた。その糯米澱粉は他の品種と比べると、アミロペクチンの側鎖に短鎖(DP6-12)の比率が少なく、DSCの糊化開始、ピーク、終点温度、および吸熱エンタルピーが有意に高かった。さらに1日および7日間冷蔵保存したゲルのDSC測定から、澱粉の老化(アミロペクチンの再結晶化)が急速に進行していることが明らかになった。アミロペクチンの構造と澱粉の老化過程での再結晶化の程度の違いがゲルの消化性に関与していることが示された。

糯米澱粉ゲルの消化性に影響を及ぼす物理化学特性

佐々木朋子*, 神山かおる*, 鈴木 保宏**, 岡本 和之***, Timothy R. NOEL****, Steve G. RING****

*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

**独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所

***茨城県農業総合センター 生物学研究所

****Institute of Food Research

Food Hydrocolloids, 23(8), 2219–2225(2009)

Effect of acid-methanol treatment on the molecular structure and physicochemical properties of lentil (*Lens culinaris* Medik) starch

Navdeep Singh SODHI***, Yung-Ho CHANG***, Nimratbir KAUR**, Kaoru Kohyama*

*National Food Research Institute, NARO

**Department of Food Science and Technology, Guru Nanak Dev University, India

***Providence University, Taiwan

澱粉を塩酸(0.36%) - メタノールに25度で4~216時間浸ける、酸メタノール処理が、レンティル豆澱粉の分子構造と物理化学的性質に及ぼす影響を調べた。処理後の収率は91.9~95.6%と高かった。澱粉粒の構造は、本処理によって穴状の構造を生じ、表面が粗くなった。処理時間が長くなると、澱粉の溶解度は高く、膨潤力、糊化後の粘度、ゲル強度が低下した。これらの変化は、アミロースとアミロペクチンの長鎖が選択的に分解したために起きていた。酸-メタノール処理レンティル豆澱粉の分解速度は、重合度の逆数と時間の指数関数モデルで近似することができた。

レンティル豆 (*Lens culinaris* Medik) 澱粉の分子構造および物理化学的性質に及ぼす酸-メタノール処理の影響

Navdeep Singh SODHI***, Yung-Ho CHANG***, Nimratbir KAUR**, 神山かおる*

*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

**Department of Food Science and Technology, Guru Nanak Dev University, India

***Providence University, Taiwan

Journal of Sensory Studies, 25(1), 76–93(2010)

Lexicon for the sensory description of French bread in Japan

Fumiyo Hayakawa*, Naoko Ukai**, Junji Nishida**, Yukari Kazami*, Kaoru Kohyama*

*National Food Research Institute

**Nichifutsu Shoji Co.,Ltd.

フランスパンの官能評価語彙を構築した。東京都内で市販される多数のフランスパンから選定した24種を試料とし、フランスパンの専門家の官能評価によって、187語を収集した。これらを整理して、96の評価用語(外観35語, 香り37語, 味4語, テクスチャー20語)の候補リストを作成した。次に、候補用語96語から、市販フランスパンを試料とした官能評価と多変量解析によって、フランスパンのプロファイリングに有効な評価用語23語(外観11語, 香り5語, 味1語, テクスチャー6語)を抽出することができた。あわせて、各用語の定義と評価のしかたを定めた。また、様々な条件で調製した23種のフランスパンの官能評価によって、これらの23語が評価用語として妥当であることを確認した。

フランスパンの官能評価語彙

早川 文代*, 鶴飼奈緒子**, 西田 純司**, 風見由香利*, 神山かおる*

*独立行政法人農研機構食品総合研究所

**日仏商事(株)

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 74(1), 56–62(2010)

Electromyographic measurement of eating behaviors for buckwheat noodles

Kaoru KOHYAMA*, Takashi HANYU**, Fumio HAYAKAWA* and Tomoko SASAKI*

*National Food Research Institute, NARO

**Nagano Prefecture General Industrial Technology Center, Food Technology Department

蕎麦を噛む時とする時のヒトの摂食行動を、健康被験者が一口量を食べる際の、閉口筋、開口筋及び口唇を閉じる筋肉の筋電位測定によって分析した。蕎麦をすすり食べる場合は噛んで食べる場合よりも、咀嚼時間が長く、一動作当たりの筋活動が小さかったが、総筋活動量は大きくなった。すする場合は、律動的な咀嚼と比較して、平均咀嚼周期が長く、その分散が大きくなった。乾麺と半生麺では蕎麦の力学特性が有意に異なったが、同じ被験者がこの両試料を食べる場合の咀嚼変数は有意には異ならなかった。一方、茹で後室温に10分放置した試料では、茹で直後よりも麺が軟らかくなるのに対応し、摂食時の咀嚼筋活動量が有意に少なくなった。

筋電図で測定した蕎麦の摂食挙動

神山かおる*, 羽生 隆**, 早川 文代*, 佐々木朋子*

*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

**長野県工業技術総合センター食品工業部門

Radiation Physics and Chemistry 78, 619–621(2009)

Effect of gamma-irradiation on the survival of *Listeria monocytogenes* and allergenicity of cherry tomatoes

Setsuko Todoriki*, Latiful Bari*, Kazumi Kitta*, Mika Ohba*, Yasuhiro Ito*, Yuka Tsujimoto*,
Norihiro Kanamori**, Erika Yano***, Tatsuya Moriyama***, Yukio Kawamura***, Shinichi Kawamoto*

*National Food Research Institute

**JIRCAS

***Kinki University

生鮮食品におけるリステリア・モノサイトゲネスの存在は、食中毒の危険性により注目が増している。放射線照射は生鮮食品の病原菌を排除する効果的な非加熱処理であるが、食品のもつアレルギー特性に対して作用するかは不明である。この研究では(1)チェリートマトのリステリア菌をガンマ線照射する際の有効線量を測定し、(2)トマトに含まれるアレルギー性タンパク質に対するガンマ線照射の効果を評価した。5つのリステリア菌を含んだチェリートマトをコバルト60ガンマ線、1.25kGyで照射すると、チェリートマトのリステリア菌は十分低減できることがわかった。照射後7日間20℃で保存されたトマトを用いて、トマトアレルギーの2名の患者から入手した血清試料の免疫プロットプロフィールでは、アレルギー性タンパク質に対する照射の影響は見つからなかった。さらに、 β -fructofuranosidase, polygalacturonase, pectin esterase, superoxide dismutase などが、トマトの主なアレルギー性タンパク質の発現は、適用された照射線量では影響を受けなかった。したがって、1.25kGyの線量で行うガンマ線照射は、トマトにおけるアレルギー性タンパク質を変動させずに、効果的にチェリートマトのリステリア菌を排除することがわかった。

Radioisotopes 58(12), 799–806(2009)

照射害虫の ESR 信号

鷓鴣 光子*, 亀山 宏美*, 今村 太郎**, 宮ノ下明大**, 等々力節子**, 下山 雄平***

*北教大

**独立行政法人農研機構食品総合研究所

***室蘭工大

電子スピン共鳴 (ESR) 法を用い、照射害虫の計測を行った。コクゾウムシ (*Sitophilus zeamais motschulsky*)、コクヌストモドキ (*Tritolium castaneum*)、ノシメダラメイガ (*Plodia interpunctella*)、タバコシバムシ (*Lasioderma serricone*) である。ESR 信号は $g = 2$ の 1 本線と、この 1 本線と同じ g 値を中心とした 6 本線であった。1 本線の信号は有機フリーラジカル信号由来である。6 本線の信号は Mn^{2+} の超微細構造線による。照射処理により新規信号は発現しなかった。照射誘導ラジカルの緩和時間 (T_1 と T_2) は照射処理前後で変化しなかった。

Journal of Food Protection, 72(6): 1327-1331(2009)

Limited surveillance of fumonisins in brown rice and wheat harvested in Japan

Masayo KUSHIRO, Yazhi ZHENG, Reiko NAGATA, Hiroyuki NAKAGAWA and Hitoshi NAGASHIMA

National Food Research Institute

フモニシンはトウモロコシの病原菌 *Fusarium verticillioides* によって主に産生されるカビ毒である。しかし小麦でも世界的に散発的な汚染報告がある。また米によく付着する *Gibberella fujikuroi* は分類学的に *F. verticillioides* に近い。よって米と小麦においてもフモニシン汚染の潜在的リスクが有る。先般我々は、タンデム型質量分析装置付き高速液体クロマトグラフィー (LC-ESI-MS-MS) により、玄米中フモニシンの高感度な検出法を開発した。今回、LC-ESI-MS-MS を用いて国産の玄米ならびに玄米におけるフモニシン (B1 (FB1) ならびに B2 (FB2)) のサーベイランスのため、48点の米ならびに47点の小麦試料を調査した。約 1 kg の米または小麦試料は3つのサブサンプルに分けられ、各サブサンプルのうち10g を分析に供した。米の FB 1, FB 2 の検出限界はそれぞれ 0.012, 0.011 mg/kg であり、小麦の FB 1, FB 2 の検出限界はともに 0.008 mg/kg であった。0.50 mg/kg FB 1 添加時の回収率の平均値 (標準偏差) は、米で 77.6 (4.2) %, 小麦で 84.5 (3.1) % であった。小麦試料のうち1点が FB 1 陽性であったが、米では陽性試料は無かった。これは国産小麦で初めてのフモニシン検出の報告である。

国産米および小麦におけるフモニシンのサーベイランス

久城 真代, 鄭 雅志, 永田 礼子, 中川 博之, 長嶋 等

独立行政法人農研機構食品総合研究所

Toxins, 1(2): 188-195(2009)

Preparation of an in-house reference material containing fumonisins in Thai rice and matrix extension of the analytical method for Japanese rice

Norhafniza AWALUDIN*#, Reiko NAGATA**, Tomomi KAWASAKI**#, AND Masayo KUSHIRO

*Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Malaysia

**National Food Research Institute

These authors contributed equally to this study

コメのマイコトキシン汚染報告はコムギやトウモロコシに比べ少ないが、圃場でイネにつくフザリウム属菌が存在する。フモニシンは、トウモロコシの病原菌である *Fusarium verticillioides* によって主に産生されるマイコトキシンである。イネにつく *Gibberella fujikuroi* は系統上 *F. verticillioides* に近く、アジア、欧米のイネで散発的なフモニシン汚染報告がある。そのため、コメでフモニシン汚染の潜在的なリスクがあるとともに、コメ中フモニシンの妥当性確認された分析法のニーズがある。いくつかのフザリウム属菌産生マイコトキシンについて、コムギとトウモロコシでは標準物質が有るが、コメでは無い。本研究ではフモニシン含有タイ米の標準物質の作成法を開発した。シェークマスター粉砕機を用い、非汚染タイ米と *F. verticillioides* 接種タイ米を混合した。混合物の均一性を ANOVA で確認し、インハウス標準物質とした。この標準物質を用いて、タイ米からのフモニシン抽出法を検討した。結果として、国産米中フモニシン分析法における抽出法の一部が敷衍できた。

フモニシン含有タイ米のインハウス標準物質作成と国産米での分析法のマトリクス拡張

Norhafniza Awaludin*#, 永田 礼子**, 川崎 友美**#, 久城 真代**

*Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), マレーシア

**独立行政法人農研機構食品総合研究所

同等の貢献著者

Mycotoxins, 59, 67-73(2009)

Contribution of Stress-activated MAP Kinases to Nivalenol-caused Cytotoxicity and Interleukin-8 Secretion in HL60 Cells

Hitoshi NAGASHIMA, Hiroyuki NAKAGAWA, Masayo KUSHIRO, Keiko IWASHITA

National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

ニバレノール (NIV) の毒性発現機構解明のため、JNK と p38 の 2 種のストレス応答 MAP キナーゼ (SAPK) の HL60 細胞における NIV 誘導性の細胞毒性への関与を検討した。NIV 処理でリン酸化 (活性型) SAPK は共に増加した。次に両 SAPK に対する特異的阻害剤が NIV による細胞毒性に与える影響について検討した。NIV と SAPK 特異的阻害剤で同時処理すると NIV 単独処理と比べて細胞増殖阻害は減少したので、SAPK は NIV による細胞増殖阻害に関与すると考えられた。JNK 特異的阻害剤が NIV 誘導性のインターロイキン (IL) - 8 分泌を顕著に減じたので、JNK がこの分泌に寄与していると考えられた。p38 特異的阻害剤による NIV 誘導性 IL - 8 分泌の減少は穏やかだったが、p38 特異的阻害剤単独処理で顕著に IL - 8 分泌が増加したことを考え合わせると、p38 の NIV 誘導性 IL - 8 分泌への寄与は大きいと考えられた。

ストレス応答 MAP キナーゼの HL60 細胞におけるニバレノール誘導性の細胞毒性とインターロイキン - 8 分泌への寄与

長嶋 等, 中川 博之, 久城 真代, 岩下 恵子

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

Report of National Food Research Institute, 74, 1-5(2010)

Ryanodine receptor inhibitor dantrolene alleviates nivalenol-induced cytotoxicity in HL60 cells

Hitoshi NAGASHIMA, Hiroyuki NAKAGAWA, Masayo KUSHIRO

National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

ニバレノール (NIV) の毒性発現機構解明のため、リアノジン受容体 1 (RyR1) の HL60 細胞における NIV 誘導性の細胞毒性への関与を RyR1 特異的阻害剤ダントロレンを用いて検討した。NIV は顕著に細胞増殖を阻害した。細胞増殖に阻害的に働くダントロレンが NIV の細胞増殖阻害作用を増強しなかったことから、RyR1 は NIV による細胞増殖阻害に何らかの役割を果たしているのかもしれない。NIV は顕著にインターロイキン (IL) - 8 の分泌を誘導した。ダントロレンは NIV の影響を十分に減じたので、RyR1 が NIV 誘導性 IL - 8 分泌に重要であると考えられた。NIV とダントロレンの単独処理では共に単球走化性タンパク質 (MCP) - 1 の分泌を減少させたが、NIV とダントロレンの同時処理では明らかにダントロレンが NIV の作用を和らげたので、RyR1 は NIV による MCP - 1 分泌阻害に関与していると考えられた。

リアノジン受容体の阻害剤ダントロレンは HL60 細胞におけるニバレノール誘導性の細胞毒性を軽減する

長嶋 等, 中川 博之, 久城 真代

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

Foodborne Pathogens and Disease, 6(1), 541-546(2009)

Efficacy of chlorine and acidified sodium chlorite on microbial population and quality changes of spinach leaves

Daisuke Nei*, Ji-Weon choi**, Md. Latiful Bari*, Susumu Kawasaki*, Shinichi Kawamoto*, Yasuhiro Inatsu*

*Food Hygiene Laboratory, Food Safety Division, National Food Research Institute

**National Horticultural Research Institute, Korea

蒸留水、次亜塩素酸ナトリウムおよび酸性化亜塩素酸ナトリウムがハウレンソウ表面の微生物の生菌数に及ぼす影響を検討した。次亜塩素酸ナトリウムと酸性化亜塩素酸ナトリウムの間には、殺菌効果の有意な差は認められなかった ($P > 0.05$)。また、微生物の接種方法は、殺菌効果に影響を及ぼすことを明らかとした。各種殺菌剤の使用により、ハウレンソウの色彩に大きな変化は生じず、洗浄殺菌はハウレンソウの外観に顕著な影響を及ぼさないと考えられた。

塩素および酸性化亜塩素酸ナトリウムがハウレンソウ表面の生菌数および品質に及ぼす影響

根井 大介*, Ji-Weon choi**, Md. Latiful Bari*, 川崎 晋*, 川本 伸一*, 稲津 康弘*

* (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

**韓国国立園芸研究所

Foodborne Pathogens and Disease, 6(8), 953-958(2009)

Effectiveness of sanitizers, dry heat, hot water, and gas catalytic infrared heat treatments to inactivate Salmonella on almonds

Md Latiful Bari*, Daisuke Nei*, Itaru Sotome*, Ikuo Nishina**, Seiichiro Isobe*, Shinichi Kawamoto*

*Food Hygiene Laboratory, Food Safety Division, National Food Research Institute

**Satake USA Inc.

アーモンドの食中毒はサルモネラによるものが多く、これを効果的に殺菌する手法の開発が不可欠である。本研究では、殺菌剤および熱処理によるサルモネラの殺菌効果を調査した。各種の殺菌剤は、アーモンド表面のサルモネラの生菌数に有意な影響を及ぼさなかった ($P > 0.05$)。85℃で40秒間の熱水処理と赤外線加熱を併用することにより、生菌数を検出限界以下にまで低下させることが可能であった。

Foodborne Pathogens and Disease, 7(1), 51–56(2010)

Scale-up seed decontamination process to inactivate Escherichia coli O157:H7 and Salmonella Enteritidis on mung bean seeds

Md Latiful Bari*, Enomoto Katsuyoshi**, Daisuke Nei*, Shinichi Kawamoto*

*Food Hygiene Laboratory, Food Safety Division, National Food Research Institute

**Daisey Machinery Co. Ltd.

芽もの野菜の食中毒は、大腸菌 O157:H7 およびサルモネラに由来するものが多く、発芽処理前に種子を効果的に殺菌する方法を開発することが食中毒の防止に有効である。85℃で40秒間の熱水処理に続いて、2,000ppmの塩素処理を2時間加えることにより、病原菌を完全に死滅させることが可能であった。また、発芽率に有意な差は認められなかった ($P < 0.05$)。この処理法は、芽もの野菜の製造に使用される種子の殺菌に効果的な方法であると結論付けられた。

緑豆種子に接種した大腸菌 O157:H7 およびサルモネラの殺菌技術

Md Latiful Bari*, 榎本 克義**, 根井 大介*, 川本 伸一*

*(独)農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

**株式会社大生機械

家屋害虫, 31(1), 27 - 36 (2009)

玄米貯蔵倉庫における貯穀害虫の季節的変動について

松阪 守*, 石向 稔*, 坂本新一郎*, 宮ノ下明大**, 今村 太郎**, 中北 宏***

*国際衛生株式会社

**農研機構食品総合研究所

***つくば防虫協議会

茨城県南西部の玄米貯蔵倉庫10箇所(常温5, 低温5)で、2005年9月から、3種のトラップ(餌・粘着・フェロモン)を用いて、貯穀害虫の周年調査を実施した。各倉庫の本庫と下屋の境界を区分するドア周辺の内外に、3種のトラップを設置し、1ヶ月ごとに回収と更新を行った。全トラップで捕獲された害虫種は15種以上で、総捕獲数は18,238頭であった。この内、最多捕獲種はコクゾウムシ(成虫)で、次いで、ノシメダラメイガ(成虫)、イッテンコクガ(幼虫)であった。捕獲種と個体数は倉庫ごとに大きな違いを見たが、低温本庫は、連なる常温域の下屋に比べ極めて少なかった。ただし、下屋の害虫発生状況が、低温域に波及することが明瞭であった。コクゾウムシ成虫は、3月から4月で活動を開始し、7月から10月で増加した。捕獲個体の多くは餌トラップで確認されたが、冬季前に粘着トラップで急増した。これは、越冬を前に、コクゾウムシの生理状態が、餌探求型から、越冬場所探索型にシフトしたためと考えられた。また、この時期、コクゾウムシが野外で集団越冬する現象も確認した。ノシメダラメイガ成虫は、フェロモントラップで多数捕獲され、外部にある発生源から飛来したものと推察された。害虫個体数の変動に基づき、害虫防除のタイミングについても考察を加えた。

Seasonal population changes of stored product insects in brown rice warehouses

Mamoru Matsusaka*, Minoru Ishiko*, Shinichiro Sakamoto*, Akihiro Miyanosita**, Taro Imamura**, Hiroshi Nakakita***

*TKokusaieisei Co., Ltd.

**National Food Research Institute

***Tukuba Association Of Insect Pest Control

食品照射, 44(12), 14 - 16 (2009)

乾燥唐辛子で飼育したタバコシバンムシに対するガンマ線の効果

今村 太郎*, 宮ノ下明大*, 等々力節子*

*農研機構食品総合研究所

乾燥唐辛子で飼育したタバコシバンムシの生存率に対するガンマ線の効果を調べた。62Gyのガンマ線でタバコシバンムシの卵と幼虫を完全に殺菌することができた。蛹は540Gyでも生存しているものがいたが、1076Gyでは全て死亡した。

Effect of gamma irradiation on the cigarette beetles reared on cayenne pepper

Taro Imamura*, Akihiro Miyanosita*, Setsuko Todoriki*

*National Food Research Institute

Radiation Physics and Chemistry, 78(7,8), 627–630(2009)

Efficacy of soft-electron (low-energy electron) treatment for disinfestation of brown rice containing different ages of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky

Taro Imamura*, Setsuko Todoriki*, Akihiro Miyanoshta*, Akemi K. Horigane*, Mitsuru Yoshida*, Toru Hayashi*

*National Food Research Institute

ソフトエレクトロン(低エネルギー電子線)は貯穀害虫の防除に効果的であると報告されている。この研究では様々な発育ステージのクゾウムシが加害している玄米にソフトエレクトロンを照射した。加速電圧170kVのソフトエレクトロンはクゾウムシの卵、老齢幼虫、蛹を効果的に殺すことができたが、若齢幼虫を完全に殺すことはできなかった。若齢幼虫が玄米の中でどの場所にいるかを microMRI によって観察したところ、大部分は玄米の表面に近いところにいたが、玄米の中心部分にいるものも少数あり、これらがソフトエレクトロン処理で殺虫できなかったものであると考えられる。ソフトエレクトロン処理と短時間低濃度のリン化水素くん蒸を組み合わせることにより高い殺虫効果を得ることができた。

様々な発育ステージのクゾウムシが加害している玄米に対するソフトエレクトロン(低エネルギー電子線)の効果

今村 太郎*, 等々力節子*, 宮ノ下明大*, 堀金 明美*, 吉田 充*, 林 徹*

*農研機構食品総合研究所

Journal of Cereal Science, 50(2), 166–174(2009)

Formation of grain chalkiness and changes in water distribution in developing rice caryopses grown under high-temperature stress

Tsutomu ISHIMARU*, Akemi K. HORIGANE**, Masashi IDA*, Norio IWASAWA*, Yumiko A. SAN-OH*, Mikiyo NAKAZONO***, Naoko K. NISHIZAWA****, Takehiro MASUMURA*****, Motohiko KONDO*, Mitsuru YOSHIDA**

*National Institute of Crop Science, NARO

**National Food Research Institute, NARO

***Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

****Research Institute for Bioresources and Biotechnology, Ishikawa Prefectural University

*****Graduate School of Life and Environmental Science, Kyoto Prefectural University

登熟期の高温によりデンプン粒の発達に異常となり白未熟粒が形成される機構を明らかにする目的で、磁気共鳴画像法(MRI)を用い、高温ストレス下におけるイネ穎果内の水分動態を観察した。水稻品種「コシヒカリ」をポット栽培し、開花期以降、昼夜温(13/11h)が26/20の対照区と33/27の高温区で生育させた穂の上位3番目の枝梗までに着生した強勢穎果を実験に供試した。高温区では、乳熟期から糊熟期にかけて胚乳に白濁が発生し始め、心白粒や乳白粒、背白粒が多発した。走査電顕観察では、胚乳の白濁部でアミロプラストの間に大きな隙間が認められ、単粒と不完全な複粒のアミロプラストが多く見られた。この時期に α -アミラーゼ遺伝子の翻訳は検出されず、アミラーゼによるデンプンの分解が胚乳白濁の原因ではないと考えられた。イネ穎果中央部横断MR画像からは、乳熟期では高温区で胚乳中心部の水分が少ないことが観察され、この水分の早期凋落は、胚乳中心部における白濁の発生と時期的・空間的にほぼ一致した。一方、糊熟期以降の胚乳中心部の水分は対照区よりも多く、アミロプラストの隙間に水分が貯えられたと考えられる。

高温ストレス下での登熟時のイネ穎果における胚乳の白濁の発生と水分分布変化

石丸 努*, 堀金 明美**, 井田 仁*, 岩澤 紀生*, 荒井(三王)裕見子*, 中園 幹生***, 西澤 直子***, ****, 増村 威宏*****, 近藤 始彦*, 吉田 充**

*農研機構作物研究所

**農研機構食品総合研究所

***東京大学大学院農学生命科学研究科

****石川県立大学附属生物資源工学研究所

*****京都府立大学大学院農学研究科

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106 (41), 17302 - 17307 (2009)

Evidence for biological nitrification inhibition in Brachiaria pastures

Guntur V. SUBBARAO*, Kazuhiko NAKAHARA*, Maria P. HURTADO**, Hiroshi ONO***, Danilo E. MORETA**,
 Andrea F. SALCEDO**, Tadashi YOSHIHASHI*, Takayuki ISHIKAWA*, Manabu ISHITANI**,
 Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA***, Mitsuru YOSHIDA***, Marcos RONDON****,
 Idupulapati M. RAO**, Carlos E. LASCANO*****, Wade L. BERRY***** and Osamu ITO*

*Japan International Research Center for Agricultural Sciences
 **International Centre for Tropical Agriculture
 ***NARO, National Food Research Institute
 ****International Development Research Centre
 *****Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
 *****University California, Los Angeles

熱帯の牧草 *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick の根の滲出液が硝化抑制作用を有することを見いだした。ブラキアラクトンと名付けたこの抑制剤は、5 - 8 - 5 - 員環系とガンマ - ラクトン環を有するユニークな環化ジテルペンであることがわかった。ブラキアラクトンは、この熱帯牧草の根から放出される阻害活性の60 - 90%にあたる活性を有し、アンモニウムオキシゲナーゼ (AMO) 系だけに影響を及ぼす合成硝化抑制剤ニトラピリンと異なり、AMO に加えてヒドロキシルアミン酸化還元酵素系も阻害することを明らかにした。ブラキアラクトンの放出は土壌中のアンモニウムイオンが利用できるかどうかで植物が制御し、アンモニウムイオンに直接接触する根からのみ行われる。3年間の実験で、牧草 *Brachiaria* は、土壌中の硝化細菌数を減少させ、硝化と亜酸化窒素の排出を抑えた。

イネ科牧草に含まれる生物学的硝化抑制作用の証明

G. V. Subbarao*, 中原 和彦*, M. P. Hurtado**, 小野 裕嗣***, D. E. Moreta**, A. F. Salcedo**, 吉橋 忠*, 石川 隆之*, 石谷 学**, 亀山真由美***, 吉田 充***, M. Rondon**, I. M. Rao**, C. E. Lascano**, W. L. Berry**, 伊藤 治*

* (独) 国際農林水産業研究センター
 ** コロンビア国際熱帯農業研究センター
 *** (独) 農研機構食品総合研究所
 **** 国際開発研究センター
 ***** コロンビア農畜産研究所
 ***** カリフォルニア大学

農業機械学会誌, 71(6), 115 - 120 (2009)

ダイズの吸水障害回避に関する研究 (第1報) - 吸水障害の発生条件の検討 -

国立 卓生*, 堀金 明美**, 吉田 充**, 島田 信二*

*農研機構中央農業総合研究センター
 **農研機構食品総合研究所

ダイズ播種時の出芽不良の大きな要因である吸水障害は、播種直後に水分の多い土壌や冠水により過剰な水分に継続的にさらされて種子表面と内部の水分差が大きい状態が持続し、種子組織の膨潤較差による歪みが蓄積することで発生すると考えられ、可塑性に乏しい過度に乾燥した種子ほど障害発生は顕著である。MRI で吸水障害発生時のダイズ種子を観察すると、吸水時に子葉に亀裂が生じて、維管束の断裂が見られた。吸水障害の回避には、種子全体を15% w.b. 前後に調湿した後、さらに種子表面と内部の水分差を2% w.b. 以内とするために、調湿処理期間を含め播種までに3 - 4日程度種子水分が低下しないように密封保管する必要がある。乾燥種子を播種する場合、吸水障害を回避するには、土壌水分30% d.b. を播種後12時間以上維持する必要があったが、転換畑で梅雨期に播種する場合はこのような低土壌水分の保持は困難であり、調湿種子の利用が吸水障害を回避するのに不可欠と考えられる。

Study on the prevention method of imbibition damage before germination of soybean seeds (Part 1)
 - Examination of Imbibition Damage Factor -

Takuo KOKURYU*, Akemi HORIGANE**, Mitsuru YOSHIDA**, Shinji SHIMADA*

*National Agricultural Research Center, NARO
 **National Food Research Institute, NARO

Tetrahedron Letters, 51(1), 49 - 53 (2010)

Oryzamutaic acids B-G, new alkaloids from an *Oryza sativa* mutant with yellow endosperm

Hiroshi NAKANO*, Seiji KOSEMURA**, Mitsuru YOSHIDA***, Toshisada SUZUKI****, Rika IWAURA***,
Ryota KAJI*, Makoto SAKAI*, Katsutoshi HIROSE*****

*National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region

**Department of Chemistry, Hiyoshi Campus, Keio University

***National Food Research Institute

****Faculty of Agriculture, Kagawa University

*****KNC Laboratories Co.Ltd

黄色い胚乳を有するイネ品種「初山吹」の胚乳(精米)をメタノール水溶液で抽出し、その抽出物をC18カラムを用いて分離・精製することにより新規アルカロイド oryzamutaic acids B-G を単離した。高分解能エレクトロスプレーイオン化質量分析の結果、oryzamutaic acids BおよびCの分子式は、 $C_{17}H_{23}N_3O_4$ で、Oryzamutaic acids D-Gの分子式は、 $C_{17}H_{25}N_3O_4$ であることが明らかとなった。これらの化合物の平面構造および相対立体配置は、1D NMR (1H NMR, 13C NMR)および2D NMR (1H-1H DQF-COSY, 1H-13C HSQC, 1H-13C HMBC, 1H-1H NOESY) スペクトル解析により決定された。Oryzamutaic acid Eについては、単結晶X線構造解析の結果によっても同様の構造が推定された。Oryzamutaic acids BおよびCは、C-7とC-8、N-3とC-13、およびC-5とC-6間の二重結合を有し黄色であるが、oryzamutaic acids D-GはC-7とC-8間の二重結合がなく無色である。Oryzamutaic acids B-Gは、すでに構造が報告されている oryzamutaic acid A と共通の骨格を有し、その構造より3分子のアミノ酸から生成されると推定される。

黄色胚乳を有するイネ変異体から得られた新規アルカロイド oryzamutaic acids B-G

中野 洋*, 小瀬村誠治**, 吉田 充***, 鈴木 利貞****, 岩浦 里愛***, 梶 亮太*, 坂井 真*, 広瀬 克利*****

*九州沖縄農業研究センター

**慶應義塾大学日吉キャンパス化学科

***食品総合研究所

****香川大学農学部

*****神戸天然物化学株式会社

日本食品科学工学会誌, 57(2), 78 - 84 (2010)

元素組成によるカボチャの原産地表示判定技術の開発

門倉 雅史*, 法邑 雄司*, 渡邊 裕之**, 堀田 博, 鈴木 忠直, 安井 明美

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

*独立行政法人農林水産消費安全技術センター

**財務省関税中央分析所, 現横浜税関

カボチャ種子をマイクロ波試料分解装置により酸分解して試料溶液を調製した後、誘導結合プラズマ発光分析法により8元素(Mg, P, K, Ca, Mn, Zn, Sr及びBa)、また、誘導結合プラズマ質量分析法により15元素(V, Co, Ni, Cu, Rb, Y, Mo, Cd, Cs, La, Ce, Nd, Sm, Gd及びTl)を定量した。

国産49ロット、ニュージーランド産31ロットの定量値を用いて国産-ニュージーランド産間を判別できるモデル(P, K, Ca, Ni, Zn, Rb, Sr及びBaの8元素を利用)を構築した。このモデルは、別に分析した国産30ロットの内27ロット、ニュージーランド産9ロットの内7ロットを正しく予測し、判別率の中率は87%(34/39ロット)となった。同様に国産品49ロット、メキシコ産品33ロットの定量値を用いて国産-メキシコ産間判別モデル(P, Ni, Zn, Rb, Sr及びMoの6元素を利用)を構築した。このモデルは、別に分析した国産30ロットの内27ロット、メキシコ産8ロットの内7ロットを正しく予測し、判別率の中率は89%(34/38ロット)となった。

続いて、産地表示の信憑性調査への利用を想定して、両モデルを用いた「国産-外国産間判別技術」を検討した。この技術を用いて、原産国名を伏せたカボチャ種子試料の産地を3試験室で予測した結果、国産全6試料を「国産品」と、ニュージーランド産全6試料、メキシコ産全6試料を「外国産品」と正しく判別した。複数試験室による産地予測が正しく行われ、カボチャの原産地表示の信憑性を無機分析により検証できるスクリーニング手法が作成できた。

Technique for Checking the Geographic Origin Pumpkin by Inorganic Elements Composition

Masashi Kadokura*, **[§], Yuji Homura**, Hiroyuki Watanabe****, ****, Hiroshi Horita*, Tadanao Suzuki*, ** and Akemi Yasui*

*National Food Research Institute

**Food and Agricultural Materials Inspection Center

***Central Customs Laboratory, Ministry of Finance

****Yokohama Customs, Ministry of Finance

食品総合研究所研究報告, 73, 15 - 22 (2009)

成分添加試料の作製とそれを使用した試験室間共同試験

堀田 博

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

原料の米粉砕物と色や臭い, 粉のテクスチャーでは識別できない, L-グルタミンを添加した全窒素測定用試料を作製し, 十分に均質なことを確認して, 室間共同試験用試料として配付した.

その結果, 添加試料の Sr と SR の値は誤差が少ないことを示す小さな値であること, 添加用原料の値と比較するとほぼ同じか小さいことから, 配付した添加試料は室間共同試験の開始まで十分に均質であったこと, 及び添加用原料よりもその均質性が保たれていたことを示していた.

また, HorRat 値は, 添加用原料が0.63と0.70, 添加試料は0.28と0.58, 0.39となり, 本室間共同試験が満足なものであり, 燃焼法が再現性などのパフォーマンスが高い分析法であることを示していた.

これらの結果から, L-グルタミン添加により作製した全窒素測定用試料は, 実際の室間共同試験に使用しても測定試料の均質性悪化に由来する試験結果の乱れもなく, 十分な均質性が保たれる安定なものであった.

Spiked Rice Sample Preparation for Determination of Total Nitrogen as the Test Material of Collaboratory Study by an L-Glutamine Addition

Hiroshi Horita

National Food Research Institute

Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57(14), 6402-6407(2009)

Effects of phenolic compounds on the browning of cooked barley

Noriko KOHYAMA*, Masaya FUJITA**, Hiroshi ONO***, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA***, Hitoshi MATSUNAKA*, Toshiyuki TAKAYAMA**** and Masatsune MURATA*****

*NARO, National Institute of Crop Science

**NARO, National Agricultural Research Center Kyushu Okinawa Region

***NARO, National Food Research Institute

****Tochigi Agricultural Experiment Station

*****Ochanomizu University

小麦製品を加熱すると褐変する。褐変に関与すると考えられるカテキン類やプロシアニジン類等のポリフェノール類を, 小麦水抽出物もしくは小麦ペーストに添加して90 で加熱した。小麦抽出物を加熱した場合, (+) - カテキンや, プロシアニジン B3 (PCB3), プロデルフィニジン B3 (PDB3), プロデルフィニジン T1 (PDT1) の添加により, 添加量依存的に420nmでの吸光度が増加した。吸光度の変化は, PCB3や(+)-カテキンよりもPDB3を添加した方が早かった。小麦ペーストを加熱した場合には, PDB3やPDT1は, 添加量依存的にL*値を低下させ, a*値とb*値を増加させた。カフェ酸は小麦抽出物とペーストの両方で褐変を促進したが, プロカテキユ酸, エリオジクチオール, タキシフォリンは小麦抽出物, ミリセチンとケルセチンはペーストでのみ褐変を促進した。褐変を促進するポリフェノールは, カテコールもしくはピロガロール骨格を有していた。

加熱小麦の褐変に対するフェノール性化合物の影響

神山 紀子*, 藤田 雅也**, 小野 裕嗣***, 亀山真由美***, 松中 仁*, 高山 敏之****, 村田 正常*****

* (独) 農研機構作物研究所

** (独) 農研機構九州沖縄農業研究センター

*** (独) 農研機構食品総合研究所

**** 栃木県農業試験場

*****お茶の水大学

Nature Biotechnology, 27(5), 462 - 464 (2009)

Antibacterial discovery in actinomycetes strains with mutations in RNA polymerase or ribosomal protein S12

Takeshi HOSAKA*, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA*, Hideyuk MURAMATSU**, Kana MURAKAMI**, Yasuhisa TSURUMI**, Shinya KODANI*, Mitsuru YOSHIDA*, Akihiko FUJIE** and Kozo OCHI*

*NARO, National Food Research Institute, **Astellas Pharma Inc.

薬剤耐性を有する細菌の変異株を選抜することにより, 新規な抗生物質を見いだすことができました。抗生物質を産生しない土壌由来の放線菌を変異させると, 従来の抗生物質とはタイプの異なる化合物を合成することがわかり, その物質をビペリダマイシンと名付けた。抗生物質を産生しない放線菌のうち, ストレプトマイセスでは43%, それ以外のものでは6%の種が“活性化”により抗生物質を産生するようになった。このような変異株はすべて, RNAポリメラーゼとリボゾームタンパク質S12の片方もしくは両方に変異を有していた。

RNAポリメラーゼもしくはリボゾームタンパク質S12に変異を起こさせた放線菌で発見された抗生物質

保坂 毅*, 亀山真由美*, 村松 秀行**, 村上 果菜**, 鶴海 泰久**, 小谷 真也*, 吉田 充*, 藤江 昭彦**, 越智 幸三**

* (独) 農研機構食品総合研究所, **アステラス製薬株式会社

Differential expression of the skeletal muscle proteome in grazed cattle

Masahiro SHIBATA*, Kazunori MATSUMOTO**, Mika OE**, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA***, Koichi OJIMA**, Ikuyo NAKAJIMA**, Susumu MUROYA**and Koichi CHIKUNI**

*NARO, National Agricultural Research Center Western Region

**NARO, National Institute of Livestock and Grassland Science

***NARO, National Food Research Institute

飼料によるウシの筋肉の違いをプロテオームで調べた。8頭の10ヶ月の日本黒牛を、21ヶ月目までは全て厩舎内で個別に肥育し、濃厚飼料とイタリアンライグラスを自由に摂取させた。その後、放牧群と穀物肥育群にランダムに二分し、放牧群は屋外の牧草地で肥育し、穀物群には濃厚飼料を与え続けた。27ヶ月目に屠畜し、2群の半腱様筋のタンパク質の発現の違いを、2次元電気泳動とウエスタンブロット分析で比較した。およそ200個のタンパク質スポットが観測され、そのうち、筋小胞体画分に20個、筋原線維画分に9個の発現量の異なるタンパク質があった。穀物群より放牧群で発現量が顕著に多かったタンパク質は、筋小胞体画分ではアデニレートキナーゼ1とミオグロビンで、筋原線維画分ではミオシン軽鎖2であった。また、解糖系酵素の発現量も放牧群で有意に大きかった。後期肥育期間の放牧は、エネルギー代謝酵素を変化させ筋繊維型が変わると考えられた。

放牧により発現に差異の認められたウシ骨格筋のタンパク質

*柴田 昌宏, **松本 和典, **大江 美香, ***亀山真由美, **尾嶋 孝一, **中嶋 郁世, **室谷 進, **千国 幸一

*(独) 農研機構近畿四国中国農業研究センター, *(独) 農研機構畜産草地研究所, *** (独) 農研機構食品総合研究所

Carbohydrate Research, 344(16), 2250–2254(2009)

Structural characterization of an O-linked tetrasaccharide from *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* flagellin

Tomoyuki KONISHI*, Fumiko TAGUCHI**, Masako IWAKI**, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA***, Masanobu YAMAMOTO***, Ikuko MAEDA***, Yoshihiro NISHIDA****, Yuki ICHINOSE**, Mitsuru YOSHIDA****and Tadashi ISHII*

*Forestry and Forest Products Research Institute**Okayama University

NARO, National Food Research Institute, *Chiba University

タバコ野火病菌のフラジェリンは糖タンパク質で、その糖鎖はラムノースと4, 6-ジデオキシ-4-(3-ヒドロキシブタンアミド)-2-O-メチルグルコシル基で構成される。このO-結合糖鎖をヒドラジン分解し、還元末端を2-アミノピリジン(2-PA)で標識化した。2-PA化した三糖糖鎖と四糖糖鎖を順相HPLCで分離し、MSとNMRで構造解析した。その結果、四糖糖鎖は、4, 6-ジデオキシ-4-(3-ヒドロキシブタンアミド)-2-O-メチルグルコピラノシル-(1->3)-L-Rhap-(1->2)-L-Rhap-(1->2)-L-Rha-(1->)で、三糖糖鎖と同様であることがわかった。

タバコ野火病菌のフラジェリン由来のO-結合型四糖糖鎖の構造解析

古西 智之*, 田口富美子**, 岩城 雅子**, 亀山真由美***, 山本 雅信***, 前田 育子**, 西田 芳弘****, 一瀬 勇規**, 吉田 充***, 石井 忠*

*(独) 森林総合研究所, **岡山大学, *** (独) 農研機構食品総合研究所, ****千葉大学

Molecular Genetics and Genomics, 282(6), 595–605(2009)

Genetic analysis of genes involved in synthesis of modified 4-amino-4, 6-dideoxyglucose in flagellin of *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*

Linh Chi NGUYEN*, Masanobu YAMAMOTO**, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA**, Salamah ANDI*, Fumiko TAGUCHI*, Masako IWAKI*, Mitsuru YOSHIDA**, Tadashi ISHII***, Tomoyuki KONISHI***, Kazuhiko TSUNEMI*and Yuki ICHINOSE*

*Okayama University, **NARO, National Food Research Institute, ***Forestry and Forest Products Research Institute

タバコ野火病菌のフラジェリン糖鎖は、移動能や接着能、病原性に寄与する。糖鎖はフラジェリンの中央部に存在する6カ所のセリンに結合し、201番目のセリンに結合する糖鎖はラムノース-ラムノース-修飾ピオサミンである。修飾ピオサミンの生合成機構を明らかにするため、dTDP-ピオサミンアミノ基転移酵素(vioA)、dTDP-ピオサミンアセチル基転移酵素(vioB)、ピオサミン転移酵素(vioT)をコードする遺伝子を欠損させた変異株を作った。この3種の変異株が産生するフラジェリンから、糖鎖を含まない部分を除いた糖ペプチドを酵素消化により作成しMALDI-TOFMSで分析した結果、変異株のフラジェリン糖鎖はラムノースのみから構成されることがわかった。変異株の移動能と宿主であるタバコ葉に対する病原性は、vioA欠損株では著しく低下し、vioBおよびvioT欠損株では低下の程度は低かった。これらの結果から、vioA、vioB、vioTはフラジェリンの糖鎖の生成に必須で、ひいては病原性の発現に必要であると考えられた。

タバコ野火病菌のフラジェリンの糖鎖の構成糖の一つ4-アミノ4, 6-ジデオキシグルコースの生合成に関与する遺伝子の遺伝学的解析

L. C. Nguyen*, 山本 雅信**, 亀山真由美**, S. Andi*, 田口富美子*, 岩城 雅子*, 吉田 充**, 石井 忠***, 古西 智之***, 常見 和彦*, 一瀬 勇規*

*岡山大学, *(独) 農研機構食品総合研究所, *** (独) 森林総合研究所

Microbiology, 156(1), 72–80(2010)

Defects in flagellin glycosylation affect the virulence of *Pseudomonas syringae* pv. tabaci 6605

Fumiko TAGUCHI*, Masanobu YAMAMOTO**, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA**, Masako IWAKI*,
Mitsuru YOSHIDA**, Tadashi ISHII***, Tomoyuki KONISHI***and Yuki ICHINOSE*

*Okayama University, **NARO, National Food Research Institute, ***Forestry and Forest Products Research

タバコ野火病菌の病原性発現に鞭毛の運動性と糖化は必須である。フラジェリンは143, 164, 176, 183, 193番目の6カ所のセリンに糖鎖を有し, 201番目の糖鎖はL-ラムノース2分子修飾ピオサミンから成る三糖であることがこれまでにわかっている。他のセリンに結合する糖鎖の構造と病原性への寄与を明らかにするため, 6カ所のセリンのうち5カ所をアラニンに置換した変異株を作製した。MALDI-TOFMS分析の結果, 6種の変異株の糖鎖は201番目のセリン結合糖鎖と同じ三糖であった。S143-5S/AとS164-5S/A, S201-5S/Aでは, 菌体密度感知に関わるアシルホモセリンラクトン量と菌の移動度は顕著に減少し, 抗生物質に対する抵抗性は増加した。宿主のタバコ葉に対する病原性発現能についてはどの変異株も低かった。このことから, フラジェリンが重合したときに表面に露出するS176とS183は病原性発現に重要であると考えられた。さらに鞭毛依存的な運動性は菌体密度感知や抗生物質抵抗性に関連する可能性が示唆された。

タバコ野火病菌の病原性に影響を与えるフラジェリンの糖鎖の欠損

田口富美子*, 山本 雅信**, 亀山真由美**, 岩城 雅子*, 吉田 充**, 石井 忠***, 古西 智之***, 一瀬 勇規*

*岡山大学, ** (独) 農研機構食品総合研究所, *** (独) 森林総合研究所

Food Science and Technology Research, 15(6), 639–644(2009)

Degradation of Epitope Peptides of Wheat Gliadin and Glutenin for Atopic Dermatitis by Crude Proteases from Germinated Wheat Seeds

Shigeru OITA*, Takami HAYASHI* and Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA**

*NARO, National Agricultural Research Center Tohoku Region

**NARO, National Food Research Institute

アトピー性皮膚炎に関する小麦のグリアジンとグルテニンを発芽小麦種子プロテアーゼ粗分画(PGW)で分解した。PGWはシステインプロテアーゼとセリンプロテアーゼ活性を有し, グリアジンエピトープペプチドPQQPFをpH4.5と7.5で加水分解した。PGWはQQPFやPQQPFをpH7.5では完全に分解したが, pH4.5では少量しか分解できなかった。グルテニンエピトープペプチドQQPPについては, PGWはpH7.5で分解できたが, pH4.5では部分的にしか分解できなかった。グルテニンエピトープペプチドを2つ含むペプチドCSQQQPPFSQQPPF(Glu-16)もpH4.5で分解した。分解物はQQPF, PQQPF, QQPPF, QQPPFであることを質量分析法で確認した。

発芽小麦に含まれる粗精製タンパク分解酵素による, 小麦グリアジンとグルテニンのアトピー性皮膚炎エピトープペプチドの分解

老田 茂*, 林 高見*, 亀山真由美**

* (独) 農研機構東北農業研究センター

** (独) 農研機構食品総合研究所

Chemistry-A European Journal, 15, 3729–3735(2009)

Construction of helical J-aggregates self-assembled from a thymidylic acid appended anthracene dye and DNA as a template

Rika IWAURA*, **, Mayumi Ohnishi-Kameyama*, Tomohiko IIZAWA*

*National Food Research Institute

**Precursory research for embryonic science and technology (PRESTO), JST

アントラセンの2, 6位にチミジル酸を連結したチミジル酸-アントラセン複合体1を合成し, 1の自己集合体および相補的核酸塩基をもつオリゴアデニル酸20量体dA20との二成分系自己集合体について, 各種スペクトル測定および原子間力顕微鏡観察を行った。その結果, 1とdA20の二成分系自己集合体は直径5.1nmのナノファイバーを形成することがわかった。また, 吸収, 蛍光, およびCDスペクトルから, ナノファイバー中ではチミンとアデニンが相補的核酸塩基対を形成し, アントラセン部位が短軸方向にスタックしながら一次元らせん状に集積したJ会合体となることを見いだした。以上の結果より, DNAを鋳型として, 光機能性分子であるアントラセンのらせん状一次元集積体を構築することが可能であることを明らかにした。

An overview on chlorophylls and quinones in the photosystem I-type reaction centers

Shunsuke OHASHI*, Tatsuya IEMURA*, Naoki OKADA*, Shingo ITOH*, Hayato FURUKAWA*, Masaaki OKUDA*,
Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA**, Takuro OGAWA***, Hideaki MIYASHITA****, Tadashi WATANABE*****,
Shigeru ITOH*****, Hirozo OH-OKA*****, Kazuhito INOUE*****and Masami KOBAYASHI*

*University Tsukuba, **NARO, National Food Research Institute, ***Kanagawa University, ****Kyoto University,
*****University Tokyo, *****Nagoya University, *****Osaka University

光化学系 (PS) I の反応中心 (RC) の、マイナーであるが重要な葉緑素 (Chl) とキノンの分子構造に関して概説する。PS I の RC では、緑色硫黄細菌のバクテリオクロロフィル (BChl) a' や、ヘリオバクテリアの BChl g', Chl a - 型 PS I の Chl a', Chl d - 型 PS I の Chl d' といった主要な葉緑素は、酸素非発生型では BChl a' ホモ二量体や BChl g' ホモ二量体、酸素発生型では Chl a/a' と Chl d/d' のヘテロ二量体のような特別ペアとして機能する。BChl g' から Chl a, Chl a から Chl d への変換は、in vitro のマイルドな条件下で自発的に起こる。主要な電子受容体は、酸素非発生型 PS I 型 RC においても Chl a 誘導体である。二次電子受容体はナフトキノンで、側鎖は酸素型 PS I でメナキノンからフィロキノンになる。

光合成 I 型反応中心における葉緑素とキノン類

大橋 俊介*, 家村 達也*, 岡田 尚紀*, 伊藤 慎吾*, 布留川隼人*, 奥田 将旭*, 亀山真由美**, 小川 拓郎**,
宮下 英明****, 渡辺 正****, 伊藤 繁****, 大岡 宏造****, 井上 和仁**, 小林 正美*

*筑波大学, ** (独) 農研機構食品総合研究所, ***神奈川大学, ****京都大学, *****東京大学,
*****名古屋大学, *****大阪大学

NMR studies on the interaction of sugars with the C-terminal domain of an R-type lectin from the earthworm *Lumbricus terrestris*

Hikaru Hemmi*, Atsushi Kuno**, Shigeyasu Ito**, ***, Ryuichiro Suzuki**, ***, Tsunemi Hasegawa***, and Jun Hirabayashi**

*National Food Research Institute

**Research Center for Medical Glycoscience, AIST

***Department of Material and Biological Chemistry, Yamagata University

ミミズ由来 R 型レクチンの C 末端ドメイン (EW29Ch) は、2 つの糖結合部位 (α 及び γ) を持ち、単一ドメインとして赤血球凝集能を持つことが知られている。今回、各種糖 (ラクトース, メリビオース, ガラクトース, メチル α ガラクトピラノシド, メチル β ガラクトピラノシド) の添加による $^1\text{H} - ^{15}\text{N}$ HSQC スペクトルでの NMR シグナル変化を観測することにより、2 つの糖結合部位それぞれの糖結合活性を測定した。その結果、 α 糖結合部位においては、遅い化学交換を示し、解離定数 (K_d) = 0.01 - 0.1 mM であった。一方、 γ 糖結合部位では、速い化学交換を示し、 $K_d = 2 - 6$ mM であった。これらの結果より、EW29Ch の赤血球凝集能がレクチン全体の赤血球凝集能に比べ約 10 倍低いのは、2 つの糖結合部位のうち片方の糖結合部位の糖結合活性が低いことによることが判明した。

NMR によるミミズ由来 R 型レクチン C 末端ドメインと糖との相互作用に関する研究

逸見 光*, 久野 敦**, 伊藤 茂泰**, ***, 鈴木龍一郎**, ***, 長谷川典巳**, 平林 淳**

* (独) 農研機構 食品総合研究所
**産総研 糖鎖医学研究センター
***山形大学理学部

A noninvasive near infrared system for detection of platelet components contaminated with bacteria

Sirinnapa Saranwong*, Shoji Ezuki**, Kinuyo Kawabata***, Sumio Kawano*and Hitoshi Ohto***

*National Food Research Institute

**Kawasumi Laboratories, Inc.

***Fukushima Medical University,

細菌汚染を生じる危険性のある血小板製剤の輸血は敗血症などを発生させるリスクを伴う。そこで、サンプリングなしで血小板製剤の細菌汚染の有無を識別する近赤外分光法を用いた方法について検討した。細菌汚染していない対照区, *Bacillus cereus* を接種した BC 区, *Staphylococcus epidermis* を接種した SE 区のスベクトルをプラスチックバックに入れた状態で透過法により経時的に測定した。スベクトル測定には分散型近赤外装置 (NIRS6500) を用いた。対照区を 0, 汚染区 (BC 区及び SE 区) を 1 とする PLS 回帰により, BC 区では接種 42 時間後において 100% の正確率で, SE 区では接種 54 時間後において 98% の正確率で汚染区を識別できた。スベクトル測定に携帯型装置 (NIR-Gun) を用いた場合もほぼ同等の成果が得られた。以上のことから, 血小板製剤の細菌汚染の有無を近赤外分光法により識別できることが示唆された。

Chem. Phys. Lett. 476, 205–208(2009)

Attenuated total reflectance -far ultraviolet (ATR–FUV) spectra of CH₃OH, CH₃OD, CD₃OH and CD₃OD in a liquid phase Rydberg states

Yusuke Morisawa*, Akifumi Ikehata**, Noboru Higashi***, Yukihiro Ozaki*

*Kwansei Gakuin University

**National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization (NARO)

***KURABO Industries LTD.

液体状態の CH₃OH, CH₃OD, CD₃OH and CD₃OD の持つ 155nm 付近の電子遷移吸収バンドを独自に開発した減衰全反射遠紫外 (ATR–FUV) 分光法にて測定した。またこれと透過スペクトルによる 190 - 220nm の範囲の吸収テールを調べ、これらの同位体の違いによってスペクトルに系統的な違いが現れることを見いだした。また、気体状態のスペクトルに比べバンドが短波長側に観測されることを明らかにした。

分析化学, 58(1), 13 - 21 (2010)

アルコール水溶液中の水の水素結合 - モル吸光係数の拡張概念によるスペクトル解析 -

池羽田晶文*

*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

水に可溶性 1 価のアルコールの水和について近赤外分光法を用いて調べた。注目した波数域は 7000cm⁻¹ 付近に観測される水およびアルコールの O–H 伸縮振動に起因するバンドだが、水素結合の影響を反映するため吸光度の増減は Beer の法則には従わない。そこで分子間相互作用の効果が顕わな場合のスペクトル解釈のため、モル吸光係数の拡張概念である部分モル吸光係数を提案する。さらにそこから非理想成分だけを表す過剰部分モル吸光係数を計算したところ、ブロードなバンドに隠れていた水素結合種を特定することに成功した。結果として、アルコール濃度 25mass% 以下では溶質の水和に伴い水の水素結合は強化されること、またそれ以上の濃度では水と溶質はそれぞれドメインに分離した状態に近いことが示唆された。

Hydrogen bonding of water in aqueous alcohol solution: spectral analyses by an extended concept of molar absorption coefficient

Akifumi IKEHATA*

*National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization (NARO)

Report of National Food Research Institute, 74, 23–28(2010)

Changes in cadmium content when processing soybean to miso and soy sauce

Kumiko SHINDOH*, Takashi ABE**, Akemi YASUI*

*National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

**Japan Food Research Laboratories

0.040μg/g と 0.320μg/g のカドミウムを含む異なる品種の大豆を使い、味噌および醤油の加工過程におけるカドミウムの含有量変化を検討した。米味噌への加工過程では、大豆に含まれるカドミウム総量の約 83% が最終品の味噌に移行した。一方、こいくち醤油への加工過程では、窒素利用率が約 60% の場合に、大豆に含まれるカドミウム総量の 43 - 53% が最終品の醤油へ移行すると推定された。味噌への加工過程では、大豆に含まれるカドミウムが減少する主要なプロセスは大豆の浸漬および蒸煮過程であった。醤油への加工過程では、もろみ圧搾過程を含む複数のプロセスでカドミウムが減少し、その割合は大豆により異なった。このため、最終品へ移行するカドミウム量は、醤油では味噌以上に大豆の持つ加工適性に依存すると考えられた。

大豆から味噌および醤油への加工過程におけるカドミウム含有量の変化

進藤久美子*・阿部 孝**・安井 明美*

*(独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

**財団法人日本食品分析センター

日本食品科学工学会誌, 56(4), 43 - 46 (2010)

コメ貯蔵時の害虫防除処理および貯蔵害虫の摂食がアレルゲンタンパク質に及ぼす影響

大羽 美香*, 宮ノ下明大*, 森山 達哉**, 川本 伸一*, 橘田 和美*

*(独)農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所
**近畿大学農学部応用生命化学科

食物アレルギー患者の数は増加傾向にあり, 特に先進国の消費者にとって大きな問題となっている。日本人の主食であるコメに対するアレルギーも報告されている。アナフィラキシーショック等の症状を示すことは非常にまれであるが, アトピー性皮膚炎の原因食物の一つとして考えられている。貯蔵害虫防除を目的とした臭化メチル代替殺虫技術として開発された高圧二酸化炭素処理を玄米に対し施し, コメのアレルゲンタンパク質にどのような影響を及ぼすかについて検討した。また, 従来使用されてきた, 臭化メチルおよびリン化水素によるくん蒸処理による影響も検討した。さらに, 貯蔵害虫であるノシメダラメイガ(Plodia interpunctella)の幼虫を玄米に投入し, コメのアレルゲンタンパク質への影響も検討した。その結果, これらの害虫防除処理, および貯蔵害虫の摂食によるアレルゲンタンパク質への影響は認められなかった。

Effects of Insect Control Treatments and Damage Caused by Stored-product Insects on Rice Allergenic Proteins

Mika OHBA*, Akihiro MIYANOSHITA*, Tatsuya MORIYAMA**, Shinichi KAWAMOTO*, Kazumi KITTA*

*National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization
**School of Agriculture, Kinki University

Journal of the Food Hygienic Society of Japan, 50 (3) 117 - 125 (2009)

Development of quantitative duplex real-time PCR method for screening analysis of genetically modified maize

Taichi OGUCHI*, Mari ONISHI**, Yasutaka MINEGISHI***, Yasunori KUROSAWA*, Masaki KASAHARA*, ****, Hiroshi AKIYAMA*****, Reiko TESHIMA*****, Satoshi FUTO**, Satoshi FURUI*, Akihiro HINO*, Kazumi KITTA*

*National Food Research Institute
**FASMAC Co., Ltd.
***NIPPON GENE Co., Ltd.
****Food and Agricultural Materials Inspection Center
*****National Institute of Health Sciences

遺伝子組換え(GM)トウモロコシの二重リアルタイムPCR法による定量スクリーニング分析法を開発した。具体的には, 二種類の蛍光プローブを利用して, カリフラワー・モザイク・ウイルス35Sプロモーター配列(P35S)と, P35Sを含まないGA21系統特異的配列を1回の反応で同時に検出可能なシステムを構築した。また, 本二重PCR法で使用する新規なキャリブレータープラスミドも開発した。室内試験によって本分析法の精度を検証したところ, 従来の個別のリアルタイムPCRによるGMトウモロコシの標準分析法とほぼ同程度の精度を有することが確認された。本法は, 従来は個別に実施していた2種類のリアルタイムPCR反応を, 1回の反応で同時に分析可能とすることから, 検査にかかるコストおよび時間を大幅に短縮することが可能である。我々は, 本法をGMトウモロコシの新たな定量分析法として提案する。

遺伝子組換えトウモロコシのスクリーニング検査のための二重リアルタイムPCR定量分析法の開発

小口 太一*, 大西 真理**, 峯岸 恭孝***, 黒澤 康紀*, 笠原 正輝****, 穉山 浩*****, 手島 玲子*****, 布藤 聡**, 古井 聡*, 日野 明寛*, 橘田 和美*

*(独)農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所
**(株)ファスマック
**(株)ニッポンジーン
****(独)農林水産消費安全技術センター
*****国立医薬品食品衛生研究所

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 73(8), 1886–1889(2009)

Optical Detection of Specific Genes for Genetically Modified Soybean and Maize Using Multiplex PCR Coupled with Primer Extension on a Plastic Plate

Naoki HARIKAI*, Shin SAITO**, Midori ABE**, Kazunari KONDO***, Kazumi KITTA****, Hiroshi AKIYAMA***, Reiko TESHIMA***, Kenji KINOSHITA*

*School of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Mukogawa Women's University

**S-BIO Development Department, Sumitomo Bakelite, Co.

***National Institute of Health Sciences

****National Food Research Institute

遺伝子組換え (GM) ダイズ 1 系統ならびにトウモロコシ 5 系統を検知するための、新規 DNA マイクロアレイ法を、マルチプレックス PCR 法と組み合わせたプラスチック基板上におけるプライマー伸長反応を利用して開発した。マルチプレックス PCR 増幅産物は、伸長プライマーを固定化したプレート上にアブライされ、当該 DNA 配列に対応するスポットは可視化された。本法は、GM ダイズおよびトウモロコシを可視的に検出する迅速簡便な手法である。

プラスチック基板上におけるプライマー伸長反応を用いた遺伝子組換え食品の同時可視検出法

張替 直輝*, 斉藤 晋**, 阿部 碧**, 近藤 一成***, 橘田 和美****, 穠山 浩***, 手島 玲子***, 木下 健司*

*武庫川女子大学薬理学研究室

**住友ベークライト

***国立医薬品食品衛生研究所

**** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 60(3,4), 138–144(2009)

Enantioselective ester hydrolase from *Sphingobacterium* sp.238C5 useful for chiral resolution of β -phenylalanine and for its β -peptide synthesis

Jun OGAWA*, **, Junichi MANO*, Tairo HAGISHITA***, Sakayu SHIMIZU*

*Division of Applied Life Sciences, Graduate School of Agriculture, Kyoto University

**Research Division of Microbial Sciences, Kyoto University

***Industrial Microbiology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University

β -フェニルアラニン及び β -ペプチド生産に有用な光学分割に新規酵素 β -フェニルアラニンエステル加水分解酵素の性質解析を行った。*Sphingobacterium* sp. 238C 5 株の無細胞抽出液由来精製酵素は β -フェニルアラニンエステルを (S) 体選択的に加水分解した。また、本酵素はいくつかの α -アミノ酸エステルに対し L 体特異的な加水分解活性を示した。塩基配列から推測される 369 アミノ酸残基はバチルス属細菌由来 D 体特異的ペプチダーゼと同一性を示した。同酵素を発現する大腸菌は元菌よりも 8 倍の酵素活性を示した。同組換え大腸菌は低濃度 (30mM) の β -フェニルアラニンエチルエステルを基質とした反応において S 体特異的な加水分解活性を示した。一方、高濃度 (170mM) の基質を用いた反応ではトランスペプチダーゼ活性により β -フェニルアラニルフェニルアラニンエチルエステルが生成した。本トランスペプチダーゼ活性は β -フェニルアラニン含有 β -ペプチドの合成に有用であった。

β -フェニルアラニンの光学分割及び β -ペプチド合成に有用な *Sphingobacterium* sp.238C5 株由来立体選択的エステル加水分解酵素

小川 順*, **, 真野 潤一*, 萩下 太郎***, 清水 昌*

*京都大学大学院応用生命科学専攻

**京都大学微生物科学寄附研究部門

***京都大学大学院産業微生物学講座

Biological&Pharmaceutical Bulletin, 32(11), 1824–1829(2009)

A Screening Method for the Detection of the 35S Promoter and the Nopaline Synthase Terminator in Genetically Modified Organisms in a Real-Time Multiplex Polymerase Chain Reaction Using High-Resolution Melting-Curve Analysis

Hiroshi AKIYAMA*, Fumi NAKAMURA*, Chihiro YAMADA**, Kosuke NAKAMURA*, Osamu NAKAJIMA*, Hiroshi KAWAKAMI**, Naoki HARIKAI***, Satoshi FURUI****, Kazumi KITTA****, Reiko TESHIMA*

*National Institute of Health Sciences

**Department of Food Science & Nutrition, Kyoritsu Women's University

***School of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Mukogawa Women's University

****National Food Research Institute

未承認の遺伝子組換え (GM) 農産物を検出するために、カリフラワー・モザイク・ウイルス由来の35S プロモーター (P35S) 及びノバリン合成酵素ターミネーター (NOST) を同時に定性検知することが可能な、リアルタイムマルチプレックス PCR を用いた高分解能融解曲線解析法を開発した。本分析法に適した P35S 及び NOST のプライマーセットを設計し、さらに、設計したプライマーとインターカレーター EvaGreen を用いて最適な PCR 条件を検討した。本分析法の検知下限を調べたところ、トウモロコシのサンプルでは、組換え配列がゲノム中にシングルコピーの場合、0.1%程度と見積もられた。さらに本分析法は、承認 GM ダイズ系統、承認 GM ジャガイモ系統、GM ダイズを含んだビスケット、さらに、未承認 GM イネ系統を含むコメのサンプル等にも適応可能であることが示された。以上の結果から、本分析法は穀物と加工食品の両方に適応可能であり、簡便且つ信頼性の高いスクリーニング法であると考えられる。

高分解能融解曲線解析を用いるリアルタイムマルチプレックス PCR での遺伝子組換え生物における35S プロモーターとノバリン合成酵素ターミネーター検出用のスクリーニング法

Analytical and Bioanalytical Chemistry, 396(1), 457–464(2009)

An Optimal Design Method for Preventing Air Bubbles in High-Temperature Microfluidic Devices

Tsuyoshi NAKAYAMA*, Ha Minh Hiep**, Satoshi FURUI***, Yuji YONEZAWA****, Masato SAITO**, Yuzuru TAKAMURA*, Eiichi TAMIYA**

*Japan Advanced Institute of Science and Technology

**Graduate School of Engineering, Osaka University

***National Food Research Institute

****Industrial Research Institute of Ishikawa

ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) を利用した DNA 分析は、医学的な診断、環境調査、食品分析及び生物学的な研究等で頻用されている。さらに、極小サイズの PCR チップを開発することは、PCR を微小化学分析システム (μ TAS) に統合する研究において不可欠である。しかしながら、PCR チップはマイクロチャネル内において気泡の発生することが課題となっている。本研究において、我々は分析試料の注入時にマイクロチャネル内に発生する気泡を抑制するため、層流の流体力学に基づく少量のミネラルオイルを利用した新手法を検討した。また、PCR に好適なマイクロフルイディクスを作製するため、圧力、加圧チャネル長及びオイル量についても最適化した。さらに、反応液を連続的に送液する定量的な PCR は、遺伝子組換え (GM) トウモロコシの検知に最適化した PCR チップを用いて実施した。DNA は GM トウモロコシ MON810系統と nonGM トウモロコシから抽出し、0%から100%までの濃度範囲で数点調製した。DNA の増幅シグナルはレーザーを基にしたシステムを使って PCR チップ上で解析した。マイクロフルイディクス PCR チップからのシグナルは GM トウモロコシ濃度に比例して増大することが明らかとなった。

マイクロフルイディクスの気泡発生を抑制するための至適設計法

中山 剛*, Ha Minh Hiep**, 古井 聡***, 米沢 裕司****, 斉藤 真人**, 高村 禪*, 民谷 栄一**

*北陸先端科学技術大学院大学

**大阪大学大学院工学研究科

*** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

**** (独) 石川県工業試験所

日本食品化学学会誌, 16(3), 147 - 151 (2009)

PCR法を用いた米加工品の安全性未審査遺伝子組換え米の検知法

穂山 浩*, 佐々木伸大**, 大木 果林*, 中村 文美*, 坂田こずえ*, 中村 公亮*, 大森 清美***,
中島安基江****, 古井 聡*****, 橘田 和美*****, 小関 良宏**, 手島 玲子*

*国立医薬品食品衛生研究所

**東京農工大学

***神奈川県衛生研究所

****広島県立総合技術研究所

***** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

わが国において、食品としての安全性未審査の2系統の遺伝子組換え(GM)コメを検知するPCRを用いた検知法を開発した。2種のGMコメは *Bacillus thuringiensis* (Bt) コメ, Bt63およびNNBt系統であった。これらGMコメは適切な植物発現プロモーター及びターミネーターと結合したBt由来のcry遺伝子で形質転換され、Btトキシンを発現するため、標的昆虫に対して抵抗性を有する。これら2系統のGMコメを検知するためのプライマー対をcry遺伝子の配列をもとにデザインした。また、われわれが解明した配列をもとに、Bt63およびNNBtのそれぞれを特異的に検知するプライマー対もデザインした。開発した手法を用いてピーフン及び餅米試料において2系統のBtコメの検知を行った。本法は、コメ加工品中において、2系統のBtコメのモニタリングに利用可能な検知法であることが示された。

A Conventional PCR Method to Detect Recombinant DNA from Genetically Modified Rice Lines not Approved for Use in Processed Foods

Hiroshi AKIYAMA, Nobuhiro SASAKI**, Karin OHKI*, Fumi NAKAMURA*, Kozue SAKATA*, Kosuke NAKAMURA*,
Kiyomi OMORI***, Akie NAKASHIMA****, Satoshi FURUI*****, Kazumi KITTA*****, Yoshihiro OZEKI**, Reiko TESHIMA*

*National Institute of Health Sciences

**Tokyo University of Agriculture and Technology

***Kanagawa Prefectural Institute of Public Health

****Hiroshima Prefectural Technology Research Institute

*****National Food Research Institute

Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi), 51(1), 32-36(2010)

Improvement of Polymerase Chain Reaction-Based Bt11 Maize Detection Method by Reduction of Non-Specific Amplification

Junichi MANO*, Yuka YANAKA*, Hiroshi AKIYAMA**, Reiko TESHIMA**, Satoshi FURUI*, Kazumi KITTA*

*National Food Research Institute

**National Institute of Health Sciences

JAS分析試験ハンドブック記載の遺伝子組換えトウモロコシBt11系統特異的定性検知法は行政モニタリング検査および市場に流通する穀物の品質管理に幅広く利用されている。当該検知法を用いた検査において偽陽性検出が生じる可能性が確認されたため、分析法の改良を行った。改良分析法において非特異的増幅は確認されず、一方、反応特異性および検出感度について現行分析法との間に顕著な差異は確認されなかった。

ポリメラーゼ連鎖反応を用いた遺伝子組換えトウモロコシBt11系統特異的定性検知法の非特異的増幅低減を目的とした改良

真野 潤一*, 谷中 有香*, 穂山 浩**, 手島 玲子**, 古井 聡*, 橘田 和美*

* (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

**国立医薬品食品衛生研究所

日本食品衛生学会誌, 51(1) 43 - 46 (2010)

リアルタイム PCR による DNA 検査に最適なポリプロピレンチューブの選択方法

清水 えり*, 布藤 聡*, 増淵 友子**, 峯岸 恭孝***, 笠原 正輝****, 穠山 浩*****,
手島 玲子*****, 日野 明寛**, 真野 潤一**, 古井 聡**, 橘田 和美**

*株式会社ファスマック

** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

***株式会社ニッポンジーン

**** (独) 農林水産消費安全技術センター

*****国立医薬品食品衛生研究所

遺伝子組換え食品検査を行う際に、サンプルの保存や希釈など、様々な場面でディスパーザブルのポリプロピレン製マイクロチューブ(以下、チューブと略す)を使用するが、チューブの種類により PCR 後の定量値に大きな影響を与える可能性がある。複数のチューブを用いて検討した結果、一部のチューブに DNA の吸着や O.D 260nm に吸光のある溶出物がみられることが明らかとなった。本検討で、我々はチューブへの DNA の吸着を見出し、DNA 検査に最適なチューブを適時選択可能とした。

Selection of Suitable Polypropylene Tubes for DNA Testing Using Real-time PCR

Eri SHIMIZU*, Satoshi FUTO*, Tomoko MASUBUCHI**, Yasutaka MINEGISHI****, Masaki KASAHARA****,
Hiroshi AKIYAMA*****, Reiko TESHIMA*****, Akihiro HINO**, Junichi MANO**, Satoshi FURUI**, Kazumi KITTA**

*FASMAC Co.,Ltd.

**National Food Research Institute

***NIPPONGENE Co.,Ltd.

****Food and Agricultural Materials Inspection Center

*****National Institute of Health Sciences

Biological&Pharmaceutical Bulletin, 33(3), 532-534(2010)

Novel Method to Detect a Construct-Specific Sequence of the Acetolactate Synthase Gene in Genetically-Modified Flax CDC Triffid (FP967)

Kosuke NAKAMURA*, Hiroshi AKIYAMA*, Chihiro YAMADA**, Rie SATOH*, Daiki MAKIYAMA*, Kozue SAKATA*,
Hiroshi KAWAKAMI**, Junichi MANO***, Kazumi KITTA***, Reiko TESHIMA*

*National Institute of Health Sciences

**Department of Food Science & Nutrition, Kyoritsu Women's University

***National Food Research Institute

2009年秋に、未承認遺伝子組換えアマ系統、CDC Triffid の微量混入が日本を含む多くの国で報告された。本遺伝子組換えアマはスルホニルウレア系除草剤に対する耐性を有する。CDC Triffid 系統の検知法の緊急の開発が求められたため、われわれは、CDC Triffid 系統に導入されている変異アセト乳酸合成酵素遺伝子を検知する、新規構造特異的リアルタイム PCR 法を開発した。抽出 DNA 混合液を用い、本法が0.001%の当該遺伝子組換えアマの検知が可能であることを確認した。本研究により、開発された手法は微量の CDC Triffid をモニタリングするための、特異的、高感度、かつ信頼できる手法であることが示された。

遺伝子組換えアマ、CDC Triffid (FP967) におけるアセト乳酸合成酵素遺伝子の構造特異的配列検出のための新規手法

中村 公亮*, 穠山 浩*, 山田 千尋**, 佐藤 里絵*, 牧山 大樹*, 坂田こずえ*, 川上 浩**,
真野 潤一***, 橘田 和美***, 手島 玲子*

*国立医薬品食品衛生研究所

**共立女子大食物栄養学科

*** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

農業施設, 40(1), 1 - 6 (2009)

冷蔵保存に伴う米麺の動的粘弾性の変化

LI Yongyu*, 鈴木啓太郎**, 神山かおる**, 大坪 研一***, 院多本華夫****, 佐竹 隆顕****

*中国農業大学
 ** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所
 ***新潟大学
 ****筑波大学

「夢十色」を原料とした生米麺（以後生麺とする）の冷蔵保存が同麺の吸熱特性（DSC）および冷蔵保存した生麺の茹で後（以後茹で麺とする）の動的粘弾性に与える影響について検討した。その結果、冷蔵保存に伴い、麺のつなぎとして用いた糊化生地の澱粉分子は再配列が生じ、約43と61で二つの吸熱ピークが見られた。一方、冷蔵していない生麺は生澱粉による一つの吸熱ピークしか見られなかった。また、冷蔵保存1日・2日・4日の茹で麺の貯蔵弾性率と損失弾性率は、冷蔵していない茹で麺に比べ大きい値を示し、生麺の冷蔵保存に伴い硬い食感の茹で麺が形成されると推察された。なお、冷蔵保存1日・2日・4日の生麺の間にはDSCによる吸熱エンタルピーの有意差が認められず、それらの茹で麺の貯蔵弾性率と損失弾性率も明らかな変化が認められなかった。

Dynamic viscoelasticity change of rice noodle in the process of refrigeration

Yongyu LI*, Keitaro SUZUKI**, Kaoru KOHYAMA**, Ken'ichi OHTSUBO***, Keo INTABON****, Takaaki SATAKE****

*China Agricultural University, CHINA
 **National Food Research Institute, NARO
 ***Niigata University
 ****University of Tsukuba

日本食品科学工学会誌, 50(7), 424 - 428 (2009)

炊飯米を生地に添加したパンの官能評価

奥西 智哉

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

近年、米の需要を喚起する目的で米粉を使用したパンが注目されているが、品質はさほど良くない。品質の良い米パンを開発するために、炊飯米の利用を試みた。その特性をパン高さおよび官能試験により評価した。

米粉パンでは、米粉の置換率の上昇とともに製パン性が低下したのに対し、炊飯米置換率30%までのごはんパンは小麦粉パンと同等あるいはそれ以上の製パン性を有した。

炊飯米置換率10 - 40%のごはんパンは、官能試験で小麦粉パンより有意に評価が高く、最適置換率は30%であった。すだち・色相・香りは、20%ごはんパンの色相評価が有意に高い点を除き、いずれも有意差はなかった。触感および硬さは10 - 30%ごはんパンで有意に高く、20%が最適であった。味ともちもち感は、30%が最も高く、しっとり感と甘味は、炊飯米置換率が高まるほど向上した。一方、米粉パンはすべての官能評価項目において小麦粉パンと有意差は見られなかった。

製パン材料に炊飯米を利用すると製パン性、風味や食感が改善され、総合的に判断して、最適置換率は30%であった。

食品総合研究所研究報告, 74, 37 - 44 (2010)

製粉方法の異なる米粉の特性と製パン性の関係

與座 宏一, 松木 順子, 岡留 博司, 岡部 繭子, 鈴木啓太郎,
 奥西 智哉, 北村 義明, 堀 金 彰, 山田 純代, 松倉 潮

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

ハンマーミル、ピンミル、気流製粉機などを用いて10種類の製粉方法の異なる米粉を調製した。米粉80%、グルテン20%の割合で配合し、80%加水条件でストレート法によりワンローフ型パンの製パン試験を行い、米粉の特性との関連性を調べた。米粉の特性として、平均粒径は40.9 ~ 407.2 μm であり、損傷デンプン含量は6.1 ~ 27.1%であった。また、米粉パンの比容積は1.98 ~ 3.82 mL/g であった。損傷デンプンとパンの比容積の間には負の相関性 ($r = -0.670$, $p < 0.05$) がみられた。平均粒径と比容積の間には相関性がみられなかった。

Breads made from rice flours prepared by different milling methods

Koh-ichi Yoza, Junko Matsuki, Hiroshi Okadome, Mayuko Okabe, Keitaro Suzuki,
 Tomoya Okunishi, Yoshiaki Kitamura, Akira Horigane, Sumiyo Yamada, and Ushio Matsukura

National Food Research Institute

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 74(1), 209–211(2010)

Effect of glycerophospholipid class on the β -carotene uptake by human intestinal Caco-2 cells

Eiichi Kotake-Nara*, Lina Yonekura*, Akihiko Nagao*

*National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

ヒト腸管 Caco-2 細胞による混合ミセル可溶性 β カロテン取込みに対するグリセロリン脂質の影響を検討した。ホスファチジルエタノールアミンはミセルから細胞への β カロテンの透過を促進した。しかし、ホスファチジルコリンは β カロテンとの親和性が高く、透過を抑制した。このようにジアシル型では極性基の種類によって効果が異なった。一方、実験に供した全てのモノリン脂質は、極性基の種類に関係なく促進効果を示した。このように、グリセロリン脂質は、カロテノイドの腸管吸収に影響を与える可能をもつことが明らかとなった。

ヒト腸管 Caco-2細胞によるベータカロテン取込みに対するグリセロリン脂質クラスの影響

小竹 - 奈良英一*, 米倉 リナ*, 長尾 明彦*

*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

日本食品工学会誌, 10(2), 95 - 106 (2009)

粉碎方法および粒子径が米粉の Carr の流動性指数および噴流性指数に与える影響

五月女 格, 津田 升子, 岡部 繭子, 大島紗也香, ムハマドシャリフホッセン,
板倉真由実, 竹中真紀子, 岡留 博司, 五十部誠一郎

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

微粉碎された米粉を用いる際に、食品加工機械に対して問題を起こす流動性の低下について調査するため、ウルチ米精米および玄米ならびにモチ米精米を原料として用い、平均粒径 3 ~ 30 μ m の試料をジェットミルで、30 ~ 100 μ m の試料をハンマーミルにて調製し、Carr の流動性指数および噴流性指数、ならびに表面粗度の測定を行った。試料の平均粒径が小さくなるに従い水分および表面粗度は低下したが、試料の流動性は平均粒径が 15 μ m までは小さくなるに従い低下し、平均粒径が 3 μ m になると精米粉では流動性は変化せず玄米粉では流動性が向上した。平均粒径 30 μ m 以下の米粉試料の流動性は、伝統的な米粉の一種である上新粉と比較すると低く、小麦粉と比較すると同程度であり、微粉碎された米粉を食品加工に使用する際には、飛散や詰まりに注意する必要があることが明らかになった。

Food Science and Technology Research, 15(3), 225–232(2009)

Solute adsorption and gel-layer formation during ultrafiltration of ovalbumin

Hiroshi Nabetani*, Mitsutoshi Nakajima*, Shoji Hagiwara*, Atsuo Watanabe**, Shin-ichi Nakao***, Shoji Kimura***

*Food Engineering Division, National Food Research Institute, NARO

**Membrane & Separation Research Circle of Food

***Department of Chemical System Engineering, The University of Tokyo

卵白アルブミンの限外ろ過時における、浸透圧、溶質吸着およびゲル層形成の影響を明らかにするため、膜面上に形成されるゲル状の堆積層の特性を評価するとともに、膜に対する卵白アルブミンの吸着速度を異なる条件下で測定した。その結果、膜面上に観察されるゲル状の堆積層は、変性した卵白アルブミンの凝集物により形成されるものであり、この凝集物は、遠心分離により除去できるものであることが明らかとなった。この堆積層は、卵白アルブミン自身に対する阻止性能を有しているものの、溶媒の透過に対しての抵抗として作用することはほとんどない。膜面上にゲル状の堆積層が形成される場合および形成されない場合の両者において、浸透圧の影響と溶質吸着の影響を考慮した「浸透圧 - 吸着抵抗モデル」を用いることにより、膜透過流束を正確に推算することができた。卵白アルブミン溶液を膜細孔内に送り込むことにより、膜を卵白アルブミン溶液に浸漬した場合に比較して、吸着平衡に到達するまでの時間が短縮された。このことから、膜細孔内での溶質吸着が膜の透過抵抗の変化に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

Food Science and Technology Research, 15(3), 245–248(2009)

Reduce of Oxidation Index Value of Fish Oils Using Hydrophobic Nonporous Denser Membrane Process

Atsushi Miyagi* , Hiroshi Nabetani** , Mitsutoshi Nakajima***

*Chiba Industrial Technology Research Institute

**National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

***Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

膜ろ過法を用いることにより魚油中の酸化成分を除去し、油脂の精製を行うことを試みた。回分式のセルに装着した疎水性膜を用いることによりヘキサンで希釈した魚油をろ過した。過酸化価、アニシジン価及び TOTOX は、それぞれ、58 - 72%、45 - 75%、53 - 73% 低減された。膜により処理により、不飽和に基づく有用な機能性を維持したまま、オフフレーバーや着色の原因となる酸化物質を効率的に取り除くことができた。

Journal of Chemical Engineering of Japan, 43(3), 261–268(2010)

Analysis of permeability of organic solvents through a composite dense nonporous membrane

Atsushi Miyagi* , Moriyasu Murata** , Hiroshi Nabetani*** , Mitsutoshi Nakajima**** and Rangaswamy Subramaniam*****

*Chiba Industrial Technology Research Institute

**Murata Technology and Innovation Consulting

***National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

****Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

*****Department of Food Engineering, Central Food Technological Research Institute, Council of Scientific and Industrial Research

シリコンを活性層とした非多孔質膜を用いて種々の有機溶剤の透過性を比較し、定常状態における有機溶剤の透過メカニズムの解析を行った。有機溶剤の透過性については、溶剤と膜との溶解度パラメータの差と溶媒の分子量により評価した。これらのパラメータを用いることにより、非水系における膜透過現象を正確に表現できることが明らかとなった。

Membrane, 34(6), 336–341(2009)

Purification of physiologically active chitosan oligosaccharides by means of nanofiltration membrane

Takashi Kuroiwa* , Izuta Hiroshi** , Hiroshi Nabetani*** , Mitsutoshi Nakajima** ,
Seigo Sato** , Sukekuni Mukataka** , Sosaku Ichikawa**

*Faculty of Engineering , Tokyo City University

**Graduate School of Life and Environmental Science , University of Tsukuba

***Food Engineering Division , National Food Research Institute , NARO

ナノろ過膜を用いることにより、生理活性機能を有したキトサンオリゴ糖の精製を試みた。ろ過条件の最適化の結果、連続透析ろ過を実施することにより、キトサンオリゴ糖の純度を、30%から77%に向上できることが明らかとなった。

Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 73(7), 1586–1590(2009)

Visualization and Quantification of Three-Dimensional Distribution of Yeast in Bread Dough

Tatsuro Maeda*, Gab-Soo Do**, Junichi Sugiyama***, Tetsuya Araki****, Mizuki Tsuta***, Seizaburo Shiraga*****, Mitsuyoshi Ueda*****, Masaharu Yamada*, Koji Takeya*****, Yasuyuki Sagara****

*Research Center for Basic Sciences, Nisshin Seifun Group, Inc.,

**College of Bioresource Sciences, Nihon University

***National Food Research Institute

****Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

*****Graduate School of Agriculture, Kyoto University

*****Director, Wheat Flour Institute, Flour Millers Association

細胞表層工学の導入により、パン生地中の酵母の3次元分布とその定量化を行うバイオイメージング技術を開発した。可視化された酵母は520nmの波長で明るく光る。試料の凍らせたパン生地は、蛍光観察装置を備えたマイクロスライサ装置で、1ミクロンの厚さで連続切削され、3次元構築するために各画像を撮影した。ミキシングのピックアップ段階では、酵母間の平均最短距離は、10.7μm、クリーンアップ段階では、9.7μm、ファイナル段階では、9.0μm、オーバーミキシング段階では、10.2μmであった。この結果は、食パンのパン生地においてはファイナル段階の状態が酵母も最も均一に分布していることを表しており、オーバーミキシング段階ではグルテンの崩壊によりかなり偏った分布になっていると推察された。

パン生地における酵母の3次元分布の可視化と定量化

前田 竜郎*, 都甲 洙**, 杉山 純一***, 荒木 徹也****, 蔦 瑞樹***, 白神清三郎*****, 植田 充美*****, 山田 昌治*, 竹谷 光司*****, 相良 泰行****

*株式会社清製粉グループ本社基礎研究所

**日本大学生物資源科学部生物環境工学科

***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

****東京大学大学院農学生命科学研究科

*****京都大学大学院農学研究科

*****製粉協会

Food Science and Technology Research, 15(4), 361–366(2009)

Visualization of food additive effects on prawn properties by near infrared spectral imaging

Takehiro Sugiyama*, Mizuki Tsuta**, Junichi Sugiyama**, Tetsuya Araki*, Yasuyuki Sagara*

*Department of Global Agricultural Sciences, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

**National Food Research Institute

***Food Kansei Communications

近赤外イメージングにより、エビの断面の直接観察を行った。純水、食塩水、リン酸3ナトリウムに24時間浸した生エビとゆでエビを試料とした。それぞれの濃度は、0.5%、1%、4%の3段階とした。近赤外照明を照射された試料断面を、氷の吸収波長をもった1500nmのバンドパスフィルタを通して近赤外カメラで観察し、定量評価を行った。筋繊維が明瞭に観察できるとともに、それぞれの食品添加の効果を確認できた。

近赤外イメージングによるエビに対する食品添加物の効果の可視化

杉山 武裕*, 蔦 瑞樹**, 杉山 純一**, 荒木 徹也*, 相良 泰行****

*東京大学大学院農学生命科学研究科科学農業部門のグローバル

**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

***一般社団法人食感性コミュニケーションズ

フードシステム研究, 16(3), 94 - 99 (2009)

保育所におけるSEICA利用による食農教育に関する情報提供の効果

河合 幹裕*, 杉山 純一*, 伴 亜紀**, 田村三津子**

*独立行政法人食品総合研究所

**宇治田原町保育所

食農教育における情報提供の手法に注目し、情報源の違いが保護者の意識や行動にどのような変化をもたらすのか把握し、効果的な情報提供の手法を検討した。

Effects of Dietary Education using SEICA database in a nursery school

Mikihiro Kawai*, Junichi Sugiyama*, Aki Ban**, Mitsuko Tamura**

*National Food Research Institute

**Ujitawara nursery school

表面科学, 30(8), 427 - 432, 2009

走査型プローブ顕微鏡応用によるゲノム解析技術の開発

杉山 滋*, 塚本 和己*, 山内 武志*, 吉野 智之*, 高橋 宏和*, 桑崎 誠剛**,
末次 克行**, 生川 潤子**, 山本 公子**, 大谷 敏郎***

*農研機構食総研
**農業生物資源研究所
***食品安全委員会

近年の次世代シーケンサ等に代表される塩基配列解読技術の進歩により, 数年前には困難であった, 大量 (数百~数千 Mb) の塩基配列の解読が可能となっている. しかしながら, これら装置で解読できる塩基長に限られているため, 解析に用いる指標となるゲノム上の情報を持たない生物種では, 配列の整列化 (アセンブル) はきわめて困難であり, 実際の遺伝子単離や育種に応用できる情報を得るには, 困難性が非常に高い. そこで本研究では, 原子間力顕微鏡を用いて解析対象とする特定位置のゲノム領域を切断回収し, 位置情報を有する塩基配列を得る技術を開発して, 対象となる塩基配列の位置を高精度で特定することにより, ゲノム解析のさらなる迅速化に貢献することをめざした.

表面科学, 30(9), 484 - 490 (2009)

トウモロコシ澱粉内部構造の AFM 観察

塚本 和己*, 大谷 敏郎**, 杉山 滋*

*農研機構食品総合研究所
**食品安全委員会

澱粉は高等植物の光合成により生産され, 食品 (素材) として重要であるばかりでなく, 様々な工業的用途にも広く利用されている. しかしながら, 長年の研究にもかかわらず, 澱粉の高次構造に関してはいまだ不明な点が残されていることも事実である. そこで, 本研究グループでは, トウモロコシ澱粉を試料とし, ナノスケールでのイメージングが可能な原子間力顕微鏡と樹脂包埋切片法を組み合わせた手法を用いて, 澱粉の内部高次構造の解析を行った. その結果, これまでに報告されているブロックレット構造と共に, アミロペクチンのクラスタ構造に由来すると思われる数十 nm 幅の繊維状の構造を可視化できた. 特にブロックレット構造では, 成長リングに沿って配列した大きなブロックレットと全面に散在する小さいブロックレットを観察することに成功した.

Analytical Sciences, 25(12), 1381-1383(2009)

Rolling circle amplification for signal enhancement in ovalbumin detection

Toshiro Kobori*, Atsuko Matsumoto*, Hirokazu Takahashi*, Shigeru Sugiyama*

*National Food Research Institute, National Agricultural and Food Research Organization

主要食品アレルゲンであるオボアルブミンの検出信号を向上させる免疫ローリングサークル法を開発した. 反応系に蛍光色素と環状 1 本鎖 DNA プローブを添加してローリングサークル増幅反応を進行させることにより, 10 - 1210 - 10g/mL のオボアルブミンが検出可能となった.

小堀 俊郎*, 松本 敦子*, 高橋 宏和*, 杉山 滋*

*農研機構食品総合研究所

Journal of Biological Chemistry, 284(51), 35507–35513(2009)

The transient receptor potential channels TRPP 2 and TRPC 1 form a heterotetramer with a 2:2 stoichiometry and an alternating subunit arrangement

Toshiro Kobori*, ***, Graham D. Smith**, Richard Sandford**, J. Michael Edwardson*

*Department of Pharmacology, University of Cambridge

**Department of Medical Genetics, Cambridge Institute for Medical Research, Addenbrooke's Hospital

***National Food Research Institute, National Agricultural and Food Research Organization

ポリシスチンタンパク質をコードする TRP チャネル (TRPP 2) の遺伝子異常は多発性嚢胞腎を引き起こす。TRPP 2 はホモ多量体を形成してチャネル機能を発現すると共に、別の TRP チャネルタンパク質である TRPC 1 とヘテロ多量体を形成して機能を変化させることが知られている。しかし、TRPP 2 ホモ多量体及び TRPC 1 とのヘテロ多量体形成に関する知見はない。本研究では培養細胞で発現させた TRPP 2 もしくは TRPP 2 / TRPC 1 を精製し、原子間力顕微鏡によって単粒子解析を行った。その結果、TRPP 2 単独ではホモ 4 量体を形成する一方、TRPC 1 存在下ではヘテロ 4 量体を形成することが判明した。このヘテロ 4 量体では、TRPP 2 と TRPC 1 が 2 : 2 の割合で交互に結合していることを明らかにした。

Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 74(2), 408–410(2010)

Structural changes in cuticles on violin bow hair caused by wear

Tomoko Yamamoto*, Shigeru Sugiyama*

*National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization.

バイオリンの弦に使用される馬の尻毛が演奏による損耗による経過を、原子間力顕微鏡により尻毛表面のキューティクル形状変化を高分解能で観察することにより解析した。

杉山 滋*, 山本 智子*

*農研機構食品総合研究所

農業機械学会誌, 71(5), 45 - 53 (2009)

稲わら由来のバイオエタノール生産におけるエタノール変換効率の違いがコスト、CO₂排出およびエネルギー収支に及ぼす影響

折笠 貴寛*, 徳安 健**, 井上 貴至***, 小島 浩司***, ロイポリトシュ**, 中村 宣貴**, 椎名 武夫**

*宮城大学食産業学部

** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

***(株)三菱総合研究所

稲わらからのバイオエタノール生産に関して、エタノール変換率がコスト、CO₂排出量、エネルギー収支に及ぼす影響について解析した。ライフサイクルアセスメント手法により、濃硫酸加水分解糖化法に基づくプロセスを解析対象として、シナリオに基づく解析を実施した。その結果、バイオエタノール変換率は、コスト、CO₂排出量およびエネルギー投入量に大きな影響を及ぼすことがわかった。また、リグニンをボイラで燃焼させ、エネルギーを熱回収するシステムを取り入れることが CO₂削減効果およびエネルギー収支を向上させるために必要不可欠であることが示された。今後、バイオエタノール生産におけるトータルコストを低減させるためには、高効率なバイオエタノール変換技術の開発だけでなく、バイオマスの高効率収集システムの開発が必要であることが示唆された。

Effect of ethanol conversion efficiency on cost, CO₂ emission and energy balance in the bioethanol production system from rice straw

Takahiro Orihara*, Ken Tokuyasu**, Takashi Inoue***, Koji Kojima***, Poritosh Roy**, Nobutaka NAKAMURA**, Takeo SHIINA**

*Miyagi University

**National Food Research Institute

***Mitsubishi Research Institute, Inc.

HortScience, 44(7), 1941–1946(2009)

Characteristics of sugar content in different sections and harvest maturity of bamboo shoots

Manasikan Thammawong*, Daisuke Nei*, Poritosh Roy*, Nobutaka Nakamura*, Yuuichi Inoue**,
Hidenobu Hamachi***, Shigeyuki Nonaka****, Takeo Shiina*

*National Food Research Institute

**Yamaguchi Prefectural Forestry Guidance Institute

***Fukuoka Forest Research and Extension Center

****Fukuoka Special Forest Product Promotion Association

部位および収穫時の成熟度合いが、タケノコの糖含量に及ぼす影響について検討した。タケノコに含まれる主要な糖は、スクロース、グルコース、フルクトースであった。糖含量は、先端部で少なく、基部で多い傾向にあった。糖含量は、先端部が地上に出現したタケノコに比べて、出現前のタケノコで多かった（有意差あり）。同時期に収穫された久留米産タケノコと合馬産タケノコの間には、糖含量に関する有意差は認められなかった。

部位および収穫時の成熟度合いがタケノコの糖含量に及ぼす影響

タンマウォンマナシカン*, 根井 大介*, ロイポリトツシュ*, 中村 宣貴*,
井上 祐一**, 高地 秀展***, 野中 重之****, 椎名 武夫*

*農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

**山口県農林総合技術センター

***福岡県森林林業技術センター

****福岡県特用林産振興会

日本食品保蔵科学会誌, 36(2), 67 - 74 (2010)

トマト‘桃太郎’緑熟果実の追熟過程における果皮色および果実硬度変化の積算エチレン生成量による予測

中村 宣貴*, 徐歩前**, マナシカン タンマウォン*, 伊藤博孝***, 北川麻美子***, 稲熊隆博***, 伊藤康博*, 椎名武夫*

*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

**華南農業大学 園芸学院

***カゴメ株式会社総合研究所

本研究では、トマト緑熟果（桃太郎）の最適収穫時期判別に資することを目的として、その追熟過程における果皮色および果実硬度の変動を予測するための指標の作成を試みた。個体ごとのトマト緑熟果の呼吸速度とその積算値、エチレン生成速度とその積算値、果皮色および果実硬度変動の関係について詳細に解析した。

その結果、調査期間中に、それぞれの測定項目は特徴的な経時変化パターンを示した。そして、エチレン積算値を用いることで果皮色、果実硬度の変動を個体差無く表せることが明らかとなった。また、着色は高濃度のエチレン生成により誘導されるが、果実硬度低下は低濃度のエチレン生成でも進行する事が示唆された。以上の結果より、エチレン積算値を用いることで、トマト果実の追熟予測が可能であることが示された。

Prediction of color and firmness changes in mature green tomato (cv. Momotaro) during ripening by cumulative ethylene production

NAKAMURA Nobutaka*, XU Buqian**, THAMMAWONG Manasikan*, ITO Hirotaka***,
KITAGAWA Mamiko***, INAKUMA Takahiro***, ITO Yasuhiro* and SHIINA Takeo*

*National Food Research Institute, NARO

**College of Horticulture, South China Agricultural University

***Kagome Co.,Ltd.

宮城大学紀要, 4(1), 23 - 28 (2010)

卸売市場流通における CO₂排出量削減の可能性

折笠 貴寛*, ロイポリトシュ**, 根井 大介**, 中村 宣貴**, 椎名 武夫**

*宮城大学食産業学部
** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

青果物卸売市場流通に関わる CO₂排出量の解析を行い、卸売市場流通における環境負荷低減の可能性について検討し、以下の結果を得た。

1. 輸送の大型化かつトラックの積載率向上による輸送の効率化により、CO₂排出量削減効果が認められた。
2. 複数出荷先への輸送方法の違いが CO₂排出量に及ぼす影響を調査した結果、分荷・転送機能を利用することで、2市場直送と比べて約29%の CO₂排出量削減効果が認められた。また、小規模個別輸送（5か所への個別輸送）と比較すると、約50%の CO₂削減効果がある。
3. 500kmの輸送にモーダルシフトを導入することにより、船舶で約35%、鉄道で約58%と大幅な CO₂排出量削減効果が期待される。
4. トラックのアイドリングによる CO₂排出量は大きく、24時間受け入れの導入による待ち時間ゼロ化は、卸売市場流通における CO₂排出量削減に貢献するものと期待できる。

Possibility of CO₂ emission abatement of fresh produce distribution through wholesale market

Takahiro Oriokasa*, Poritosh Roy**, Daisuke Nei**, Nobutaka Nakamura**, Takeo Shiina**

*Miyagi University
**National Food Research Institute

Japan Agricultural Research Quarterly, 43(2), 129-135(2009)

Vibration and shock analysis of fruit and vegetables transport -Cherry transport from Yamagata to Taipei-

Yutaka ISHIKAWA*, Hiroaki KITAZAWA* and Takeo SHIINA*

*National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

山形から台湾まで段ボール箱に入れたサクランボを輸送した。段ボール箱の中にサクランボとともに振動計をセットして輸送中の振動・衝撃を計測した。飛行機輸送中の振動は、高周波数成分が多く、ピーク周波数が約80Hzであり、トラック輸送とは全く違うものであった。国内と台湾でのトラック輸送を比較した結果、振動特性が異なり、国内輸送は1 - 2 Hzの低周波数成分が低く、振動抑制効果の高いエアサス仕様のトラックが使われていると推察された。一方、台湾では低周波数成分が多く見られ、リーフサス車が使われていたことが推察された。衝撃については、出発前の山形でのトラックへの積み込みや成田、台湾での通関、検疫時には衝撃頻度は少なく、加速度値も低かった（10G以下）。輸送中最も多くの衝撃を受けたのが飛行機への荷の積み込み時、飛行機からの荷の積み降ろし時であった。特に飛行機への積み込み時に輸送中最大の加速度（約60G）が計測された。また、台湾での通関・検疫時にも比較的大きな衝撃が見られた。最後の台湾でのトラック輸送時には、最大加速度が20G近くあり、国内に比べる大きな衝撃が見られ、荷扱いの違いが大きいことがわかった。

石川 豊*, 北澤 裕明*, 椎名 武夫*

*(独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

日本包装学会誌, 18(4), 271 - 279 (2009)

CFDによる微細孔フィルムのヒートシール温度解析

石川 豊*, 北澤 裕明*, 阿部 真*, 胡 耀 華*, 鈴木 芳孝**

*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
**高知県農業技術センター

簡易な MA(Modified Atmosphere)包装として、青果物をフィルム包装する際にシール部に一定間隔で非溶着の微細空隙を作り、この部分でガス透過性を調節する「パーシャルシール包装」が提案され、実用化されている。しかし、設定温度などのヒートシール条件は現場においてトライアンドエラーで決めていることが多い。本報では、CFD(数値流体力学)を利用してヒートシールローラーとフィルムが接触する瞬間における微小空間の温度変化をシミュレーションした。パーシャルシール包装として実際に運転しているシールローラーの回転速度、加熱温度、フィルムとの接触面積などの条件を入力すると溶着面温度は約125℃と計算され、フィルムのヒートシール温度と引張り強度の関係から求めた適温範囲内にあることが確認された。このように、CFDによるフィルム内温度変化シミュレーションがパーシャルシール包装のヒートシール温度解析に適用可能であることが確認できた。

Analysis of Heat Sealing Temperature of Polymeric Film with a Perforation by Computational Fluid Dynamics (CFD)

Yutaka ISHIKAWA*, Hiroaki KITAZAWA*, Makoto ABE*, Yaohua HU* and Yoshitaka SUZUKI**

*National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization
**Kochi Agricultural Research Center

Journal of Food Engineering, 96(4), 614–620(2010)

Measurement of impact pressure and bruising of apple fruit using pressure-sensitive film technique

Fei Lu*, ***, Yutaka Ishikawa**, Hiroaki Kitazawab**, Takaaki Satakea*

*Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

**Food Packaging Laboratory, Food Engineering Division, National Food Research Institute

***College of Food Science, Shenyang Agricultural University

リンゴ果実に実際にかかる衝撃圧力を感圧フィルムを使った方法で測定し、損傷性のデータと比較することにより、トラック輸送や荷扱い時の衝撃負荷により発生するリンゴの損傷を予測するモデルを作成した。リンゴを異なる高さ、異なる落下面で落下させ、発生する傷の面積および体積を感圧フィルムにより得られる衝撃圧を元にした回帰式で表した。それらの式は非常に相関を示した。

感圧フィルムを使ったリンゴ果実にかかる衝撃圧と傷の発生

路 飛*, ***, 石川 豊**, 北澤 裕明**, 佐竹 隆顕*

*筑波大学

** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

***瀋陽農業大学 食品学院

園芸学研究, 9(1), 107 - 112 (2010)

収穫から選果までの間にレモン果実が受ける衝撃解析

池田 裕朗*, 石川 豊**, 北澤 裕明**, 路 飛**, 赤阪 信二*, 塩田 俊*

*広島県立総合技術研究所農業技術センター果樹研究部三原分室

**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

レモン果実を収穫してから運搬、選果ラインを通して箱詰めされるまでの間に受ける衝撃の大きさおよび回数を計測し、その発生原因についても同時に検証した。レモン果実が受ける衝撃測定は、発泡スチロール内に衝撃センサーを組み込んだ擬似レモンを作成して調査に用いた。収穫から運搬、選果場でのライン搬送を通じて最も衝撃が大きく、回数も多かったのは選果ラインであった。次が収穫時であり、トラック輸送では衝撃は少なかった。選果時における衝撃は、コンテナ反転から選果台まで移動する間の段差、乾燥工程での段差、サイズ選別のための回転ドラム、光センサーに入る手前の段差、選果レーンから箱詰めラインへの落下・壁への衝突が主な衝撃発生原因であった。擬似レモンを用いた落下高と衝撃の大きさは、 $G = 6.97$, $H0 = 5416$ (G : 衝撃加速度, H : 落下高) の関係が認められた。レモン果実は果頂部が尖っており、その部分から落下した場合に特に衝撃が大きく、ウンシュウミカン用の選果ラインでレモン果実を選果する場合には何らかの衝撃軽減対策を講じる必要があると考えられた。

Shock Analysis of Lemon Fruit from Harvesting to Packinghouse Lines

Hiroaki Ikeda*, Yutaka Ishikawa**, Hiroaki Kitazawa**, Fei Lu**, Shinji Akasaka* and Takashi Shioda*

*Mihara Branch, Fruit Research Division, Agricultural Technology Research Center, Hiroshima Prefectural Technology Research Institute

**National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

Journal of Applied Horticulture, 11(1), 54–55(2009)

Effects of the addition of clinker ash to the propagation medium on rooting of rabbiteye blueberry cuttings

Takuya Ban*, Hiroaki Kitazawa*, Shingo Matsumoto*, Nobuo Kobayashi*, Kenji Tokumasa***, Masashi Kobatake***, Toshiki Asao*

*Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University

**National Food Research Institute

***Energia Economic and Technical Research Institute, The Chugoku Electric Power Co., Inc.

現在日本において、ラビットアイブルーベリーの栄養繁殖には、ピートモスと鹿沼土の混合培地の使用が推奨されている。近年、鹿沼土の枯渇が懸念されていることをふまえ、本実験では、良好な水はけ特性を有する石炭灰の一種であるクリンカアッシュが、鹿沼土の代替資材として利用可能であるかどうかを検討した。クリンカアッシュとピートモスを幾つかの比率で混合し、同じ比率で鹿沼土とピートモスとを混合した場合と挿し木の生存数および地下部の乾物重を比較した。その結果、各混合割合において、両者の生育に差はみられず、クリンカアッシュは鹿沼土の代替資材として利用可能であるものと考えられた。また、地下部の乾燥重とクリンカアッシュの混合割合との間には、二次回帰分析において有意な相関が認められ、これによるとピートモスへのクリンカアッシュの混合率を40%とした場合に、地下部の乾物重は最大になるものと推定された。

培土へのクリンカアッシュの添加が、ラビットアイブルーベリーの挿し木の発根に及ぼす影響

伴 琢也*, 北澤 裕明**, 松本 真悟*, 小林 伸雄*, 徳政 賢治***, 小畠 正至**, 浅尾 俊樹*

*島根大学生物資源科学部

** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

***中国電力エネルギー研究所

日本包装学会誌, 19(1), 33 - 42 (2010)

底面緩衝材による1段トレー包装されたイチゴの振動による損傷の軽減

北澤 裕明*, 石川 豊*, 路 飛*, 胡 耀 華**, 中村 宣貴*, 椎名 武夫*

* (独) 農研機構 食品総合研究所
** 西北農林科技大学機械電子工程学院

一段トレー包装されたイチゴの振動による損傷を防止するための基礎研究として、この包装における底面緩衝材の違いが果実への振動伝達特性および果実の損傷発生に及ぼす影響を調査した。底面緩衝材として段ボール板または発泡ウレタンを用いた場合、対照である緩衝材を配置しない場合と比較し振動伝達率は増大し、それにともなって果実の損傷は増加した。これらの結果は、不適切な緩衝材の使用は、むしろ損傷を増大させることを示唆している。一方、密度 $8.7 \times 10^{-2} \text{g/cm}^3$ 、25%圧縮特性26.9kPaの特性を持つゴムスポンジを底面緩衝材として用いた場合、果実への振動伝達は減少されたとともに、果実の損傷は軽減された。従って、この素材に類似した物性を持つ緩衝材をイチゴの一段トレー包装に用いることにより、輸送中の振動による損傷を軽減できる可能性が考えられた。現在、これらの知見に基づき最適な緩衝材の探索を進めている。

Alleviation of strawberry bruising due to vibration using 1-layer packaging with cushioning

Hiroaki KITAZAWA*, Yutaka ISHIKAWA*, Fei LU*, Yaohua HU**, Nobutaka NAKAMURA* and Takeo SHIINA*

*National Food Research Institute National Agriculture and Food Research Organization
**College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University

.....
Packaging Technology and Science, 23(2), 101-109(2010)

Effect of vehicle speed on shock and vibration levels in truck transport

Fei Lu*, **, Yutaka Ishikawa*, Hiroaki Kitazawa*, Takaaki Satake***

*Food Packaging Laboratory, Food Engineering Division, National Food Research Institute
**College of Food Science, Shenyang Agricultural University
***Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

日本国内のトラック輸送中に発生する振動および衝撃を連続計測し、そのデータを振動と衝撃に分離して解析を行った。特に振動および衝撃に及ぼすトラック走行スピードの影響を検討した。振動と衝撃を含む従来のデータと、そこから衝撃を除いた振動データには有意な違いが見られた。振動と衝撃を含む加速度データでは、一般道の45 - 59 km/hで最も大きな値を示した。これは高速道走行時の振動加速度よりも大きい値であった。45km/h以下の速度で走行した場合には、速度の増加に従い加速度も増加し、45 km/h以上ではほぼ一定の値を示した。

.....
Zoological Science, 26, 238 - 242 (2009)

High hydrostatic pressure tolerance of four different anhydrobiotic animal species

Daiki D. Horikawa*, **, Ken-Ichi Iwata**, Kiyoshi Kawai***, Shigenobu Koseki***, Takashi Okuda**, Kazutaka Yamamoto***

*Graduate School of Science, The University of Tokyo
**National Institute of Agrobiological Sciences
***National Food Research Institute, NARO

高静水圧 (HHP) はDNA、蛋白質、脂質に物理的な変化を誘導し、生物に致死の若しくは亜致死の損傷をもたらす。しかしながら、動物の高圧耐性は十分に研究されていない。本研究では、乾燥によって乾眠状態 (anhydrobiosis) に入ることが可能な四種類の乾眠無脊椎動物 (クマムシ *Milnesium tardigradum*; Plectidae 科の線虫属; *Polypedilum vanderplanki* の幼虫; *Artemia franciscana* の乾燥耐久卵) の高圧耐性を、1.2GPaに20分間暴露することによって調べた。この暴露により、通常の水和状態にある乾眠動物は殺滅したが、乾眠状態にある場合は生残性は影響されなかった。これら結果により、水合状態の乾眠動物は高静水圧に弱い、1.2 GPaの高静水圧は乾眠状態の乾眠動物を殺滅するには十分でないことが示された。

International Journal of Food Microbiology, 134(1,2), 75–82(2009)

Microbial Responses Viewer (MRV): A new ComBase-derived database of microbial responses to food environments

Shige Koseki*

*National Food Research Institute

本研究では細菌の増殖/非増殖データを既存の国際予測微生物データベース ComBase (コンベース, <http://www.combase.cc/>) に収録されているデータから抽出して, 食品産業界が要望しているデータを容易に検索可能とする新たな微生物挙動データベースを開発することを目的とした。その結果, 食中毒菌および腐敗菌を含む29種類の菌種, 18種類の食品群における細菌の増殖する/しない環境条件(温度, pH, 水分活性)と, 増殖速度の情報を一括して検索可能とした微生物挙動に関するデータベース MRV (Microbial Responses Viewer) を開発した。

Applied and Environmental Microbiology, 75(7), 1885–1891(2009)

Prediction of a required log reduction with probability for *Enterobacter sakazakii* during high-pressure processing, using a survival/death interface model

Shige Koseki*, Maki Matsubara*, Kazutaka Yamamoto*

*National Food Research Institute

高圧処理による培地中 (TSB) および乳幼児用調製粉乳中 (IF) における *Enterobacter sakazakii* の不活化を予測するための確率的な数理モデルを開発した。開発したモデルは処理圧力 (400, 450, 500, 550, or 600MPa), 処理時間 (1, 3, 5, 10, or 20min), 処理温度 (25 or 40 °C), 初期菌数 ($10^3, 10^5, \text{ or } 10^7 \text{ log}_{10} \text{ CFU/ml}$), および培地環境 (TSB or IF) の組合せ300通りの実験結果をもとに構築した。本モデルによれば, 必要とする桁数減少をその確実性ととも予測することができる。また, 一般的に高圧処理における細菌数の時間変化は非線形な挙動を示すことから, 従来からの指標である D 値を用いることは困難であるが, 本モデルはそれらの問題を克服した, 新たな予測手法を提案した。

日本冷凍空調学会論文集, 26(4), 371 - 386 (2009)

食品凍結中に磁場が及ぼす効果の実験的検証

鈴木 徹*, 竹内 友里*, 益田 和徳*, 渡辺 学*, 白 樫 了**, 福田 裕***, 鶴田 隆治****, 山本 和貴*****, 古賀 信光*****, 比留間直也*****, 一岡 順*****, 高井 皓*****

*東京海洋大学海洋科学部

**東京大学生産技術研究所

***水産大学校食品科学科

****九州工業大学工学研究院機械知能工学研究系

*****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

*****前川製作所技術研究所

*****東洋製作所研究開発部

*****日本冷凍空調学会

近年磁場を利用した食品冷凍冷蔵装置が, 食品製造企業, 消費者, マスメディアから注目を集めているが, これら冷凍装置の効果は科学的に検証されていない。そこで, 実験的及び理論的に, その効果を解明する必要がある。本研究では, 弱磁場 (約0.0005 T) が数種の食品の冷凍過程に及ぼす影響を, 磁場発生装置を備えた特製冷凍機を用い, 凍結曲線, ドリップ量, 色及びテクスチャーの理化学的特性評価, 微細構造観察, 官能評価により調べた。対照実験との比較から, 実験条件を考慮しても, 0.0005Tの弱磁場は, 凍結過程での温度履歴及び凍結食品の品質に有意な差が見られないことが明らかとなった。

Experimental Investigation of Effectiveness of Magnetic Field on Food Freezing Process

Toru SUZUKI*, Yuri TAKEUCHI*, Kazunori MASUDA*, Manabu WATANABE*, Ryo SHIRAGASHI**, Yutaka FUKUDA***, Takaharu TSURUTA****, Kazutaka YAMAMOTO*****, Nobumitsu KOGA*****, Naoya HIRUMA*****, Jun ICHIOKA*****, Kiyoshi TAKAI*****

*Dept.Food Sci.&Technol., Tokyo University of Marine Science and Technology

**Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

***Dept.Food Sci.&Technol., National Fisheries University

****Dept.Mech.Eng., Kyusyu Institute of Technology

*****National Food Research Institute, NARO

*****R & D Center, Mayekawa MFG Co.,Ltd.

*****R & D Dept., Toyo Engineering Works, Ltd.

*****Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers

Journal of Bioscience and Bioengineering, 107(4,)379–382(2009)

Characterization of spontaneous flocculation mutant derived from *Candida glabrata*: a useful strain for bioethanol production

Itsuki WATANABE*, Toshihide NAKAMURA* and Jun SHIMA*

*National Food Research Institute

Candida glabrata 由来の自然発生凝集性変異株 (Cgflo1) を取得した。Cgflo1の凝集はカルシウムイオンやマグネシウムイオンのような二価カチオンに依存し、ガラクトースにより阻害される。Cgflo1は高温条件でも凝集性を示し、バイオエタノール生産に有用であると考えられた。

バイオエタノール生産に有用な *Candida glabrata* 由来の自然発生凝集性変異株の特徴づけ

渡邊 樹*, 中村 敏英*, 島 純*

*(独) 農研機構 食品総合研究所

Journal of Bioscience and Bioengineering, 108(3), 216–219(2009)

Prevention of bacterial contamination using acetate-tolerant *Schizosaccharomyces pombe* during bioethanol production from molasses

Pramuan SAITHONG*, Toshihide NAKAMURA* and Jun SHIMA*

*National Food Research Institute

糖蜜からのエタノール生産において、細菌汚染はエタノール収量を減少させる。細菌汚染を防止するために、酢酸を添加して細菌の増殖を抑制し、酢酸耐性酵母によって発酵を行うシステムを試みた。酢酸耐性酵母としては、分裂酵母 1 株を分離し、使用した。酢酸の添加と酢酸耐性酵母による発酵において、細菌汚染は防止することが可能であった。

糖蜜からのバイオエタノール生産における酢酸耐性分裂酵母を用いた細菌汚染の防止

Pramuan Saithong*, 中村 敏英*, 島 純*

*(独) 農研機構 食品総合研究所

FEMS Microbiology Letters, 299(1), 95–99(2009)

Involvement of ergosterol in tolerance to vanillin, a potential inhibitor of bioethanol fermentation, in *Saccharomyces cerevisiae*

Ayako ENDO*, Toshihide NAKAMURA* and Jun SHIMA*

*National Food Research Institute

バニリンに感受性を示す遺伝子破壊株の解析からエルゴステロール合成が耐性に重要であることが示唆された。そこで、バニリンに耐性が高い出芽酵母を検索し、エルゴステロール含量の測定を行った。その結果、バニリン耐性株は感受性株に比べてエルゴステロール含量が高いことが明らかとなった。また、バニリン耐性株の遺伝子発現を DNA マイクロアレイで解析した結果、感受性株よりもエルゴステロール合成に関わる遺伝子の発現が増加していることが明らかとなった。バニリン耐性株の分子育種にエルゴステロール合成遺伝子の発現増強が有用であると考えられる。

出芽酵母においてエルゴステロールは、バイオエタノール発酵の阻害物質であるバニリンへの耐性に関与する

遠藤 絢子*, 中村 敏英*, 島 純*

*(独) 農研機構 食品総合研究所

木材学会誌, 55(6), 363 - 368 (2009)

ボール攪拌型併行複発酵法によるキノコ廃菌床のエタノール変換中のエタノール発酵阻害要因の解明

渡邊 樹*, 下田 隆史**, 西堀 耕三**, 島 純*

* (独) 農研機構 食品総合研究所
**株式会社雪国まいたけ

マイタケ廃菌床からボール攪拌型併行複発酵 (BVSSF) 法によりエタノールを生産する過程において生じる発酵阻害についてその原因を調べた。BVSSF 法は、マイタケ廃菌床とジルコニアボール、酵母およびセルラーゼをプラスチックボトルに混入し、振盪することで行った。ジルコニアボールのサイズ (直径 1, 3, 5 または 10mm), または振盪速度 (100 または 200rpm) がエタノール生産へ与える影響について解析した。その結果、ジルコニアボールによる酵母への物理的なストレスが細胞にダメージを与え、エタノール生産に影響を及ぼしていることが推測された。

Analysis of the Fermentation Inhibition during the Ball-Vibrating Simultaneous Saccharification and Fermentation Used for Ethanol Production from Spent Mushroom Culture Medium

Itsuki WATANABE*, Takafumi SHIMODA**, Kozo NISHIBORI**, Jun SHIMA*

*National Food Research Institute
**YUKIGUNI MAITAKE Co.,LTD.

Applied and Environmental Microbiology, 75(21), 6706-6711(2009)

Insufficiency of copper ion homeostasis causes freeze-thaw injury of yeast cells revealed by indirect gene expression analysis

Shunsuke TAKAHASHI*, Akira ANDO*, Hiroshi TAKAGI** and Jun SHIMA*

*National Food Research Institute
**Nara Institute of Science and Technology

冷凍生地製パン法等の商業プロセスにおいて、酵母は凍結融解ストレスに曝され、細胞生存率と発酵活性は、凍結融解損傷によって劇的に低下する。この様な損傷メカニズムは完全には理解されていない。我々は凍結融解処理後のインキュベーション中における DNA マイクロアレイプロファイリングを使用した間接的な遺伝子発現解析により、凍結融解損傷の検討を行った。その結果、金属イオンの恒常性に関わる遺伝子が、冷凍期間依存的に発現上昇を示す遺伝子群中に高頻度で含まれている事が分かった。冷凍期間依存的に発現上昇する金属イオン恒常性遺伝子の欠失変異体の表現型を評価したところ、銅イオン恒常性に関与する MAC 1 および CTR 1 遺伝子の破壊株が凍結融解に感受性を示す事が分かった。これは、銅イオン恒常性が凍結融解耐性に必要である事を示唆している。我々は、凍結融解後に銅イオンを添加することにより、細胞内活性酸素種レベルが低下することに加え、細胞内スーパーオキシドジスムターゼ活性および細胞生存率が增加することを発見した。これらの結果は、銅イオン恒常性の不全が凍結融解損傷の一因である可能性を示唆している。

銅イオン恒常性の不全は酵母細胞の凍結融解損傷の原因となる：間接的遺伝子発現解析による解明

高橋 俊輔*, 安藤 聡*, 高木 博史**, 島 純*

* (独) 農研機構 食品総合研究所
**奈良先端科学技術大学院大学

FEMS Yeast Research, 10(3), 259-269(2010)

Multicopy suppression of oxidan-sensitive eos 1 mutation by IZH 2 in *Saccharomyces cerevisiae* and the involvement of Eos 1 in zinc homeostasis

Toshihide NAKAMURA*, Shunsuke TAKAHASHI*, Hiroshi TAKAGI** and Jun SHIMA*

*National Food Research Institute
**Nara Institute of Science and Technology

EOS 1 は出芽酵母において酸化ストレス耐性に重要な遺伝子である。EOS 1 を欠損した株 (eos 1 欠損株) は過酸化水素に強い感受性を示す。Eos 1 の機能を明らかにするために eos 1 欠損株の過酸化水素感受性を多コピーで抑圧する遺伝子の検索を行った。その結果、IZH 2 という亜鉛の恒常性に関わる遺伝子を同定することができた。EOS 1 と IZH 2 を欠損した株は非常に生育が悪く、合成生育阻害となることが明らかとなった。DNA マイクロアレイ解析の結果、eos 1 欠損株では亜鉛恒常性に関わる遺伝子群の発現が低下していることが明らかとなった。eos 1 欠損株が高濃度亜鉛に感受性になることも明らかとなり、Eos 1 が亜鉛の恒常性に関与していると考えられた。

出芽酵母における IZH2 による eos1 変異株酸化物質感受性の多コピー抑圧と Eos1 の亜鉛恒常性への関与

中村 敏英*, 高橋 俊輔*, 高木 博史**, 島 純*

* (独) 農研機構 食品総合研究所
**奈良先端科学技術大学院大学

International Journal of Food Microbiology, 138(1–2), 181–185(2010)

Antioxidant N-acetyltransferase Mpr1/2 of industrial baker's yeast enhances fermentation ability after air-drying stress in bread dough

Yu SASANO*, Shunsuke TAKAHASHI**, Jun SHIMA** and Hiroshi TAKAGI*

*Nara Institute of Science and Technology

**National Food Research Institute

製パン過程において、酵母は多くのストレスに曝される。通風乾燥ストレスは、活性酸素種（ROS）の生成を伴う最も有害なストレスの一つである。新規 N - アセチルトランスフェラーゼ Mpr1/2が、Saccharomyces cerevisiae Σ1278b 株において細胞内 ROS レベルを減少させることにより酸化ストレス耐性を付与する事を発見した。本研究では、日本の実用パン酵母が MPR 遺伝子を有することを発見した。この MPR 遺伝子の塩基配列は、Σ1278b 株の MPR 2 遺伝子と同一であった。実用パン酵母の MPR 2 遺伝子は、細胞内 ROS レベルを低下させることにより、通風乾燥ストレス耐性に関与していることが遺伝子破壊解析によって示された。酵素活性および安定性の向上をもたらす Lys63Arg および Phe65Leu 誘導体の発現が、野生型 Mpr 1 のそれと比べて、通風乾燥ストレス後のパン生地発酵能を増加させることを明らかにした。また、我々の最近の研究により、プロリン蓄積型の実用パン酵母は、パン生地中における冷凍耐性が向上している事が示された。プロリン蓄積は、通風乾燥ストレス後の実用パン酵母の発酵能をも向上させていた。実用パン酵母の抗酸化酵素 Mpr1/2は、通風乾燥ストレスに耐性を示す新たな株の育種に有望な素材であろう。

実用パン酵母の抗酸化タンパク質 N - アセチルトランスフェラーゼ Mpr1/2は通風乾燥ストレス後のパン生地発酵能を増加させる

笹野 佑*, 高橋 俊輔**, 島 純**, 高木 博史*

*奈良先端科学技術大学院大学

** (独) 農研機構 食品総合研究所

Biosci.Biotechnol.Biochem., 73(5), 1149–1155(2009)

Expression of the pgsB encoding the poly-gamma-DL-glutamate synthetase of Bacillus subtilis (natto)

Keitarou Kimura*, Lam-Son Phan Tran*, Thi-Huyen Do* and Yoshifumi Itoh*

*National Food Research Institute, NARO,

産業微生物である納豆菌を用いてポリ-γ-グルタミン酸（γPGA）を生産した。γPGA 合成遺伝子の発現を様々な条件下、LacZ 融合遺伝子（PgsB-LacZ）によって検討した。PgsB-LacZ 発現は定常期初期に起こり、degU 遺伝子の破壊によって失われた。PgsB-LacZ の発現は富栄養培地で抑制された。γPGA の生産量は合成酵素の発現量よりも、むしろ基質の供給量で制限されていることが示唆された。γPGA 合成遺伝子の転写開始点を決定し、十分な発現に、翻訳開始点から721塩基上流までの領域が必要であることがわかった。

Acta Crystallographica Section F, F65, 913–916(2009)

Crystallization and preliminary crystallographic analysis of poly-[gamma]-glutamate hydrolase from bacteriophage [PhiNIT1]

Zui Fujimoto*, Isao Shiga**, Yoshifumi Itoh**, *** and keitarou Kimura**

*National Institute of Agrobiological Science

**National Food Research Institute, NARO

***Tohoku University

枯草菌の中にはバクテリオファージ感染の物理的障壁としてポリ-γ-グルタミン酸（PGA）を生産するものがある。枯草菌に感染するバクテリオファージ PhiNIT 1 は新規な PGA 加水分解酵素 PghP を生産して感染することができる。大量発現した PghP を精製し、Sitting-drop vapour-diffusion 法によって結晶化した。シンクロトロン X 線線を用い、結晶の回折像を解像度 2.4 Å ングストロームで得た。結晶は空間群 P3₁2₁あるいは P3₂2₁に属することがわかった。

Carbohydrate Research, 10.1016/j.carres. 2010.01.008

An arginyl residue in rice UDP-arabinopyranose mutase is required for catalytic activity and autoglycosylation

Tomoyuki Konishi*, Mayumi Ohnishi-Kameyama**, Kazumi Funane**, Yasumasa Miyazaki*, Teruko Konishi*, Tadashi Ishii*

*Forestry and Forest Products Research Institute

**National Food Research Institute

植物はUDP-アラビノフラノース(UDP-Araf)のAraf残基をArafを含む複合糖質の生合成に利用する。UDP-ArafはUDP-アラビノピラノースムターゼ(UAM)によってUDP-アラビノピラノース(UDP-Arap)から作られる。しかしながら、UDP-ArapとUDP-Araf間の変換を触媒する酵素メカニズムは解明されていなかった。この反応機構を明らかにするためにリコンビナントrUAMをUDP-GlcまたはUDP-Arafに作用させた。グリコシル化したりコンビナントUAMをトリブシンで分解し、生じたグリコペプチドをLC-MS/MSで同定した。この結果と部位特異的変異導入実験の結果から、活性型のUAMにおいてはアルギニン酸残基は可逆的に1つのグリコシル残基によってグリコシル化され、これにはムターゼが必須であることが示唆された。触媒活性にはDXDモチーフが必要であるという結果も合わせて報告する。

イネUDP-アラビノピラノースムターゼのアルギニン残基は触媒活性とオートグリコシル化に必須である

古西 智之*, 亀山(大西)真由美**, 舟根 和美**, 宮崎 安将*, 小西 照子*, 石井 忠*

*森林総合研究所

** (独) 農研機構食品総合研究所

Biochemical and Biophysical Research Communications, 383, Issue1, 42-47(2009)

A novel transformation system using a bleomycin resistance marker with chemosensitizers for *Aspergillus oryzae*

Satoshi Suzuki*, Sawaki Tada*, Mari Fukuoka*, Hiroko Taketani*, Yoshiki Tsukakoshi*, Mayumi Matsushita*, Kosuke Oda**, Ken-Ichi Kusumoto*, Yutaka Kashiwagi*, Masanori Sugiyama**

*NFRI

**HiroshimaUniv.

多くの薬剤に対して耐性を示すため、これまで有効な薬剤耐性形質転換選抜マーカーが不足していたアスペルギルスオリゼにおいて、抗生物質プレオマイシンへの感受性を増大させる感受性増強剤を添加することによって、プレオマイシン耐性マーカー遺伝子を用いた新たな形質転換系を開発した。

アスペルギルスオリゼの感受性増強剤を利用したプレオマイシン耐性マーカーによる新規形質転換系

鈴木 聡*, 多田 功生*, 福岡 真里*, 竹谷 博子*, 塚越 芳樹*, 松下真由美*, 小田 康介**, 楠本 憲一*, 柏木 豊*, 杉山 政則**,

食総研*

広島大**

Journal of Bioscience and Bioengineering, 107(4), 345-351(2009)

Deletion analysis of the promoter of *Aspergillus oryzae* gene encoding heat shock protein30

Mayumi Matsushita*, Satoshi Suzuki*, Sawaki Tada*, Ken-ichi Kusumoto*, Yutaka kashiwagi*

*National Food Research Institute

培養温度の変化により影響を受けるプロモータを取得するため、*Aspergillus oryzae* が有する高温誘導性遺伝子(37-42℃)を、cDNA サブトラクション法により同定した。得られた96種類のcDNA配列のうちの一つが、*Aspergillus nidulans* の熱ショックタンパク質30(hsp30)と塩基配列で73%の同一性を示した。このことから、分離した遺伝子を *A. oryzae* hsp30と命名した。このhsp30のプロモータは、リポーター遺伝子としてβ-グルクロニダーゼ(GUS)遺伝子を用いた場合に、この外来遺伝子の発現を高温下で誘導した。このプロモータ配列のうち、熱ショック応答に必須な最少領域は、hsp30プロモータの-388より-272(翻訳開始コドンの最初の塩基を+1とする)の領域の中にあることを明らかにした。この領域は数種類の転写調節因子結合配列と想定される配列を有しており、その中には、熱ショック配列(HSEs)、CCAATボックス、TATAボックスが見られた。さらに、部位特異的変異解析により、hsp30プロモータの-342から-272の領域に含まれているHSE1((aTTCgtcGAaagccccaGAAa)とHSE2(cGAAagTTCtGACg)が熱ショック応答のシス配列であることを示した。

Aspergillus oryzae の熱ショックタンパク質30をコードする遺伝子のプロモータの短縮化解析

松下真由美*, 鈴木 聡*, 多田 功生*, 楠本 憲一*, 柏木 豊*

*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

FEMS Microbiology Letters, 298(2), 157–165(2009)

Characterization of a neutral ceramidase orthologue from *Aspergillus oryzae*

Sawaki Tada*, Mayumi Matsushita-Morita*, Satoshi Suzuki*, Ken-Ichi Kusumoto*, Yutaka Kashiwagi*

*National Food Research Institute

セラミドは生物にとって構造的に重要なみならず、様々な生命現象の調節因子として機能する。セラミドを加水分解するセラミダーゼは3種類に分類される(酸性、アルカリ性、中性セラミダーゼ)。中性セラミダーゼは、細胞外領域におけるセラミド濃度の制御に重要な役割を果たしていると考えられる。本研究においては、糸状菌の *Aspergillus oryzae* に由来する中性セラミダーゼオルソログの特性解明を行った。本酵素をコードする遺伝子を分離し、*A. oryzae* を用いて高発現を行った。精製組換え酵素は40 °C、pH 4.0–4.5において活性が最適であった。C12-NBD セラミドに対する酵素の K_m 及び V_{max} の値は、各々、 $3.32 \mu\text{M}$ 、 $0.085 \mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ であった。

Aspergillus oryzae の中性セラミダーゼオルソログの解析

多田 功生*, 森田(松下)真由美*, 鈴木 聡*, 楠本 憲一*, 柏木 豊*

*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

Applied Microbiology and Biotechnology, 85(2), 335–346(2009)

Heterologous expression and characterization of CpI, OcpA, and novel serine-type carboxypeptidase OcpB from *Aspergillus oryzae*

Hiroto Morita, Ayako Okamoto, Youhei Yamagata, Ken-Ichi Kusumoto, Yoshinao Koide, Hiroki Ishida, Michio Takeuchi

Aspergillus oryzae のゲノム情報より、12種類のセリンタイプカルボキシペプチダーゼをコードすると考えられる遺伝子が見出された。しかし、これらの遺伝子産物のカルボキシペプチダーゼ活性は実験的に決定されていない。本研究では、これら遺伝子のうち3種類の遺伝子を過剰発現する *Aspergillus nidulans* 組換え株を作成し、過剰生産された組換えタンパク質の特性解明を行った。これらのうち、1種類は、cpI と命名されていたものであった。また、他の2種類は報告されていないものであり、ocpA 及び ocpB と命名した。これらの組換えタンパク質はペプチドのC末端側よりアミノ酸残基を遊離し、その酵素活性はフェニルメチルスフホニルフルオリドで阻害されたことから、これらの酵素はセリンタイプのカルボキシペプチダーゼであることが判明した。組換え OcpA, OcpB, CpI は低 pH において各々45 °C, 55 °C, 55 °C にて安定であった。組換え OcpB は、従来報告されているセリンタイプカルボキシペプチダーゼと酵素化学的性質が異なった。一方、OcpA は *A. oryzae* のカルボキシペプチダーゼ O1 及び O2 と酵素化学的性質が類似していた。*A. oryzae* IAM2640株のカルボキシペプチダーゼ O1 及び O2 は、その DNA 配列と N 末端アミノ酸配列が OcpA のそれらと類似していた。ocpA, ocpB, cpI の転写解析の結果より、これら遺伝子の転写制御様式が異なることが考えられた。

Aspergillus oryzae の CpI, OcpA, 新規セリンタイプのカルボキシペプチダーゼ OcpB の異種発現と特性解明

森田 寛人, 岡本 綾子, 山形 洋平, 楠本 憲一, 小出 芳直, 石田 博樹, 竹内 道雄

東京農工大学

東北大学

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

天野エンザイム株式会社

月桂冠株式会社

Journal of Bioscience and Bioengineering, 109, 115–117(2010)

Characterization of *Aspergillus oryzae* glycoside hydrolase family 43 β -xylosidase expressed in *Escherichia coli*

Satoshi Suzuki*, Mari Fukuoka*, Hikaru Ookuchi*, Motoaki Sano**, Kenji Ozeki**, Emi Nagayoshi***, Yukio Takii***, Mayumi Matsushita*, Sawaki Tada*, Ken-Ichi Kusumoto* and Yutaka Kashiwagi*

*National Food Research Institute

**Kanazawa Institute of Technology

***Mukogawa Women's University

アスペルギルスオリゼ由来の糖質加水分解酵素ファミリー43に属するベータキシロシダーゼについて解析を行った。大腸菌発現系にて組換え酵素を発現し、酵素活性を測定したところ、他の糸状菌由来ベータキシロシダーゼが、アラビノフラノシダーゼ活性などキシロシダーゼ活性以外の酵素活性を示すのに対し、本酵素はキシロシダーゼ活性のみを示した。また、他の糸状菌由来ベータキシロシダーゼが酸性に至適 pH を持ち、酸性溶液中で安定であるのに対して、本酵素は中性に至適 pH を持ち、弱アルカリ性溶液中で最も安定であった。

大腸菌発現系によるアスペルギルスオリゼ由来の糖質加水分解酵素ファミリー43に属するベータキシロシダーゼの機能解析

鈴木 聡*, 福岡 真里*, 大口ひかる*, 佐野 元昭**, 尾関 健二**, 永吉 恵美***, 瀧井 幸夫***, 松下真由美*, 多田 功生*, 楠本 憲一*, 柏木 豊*

*食総研

**金沢工大

***武庫川女子大)

The Journal of Biological Chemistry, 284(15), 10100–10109(2009)

Crystal structure of glycoside hydrolase family55 β -1,3-glucanase from the basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*

Takuya ISHIDA*, Shinya FUSHINOBU*, Rie KAWAI*, Motomitsu KITAOKA**, Kiyohiko IGARASHI* and Masahiro SAMEJIMA*

*The University of Tokyo

**National Food Research Institute

糖加水分解酵素ファミリー55は糸状菌由来の β -1,3-グルカナーゼを含んでいる。担子菌 *Phanerochaete chrysosporium* 由来 β -1,3-グルカナーゼ (Lam55A) は β -1,3-グルカンをアノマー反転型にエキソ型に切断する酵素であり、 β -1,3/1,6-グルカンをグルコースおよびゲンチオピオースを生成する。今回初めて糖加水分解酵素ファミリー55として、Lam55Aの立体構造を解明した。Lam55Aは、単一ペプチド鎖からなる二つの β ヘリカルドメインを持っていた。両ドメインは長いリンカー配列によりつながっていたが、互いに隣接して存在しており全体としてかごのような構造をしている。共結晶ではグルコノラクトンが両ドメイン間の底にあるポケットに結合していた。結合位置から Glu633が触媒酸残基と推定されたが、触媒塩基残基は確定できなかった。基質結合ポケットの形からゲンチオピオースが切断サイト近傍に結合可能であると考えられた。

糖加水分解酵素ファミリー55に属する担子菌 *Phanerochaete chrysosporium* 由来 β -1,3-グルカナーゼの結晶構造解析

石田 卓也*, 伏信 進矢*, 川合 理恵*, 北岡 本光**, 五十嵐圭日子*, 鮫島 正浩*

*東京大学

**食品総合研究所

Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 73(5), 1175–1179(2009)

Prebiotic effect of lacto-N-biose I on bifidobacterial growth

Masashi KIYOHARA*, Asaki TACHIZAWA*, Mamoru NISHIMOTO**, Motomitsu KITAOKA**, Hisashi ASHIDA* and Kenji YAMAMOTO*

*Kyoto University

**National Food Research Institute

ラクト-N-ビオースIのビフィズス菌に対するプレバイオティック効果を *in vitro* で確認した。ラクト-N-ビオースIはI型ヒトミルクオリゴ糖の構成単位であり、種々のビフィズス菌・特に母乳栄養乳児の主要菌種である *Bifidobacterium bifidum*, *B. breve* および *B. longum* を増殖させた。

ラクト-N-ビオースIのビフィズス菌増殖に及ぼすプレバイオティック効果

清原 正志*, 立澤 麻希*, 西本 完**, 北岡 本光**, 芦田 久*, 山本 憲二*

*京都大学

**食品総合研究所

Chemical Communications, (20), 2944–2946(2009)

A chemoenzymatic route to N-acetylglucosamine-1-phosphate analogues: substrate specificity investigations of N-acetylhexosamine1-kinase

Li CAI*, Wanyi GUAN*, Motomitsu KITAOKA**, Jie SHEN*, Chengfeng XIA*, Wenlan CHEN* and Peng George WANG*

*The Ohio State University

**National Food Research Institute

N-アセチルヘキソサミン1-キナーゼ (NahK) を用いた N-アセチルヘキソサミン1-リン酸アナログの効率的合成法を報告する。

ケモエンザイマティック経路による N-アセチルヘキソサミン1-リン酸アナログの合成：
N-アセチルヘキソサミン1-キナーゼの特異性解析

Li CAI*, Wanyi GUAN*, 北岡本光**, Jie SHEN*, Chengfeng XIA*, Wenlan CHEN*, Peng George WANG*

*The Ohio State University

**食品総合研究所

Crystallographic and mutational analyses of substrate recognition of endo- α -N-acetylglucosaminidase from *Bifidobacterium longum*

Ryuichiro SUZUKI*, Takane KATAYAMA**, Hisashi ASHIDA***, Kenji YAMAMOTO***, Motomitsu KITAOKA****, Hidehiko KUMAGAI**, Takayoshi WAKAGI*, Hirofumi SHOUN* and Shinya FUSHINOBU*

*The University of Tokyo
**Ishikawa Prefectural University
***Kyoto University
****National Food Research Institute

エンド- α -N-アセチルガラクトサミニダーゼ (endo- α -GalNAc-ase) は、糖加水分解酵素ファミリー101に属し、ムチン型O結合糖鎖の α -GalNAcとSer/Thr間のグリコシド結合を切断する。*Bifidobacterium longum* JCM1217由来 endo- α -GalNAc-ase (EngBF) はコア1糖鎖に特異的に作用しGal β 1-3GalNAc (GNB)を遊離させるが、*Clostridium perfringens* 由来酵素は(EngCP)基質特異性が広い。今回 EngBFの構造を解像度2.0 Åで決定するとともに、ドッキング解析によりGNBの結合様式を検討した。変異解析により基質結合に重要な残基をとくていし、二個のトリプトファン残基がGNBの糖リングの β 面とスタッキング作用によりインデューストフィットすることが推定された。EngBFとEngCPの特異性の違いは基質結合ポケットのアミノ酸配列の違いで説明可能であった。

Bifidobacterium longum 由来エンド- α -N-アセチルガラクトサミニダーゼの基質認識機構に関する構造基盤および変異解析

鈴木龍一郎*, 片山 高嶺**, 芦田 久***, 山本 憲二***, 北岡 本光****, 熊谷 英彦**, 若木 高善*, 祥雲 弘文*, 伏信 進矢*

*東京大学
**石川県立大学
***京都大学
****食品総合研究所

Characterization of three β -galactoside phosphorylases from *Clostridium phytofermentans*: discovery of D-galactosyl- β 1-4-L-rhamnose phosphorylase

Masahiro NAKAJIMA*, Mamoru NISHIMOTO* and Motomitsu KITAOKA*

*National Food Research Institute

Clostridium phytofermentans 由来の三種のD-ガラクトシル- β 1-3-N-アセチル-D-ヘキソサミンホスホリラーゼ(GalHexNAcP; EC2.4.1.211)ホモログタンパク(Cphy0577, Cphy1920, Cphy3030)の性質を調べた。Cphy0577およびCphy3030は、GNBおよびLNBをほぼ同等の活性で加リン酸分解したため、GalHexNAcPのうちGNB/LNBホスホリラーゼに分類された。Cphy1920は、GNB, LNBともに加リン酸分解しなかった。Cphy1920は α -ガラクトース1-リン酸をドナーとしたとき、L-ラムノースに対して最も強いアクセプター活性を示した。生成物の構造をD-ガラクトシル- β 1-4-L-ラムノース(GalRha)と決定した。本酵素はL-ラムノース以外に、強い順にL-リキソース, L-マンノース, D-グルコース, 2-デオキシ-D-グルコース, D-ガラクトースをアクセプターとした。D-グルコースをアクセプターとしたときの精製二糖の結合は β 1-3であった。GalRha加リン酸分解の速度パラメーターは $k_{cat} = 45 \text{ (s}^{-1}\text{)}$, $K_m = 7.9 \text{ (mM}^{-1}\text{)}$ であり、通常に加リン酸分解酵素のパラメーターとして観測される範囲であった。本酵素をD-ガラクトシル- β 1-4-L-ラムノースホスホリラーゼと命名することを提案する。

Clostridium phytofermentans 由来の三種の β -ガラクトシド加リン酸分解酵素の諸性質：
D-ガラクトシル- β 1-4-L-ラムノースホスホリラーゼの発見

中島 将博*, 西本 完*, 北岡 本光*

*食品総合研究所

Acta Crystallographica Section E-Structure Reports Online, 65(8), o1781-o1782(2009)

2-Acetamido-2-deoxy-3-O- α -D-galactopyranosyl-D-glucose dihydrate

Masahisa WADA*, Kayoko KOBAYASHI*, Mamoru NISHIMOTO**, Motomitsu KITAOKA**, Keiichi NOGUCHI***

*The University of Tokyo
**National Food Research Institute
***Tokyo University of Agriculture and Technology

ラクト-N-ピオースI二水和物の結晶構造を解明した.

2-アセタミド-2-デオキシ-3-O- α -D-ガラクトピラノシル-D-グルコース二水和物

和田 昌久*, 小林加代子*, 西本 完**, 北岡 本光**, 野口 恵一***

*東京大学
**食品総合研究所
***東京農工大学

Bioorganic&Medicinal Chemistry Letters, 19(18), 5433-5435(2009)

Substrate specificity of N-acetylhexosamine kinase towards N-acetylgalactosamine derivatives

Li CAI*, Wanyi GUAN*, Wenjun WANG**, Wei ZHAO**, Motomitsu KITAOKA***, Jie SHEN**, Crystal O'NEIL* and Peng George WANG*

*The Ohio State University
**Nankai University
***National Food Research Institute

細菌由来 N - アセチルヘキソサミンキナーゼ NahK は GalNAc 誘導体に広い特異性を持っていた。本酵素を用いて GalNAc 1 - リン酸誘導体ライブラリーを調製した。

N - アセチルガラクトサミン誘導体に対する N - アセチルヘキソサミンキナーゼの特異性

Li CAI*, Wanyi GUAN*, Wenjun WANG**, Wei ZHAO**, 北岡本光***, Jie SHEN**, Crystal O'NEIL*, Peng George WANG*

*The Ohio State University
**Nankai University
***食品総合研究所

Acta Crystallographica Section F: Structural Biology and Crystallization Communications, 65(11), 1190-1192(2009)

Purification, crystallization and preliminary X-ray analysis of β -glucosidase from *Kluyveromyces marxianus* NBRC1777

Erina YOSHIDA*, Masafumi HIDAKA**, Shinya FUSHINOBU**, Takashi KOYANAGI*, Hiromichi MINAMI*, Hisanori TAMAKI***, Motomitsu Kitaoka****, Takane KATAYAMA* and Hidehiko KUMAGAI*

*Ishikawa Prefectural University
**The University of Tokyo
***Kagoshima University
****National Food Research Institute

Kluyveromyces marxianus NBRC1777由来菌体内 β -グルコシダーゼ (KmBglI) は糖加水分解酵素ファミリー 3 に属し、特徴的なドメイン構造を有している。セレノメチオニン標識 KmBglI を精製し、ハンギングドロップ蒸気拡散法により、酵素濃度30mg/ml, 0.04M リン酸二水素カリウム (pH5.1), 16%PEG8000, 20%グリセロールの条件下に結晶化した。得られた結晶は空間群 C2であり、格子常数は a = 245 Å, b = 148.7 Å, c = 119.9 Å, β = 112.9°であった。解像度2.4および2.5 Åの多波長異常分散データを得た。非対称単位に4分子タンパクが存在することが推定された。

Kluyveromyces marxianus NBRC1777由来菌体内 β -グルコシダーゼの精製、結晶化および X 線結晶構造解析

吉田永里奈*, 日高 將文**, 伏信 進矢**, 小柳 喬*, 南 博道*, 玉置 尚徳***, 北岡 本光****, 片山 高嶺*, 熊谷 英彦*

*石川県立大学
**東京大学
***鹿児島大学
****食品総合研究所

New Biotechnology, 26(3-4), 137-142(2009)

Synthesis of cellobiose from starch by the successive actions of two phosphorylases

Masayuki SUZUKI*, Kyoko KANEDA**, Yukiko NAKAI**, Motomitsu KITAOKA*** and Hajime TANIGUCHI**

*B Food Science Co.Ltd.
**Ishikawa Prefectural University
***National Food Research Institute

デンプンを原料として二種のホスホリラーゼによりセロビオースを酵素合成した。1 M リン酸の存在下で、グルカンホスホリラーゼはデンプンのグルコース残基の40%をG1Pに変換した。分子量分画100の電気透析膜を利用した電気透析法によりリン酸を除去し、80%の収率でG1Pを回収した。G1Pとグルコースを酢酸マグネシウムの存在下アルカリ条件かでセロビオースホスホリラーゼにより反応させた。反応により生じたリン酸はマグネシウムアンモニウムリン酸として沈殿し、85%のG1Pがセロビオースに変換した。全体の収率は少なくともデンプンから23.7%以上であった。

二種ホスホリラーゼの逐次反応によるデンプンからのセロビオース合成

鈴木 雅之*, 金田 恭子**, 中井由起子**, 北岡 本光***, 谷口 肇**

*物産フードサイエンス株式会社
**石川県立大学
***食品総合研究所

Carbohydrate Research, 344(18), 2573-2576(2009)

One-pot enzymatic production of β -D-galactopyranosyl-(1-3)-2-acetamido-2-deoxy-D-galactose (galacto-N-biose) from sucrose and 2-acetamido-2-deoxy-D-galactose (N-acetylgalactosamine)

Mamoru NISHIMOTO* and Motomitsu KITAOKA*

*National Food Research Institute

β -D-ガラクトピラノシル-(1-3)-2-アセタミド-2-デオキシ-D-ガラクトース (GNB) はT抗原二糖やムチン糖タンパクコアI糖鎖など機能性糖鎖の基本構造として知られる。今回、ラクト-N-ビオースI合成と同じ手法を用いて、スクロースとGalNAcから一段階でGNBを調製する方法を開発した。反応収率はGalNAcの88%であった。280mLの反応液から最終的に95%純度のGNBを45g得た。

β -D-ガラクトピラノシル-(1-3)-2-アセタミド-2-デオキシ-D-ガラクトースのスクロースと2-アセタミド-2-デオキシ-D-ガラクトースを原料とした一段階酵素合成

西本 完*, 北岡 本光*

*食品総合研究所

Carbohydrate Research, 344(18), 2468-2473(2009)

Synthesis of highly ordered cellulose II in vitro using cellodextrin phosphorylase

Masao HIRAISHI*, Kiyohiko IGARASHI*, Satoshi KIMURA*, Masahisa WADA*, Motomitsu KITAOKA** and Masahiro SAMEJIMA*

*The University of Tokyo
**National Food Research Institute

セルロースのin vitro合成は、天然セルロース素材と比較して高度に均一な構造を持つセルロース素材の調製技術として期待されている。 α -グルコース1-リン酸と(α G1P)グルコースを原料としたセロデキストリンホスホリラーゼ(CDP)による高結晶性セルロースIIの合成について報告する。グルコースはCDPのアクセプターにならないとされてきたが、 α G1Pとセルロースを混合すると著量のセルロースが可溶性セロオリゴ糖の蓄積なしに沈殿した。この現象はグルコースがセロオリゴ糖と比較して非常に弱いアクセプターとなることで説明できる。1H NMRの結果より沈殿の平均重合度(DP)を9と決定した。TEMおよびX線結晶解析の結果から、生成した不溶性セルロースは長さ数 μ m、幅数百nmの板状のセルロースII単一ラメラ構造をしていることが示された。これは報告されている他のセルロース結晶よりも大きかった。ラメラ構造の厚みは4.5nmであり、DP9のセロオリゴ糖の長さに相当していた。

セロデキストリンホスホリラーゼを用いた高度に均一なセルロースIIのin vitro合成

平石 正男*, 五十嵐圭日子*, 木村 聡*, 和田 昌久*, 北岡 本光**, 鮫島 正浩*

*東京大学
*食品総合研究所

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 73(11), 2466–2473(2009)

Catalytic reaction mechanism based on α -secondary deuterium isotope effects in hydrolysis of trehalose by european honeybee trehalase

Haruhide MORI*, Jin-ha LEE*, Masayuki OKUYAMA*, Mamoru NISHIMOTO**,
Masao OHGUCHI***, Doman KIM****, Atsuo KIMURA*, and Seiya CHIBA*

*Hokkaido University
**National Food Research Institute
***Fuji Nihon Seito Co.
****Chonnam National University

糖質加水分解酵素の反応機構を明らかにすることを目的とし、西洋ミツバチ由来のトレハラーゼを用い、基質として重水素置換トレハロースを用いた時の α -二次重水素同位体効果について調べた。速度論解析の結果、1.53 という高い α -二次重水素同位体効果が観察され、本酵素の触媒反応がオキソカルベニウムイオン中間体を經由する反応機構であることが示唆された。

α 二次重水素アイソトープ効果に基づいた西洋ミツバチトレハラーゼによるトレハロース加水分解の触媒機構

森 春英*, 李 鎮 河*, 奥山 正幸*, 西本 完**, 大口 真央***, 金 都 満****, 木村 淳夫*, 千葉 誠哉*

*北海道大学
**食品総合研究所
***フジ日本精糖
****Chonnam National University

Applied and Environmental Microbiology, 76(1), 54–59(2010)

Distribution of in vitro fermentation ability of lacto-N-biose I, the major building block of human milk oligosaccharides, in bifidobacterial strains

Jin-zhong XIAO*, Sachiko TAKAHASHI*, Mamoru NISHIMOTO**, Toshitaka ODAMAKI*,
Tomoko YAESHIMA*, Keiji IWATSUKI* and Motomitsu KITAOKA**

*Morinaga Milk Industry Co.,Ltd.,
**National Food Research Institute

個別ビフィズス菌種のラクト-N-ビオースI (LNB) 資化性について調べた。LNB はヒトミルクオリゴ糖の構成単位であり、母乳中のビフィズス因子と推定されている。10種、4亜種の合計208菌株のビフィズス菌において、ガラクト-N-ビオース/ラクト-N-ビオースIホスホリラーゼ (GLNBP) 遺伝子 (InpA) の有無およびLNBを唯一の炭素源とした培地での増殖を調べた。Bifidobacterium longum subsp. longum, B. longum subsp. infantis, B. breve, and B. bifidum の全菌株はLNB培地で増殖したが、B. adolescentis, B. catenulatum, B. dentium, B. angulatum, B. animalis subsp. lactis, and B. thermophilum はともに全菌株が全く増殖しなかった。B. pseudocatenulatum, B. animalis subsp. animalis, and B. pseudolongum は一部の菌株が増殖した。B. pseudocatenulatum 以外のLNB培地で増殖した菌株はすべてInpAを保有していた。これらの結果は乳児腸管の主要ビフィズス菌種はLNB資化性であることを示している。この結果は、GLNBPが母乳栄養乳児腸管でのビフィズス菌増殖の鍵因子であるとの仮説を支持している。

ヒトミルクオリゴ糖の構成単位であるラクト-N-ビオースI資化性のビフィズス菌での分布

清水 金忠*, 高橋 幸子*, 西本 完**, 小田巻俊孝*, 八重島智子*, 岩附 慧二*, 北岡 本光**

*森永乳業株式会社
**食品総合研究所

The Journal of Biochemistry, 147(2), 237–244(2010)

Structural explanation for the acquisition of glycosynthase activity

Masafumi HIDAKA*, **, Shinya FUSHINOBU**, Yuji HONDA***, Takayoshi WAKAGI**,
Hirofumi SHOUN** and Motomitsu KITAOKA*

*National Food Research Institute
**Department of Biotechnology, The University of Tokyo
***Ishikawa Prefectural University

グライコシターゼ活性の異なる5種の反転型還元末端キシロース遊離エキソオリゴキシラーゼ変異体の結晶構造を決定した。最もグライコシターゼ活性の高いY198Fでは、親酵素の求核触媒水 (NW) と同じ位置に水分子が存在したが、D263変異酵素では、1.0–3.0 Å 離れて観測された。水分子の位置とグライコシターゼ活性に相関が見られ、NWの位置に水分子が存在することが活性獲得に重要であると推測した。

構造情報によるグライコシターゼ活性獲得機構の考察

日高 将文*, **, 伏信 進矢**, 本多 裕司***, 若木 高善**, 祥雲 弘文**, 北岡 本光*

*食品総合研究所
**東京大学大学院農学生命科学研究科
***石川県立大学

Enzyme and Microbial Technology, 46(3-4), 315-319(2010)

Characterization of D-galactosyl- β 1-4-L-rhamnose phosphorylase from *Opiritutus terrae*

Masahiro NAKAJIMA*, Mamoru NISHIMOTO* and Motomitsu KITAOKA*

*National Food Research Institute

Opiritutus terrae 由来糖加水分解酵素ファミリー112に属するタンパク (Oter_1377タンパク) の性質を調べた。本酵素は D-ガラクトシル- β 1-4-L-ラムノース (GalRha) を加リン酸分解するとともに、弱いながらも D-ガラクトシル- β 1-3-D-グルコースも加リン酸分解した。逆反応においては、L-ラムノース誘導体が D-グルコース誘導体よりも良いアクセプターとして作用した。本酵素は 45 °C および pH6.0-7.0 で安定であった。GalRha 分解の速度パラメーターを $k_{cat} = 60 \text{ s}^{-1}$, $K_m = 2.1 \text{ mM}$ と決定した。この結果から、Oter_1377タンパクを D-ガラクトシル- β 1-4-L-ラムノースホスホリラーゼ (GalRhaP) と同定した。*O. terrae* での GalRhaP 遺伝子の存在は GalRhaP が多くの微生物に存在している可能性を示唆している。

Opiritutus terrae 由来 D-ガラクトシル- β 1-4-L-ラムノースホスホリラーゼの諸性質

中島 将博*, 西本 完*, 北岡 本光*

*食品総合研究所

Journal of Applied Glycoscience, 56(3), 193-206(2009)

Automated synthesis of a tri-branched pentasaccharide: the application of the uni-chemo hydroxyl protection method to the automated synthesis of oligosaccharides

Shiro Komba*, Takeshi Terauchi*, Sachiko Machida*

*National Food Research Institute

独自に開発した UCHP 法を用いて、糖鎖の自動合成に成功した。5 糖よりなり、3 方に分岐した PSGL-1 類縁体の自動合成である。これにより、UCHP 法が糖鎖の自動合成に適用可能であると証明した。

Journal of Carbohydrate Chemistry 28, 6, 369-393(2009)

UCHP method for oligosaccharide combinatorial library synthesis

Shiro Komba*, Sachiko Machida*

*National Food Research Institute

独自に開発した UCHP 法を用いて、糖鎖ライブラリーの合成に成功した。ガラクトース 3 糖からなり、結合位置としては 3 位および 4 位にそれぞれグリコシド結合している 5 種類のライブラリーである。これにより、UCHP 法がライブラリー合成に適用可能であると証明した。

Biochemical and Biophysical Reserach Communications, 386, 130–134(2009)

Minimum stable structure of the receptor for advanced glycation end product possesses multi ligand binding ability

M. Kumano-Kuramochi*, M. Ohnishi-Kameyama*, Q. Xie*, S. Niimi*, F. Kubota*, S. Komba*, S. Machida*

*National Food Research Institute

後期糖化生成産物 (AGEs) を認識する受容体 RAGE の特異的認識能を維持した安定な最小領域が Ala23 - Thr143であることを明らかにした。

The Journal of Biological Chemistry, 285, 15302–15313(2010)

Lipid peroxidation generates a body order component trans-2-nonenal covalently bound to protein in vivo

kousuke Ishino*, Chika Wakita*, Takahiro Shibata*, Shinya Toyokuni**, Sachiko Machida***, Shun Matsuda****, Tomonari Matsuda****, Koji Uchida*

*Graguate School of Bioagricultural Scienece, Nagoya University

**Graduate School of Medical Science, Nagoya University

***National Food Reserach Institute

****Research Center for Environmental Quality Management, Kyoto University

2-Nonenal 付加体中の 2-nonenal-lysine 付加体, cis, trans-N-3-[(hept-1-enyl)-4-hexyl-pyridinium]-lysine (HHp-lysine) が, 抗原のエピトープであること明らかにした

Journal of Bioscience and Bioengineering, 107(5), 506–511(2009)

Microbial production of xylitol from L-arabinose by metabolically engineered Escherichia coli

Yoshikiyo Sakakibara*, Badal C. Saha**, Paul Taylor***

*National Food Research Institute

**National Center for Agricultural Utilization Research, USDA-ARS

***zuChem, Inc.

L-アラビノースイソメラーゼ, D-プシコース 3-エピメラーゼ, L-キシロロースレダクターゼを L-アラビノース存在下で同時に発現させることにより, L-アラビノースからキシリトールを高い収率で生産する組換え大腸菌株 ZUC99 (pATX210) を作出した。この菌株のキシリトール収率は 0.62g/g L-arabinose であったが, 補酵素 (NADH) 再生のためにグリセロールを培地に添加したところ, キシリトール収率が大幅に改善された。ジャーフェーマンターを用いて L-アラビノースとグリセロールを含む 1 リットルの培地で ZUC99 (pATX210) を培養したところ, 培養 30 時間で 15.2g の L-アラビノースから 14.5g のキシリトールが生産され, キシリトール収率は 0.95g/g L-arabinose であった。

Tetrahedron Letters 51, 12, 1497–1499(2010)

A new method for cleavage of silicon-carbon linkers on glass plate supports with applications to solid-phase syntheses on silica resins

Takeshi Terauchi*, Sachiko Machida*, Shiro Komba*

*National Food Research Institute

珪素-炭素結合を切断する新たな手法を開発し、ガラス基板上に共有結合している化合物を切り出し、構造確認することに成功した。また、本手法はシリカゲルレジンにも適応可能であった。

Journal of Bacteriology, 191(10), 3273–3281(2009)

Identification and characterization of a novel multidrug resistance operon, mdtRP (yusOP), of *Bacillus subtilis*.

Ji-Yun Kim*, **, Takashi Inaoka*, Kazutaka Hirooka***, Hiroshi Matsuoka***, Makiko Murata****, Reiko Ohki****, Yoshikazu Adachi**, Yasutaro Fujita*** and Kozo Ochi*

*National Food Research Institute

**Ibaraki University

***Fukuyama University

****Kyorin University

比較ゲノム解析により、枯草菌において低レベルフシジン酸耐性を与える新規な変異を同定した。この変異は MarR 型転写調節因子をコードする mdtR (yusO) 遺伝子に存在し、ノボピオシンやストレプトマイシン、アクチノマイシン D 等、幾つかの抗生物質に対する低レベル耐性を与えることが判明した。ノーザン解析の結果、多剤排出トランスポーターをコードする下流遺伝子 mdtP (yusP) が mdtR とオペロンを形成していることがわかった。mdtP 遺伝子の破壊は mdtR 変異株において観察された多剤耐性を消去させた。DNaseI フットプリンティング及びプライマーエクステンション解析の結果、MdtR タンパク質は mdtRP プロモーターに直接結合し、その転写を抑制していることが明らかとなった。これらの結果は MdtR タンパク質は mdtRP オペロンのリプレッサーであり、MdtP タンパク質は枯草菌において多剤排出トランスポーターとして機能していることを示している。

枯草菌の新規多剤耐性オペロン mdtRP (yusOP) の同定と特性解析

金 智 潤*, **, 稲岡 隆史*, 広岡 和丈***, 松岡 浩士***, 村田麻喜子****, 大木 玲子****, 足立 吉敷**, 藤田泰太*** 郎, 越智 幸三*

*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

**茨城大学

***福山大学

****杏林大学

Journal of Bacteriology, 191(23), 7367–7371(2009)

ScoC regulates bacilysin production at the transcription level in *Bacillus subtilis*

Takashi Inaoka*, Guojun wang* and Kozo Ochi*

*National Food Research Institute

枯草菌のバシリシン生合成オペロン ywfBCDEFG の高発現変異株を単離した。比較ゲノム解析により、これら変異株の全てが scoC 遺伝子に変異を持っていることが判明した。また、scoC 遺伝子の破壊も ywfBCDEFG の高発現をもたらした。プライマーエクステンション及びゲルシフト解析の結果、ScoC タンパク質は ywfBCDEFG のプロモーター領域に直接結合することがわかった。我々の結果は定常期遺伝子調節因子 ScoC が CodY や AbrB と共に枯草菌のバシリシン生産を負に調節していることを示すものである。

ScoC は枯草菌のバシリシン生産を転写レベルで調節している

稲岡 隆史*, 王国 君*, 越智 幸三*

*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

Applied and environmental microbiology, 75(14), 4919–4922(2009)

Antibiotic overproduction by rpsL and rsmG mutants of various actinomycetes

Yukinori TANAKA*, **, Mamoru KOMATSU***, Susumu OKAMOTO*,
Shinji TOKUYAMA**, Akira KAJI****, Haruo Ikeda***, Kozo OCHI****

*National Food Research Institute

**Department of Applied Biological Chemistry, Faculty of Agriculture, Shizuoka University

***Kitasato Institute for Life Sciences, Kitasato University

****School of Medicine, University of Pennsylvania

ストレプトマイシン耐性変異 (rpsL 及び rsmG 変異) を付与することにより、放線菌における抗生物質生産を活性化することが出来る。今回我々は、rpsL-rsmG 二重変異の効果を検証した。rpsL-rsmG 二重変異の導入により、*Streptomyces coelicolor* のアクチノロージン生産および *Streptomyces antibioticus* のアクチノマイシン生産は著しく活性化された。一方、*Streptomyces avermitilis* のエバメクチン生産および *Saccharopolyspora erythraea* のエリスロマイシン生産は、rpsL 変異により活性化されたが rsmG 変異及び rpsL-rsmG 二重変異の効果はほとんど見られなかった。

rpsL 及び rsmG 変異の導入による放線菌における抗生物質生産の活性化

田中 幸徳*, **, 小松 護***, 岡本 晋*, 徳山 真治**, 梶 昭****, 池田 治生***, 越智 幸三*

*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

**静岡大学農学部

***北里大学感染制御学府

****ペンシルバニア大学医学部

Fungal Genetics and Biology, 46(3), 221–31(2009)

Participation in aflatoxin biosynthesis by a reductase enzyme encoded by vrdA gene outside the aflatoxin gene cluster

Yoko Shima*, Marisa Shiina**, Takao Shinozawa**, Yasuhiro Ito*, Hiromitsu Nakajima***, Yoshikazu Adachi****, Kimiko Yabe*

*National Food Research Institute

**Faculty of Engineering, Gunma University

***Faculty of Agriculture, Tottori University

****School of Agriculture, Ibaraki University

アフラトキシンの生合成において、3つの反応、hydroxyversicolorone から versicolorone、versiconal hemiacetal acetate から versiconol acetate、さらに versiconal から versiconol、を進める並行した代謝経路がある。本研究では、*Aspergillus parasiticus* 由来の同一の還元酵素がこの3つの反応を触媒していることを証明した。vrdA と名付けられた還元酵素をコードする遺伝子を単離したところ、アフラトキシンの遺伝子クラスターのどの領域にも相同性配列がなかった。vrdA 遺伝子を取り除いた *A. parasiticus* において、その酵素活性は有意に低下したが、アフラトキシンの生産性には影響はなかった。アフラトキシンを生産する培養条件では vrdA 遺伝子の発現が見られるが、afIR 遺伝子が欠失した変異体でも本遺伝子の発現が認められた。これらの結果から、vrdA はアフラトキシンの生合成遺伝子ではないが、細胞内でのアフラトキシンの生合成に関与していることが示唆される。

Journal of Chromatography A, 1216(44), 7461–7465(2009)

Size exclusion chromatography combined with small-angle X-ray scattering optics

Yasushi WATANABE*, Yoji INOKO**

*National Food Research Institute

**Graduate School of Engineering Science, Osaka University

ゲル濾過クロマトグラフィーに放射光溶液 X 線散乱測定装置を組み込んだタンパク質の特性解明システムを構築した。クロマトグラフィーの溶出液の溶液 X 線散乱時分割測定で得られた散乱データの小角散乱領域の解析から、溶出分子の回転半径とゼロ散乱角強度を算出した。さらに、散乱パターンの解析により、溶出タンパク質の分子鎖構造評価の予備的知見を示した。本手法は、クロマトグラフィー分離直後の溶出液中のタンパク質の分子サイズ、分子量、および分子鎖構造などが評価できる手法であり、今後さらに本手法の有効性を示していく意義があることを示した。

Novel family of hemicellulolytic α -glucuronidase

Olena Ryabova*, Maria Vrsanska*, Satoshi Kaneko**, Willem H. van Zyl***, Peter Biely*

*Institute of Chemistry, Slovak Academy of Sciences

**National Food Research Institute

***Stellenbosch University

キシロースを発酵できる酵母 *Pichia stipitis* のキシラン分解酵素系の検討は、広葉樹グルクロノキシランの側鎖を効率的に分解できる新規な α -グルクロニダーゼの発見に繋がった。良く研究されている糖加水分解酵素のファミリー67に分類される α -グルクロニダーゼは主鎖の非還元末端に結合しているウロン酸を遊離するが、本酵素の活性はそれとは異なる。精製酵素のN末端アミノ酸配列は *P. stipitis* のゲノム遺伝子 ABN67901と完全に一致し、BLAST解析により、似た配列をした遺伝子が、他の微生物のゲノム上にも存在することが明らかとなった。本研究は、新規な α -グルクロニダーゼのファミリーの創出に繋がる。

新しいファミリーのヘミセルラーゼとなる α -グルクロニダーゼ

Olena Ryabova*, Maria Vrsanska*, 金子 哲**, Willem H. van Zyl***, Peter Biely*

*スロバキアアカデミー化学研究所

**食品総合研究所

***ステレンボッシュ大学

Crystallization and preliminary crystallographic analysis of β -L-arabinopyranosidase from *Streptomyces avermitilis* NBRC14893

Zui Fujimoto*, Hitomi Ichinose**, Koichi Harazono***, Mariko Honda**, Atsuko Uzura***, Satoshi Kaneko**

*National Institute of Agrobiological Sciences

**National Food Research Institute

***Research & Development Center, Nagase & Company

Streptomyces avermitilis NBRC14893由来 β -L-アラビノピラノシダーゼは、単量体タンパク質で、糖加水分解酵素ファミリー27に分類される触媒モジュール、機能未知ドメイン、及び糖結合モジュールファミリー13に属する分類される基質結合モジュールから構成される。完全長酵素（残基45–658）の遺伝子は、単離され、放線菌発現システムを用いて発現した。 β -L-アラビノピラノシダーゼはシッティングドロップ蒸気拡散法により結晶化した。得られた結晶は解像度1.6 Åで回折され、空間群P212121に属し、単位格子定数 $a = 68.2$ Å, $b = 98.9$ Å, $c = 181.3$ Åであった。マッシュューズ係数は2.38 Å³ Da⁻¹であった。

Streptomyces avermitilis NBRC14893由来 β -L-アラビノピラノシダーゼの結晶化と予備的な結晶解析

藤本 瑞*, 一ノ瀬仁美**, 原園 幸一***, 本田真理子*, 卯津羅淳子***, 金子 哲**

*農業生物資源研究所

**食品総合研究所

***長瀬産業株式会社

Characterization of glycoside hydrolase family 6 enzymes from *Coprinopsis cinerea*

Yuan Liu*, Kiyohiko Igarashi**, Satoshi Kaneko***, Takashi Tonozuka*, Masahiro Samejima**, Kiyoharu Fukuda*, Makoto Yoshida*

*Tokyo University of Agriculture and Technology

**University of Tokyo

***National Food Research Institute

組換え体、*Coprinopsis cinerea* 由来の Cel 6 (CcCel 6) A, -B, および -C は大腸菌で発現させて得られた。これらの酵素は、リン酸膨潤セルロースからセロピオースを生産した。アビセルを基質として使用した場合、CcCel 6 A は CcCel 6 B または -C より高い活性を示した。カルボキシメチルセルロースに対しては CcCel 6 B と -C は活性を示したが、CcCel 6 A は本基質を分解できなかった。

Coprinopsis cinerea 由来糖加水分解酵素ファミリー6酵素の特性

劉 遠*, 五十嵐圭日子**, 金子 哲**, 殿塚 隆史*, 鮫島 正浩**, 福田 清春*, 吉田 誠*

*東京農工大学

**東京大学

***食品総合研究所

Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 73(7), 1671–1673(2009)

Use of whole crop sorghums as a raw material in consolidated bioprocessing bioethanol production using *Flammulina velutipes*

Ryoji Mizuno*, Hitomi Ichinose*, Mariko Honda*, Koji Takabatake**, Itaru Sotome*, Tomoyuki Takai*,
Tomoko Maehara*, Hiroshi Okadome*, Seiichiro Isobe*, Mitsuru Gau*, Satoshi Kaneko*

*National Food Research Institute

**Toyama Prefectural Agricultural, Forestry, and Fisheries Research Center

エノキタケを使用した連結バイオプロセスバイオエタノール生産の原料としての可能性を二種類のソルガムを用いて検討した。スイートソルガムの酵素糖化効率はBMR変異ソルガムのほど高くはなかったが、トータルのエタノール生産量は多かった。BMR変異ソルガムのエタノール生産量は糖化酵素を反応系に導入した際に大幅に増加した。

エノキタケによる連結バイオプロセスにおけるソルガムの原料としての可能性

水野 亮二*, 一ノ瀬仁美*, 本田真理子*, 高畠 幸司**, 五月女 格*, 高井 智之*, 前原 智子*,
岡留 博司*, 五十部誠一郎*, 我 有 満*, 金子 哲*

*食品総合研究所 **富山県森林研究所

Journal of Biochemistry, 146(1), 61–70(2009)

Crystallographic snapshots of an entire reaction cycle for a retaining xylanase from *Streptomyces olivaceoviridis* E-86

Ryuichiro Suzuki*, Zui Fujimoto**, Shigeyasu Ito*, Shun-Ichi Kawahara***, Satoshi Kaneko****,
Kazunari Taira***, Tsunemi Hasegawa*, Atsushi Kuno***

*Yamagata University

**National Institute of Agrobiological Science

***National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

****National Food Research Institute

グリコシル化と脱グリコシル化の両方を触媒するアノマー保持型の糖加水分解酵素は、最も豊富な加水分解酵素である。現在までにグリコシル化は脱グリコシル化を不活性化するか基質アナログを用いて反応中間体を可視化することができるため、触媒反応の可視化はグリコシル化に焦点が当てられている。糖加水分解酵素と反応生成物の構造解析においては、反応生成物のアノメリック炭素の変旋光が速やかにかつ確実に起こることから脱グリコシル化の可視化は困難である。本研究では *Streptomyces olivaceoviridis* E-86のアノマー保持型キシラナーゼを用いて、反応の各ステップの可視化を試みた。塩基を漬した変異体を修飾するためにアジドを求核基として添加し、脱グリコシル化におけるアノメリック炭素の位置を安定化した。X線結晶構造解析による可視化により、酵素-基質、酵素-反応中間体、反応中間体の切断、酵素-反応生成物の各ステップのスナップショットを得ることができた。

Streptomyces olivaceoviridis E-86由来アノマー保持型キシラナーゼの全反応ステップの結晶構造解析による可視化

鈴木龍一郎*, 藤本 瑞**, 伊藤 茂泰*, 川原 俊一***, 金子 哲****, 多比良和誠***, 長谷川典巳*, 久野 敦***

*山形大学 **生物資源研究所 ***産業総合技術研究所 ****食品総合研究所

Journal of Applied Glycoscience, 56(3), 173–179(2009)

Substrate recognition of a family 10 xylanase from *Streptomyces olivaceoviridis* E-86:
a study by site-directed mutagenesis to make an hindrance around the entrance toward the substrate-binding cleft

Satoshi Kaneko*, Hitomi Ichinose*, Zui Fujimoto**, Shinnosuke Iwamatsu***, Atsushi Kuno***, Tsunemi Hasegawa***

*National Food Institute

**National Institute of Agrobiological Sciences

***Yamagata University

放線菌 *Streptomyces olivaceoviridis* E-86由来ファミリー10キシラナーゼ (SoXyn10A) はN末端側の触媒モジュール、C末端側の糖結合モジュール (XBM) および両モジュールを繋ぐリンカーからなるモジュラー酵素である。全長を含む結晶構造において、XBMは触媒ドメインの基質結合クレフトの(-)サブサイト側に存在することが明らかとなった。SoXyn10Aが両ドメインを使ってどのように基質を認識しているかを調べるために、サブサイトの入り口に障害物をもつような、いくつかのクレフト変異体を構築した。変異体酵素の構造に揺らぎがないことを円偏光二色性により確認した。p-ニトロフェニル-β-D-キシロピオシドを基質とした解析では(-)サブサイト側に障害物を構築した変異体についてのみ活性の低下が認められたことから、基質であるキシランは(-)サブサイト側から基質結合クレフトに入り込むことが示唆された。クレフト変異体酵素の不溶性キシランに対する活性をXBMの有無で比較したところ、すべてのクレフト変異体においてXBMを含む構築の方が顕著に活性が高いという結果が得られた。このことは両モジュールを繋ぐリンカー配列がフレキシブルに動くことにより触媒モジュールが移動し、基質を分解するというメカニズムであることを示唆する。

放線菌 *Streptomyces olivaceoviridis* E-86由来ファミリー10キシラナーゼの基質認識
- 部位特異的変異によりサブサイトの入り口に障害を作った解析 -

金子 哲*, 一ノ瀬仁美*, 藤本 瑞**, 岩松新之輔***, 久野 敦***, 長谷川典巳***

*食品総合研究所 **農業生物資源研究所 ***山形大学

Journal of Applied Glycoscience, 56(3), 165–171(2009)

Importance of interactions of the alpha-helices in the catalytic domain N- and C-terminals
of the family 10 xylanase from *Streptomyces olivaceoviridis* E-86 to the stability of the enzyme

Satoshi Kaneko*, Shigeyasu Ito**, Zui Fujimoto***, Atsushi Kuno**, Hitomi Ichinose*, Shinnosuke Iwamatsu**, Tsunemi Hasegawa**

*National Food Research Institute

**Yamagata University

***National Institute of Agrobiological Sciences

放線菌 *Streptomyces olivaceoviridis* E-86由来ファミリー10キシラナーゼ (SoXyn10A) は触媒モジュール、糖結合モジュールおよび両モジュールを繋ぐリンカーからなる。われわれは、これらすべてを含む結晶構造解析に成功した。その結果、触媒ドメインは九つの α ヘリックス ($\alpha 0-8$) と八つの β シート ($\beta 1-8$) からなり、触媒ドメイン中のN末端 α ヘリックス ($\alpha 0$) とC末端 α ヘリックス ($\alpha 8$) とが相互作用していることが明らかになった。結晶構造から、両 α ヘリックス間にはSoXyn10Aの安定化に重要な結合があると予想された。そこで、SoXyn10Aの安定化に寄与している $\alpha 0-\alpha 8$ 間の結合を明らかにするために、SoXyn10AのC末端欠損変異体を作成し、欠損が酵素の安定化に及ぼす影響について調べた。触媒ドメインのC末端のアミノ酸を一つずつ削り込んだ変異体では、欠損の程度に準じてSoXyn10Aの熱安定性が段階的に減少したが、酵素活性には変化がみられなかった。塩酸グアニジンを用いて各変異体の安定性を比較した結果、結晶構造から予測したとおり、 $\alpha 8$ 中のLeu-300が $\alpha 0$ と相互作用し疎水性コアを形成していることを明らかにした。さらに、リンカー中のAsn-252をAlaに置換すると熱安定性がやや減少し、 $\alpha 8$ 中のGly-303とAsn-252間の水素結合もまた、SoXyn10Aの安定性に重要であることを明らかにした。次に、同じファミリー10キシラナーゼである*Cellulomonas fimi*のCfXyn10AとSoXyn10Aとのキメラ酵素を作成し、これらの相互作用について検証した結果、C末端の四つのアミノ残基の付加により、熱安定性が上昇した。しかしながら、CfXyn10AにSoXyn10AのN末端、C末端を導入した場合には、SoXyn10Aと同程度の熱安定性の減少が確認できた。N末端とC末端の相互作用の温度限界はSoXyn10Aと一致しており、両末端のゆがみによりタンパク変性しやすくなることを明らかにした。

放線菌 *Streptomyces olivaceoviridis* E-86由来ファミリー10キシラナーゼの触媒ドメイン中に存在するN末端およびC末端 α ヘリックスの酵素安定性における重要性

金子 哲*, 伊藤 茂泰***, 藤本 瑞**, 久野 敦***, 一ノ瀬仁美*, 岩松新之輔***, 長谷川典巳***

*食品総合研究所

**生物資源研究所

***山形大学

Journal of Applied Glycoscience, 56(3), 223–227(2009)

Effect of sugars on biofilm formation by *Escherichia coli* O157:H7

Makoto Yoshida*, Shinichi Kawamoto*, Satoshi Kaneko*

*National Food Research Institute

大腸菌 O157:H7 を D-グルコース, D-ガラクトース, D-マンノース, D-キシロース, L-アラビノース, L-ラムノース, L-フコースをそれぞれ単一の炭素源として 0.04% 含む培地で 7 日間培養し、菌体生長量および形成されたバイオフィルムの量を測定した。その結果、すべての培地において、培養 1 日目で菌体量が最大に達した。同様に、バイオフィルムの量も培養 1 日目に最大値を示し、その後、減少した。糖類の濃度がバイオフィルム形成に与える影響を調べるため、上記の糖類を単一の炭素源として 0.4, 0.04, 0.004% 含む培地をそれぞれ調製し、1 日間培養した。その結果、0.4% の D-マンノースおよび L-ラムノースを含む培地において、本菌のバイオフィルム形成能の低下が観察された。さらに、D-グルコース, D-ガラクトース, D-キシロース, L-アラビノース, L-フコースを含む培地に D-マンノースおよび L-ラムノースをそれぞれ添加し、大腸菌 O157:H7 を培養した結果、D-マンノースを添加した培地のみバイオフィルム形成の低下が観察された。D-マンノースの添加培地と無添加培地において、菌体生長量に変化は観察されなかったことから、D-マンノースは大腸菌 O157:H7 のバイオフィルム形成を直接的に阻害すると考えられた。

大腸菌 O157:H7 のバイオフィルム形成における糖類の影響

吉田 誠*, 川本 伸一*, 金子 哲*

*食品総合研究所

The Journal of Biological Chemistry, 284(37), 25097–25106(2009)

A beta-L-arabinopyranosidase from *Streptomyces avermitilis* is a novel member of glycoside hydrolase family 27

Hitomi Ichinose*, Zui Fujimoto**, Mariko Honda*, Koichi Harazono***, Yukifumi Nishimoto***, Atsuko Uzura***, Satoshi Kaneko*

*National Food Research Institute

**National Institute of Agrobiological Sciences

***Research & Development Center, Nagase & Company

アラビノガラクトタン - プロテイン (AGPs) は植物細胞表面プロテオグリカンの一種であり植物の生長と分化に関与すると考えられている。AGPs は非常に複雑な分子であるため、AGPs を分解できる酵素は AGPs 研究の強力なツールである。我々はこれまでに *Streptomyces avermitilis* の AGPs 分解酵素について報告してきたが、最近、 β -L - アラビノピラノシダーゼを精製し、遺伝子をクローニングすることに成功した。本酵素のアミノ酸配列は糖加水分解酵素ファミリー-27 (GH27) に分類される α - ガラクトシダーゼと非常に似ていることが判明した。放線菌発現システムを用いて、64 - kDa の分泌タンパク質として組換え酵素を得ることができた。p - ニトロフェニル - β -L - アラビノピラノシドに対する比活性は18 μ モル/分/mg であり、p - ニトロフェニル - α -D - ガラクトピラノシドに対する比活性に比べ67倍高い値を示した。本酵素はガムアラビック及びカラマツアラビノガラクトタンから0.1% 及び45%のアラビノースを遊離した。X 線結晶構造解析により、本酵素は GH27触媒モジュール、グリークキーモチーフを持つアンチパラレルな β - ドメイン、ジェリーロール構造のアンチパラレル β - ドメイン、そして糖結合モジュールファミリー-13に分類されるドメインで構成されることが明らかとなった。 α - ガラクトシダーゼの立体構造と比較すると1つのアミノ酸変異 (アスパラギン酸 グルタミン酸) が β - アラビノピラノシダーゼの触媒ポケットに見つかり、ガラクトースの C6 位が入るスペースが変わっていると考えられた。変異導入実験により、この変異が酵素の基質特異性を決定していることが証明された。本論文は β -L - アラビノピラノシダーゼが GH27の新規なメンバーであることを示した最初の論文である。

Streptomyces avermitilis 由来 β -L - アラビノピラノシダーゼは糖加水分解酵素ファミリー-27の新メンバーである

一ノ瀬仁美, 藤本 瑞**, 本田真理子*, 原園 幸一***, 西本 幸史***, 卯津羅淳子***, 金子 哲*

*食品総合研究所

**農業生物資源研究所

***長瀬産業

Acta Crystallographica Section F: Structural Biology and Crystallization Communications, 65(12), 1274–1276(2009)

Crystallization of selenomethionyl exo- β -1,3-galactanase from the basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*

Takuya Ishida*, Zui Fujimoto**, Hitomi Ichinose***, Kiyohiko Igarashi*, Satoshi Kaneko***, Masahiro Samejima***

*University of Tokyo

**National Institute of Agrobiological Sciences

***National Food Research Institute

Phanerochaete chrysosporium 由来エキソ - 1, 3 - ガラクタナーゼ (Pc 1, 3 Gal43A) は糖加水分解酵素ファミリー-43に分類される触媒モジュールと糖結合モジュールファミリー-35に分類される基質結合モジュール (PcCBM35) で構成されている。本酵素はアラビノガラクトタン - プロテインの主鎖の構造である β - 1, 3 - ガラクトタンを加水分解し、PcCBM35はその基質への親和性により基質の周りの酵素濃度を高める役割をしている。多波長異常分散法により位相決定を可能にするため、セレノメチオニンでラベルした Pc 1, 3 Gal43A を298K でハンギングドロップ蒸気拡散法により結晶化した。結晶中のセレンの存在は X 線吸収スペクトルから確認され、結晶は空間群 P2₁ に属し、分解能 1.8 Å で回折された。

セレノメチオニンラベルした担子菌 *Phanerochaete chrysosporium* 由来エキソ - β - 1, 3 - ガラクタナーゼの結晶化

石田 卓也*, 藤本 瑞**, 一ノ瀬仁美***, 五十嵐圭日子*, 金子 哲***, 鮫島 正浩*

*東京大学

**農業生物資源研究所

***食品総合研究所

Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 73(10), 2240–2245(2009)

Properties of ethanol fermentation by *Flammulina velutipes*

Ryoji Mizuno*, Hitomi Ichinose*, Tomoko Maehara*, Koji Takabatake**, Satoshi Kaneko*

*National Food Research Institute

**Toyama, Forestry and Forest Products Research Center

担子菌は、リグノセルロース系バイオマスを分解する能力を持ち、また、いくつかの担子菌は、アルコール脱水素酵素を生成することが知られている。これらの特性は、リグノセルロースから直接エタノールを生産する方法に有用であると考えられることから、担子菌の一種であるエノキタケが連結バイオプロセス(CBP)によるエタノール生産へ利用可能かどうかの可能性を検討した。エノキタケはD-グルコースを高効率でエタノールに変換(理論収率88%)したが、ペントースはエタノールに変換できなかった。この特性は *Saccharomyces cerevisiae* の糖選択性と同様であったが、エノキタケはショ糖以外にもマルトース、セロビオース、セロトリオース、セロテトラオースをグルコースとほぼ同じ効率でエタノールに変換することが可能であった。本研究から、エノキタケはCBPで使用するために有利な特性を有していると判断された。

エノキタケのエタノール発酵特性

水野 亮二*, 一ノ瀬仁美*, 前原 智子*, 高畠 幸司**, 金子 哲*

*食総研

**富山県農林水産総合技術センター森林研究所

Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 73(10), 2303–2309(2009)

Molecular cloning and expression in *Pichia pastoris* of a *Irpex lacteus* exo- β -(1 \rightarrow 3)-galactanase gene

Toshihisa Kotake*, Kiminari Kitazawa*, Ryohei Takata*, Kohei Okabe*, Hitomi Ichinose**, Satoshi Kaneko**, Yoichi Tsumuraya*

*Saitama University

**National Food Research Institute

Irpex lacteus 由来エキソ- β -1,3-ガラクトナーゼ遺伝子はRT-PCRによりクローニングされた。翻訳したアミノ酸の配列は他のエキソ- β -1,3-ガラクトナーゼの配列と類似し、成熟タンパク質の分子量は45520Daと算出された。*Pichia pastoris* を用いた発現系により得られた組換え酵素は、他のエキソ- β -1,3-ガラクトナーゼと同様に β -1,3-ガラクトオリゴ糖に作用した。本酵素はダイコン由来のアラビノガラクトン-プロテインに高い活性を示し、アラビアガムをスミス分解物からガラクトース、 β -1,6-ガラクトビオース、 β -1,6-ガラクトトリオース、 α -L-アラビノフラノシル-ガラクトビオースを生産した。この結果は *Irpex lacteus* 由来エキソ- β -1,3-ガラクトナーゼが、側鎖1,6-結合をバイパスして、効率的に主鎖の1,3-ガラクトタンを分解していることを示している。

Irpex lacteus 由来エキソ- β -1,3-ガラクトナーゼ遺伝子のクローニングと *Pichia pastoris* での発現

小竹 敬久*, 北澤 仁成*, 高田 遼平*, 岡部 耕平*, 一ノ瀬仁美**, 金子 哲**, 円谷 陽一*

*埼玉大学

**食総研

Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 73(10), 2360–2364(2009)

The Tetramer Structure of the Glycoside Hydrolase Family 27 α -Galactosidase I from *Umbelopsis vinacea*

Zui Fujimoto*, Satoshi Kaneko**, Wook-Dong Kim**, Gwi-Gun Park***, Mitsuru Momma*, Hideyuki Kobayashi**

*National Institute of Agrobiological Sciences

**National Food Research Institute

***Kyungwon University

糖加水分解酵素ファミリー27(GH27)に属する *Umbelopsis vinacea* の α -ガラクトシダーゼIの結晶構造は分解能2.0Åで決定された。モノマーの構造は、他のGH27の酵素のものと良く保存されていた。本酵素はテトラマーを構成しているが、4倍の結晶学的対称性で構成されており、4量体形成は接点に存在する3つのペプチドの挿入により形成されていることが明らかとなった。その四次構造は、四量体形成が本酵素の基質特異性に関係している可能性を示唆した。3つのN型糖鎖が観察され、その構造は高マンノース型であることが明らかとなった。

Umbelopsis vinacea 由来糖質加水分解酵素ファミリー27に属する α -ガラクトシダーゼの4量体構造

藤本 瑞*, 金子 哲**, Wook-Dong Kim**, Gwi-Gun Park***, 門 間 充*, 小林 秀行**

*農業生物資源研究所

**農研機構食品総合研究所

***暎園大学

Biochemical Journal, 424, 169–177(2009)

Bifunctional cytosolic UDP-glucose 4-epimerases catalyse the interconversion between UDP-D-xylose and UDP-L-arabinose in plants

Toshihisa Kotake*, Ryohei Takata*, Rajeev Verma**, Masato Takaba*, Daisuke Yamaguchi*, Takahiro Orita*,
Satoshi Kaneko***, Koji Matsuoka*, Tetsuo Koyama*, Wolf-Dieter Reiter**, Yoichi Tsumuraya*

*Saitama University

**University of Connecticut

***National Food Research Institute

UDP-糖は細胞壁合成において基質として供給されるが、植物は細胞質やゴルジ装置においてUDP-グルコースから順次相互変換していることが知られている。本研究では可溶性酵素であるUDP-キシロース4-エピメラーゼを各種クロマトグラフィーによりエンドウ豆の芽生えより約300倍に精製した。精製酵素のN末端アミノ酸配列はUDP-グルコース4-エピメラーゼ遺伝子PsUGE1と一致し、ゴルジ装置に局在するUDP-キシロース4-エピメラーゼとは異なることが判明した。大腸菌発現系を用いて発現された組換え酵素(rPsUGE1)はUDP-キシロース4-エピメラーゼ活性とUDP-グルコース4-エピメラーゼ活性の両方の活性を示し、また、UDP-グルコース、UDP-ガラクトース、UDP-アラビノース、UDP-キシロースに対してKm値0.31, 0.29, 0.16, 0.15mMをそれぞれ示した。UDP-キシロースからUDP-アラビノースの生産における平衡定数は0.89であったが、UDP-グルコースからUDP-ガラクトースの生産においては0.24であった。アミノ酸配列の系統樹解析によりPsUGE1はシロイヌナズナのUDP-グルコース4-エピメラーゼのAtUGE1, AtUGE3とグループを形成し、AtUGE2, AtUGE4, AtUGE5とは別のグループを形成することが判明した。AtUGE1とAtUGE3を大腸菌の系で発現させ、組み換え酵素の特性を解析したところ、rPsUGE1と同様にUDP-グルコース4-エピメラーゼに加え、高いUDP-キシロース4-エピメラーゼ活性を示すことが明らかとなった。本研究の結果はPsUGE1及びその近縁の配列はUDP-アラビノースを合成するデノボ経路の最終ステップにおいてUDP-キシロースからUDP-アラビノース生産する相互変換を触媒することを示唆している。また、代謝産物のネットフラックスはアラビノースのサルベージ経路の一部としてUDP-アラビノースからUDP-キシロースへの変換からきているかも知れないと考えられる。

バイファンクショナルな細胞質UDP-グルコース4-エピメラーゼはUDP-キシロースからUDP-アラビノースへの変換を触媒する

小竹 敬久*, 高田 遼平*, Rajeev Verma**, 高場 雅人*, 山口 大介*, 折田 隆広*,
金子 哲***, 松岡 浩司*, 小山 哲夫*, Wolf-Dieter Reiter**, 円谷 陽一*

*埼玉大学

**コネチカット大学

***農研機構食品総合研究所

Journal of Applied Glycoscience, 4(56), 267–271(2009)

Evaluation of ethanol fermentation ability of *Flammulina velutipes* NBRC33210 from starch by consolidated bioprocessing

Sumiko Mori*, Satoshi Kaneko*

*National Food Research Institute

エノキタケ *Flammulina velutipes* NBRC33210を用いて、デンプンを原料としたエタノール発酵を検討した。5%のデンプンと菌糸の混合液を嫌気条件において発酵させた場合には、全くエタノールは生産されなかった。しかしながら、エノキタケを好氣的に7日間培養した場合、デンプン分解酵素が誘導され、その後、デンプンを原料として発酵した場合にはエタノールの生産がみられた。デンプンからのエタノール変換率は32.4%であった。発酵する際に市販のデンプン分解酵素を添加した場合、 α -アミラーゼは全く添加の効果がなかったが、 α -グルコシダーゼ、グルコアミラーゼでは顕著に酵素添加の効果が現れた。0.1U/mLのグルコアミラーゼを添加した場合、デンプンからのエタノール変換率は72.6%に達した。

デンプンを原料とした連結バイオプロセスによるエノキタケNBRC33210株のエタノール発酵能の評価

森 澄子*, 金子 哲*

*農研機構食品総合研究所

付 録

「食品総合研究所研究報告」の編集について

1 方針

- (1) 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究所 食品総合研究所研究報告（以下「研究報告」という。）には原著（報文，研究ノート及び技術報告）と学会誌等発表論文の抄録を登載する．原著は他誌に未発表のものに限る．研究ノートは新知見を含むが報文にまとめ得ないもの，技術報告は報文にまとめ得ないが食品分野の研究及び産業に寄与する有用なデータを含むものとする．
- (2) 原著論文については，編集委員が選定した査読者による査読を行う．
- (3) 原著論文の投稿に際しては，事前に所属領域長の承認及び内容の確認を得て行う．
- (4) 当研究所の職員が学会誌に発表した研究論文は，抄録として漏れなく登載することとする．
- (5) 当所の国連大学生の研究成果は，「国連大学生研究成果」抄録として登載する．
- (6) 研究報告の発行回数は，年1回程度とする．
- (7) その他，ここに定められていない事項は編集委員会で決定する．

2 原稿の提出部数

- (1) 原著原稿は正1部を提出し，電子ファイルを併せて提出する．なお，図及び写真で電子化できないものは，正原稿とは別に原図1部を提出する．
- (2) 抄録原稿は原稿1部の他，論文集として図書室保存用の別刷り1部を別途提出する．
- (3) 「国連大学生研究成果」抄録原稿は原稿1部を提出する．
- (4) 最終原稿は，電子化ファイルを提出する．ただし，図表等が電子化されていない場合は，この限りではない．
- (5) 原著については，原稿，原稿の電子ファイルともに，著者，事務局双方でバックアップを保管するものとする．

3 抄録原稿の記載要領抄録の構成は，学会誌名，巻・号，頁，発行年，題名，著者名，著者所属，論文要旨(和)及びキーワードとする．

- (1) 題名と著者名は日本語及び外国語を併記する．
- (2) キーワードは，5個を限度とする．
なお，外国語で書かれたキーワードは，外国語の後に日本語を括弧して入れることとする．

4 「国連大学生研究成果」抄録原稿の記載要領抄録の構成は，題名，著者名，所属研究室名，アドバイザー名，研究期間及び成果の要旨とする．

5 投稿論文の記載要領

(1) 論文の構成

- ア 報文と技術報告の構成は，表紙（表題・著者名等を記載），英文要旨，本文，図・写真及び表とし，本文は緒言（記述にあたっては緒言の文字は省略），実験方法，実験結果，考察（実験結果及び考察としても可），要約，文献とする．
- イ 研究ノートの構成は，本文の実験方法，実験結果，考察等の構成区分見出しを必要とせず直接必要な事項の字句を見出しにしてもよい．
なお，その他の構成は報文と同様とする．
- ウ 著者の所属名称を記載する．和文の場合は，1ページ目に著者の所属名称を日本語，英語の両方で記載する．英文の場合は，1ページ目に英語で，和文要旨内には日本語で記載する．

(2) 原稿の枚数

原稿はA 4判横組み・縦置き(26字×23行=598字)で作成し、報文及び技術報告は図表を含め20枚(刷り上がり6頁)程度、研究ノートの原稿枚数は10枚(刷り上がり3頁)以内とする。

ただし、編集委員会で認めた場合はこの限りではない。

また、原稿には通し番号を付ける。

(3) 文章及び文字

ア 文章は、ひらがな、常用漢字、現代仮名づかい、「である」調とし、できるだけ簡潔、平易に記述する。

イ 専門用語は、原則として文部省学術用語審議会編「学術用語集」による。略号または記号を用いるときは、最初に用いる箇所で正式の名称を記し、括弧内に略号や記号を示す。

ウ 本文中の物質名や術語などは学術用語集に基づいた名称を用い、分子式やアルファベット表記を用いることは避ける。外国の人名や会社名はアルファベット表記とするが、周知の術語になっているものはカタカナ書きとする。

エ 誤読、誤植のおそれのある文字、記号、字体は、黒鉛筆で原稿に適切な指示を書き入れる。

オ その他の文字、記号、物理量等の表記については、「日本食品科学工学会誌」投稿論文記載要領に準ずる。

(4) 図表及び写真

ア 図と表は最小限にとどめ、同一内容のものはいずれか一方とする。図は写真印刷に適した鮮明なものを作成し、タイトルは活字で入れる。

イ 写真は原則として白黒で印刷する。アート紙、またはカラー写真を希望する場合は編集委員会に申し出る。

(5) 文献

文献の記載法については、「日本食品科学工学会誌」投稿論文記載要領に準ずる。なお、引用文献は本文の最後に一括して番号順に列記し、本文中の該当人名または事項の右肩に上付き文字で¹⁾²⁾のように通し番号を付ける。

(6) 英文要旨

原稿は上下左右に余白をとり、ダブルスペースで、タイプまたはワープロにより印字する。語数は報文と技術報告は200語程度、研究ノートは100語程度とする。

(7) 英文の投稿論文記載要領は特に定めないが、上記和文論文の記載要領を参考に用紙の上下左右に余白をとり、ダブルスペースでタイプまたはワープロにより印字する。

なお、英文校閲は原則として著者の責任で行うものとする。

英文要旨には和文要旨を併せて記載する。

6 校正

著者校正は原則として再校までとする。校正の際の字句の書換え及び追加は認めない。校正は赤ペンを使用し、校正の約束ごとは原則として日本印刷学会の方式に従う。

7 体裁

(1) A 4判、本文2段組とする。

(2) 装丁、奥付、目次、題名、著者名、英文要旨、見出し等の体裁は、編集委員会で変更しない限り従前どおりとする。

論文の受付日および受理日を原稿欄外に記載する。

改正 平成21年5月28日

改正 平成21年12月28日

1 はじめに

この記載要領は投稿規程により、論文投稿に当たって原稿を執筆するさいの指針として作成したものである。執筆に当たっては投稿規程とともによく読んで、体裁の整った理解しやすい論文を作成するように努めていただきたい。

2 投稿論文

2.1 用紙は A 4 判とし、縦長に置き、上下左右に各 3 cm 程度の余白を設け、11 ポイント程度の字の大きさを 27 行 (＝702 字) を横書きする。

2.2 投稿論文の構成と提出部数

投稿論文の構成は、(1)原稿送状、(2)表紙、(3)英文要旨およびその和訳、(4)本文、(5)表、(6)図 (写真を含む)、(7)図 (写真を含む) の説明原稿とする。

提出部数は、3 部とする。

受付後、審査に入ってから訂正原稿の提出部数は正副 2 部でよい。

著者は投稿原稿の完全な控えを手元に保存する。なお審査の過程で変更があった場合は、それらの控えもすべて保存する。

3 原稿送状および原稿送付先

本要領の末尾に添付した様式にしたがって必要事項を記入して提出する。原稿は下記事務局あて送付する。

原稿送付先

〒305-8642

茨城県つくば市観音台 2-1-12

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

食品総合研究所内

社団法人日本食品科学工学会

TEL : 029-838-8116 FAX : 029-838-7153

4 表紙

4.1 表紙には **4.5** の例のように、和文で題名および著者名を書き、欄外見出し、題名、著者名、所属、キーワード (日本語)、脚注の順に書く。

4.2 欄外見出しは著者名 (姓のみ、2 名の場合は併記し、3 名以上の場合は「筆頭著者の姓・他」とする) に続いて、題名を **15 字** 以内にまとめて書く。なお、欄外見出しは会誌の表紙題名としても使用される。

4.3 共著者の所属が筆頭著者のそれと異なる場合は、3 つまでは順番に共著者の氏名の右肩に「*」「**」「***」を付け、4 つ以上の場合は *¹, *², *³, *⁴… とし所属 (著者の正式な所属機関名) と対応させる。内容に関する質疑、別刷り請求等のための連絡先代表者を指定する場合は、当該氏

名に「§」を付け (「*」等があればそれに続ける)、脚注と対応させる。

4.4 脚注には著者の所属機関の郵便番号と住所を書く。なお、連絡先代表者を指定した場合、「連絡先 (Corresponding author)」と書く (メールアドレスを付記してもよい)。

4.5 表紙記載例

(欄外見出し)

食品・他：麴菌および鶏卵の量と魚醤油の品質

醤油麴量と鶏卵添加量がイカおよびイワシ魚醤油の品質に及ぼす影響[†]

食品花子、深海潜太^{*}、水産勝尾^{*§}、

畜産育雄^{**}、農業宮子^{**}

独立行政法人機能食材研究所

* 太平洋大学農林水産学系

** 全国県農業畜産試験場

キーワード：5 語以内

…………… (脚注) ……………

〒929-0808 能登県いしる市薄口台 4-5-67

* 〒288-9999 西南県南総市黒潮岬 3-2-1

** 〒123-4567 全国県風見鶏市大豆が丘 5432-10

§ 連絡先 (Corresponding author), abcd@efg.hi.jk

5 英文要旨およびその和訳

5.1 英文要旨は報文および技術論文では、200 語程度とし、研究ノートおよび速報では 100 語程度とする。

5.2 下記 **5.4** の例のように、題名、次いで 3 行あけて著者名 (名、姓の順とし、先頭文字のみ大文字とする)、所属機関名および住所、所在地、次に 1 行あけて要旨本文を書く。

5.3 英文要旨には研究の目的、方法、結果および結論を述べる。キーワードを 5 語以内で付ける。

5.4 英文要旨記載例

Effects of Concentrations of "Shoyu Koji" and Egg on Quality of Fish Sauces of Squid and Sardine

Hanako Shokuhin, Senta Fukami*, Katsuo Suisan*[§], Ikuo Chikusan** and Eiko Nogyo**

National Functional Food Stuff Institute, 4-5-67 Usukuchidai, Ishiru, Noto 929-0808

*Institution of Agriculture, Forestry and Fisheries, Taiheiyou University, 3-2-1 Kuroshio-misaki, Nansou, Seinan 288-9999

**Zenkoku Prefectural Agricultural and Livestock Experiment Station, 5432-10 daizugaoka, kazamidori, Zenkoku 123-4567

Fish sauces were prepared, using Japanese squid and sardine caught in the sea near Oni-ga-shima island. The quality of fish sauces was studied by changing Shoyu Koji and Ukokkei-egg concentrations during fermentation.……

Keywords :

6 本文

6.1 本文の構成

6.1.1 報文および技術論文

構成区分は原則として緒言（記述に当たっては「緒言」という見出し字句は用いない）、実験方法、実験結果、考察（「実験結果および考察」としてもよい）、要約、謝辞（必要な場合）、文献とする。記述に当たっては、構成区分の見出し字句の前後は1行ずつあげ、見出し字句は行の中央に書く。

構成区分中の大見出し、中見出しおよび小見出しは、それぞれ1, 2, 3, ……、(1), (2), (3), ……、i), ii), iii), ……のように順次区別する。

中見出しまでは見出し字句をつけ、改行して文章を書き出す。小見出しは見出し字句をつけ、改行して文章を書くことを原則とするが、見出し字句のあとに「:」をつけて改行しないで文章を続けてもよい。見出し字句の最後にピリオドはつけない。

6.1.2 研究ノートおよび速報

構成区分見出しを必要とせず、緒言（記述に当たっては「緒言」という見出し字句は用いない）、大見出し以下の区別で記述する。大見出しの見出し字句は原則として、直接必要な事項の字句を見出しとする。要約は大見出しにより、文献のみは構成区分見出しとする。

6.2 原稿の書き方

6.2.1 文章および文字

文章は平易かつ簡潔な「である」調とする。英字、数字は原則として半角とする。

6.2.2 専門用語は原則として文部科学省学術用語審議会

編「学術用語集」による。略語又は記号を用いるときは、最初に用いる箇所で正式名称を書き、かっこ内に略語や記号を示す。

6.2.3 化合物名は原則としてIUPAC（国際純正応用化学連合）命名法に従い日本語で書く。

本文中では化学式を用いず、名称を用いて書く。長い化合物名の場合は、6.2.2に準じて略語を用いてもよい。また、化合物の名称として、一般に使用されるものを用いてもよい。

6.2.4 外国の人名、会社名などはアルファベット表記とする。ただし、例のように、周知の術語となっている人名はカタカナ書きでもよい。人名には敬称をつけない。

〔例〕 ケルダール分解法、ソモギー法、モール法、フェーリング液など

6.2.5 本文中に図、表を引用する場合、図、表が英文で書かれている場合はFig. 1, Table 1とし、和文で書かれている場合は図1, 表1とする。挿入位置を原稿用紙の右余白に Fig. 1, Table 1, 図1, 表1 のように指示する。

6.2.6 物理量の記号および使用上の規約は、なるべくIUPACの勧告に従う。付記1および「物理化学で用いられる量・単位・記号」(社)日本化学会標準化専門委員会監修、朽津耕三訳、(講談社サイエンティフィック、東京)(1991)、要約版は、化学と工業、42(3)、498-506(1989)。以下「IUPAC手引き」と略称)を参照する。

6.2.7 単位は付記2に準拠する。

6.2.8 動植物名は「文部科学省学術用語審議会編：学術用語集-動物編、植物編-大日本図書」「園芸学会編：園芸作物名編-養賢堂」などを参照し、カタカナ書きとする。学名は例1のように属（第1字目を大文字とする）、種、変種、垂変種の部分にイタリック書体とする。

〔例1〕 リンゴ→*Malus domestica* Borkh.

ウンシュウミカン→*Citrus unshiu* Marc.

動植物体の加工品は〔例2〕のように原則としてひらがなまたは漢字を用いる。

〔例2〕 コムギ→こむぎ粉、小麦粉

サケ→塩さけ

6.2.9 微生物の名称および用語については「日本細菌学会用語委員会編：最新版英和和英微生物学用語集（菜根出版、東京都千代田区平河町1-8-13 和田ビル）」などによる。また微生物の学名は、例のようにイタリック書体の印刷指定記号（付記5参照）をつける。

〔例〕 微生物の属名のみを記載する場合

Aspergillus sp.

属・種名を記載する場合

Aspergillus oryzae

亜種・変種などを記載する場合

Bacillus cereus var. *mycoides*

特定の菌株などを記載する場合

Escherichia coli K-12

6.2.10 酵素の分離精製、諸性質の解明および応用に関する論文では、対象酵素の酵素番号および系統名を必要箇所に記述する。酵素番号および系統名は国際生化学連合(I.U.B.)酵素委員会報告“Enzyme Nomenclature Recommendations (1984) of the Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry, Academic Press (1984)”に準拠する。

〔例1〕 グルコースイソメラーゼ (E.C. 5.3.1.5, D-Xylose ketol-isomerase)

論文で用いている酵素名が系統名と異なることから、酵素番号と系統名を記述する。

〔例2〕 トリプシン (E.C. 3.4.21.4)

論文で用いている酵素名が系統名と同一のため、酵素番号だけを記述する。

6.2.11 数および数式については、付記および **6.2.6** の「IUPAC 手引き」を参照する。

6.2.12 引用文献番号は本文中の該当箇所に必要なます目を取り、「¹⁾²⁾、^{2)~3)}」のように上付きで指示する。文献番号は引用順に通し番号とし、本文の最後に「文献」としてまとめて書く。文献の書き方は付記4に従う。引用する文献は直接参照したものに限る。

6.2.13 本文中の脚注は原則として用いないが、やむを得ない場合には本文中の項目の右肩に*、**を用い、例のように書く。

〔例〕

(本文) ○○○○○○*, ○○○○

脚 注	{	* ○○○○○○○○
		○○○○○
		○○○○○

(本文) ○○○○○○

6.2.14 印刷上の活字の指定が必要な場合は、付記5に準拠し黒鉛筆で指示する。

6.2.15 本文原稿は欄外にページをつける。

7 図、写真および表

7.1 図と表は最小限にとどめ、同一内容のものはいずれか一方とする。

7.2 図・写真と表は、A4サイズに原則ひとつずつとする。英文で図と表を作成する場合は、本文と独立して内容が理解できるような説明文を簡潔に書く。

7.3 図および写真

7.3.1 全ての図は、同一縮尺となるように調整し文字も印刷されたときを考慮し、大きさに気を付ける。印刷された文字の縦長が1.5 mm以下とならないようにする。グラフの縦軸の説明文字や物理量/単位は下方から上方へ向かって、横軸のそれは左から右へ横書きとする(ただし、

目盛の数字はこの限りでない)。

カラーの図の印刷料金は、付表1による。

7.3.2 写真は原図に準じ縮小して製版するので、A4判厚手の上質白紙を台紙にして貼りつける。デジタルデータの場合はA4判に出力する。写真印刷は原則として白黒写真とするが、原写真は白黒、カラーのいずれでもよい。カラー印刷を必要とする場合はカラー写真を用い、写真貼り付台紙左上に「カラー印刷」と記入する。原写真の右下隅には筆頭者の姓を記入する。

7.4 表

7.4.1 表は原則としてA4判を用いる。

7.4.2 表の題名は、表1又はTable 1として表の上部に、説明などの注記は下部に書く。英文の場合、表題および表中の語句は最初の文字を大文字とし、以下は小文字とする。

著者の筆頭者の姓を表の右下隅に黒鉛筆で記入する。

8 掲載料

掲載料は付表2による

9 別刷

別刷の希望部数は原稿送状に明記する。

別刷料金は付表3による。

10 その他

刷り上がり1頁は、本文の場合、702字詰め用紙3枚、図表原稿の場合、4枚に相当する。

著者校正は一度だけ行う。英文要旨および英文で書かれた図表については、英文校閲をすませているので、これに従う。

〔付記1〕 物理量とその記号

1.1 物理量の記号は、論文ごとに定義を明示してから用いる。記号はラテン文字又はギリシャ文字の1字(ただしpHは例外)とし、必要な場合に添字(ラテン文字、ギリシャ文字、アラビア数字、ローマ数字から選ぶ)、その他の記号をつけることができる。

1.2 物理量の記号は、イタリック体(斜体)で印刷するが、添字についてはそれ自体が物理量を表わすときはイタリック体とし、そうでない場合はローマン体(立体)とする。

1.3 物理量の値は、数値と単位の積である。物理量およびそれを表す記号は、特定の単位の採用を意味するものであってはいけない。(例:“長さを*l*とする”は正しいが、“cmで測った長さを*l*とする”は誤りである)

1.4 物理量の記号は6.2.6の「IUPAC手引き」の2章に記載されているものについては、できるだけこれに準拠する。記載されていない物理量の記号は、1.2の原則に従ってなるべく慣用されているものを用いる。

「IUPAC手引き」の2章から抜粋した記号を以下に示す。

(1) 空間と時間		
長さ	length	l
高さ	height	h
半径	radius	r
直径	diameter	d
面積	area	A, A_s, S
体積	volume	V
時間	time	t
速度	velocity	$v, u, w,$ c

(2) 力学		
質量	mass	m
密度	(mass) density	ρ
相対密度	relative density	d
力	force	F
圧力	pressure	p, P
重量	weight	G, W
運動エネルギー	kinetic energy	E_k, T, K
弾性率	modulus of elasticity	E
粘性率・粘度	viscosity	η, μ
(3) 一般化学		
要素粒子の数	number of entities	N
物質質量	amount of substance	n
モル質量	molar mass	M
相対分子質量	relative molar mass,	Mr
(分子量)	(molecular weight)	
相対原子質量	relative atomic mass,	Ar
(原子量)	(atomic weight)	
(溶質) B のモル濃度	amount (of substance)	
	concentration of B,	$c_B, [B]$
(略して B の濃度)	(concentration of B)	
解離度	degree of dissociation	α

(4) 熱力学		
熱	heat	q, Q
仕事	work	w, W
熱力学温度	thermodynamic temperature	T
熱容量	heat capacity	C_p, C_v
浸透圧	osmotic pressure	Π
(相対) 活量 (relative) activity		a
平衡定数	equilibrium constant	K

(5) 電気と磁気		
電荷	electric charge	Q
電流	electric current	I
電位	electric potential	V
電気容量	capacitance	C
誘電率	permittivity	ε
抵抗	resistance	R
抵抗率	resistivity	ρ

(6) 電磁放射		
波長	wavelength	λ
放射エネルギー	radiant energy	Q
透過率	transmittance, transmission factor	τ
吸光率	absorptance, absorption factor	α, R
吸光度 (常用対数) (decadic) absorbance		A
吸光係数, 吸収係数	absorption coefficient	ε
モル吸光係数 (常用対数) molar (decadic)	absorption coefficient	

〔付記 2〕 単位および単位記号の書き方

2.1 現在, 単位は国際的に SI (国際単位系を表す記号 (symbol)) であって, 略号ではないので, どの国語でも SI と書く) 単位に統一されつつあるが (参考文献 1) を参照, ここでは SI および慣用されている単位の主なものを記載した. 論文の作成に当たっては, ここに記載した単位を選んで使用する. なお, ここに記載してない特定の量を表す単位については, 著者が論文中に定義を明確に示してから用いる.

2.2 単位記号はローマン体 (立体) で印刷し, 複数を意味する場合でも形を変えてはいけぬ. 又, 文末にくるとき以外はピリオドをつけない.

〔例〕 5 cm とし, 5 cms, 5 cm., 5 cms. とはしない.

2.3 接頭語と単位記号の間にはスペースをおかない.

2.4 2つの単位の積を示すときはセンターピリオドをおく.

〔例〕 N・m とし Nm としない.

2.5 2つの単位の商はスラッシュ (/) 又は割算の横線 (—), あるいは⁻¹で示す. /は決して2回以上使用しない.

〔例〕 m/s, $\frac{m}{s}$, m·s⁻¹

J/(K·mol) または J·K⁻¹·mol⁻¹ とし, J/K/mol としない.

2.6 SI 接頭語

大きさ	接頭語	記号	大きさ	接頭語	記号
10 ⁻¹	デシ	d	10	デカ	da
10 ⁻²	センチ	c	10 ²	ヘクト	h
10 ⁻³	ミリ	m	10 ³	キロ	k
10 ⁻⁶	マイクロ	μ	10 ⁶	メガ	M
10 ⁻⁹	ナノ	n	10 ⁹	ギガ	G
10 ⁻¹²	ピコ	p	10 ¹²	テラ	T
10 ⁻¹⁵	フェムト	f	10 ¹⁵	ペタ	P
10 ⁻¹⁸	アット	a	10 ¹⁸	エクサ	E

2.7 単位と単位記号の表

表中の * 印は SI 基本単位を示し, ** は SI 組立単位で固有の名称と記号をもつものを示した.

(参考文献)

1) 国際単位系 (SI) - グローバル化社会の共通ルール - 日本語版国際文書第 7 版, 日本規格協会発行 (1998)

単位と単位記号の表

量	単位の名称 (SI 単位の定義)	単位記号			
長	さ	メートル (meter)*	m		
		マイクロメートル (micro meter)	μm		
		ナノメートル (nano meter)	nm		
面	積	平方メートル (square meter)	m^2		
		アール (are)	a		
		ヘクタール (hectare)	ha		
		(土地面積に限定)			
体	積	立方メートル (cubic meter)	m^3		
		リットル (liter), (dm^3)	l, L		
		キロリットル (kiloliter), (m^3)	kl, kL		
		ミリリットル (milliliter), (cm^3)	ml, mL		
		マイクロリットル (microliter), (mm^3)	μl , μL		
平	面	角	ラジアン (radian)**	rad	
			度 (degree)	°	
			分 (minute)	'	
			秒 (second)	"	
立	体	角	ステラジアン (steradian)**	sr	
			間	秒 (second)*	s
				分 (minute), (60s)	min
				時 (hour), (3600s)	h
				日 (day), (86400s)	d
周	波	数	ヘルツ (hertz)**, (s^{-1})	Hz	
			メガヘルツ (megahertz)	MHz	
回	転	数	回毎分 (revolutions per minute)	rpm	
			重	さ	キログラム (kilogram)*
グラム (gram)	g				
ミリグラム (milligram)	mg				
マイクログラム (microgram)	μg				
トン (ton), (Mg)	t				
物	質	量	モル (mole) *	mol	
			(g 分子, g 原子, g イオン, 「当量」などの語は SI 単位では廃止された)		
濃	度	・モル濃度 (molar concentration または molarity……1 L の溶液の中に含まれる溶質のモル数) (規定濃度 N は用いない)	mol/l, mol/L		
		・パーセント (percent) … (溶液中の 2 つの量の比) $\times 100$, を意味する. パーセントを使う時は, 次のように, 重量と重量の比か, 容量と容量の比かを明確にして用いる.	%		
		・重量パーセント	% (w/w)		
		・容量パーセント	% (v/v)		
		・(重量/容量) パーセント	% (w/v)		
		・(容量/重量) パーセント	% (v/w)		
		・溶液 100 g 当たりの溶質のミリグラム	mg/100 g		
		・溶液 100 mL 当たりの溶質のミリグラム (mg% は用いない)	mg/100ml, mg/100mL		
		・parts per million	ppm		
		・parts per billion	ppb		
・parts per trillion	ppt				
		(何の比率か明示する)			

量	単位の名称 (SI 単位の定義)	単位記号
力	ニュートン (newton)** , ($\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)	N
圧 力・応 力	パスカル (pascal)** , ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$)	Pa
粘 度	パスカル秒	Pa · s
エネルギー・	ジュール (joule)** , ($\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$)	J
熱 量	カロリー (calorie), (4.184 J) (栄養・代謝に限定)	cal
温 度	ケルビン (Kelvin)*	K
	摂氏 (Celsius), ($0^\circ\text{C} = 273.15\text{K}$)	$^\circ\text{C}$
電 流	アンペア (ampere)*	A
電荷・電気量	クーロン (coulomb), ($\text{s} \cdot \text{A}$)**	C
電位差, 電位, 起電力}	ボルト (volt), ($\text{J} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)**	V
静電容量	ファラド (farad), ($\text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{V}^{-1}$)**	F
電気抵抗	オーム (ohm), ($\text{V} \cdot \text{A}^{-1}$)**	Ω
工率, 放射束	ワット (watt)**	W
インダクタンス	ヘンリー (henry), ($\text{V} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}$)**	H
コンダクタンス	ジーメンズ (siemens), ($\text{A} \cdot \text{V}^{-1} = \Omega^{-1}$)**	S
光 度	カンデラ (candela)*	cd
光 束	ルーメン (lumen), ($\text{cd} \cdot \text{sr}$)**	lm
照 度	ルクス (lux), ($\text{m}^{-2} \cdot \text{cd} \cdot \text{sr}$)**	lx
光 の 波 長	マイクロメートル (micrometer)	μm
	ナノメートル (nanometer)	nm
放射能, 放射線	ベクレル (becquerel, 放射性核種の放射能)** , (s^{-1})	Bq
	グレイ (gray, 吸収線量)** , ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} (= \text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$)	Gy
	カウント毎分 (counts per minute)	cpm
	シーベルト (sievert ; 線量当量)**	Sv

【付記 3】 数と数式

3.1 小数点は 0.101 とし, . 101 とはしない。

3.2 けた数の区切りは 5 530 000 とし, 5,530.000 としない。

3.3 積は 101.325×10^8 とし $101.325 \cdot 10^8$ としない。

3.4 範囲を示す場合は $(1.0 \sim 1.5) \times 10^8$ 又は (25 ± 0.5) $^\circ\text{C}$ と書く。

3.5 数学的演算子 (d, Δ など) および数学的定数 (e, π , i など) は, ローマン体で印刷する。

3.6 商を表わす斜線 (/) を用いるとき, 混同を避けるためかっこを必要とする。

・ $a+b/c+d (=a+bc^{-1}+d$ と混同する) とせずに $(a+b) / (c+d)$ とする。

・ $(a/b) / c$ は $a/b/c$ としてはならない。

3.7 二重の添字になる書き方はできる限り避ける。

【付記 4】 引用文献の記載法

4.1 著者名

和文著者名は, 姓名共に書き, 英文著者名は姓を先にし, ついで first および middle name のイニシャルを書く。著者が複数の場合は, 各著者名の間に「,」を入れる。ただし,

英文の場合, 最後の名前の前は and のみを入れる。

4.2 論文題名

引用論文の題名を書く。

4.3 雑誌名

主な雑誌省略名を 4.9 に示した。これ以外の和文雑誌名は原則として略さない。欧文雑誌の省略名は原則として最近の Chemical Abstracts に従うこと。

本誌を引用する時は日食工誌, 第 42 巻以降は食科工とする。同じ雑誌が連続して引用される場合も“同上”, “ibid.” は用いないで繰返して書く。

4.4 巻数, 頁数, 発行年

巻数はゴシック体で書く。巻数を表記しない雑誌では, 巻数の位置に発行年を西暦で書く。頁数は引用論文の最初と最後の頁数を一で結んで書き, 次いで発行年を () で書く。

4.5 単行本の場合

著者名, 章のタイトル, 書名, 版数, 巻数, 編集者名, 出版社, 発行地, 頁数 (最初と最後), 発行年の順に書く。

4.6 特許の場合

特許権者または出願者名, 題名, 特許番号または公告番号, 年月日の順に書く。

4.7 学会講演要旨集等の場合

学会要旨等は原則として引用しない。やむを得ず引用する場合は、講演者名、題名、学会大会資料名、頁数（複数頁の場合は最初と最後の頁数をーで結ぶ）、開催地、開催年の順に書く。

4.8 文献記載例

- 1) 三ヶ日温子, 薩摩橙大, 温州みかんのカロチノイドに関する研究 (第2報) 近赤外線照射による温州ミカン果皮カロチノイドの変質, 食科工, **48**, 123-456 (2001).
- 2) Yoshida, K., Kirimura, O. and Danna, G., Change in the amount of SDS-insoluble membrane components by oxidants during breadmaking. *J. Food Sci. Technol. Res.*, **9**, 99-999 (2001).
- 3) 佐藤昌康, 味の知覚, 「味覚の生理学」, 第1版 (朝倉書店, 東京), pp. 1-22 (1991).
- 4) Mendel, D.S., Gene and chromosome. In "Introduction to quantitative genetics," 1st ed. (Ronald. Press. Co.), pp. 9-99 (1999).
- 5) 三井清司, 色素分析一般, 「植物色素-実験・研究への手引き」, 第2版, 林孝三編, (養賢堂, 東京), pp. 93-150 (1988).
- 6) Yokota, T., Brassinosteroids. In "Comprehensive natural products chemistry," Vol. 8, eds. Barton, D.H.R., Nakanishi, K. and Meth-Cohn, O. (Vol. ed., Mori, K.), Pergamon, pp. 99-107 (1999).
- 7) 藤山京司, 早乙女成弘, 上島輝光, 小谷悠久, 浸透圧の測定方法及び装置, 特許第2802344号 (2001. 1. 11).
- 8) 深海潜太, 食品花子, 水産勝尾, 畜産育雄, 東京湾雑魚の魚種および異なる醤油麹が魚醤油の品質と成分に及ぼす影響, 日本食品科学工学会第48回大会講演要旨集, p. 47, 香川 (2001).

4.9 雑誌略名表

日本栄養・食糧学会誌	薬学雑誌
園芸学会雑誌	日本化学会誌
生物工学会誌	日本農芸化学会誌
日本家政学会誌 (家政学雑誌)	日本細菌学雑誌
日本食品工業学会誌	日本作物学会記事
日本食品科学工学会誌	日本畜産学会報
日本水産学会誌	食品衛生学雑誌
日本醸造協会誌	日本調理科学会誌
日本応用糖質科学会	

その他の雑誌は原則として略さない

(例) ビタミン	缶詰時報
分析化学	高分子化学
調味科学	味噌の科学と技術
衛生化学	油化学

食品照射 生化学
化学と生物 食品衛生研究
蛋白質・核酸・酵素

以下の雑誌はボールド部分のみ残し省略とした後はピリオドを打ち, 他を略す.

Agricultural and Biological Chemistry
Analytical Biochemistry
Analytical Chemistry
Applied and Environmental Microbiology
Archives of Biochemistry and Biophysics
Bakers Digest
Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry
Biochemical and Biophysical Research Communications
The Biochemical Journal
Biochemistry
Biochimica et Biophysica Acta
Biotechnology and Bioengineering
Carbohydrate Research
Cereal Chemistry
European Journal of Biochemistry
FEBS Letters
Federation Proceedings
Food Science and Technology International, Tokyo
Food Science and Technology Research
Food Technology
Food Technology in Australia
HortScience
International Journal of Food Science and Technology
Journal of Agricultural and Food Chemistry
The Journal of Applied Bacteriology
Journal of Bacteriology
The Journal of Biochemistry
The Journal of Biological Chemistry
The Journal of Cell Biology
Journal of Chromatographic Science
Journal of Chromatography
Journal of Dairy Science
Journal of Fermentation and Bioengineering
Journal of Food Science
Journal of Food Technology
Journal of General Microbiology
Journal of Lipid Research
Journal of Molecular Biology
Journal of Nutrition
Journal of Stored Products Research
Journal of Texture Studies
Journal of the American Chemical Society

Journal of the American Oil Chemists Society

Journal of the American Society for Horticultural Science

Journal of the Association of Official Analytical Chemists

Journal of the Science of Food and Agriculture

Lipids

Nature

Phytochemistry

Plant and Cell Physiology

Plant Physiology

The Rice Journal

Science

Zeitschrift für Lebensmittel - Untersuchung und Forschung

〔付記5〕印刷上の活字の指示

5.1 原則

誤読や、英字で誤植のおそれがある場合には、原稿に黒鉛筆で適切な指示を加える必要がある。以下にその例を示す。

5.2 指示の例

空白は、□で指示する。

例：12.3□mA□s

書体は次のように指示する。

ローマン体スモールキャピタル 下に二重直線

例：Analytical → ANALYTICAL

ボールド体（太文字） 下に波線

例：Analytical → **Analytical**

分析化学 → 分析化学

イタリック体 下に直線

例：Analytical → *Analytical*

ボールドイタリック体 下に直線と波線

例：Analytical → ***Analytical***

ギリシャ文字は、上にギと書く。イタリック体のときは下に直線を引く。

例： $\overset{\text{ギ}}{\Sigma} = \overset{\text{ギ}}{\Sigma} \underset{\text{ギ}}{\nu}$

特別な理由のない限り、立体のギリシャ文字は次のものに限る。

$\Gamma, \Delta, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \mu, \Pi, \pi, \Sigma, \Omega$

添字は、上付きを \vee 、下付きを \wedge で示す。添字の前後関係を明瞭に示すよう注意しなければならない。

上付き又は下付き記号としては、原則として次のものを用いることができる。

マル
 $\cdot, \prime, \prime\prime, \infty, *$
 $+, -, \dagger, \ddagger, \Phi$
ダガー ダブルダガー プリムソル

付 表

付表1 カラー（原色版）印刷料金（円）

カラー印刷
1頁 80 000 円

（備考）

- ・2頁以上で表裏印刷とならない場合、追加1頁当たり 40 000 円
- ・表裏印刷となる場合は、1枚2頁で2×80 000 円

付表2 掲 載 料 (円)

頁 数	報文, 技術論文	研究ノート, 速報
2以下	5 000	5 000
3	5 000	17 000
4	5 000	29 000
5	5 000	41 000
6	17 000	*
7	29 000	
	*	

*以後1頁加えるごとに12 000 円を加算する

付表3 別刷価格表（抜粋） (円)

	50部（表紙なし）	100部（〃）	150部（〃）	200部（〃）
2頁	2 800	3 800	5 300	6 800
4頁	3 800	5 300	7 300	8 800
6頁	4 800	6 800	9 300	10 800
8頁	5 800	8 300	11 300	12 800
表紙付き加算	3 000	3 800	4 700	5 600

（注）一件につき手数料 800 円含む

カラー頁を含む別刷りの場合は、1部につき 40 円を加算する

付表4 英文校閲料（円）

1編	2 650
----	-------

**食品総合研究所研究報告
第75号**

平成23年3月 印刷 平成23年3月 発行
(非売品)

編集者 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
発行者 食品総合研究所

所長 林 清

(〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12)

印刷所 茨城県土浦市大畑565-2
筑波印刷情報サービスセンター協同組合

本誌より転載・複製をする場合は食品総合研究所の許可を得てください。