

# 食品総合研究所研究報告

REPORT OF NATIONAL FOOD RESEARCH INSTITUTE

# 78

平成26年 3 月  
March, 2014

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

NARO Food Research Institute (NFRI)

National Agriculture and Food Research Organization (NARO)

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）。

# 食品総合研究所研究報告

第 78 号

平成 26 年 3 月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

食品総合研究所

# 食品総合研究所研究報告

第 78 号

所長	大谷敏郎			
編集委員会				
委員長	矢部希見子			
委員	矢野裕之	稲津康弘		
	八卷幸二	逸見林		
	中村敏英	小		
	伊藤康博			
事務局	濱野保文			

REPORT OF NATIONAL FOOD RESEARCH INSTITUTE

No. 78

President and Director General

OHTANI Toshio

Editorial Board

Chairman YABE Kimiko

Members YANO Hiroyuki

INATSU Yasuhiro

YAMAKI Kohji

HEMMI Hikaru

NAKAMURA Toshihide

KOBAYASHI Isao

ITO Yasuhiro

Secretary HAMANO Yasufumi

**NARO Food Research Institute (NFRI)**

National Agriculture and Food Research Organization (NARO)

Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan

## 食品総合研究所報告（第78号）目次

### 報 文

- 穀物乾燥調製・貯蔵施設における玄米ベイトトラップによる貯穀害虫およびその天敵相の調査  
今村 太郎, 宮ノ下 明大, 古井 聡, 宮武 和史, 平井 佑佳, 田井 裕子, 中北 宏…………… 1

### 研究ノート

- Inulin Fructotransferase (DFA I-producing) from *Arthrobacter* sp. H10-2  
Kazutomo Haraguchi ……………11
- ワークショップを通じた食品関連事業者等の自主衛生管理手法に関する知識の向上  
川崎 晋, 持田 麻里, 大畑 由紀子, 齋藤 美枝, 野澤 博美, 稲津 康弘……………19
- 味噌に混入した糞便汚染指標菌の検出方法の検討  
細谷 幸恵, 大畑 由紀子, 川崎 晋, 稲津 康弘……………25
- モモ果実の繰り返し衝撃に対する易損性の部位別評価  
北澤 裕明, 清水 栄治, 長谷川 奈緒子, 五十部 誠一郎……………31
- クロラムフェニコール耐性遺伝子によるゲノム重複を活用した枯草菌育種法  
稲岡 隆史, 草房 克江, 本山 志織……………37
- 市販米粉の製パン性について  
與座 宏一, 松木 順子……………43

### 技術報告

- 精米粉末中のカドミウム及び必須無機元素の2008年度技能試験結果  
内藤 成弘, 門倉 雅史, 安井 明美……………47
- 貯穀害虫の画像による自動判別  
曲山 幸生, 七里 与子, 宮ノ下 明大, 今村 太郎, 古井 聡, 和田 有史, 増田 知尋, 石山 墨……………57
- 産地および収穫時期の違いがホウレンソウ・小松菜・トマト・キュウリの抗酸化能に及ぼす影響  
若木 学, 渡辺 純, 石川 (高野) 祐子……………65

### 国連大学生研究成果

- Development of Antimicrobial Film Based on Pectin-ZnO Bio-nanocomposites  
Nugraha Edhi Suyatma ……………73
- Study on acid resistance in *E.coli*  
Mahejibin Khan ……………74
- Inhibitory Effect of Chinese Fermented Soy paste and Catechin-rich Foodstuffs on Renin-angiotensin System  
Fengjuan LI……………75
- Optimization of one-pot enzymatic synthesis of inositol from maltoheptaose and dextrin through response surface methodology  
Miao Li-li ……………76
- FORMULATION AND CHARACTERIZATION OF MICRO/NANODISPERSIONS ENCAPSULATING FUNCTIONAL FOOD COMPONENTS  
Witcha Treesuwan ……………77

## 抄録

## 《企画管理部》

- Detection of Falsely Labeled Taro in Japan by Elemental Analysis:Improvement of Discrimination Ability Using a Sampling Plan  
Satoru NAKAMURA, Tadanao SUZUKI, Hiroshi HORITA and Akimasa NAKANO .....78
- A continuous-flow bubble column reactor for biodiesel production by non-catalytic transesterification  
Joelianingsih, H. Nabetani, Y. Sagara, A. H. Tambunan, K. Abdullah .....78
- Purification and concentration of Antioxidative dipeptides obtained from chicken extract and their application as functional food  
Hiroshi Nabetani, Shoji Hagiwara, Nobuya Yanai, Shigenobu Shiotani, Joosh Baljinnnyam and Mitsutoshi Nakajima ....79
- Chemical analysis and acetylcholinesterase inhibitory effect of anthocyanin-rich red leaf tea (cv. Sunrouge)  
Mari Maeda-Yamamoto, Takeshi Saito, Atsushi Nesumi, Yoshiko Tokuda, Kaori Ema, Daiki Honma, AKiko Ogino, Manami Monobe, Akira Murakami, Akira Murakami, Hirofumi Tachibana .....79
- 《食品機能研究領域》
- Delphinidin-3-O-galactoside protects mouse hepatocytes from (-)-epigallocatechin-3-gallate-induced cytotoxicity via up-regulation of heme oxygenase-1 and heat shock protein 70  
Hirofumi Inoue, Mari Maeda-Yamamoto, Atsushi Nesumi, Akira Murakami .....80
- 冷水抽出緑茶の飲用が緑茶常飲者の唾液中分泌型IgA量に与える効果に関する予備的検討  
物部真奈美, 江間かおり, 徳田 佳子, 山本 (前田) 万里 .....80
- Effects of anthocyanin-rich tea "Sunrouge" on dextran sodium sulfate-induced colitis in mice  
Satoko Akiyama, Atsushi Nesumi, Mari Maeda-Yamamoto, Mariko Uehara, Akira Murakami .....81
- Anti-allergic action of O-methylated EGCG in green tea cultivar Benifuuki  
Mari Maeda-Yamamoto, Hirofumi Tachibana .....81
- 緑茶冷水 (4℃) 浸出液のカテキン浸出特性及び茶期・品種の異なる緑茶冷水浸出液がマクロファージ様細胞の貪食能へ与える影響  
物部真奈美, 江間かおり, 徳田 佳子, 山本 (前田) 万里 .....82
- Elution behavior analysis of starch degrading enzymes during rice cooking with specific antibodies  
Mika Tsuyukubo, Tetsuya Ookura, Shinya Tsukui, Toshiaki Mitsui, Midori Kasai .....82
- Generation of Venus reporter knock-in mice revealed MAGI-2 expression patterns in adult mice  
Kan-ichiro Ihara, Tomoki Nishimura, Tomokazu Fukuda, Tetsuya Ookura, Katsuhiko Nishimori .....83
- Phenolic Antioxidants in Some Vigna Species of Legumes and their Distinct Inhibitory Effects on  $\alpha$ -Glucosidase and Pancreatic Lipase Activities  
Yadahally N. Sreerama, Yoko Takahashi, and Kohji Yamaki .....83
- 小豆子葉部の $\alpha$ -グルコシダーゼ活性およびGLP-1分泌に与える影響  
濱岡 直裕, 中川 良二, 比良 徹, 八巻 幸二 .....84
- DNA マイクロアレイ解析を活用した大豆の機能性評価  
高橋 陽子, 小西 智一 .....84
- Evaluation of a method to quantify quercetin aglycone in onion (*Allium cepa*) by single- and multi-laboratory validation studies  
Jun Watanabe, Jun Takebayashi, Yuko Takano-Ishikawa and Akemi Yasui .....85
- In vitro effect of lacto-N-biose I on the antigen-specific immune responses of naïve splenocytes  
Masao GOTO, Yuko TAKANO-ISHIKAWA, Mamoru NISHIMOTO, Motomitsu KITAOKA .....85

Hydrophilic antioxidant capacities of vegetables and fruits commonly consumed in Japan and estimated average daily intake of hydrophilic antioxidants from these foods Jun Takebayashi, Tomoyuki Oki, Jun Watanabe, Koji Yamasaki, Jianbin Chen, Maki Sato-Furukawa, Megumi Tsubota-Utsugi, Kyoko Taku, Kazuhisa Goto, Teruki Matsumoto and Yoshiko Ishimi	86
Hydrophilic antioxidant capacities and total phenol content of seasonal fruits of Bangladesh Mamun SI, Shaheen N, Basak Tukun A, Md Mohiduzzaman, Banu CP, Yuko Takano- Ishikawa	86
Antioxidant capacity and polyphenol content of the extracts from crops cultivated in Japan, and the effect of the cultivation environment Ichihō Konishide-Mikami, Shiro Murakami, Keijiro Nakanishi, Yumiko Takahashi, Minako Yamaguchi, Tetsuo Shioya, Jun Watanabe and Akihiro Hino	87
High glucose increases the expression of proinflammatory cytokines and secretion of TNF $\alpha$ and $\beta$ -hexosaminidase in human mast cells Nagai Kanji, Fukushima Tatsunobu, Oike Hideaki, Kobori Masuko	87
Phloridzin reduces blood glucose levels and alters hepatic gene expression in normal BALB/c mice Kobori Masuko, Masumoto Saeko, Akimoto Yukari, Oike Hideaki	88
Late-onset increases in oxidative stress and other tumorigenic activities and tumors with a Ha-ras mutation in the liver of adult male C3H mice gestationally exposed to arsenic. Nohara Keiko, Tateishi Yukiyo, Suzuki Takehiro, Kazuyuki Okamura, Murai Hikari, Takumi Shota, Maekawa Fumihiko, Nishimura Noriko, Kobori Masuko, Ito Takaaki	88
Effects of Rice bran Oil on the Intestinal Microbiota and Metabolism of Isoflavones in Adult Mice Motoi TAMURA, Sachiko HORI, Chigusa HOSHI and Hiroyuki NAKAGAWA	89
Effect of Dietary L-arabinose on the Intestinal Microbiota and Metabolism of Dietary Daidzein in Adult Mice Motoi TAMURA, Yukie KURUSU, Sachiko HORI	89
Apple Pectin Affects the Efficacy of Epigallocatechin gallate on Oral Sucrose Tolerance Test in Adult Mice. Motoi TAMURA, Sachiko Hori	89
Dish influences implicit gender-based food stereotypes among young Japanese adults Atsushi Kimura, Yuji Wada, Akio Asakawa, Tomohiro Masuda, Sho-ichi Goto, Ippeita Dan, Takashi Oka	90
Luminance distribution as a determinant for visual freshness perception: evidence from image analysis of a cabbage leaf Carlos Arce-Lopera, Tomohiro Masuda, Atsushi Kimura, Yuji Wada, Katsunori Okajima	90
Luminance distribution modifies the perceived freshness of strawberries Carlos Arce-Lopera, Tomohiro Masuda, Atsushi Kimura, Yuji Wada, Katsunori Okajima	91
Reaction time as an indicator of stimulus-response binding in affective judgment of visual stimuli ATSUSHI KIMURA, IPPEITA DAN, NOBUYUKI WATANABE, HIROSHI YAMADA, YUJI WADA	91
The influence of reputational concerns on purchase intention of fair-trade foods among young Japanese adults Atsushi Kimura, Naoki Mukawa, Mana Yamamoto, Tomohiro Masuda, Masahide Yuasa, Sho-ichi Goto, Takashi Oka, Yuji Wada	92
Petal saturation affects visible flower senescence in cut lilies Hiroko Mochizuki-Kawai, Sanae Kishimoto, Yuji Wada, Tomohiro Masuda, Kazuo Ichimura	92
Superiority of Experts Over Novices in Trueness and Precision of Concentration Estimation of Sodium Chloride Solutions Tomohiro Masuda, Yuji Wada, Masako Okamoto, Yasushi Kyutoku, Yui Yamaguchi, Atsushi Kimura, Tatsu Kobayakawa, Takayuki Kawai, Ippeita Dan, Fumiyo Hayakawa	93
実験動物を利用した甘味・うま味の苦味感低減効果の定量的解析 河合 崇行, 日下部裕子	93

The Effects of Individual Features on Change Detection Takuma MURAKOSHI, Masako HISA, Tomohiro MASUDA, Yuji WADA and Yoshihisa OSADA .....	94
Texture of sliced cucumbers measured by subjective human-bite and objective instrumental tests Kaoru KOHYAMA, Ai KATO-NAGATA, Hiromi SHIMADA, Yukari KAZAMI, Fumiyo HAYAKAWA .....	94
タピオカ澱粉配合麵の力学特性と若年者および高齢者による咀嚼特性 江口 智美, 吉村 美紀, 神山かおる .....	95
Mechanical and acoustic evaluation of potato chip crispness using a versatile texture analyzer Mitsuru TANIWAKI, Kaoru KOHYAMA .....	95
Fast Fourier transform analysis of sounds made while swallowing various foods Mitsuru TANIWAKI, Kaoru KOHYAMA .....	95
Classification of Japanese texture terms Fumiyo Hayakawa, Yukari Kazami, Katsuyoshi Nishinari, Kana Ioku, Sayuri Akuzawa, Yoshimasa Yamano, Yasumasa Baba and Kaoru Kohyama .....	96
Mechanical properties of softened foodstuffs processed by freeze-thaw infusion of macerating enzyme Sayaka NAKATSU, Kaoru KOHYAMA, Yayoi WATANABE, Kenya SHIBATA, Koji SAKAMOTO, Mitsuya SHIMODA .....	96
力学的特性の異なる食品の嚥下時舌運動の超音波画像解析 高 智紅, 谷脇 満, 島田 宏美, 石原 清香, 船見 孝博, 神山かおる .....	97
Compression test of food gels on artificial tongue and its comparison with human test Sayaka ISHIHARA, Satomi NAKAO, Makoto NAKAUMA, Takahiro FUNAMI, Kazuhiro HORI, Takahiro ONO, Kaoru KOHYAMA, Katsuyoshi NISHINARI .....	97
Characterization of waxy rice cakes (Mochi) with rapid hardening quality by instrumental and sensory methods Tomoko SASAKI, Fumiyo HAYAKAWA, Yasuhiro SUZUKI, Keitaro SUZUKI, Kazuyuki OKAMOTO and Kaoru KOHYAMA .....	98
Characterization of arenga starch in comparison with sago starch Dede R. ADAWIYAH, Tomoko SASAKI, Kaoru KOHYAMA .....	98
Acoustic analysis of the swallowing sounds of food with different physical properties using the cervical auscultation method Mitsuru TANIWAKI, Zhihong GAO, Katsuyoshi NISHINARI, Kaoru KOHYAMA .....	98
力学特性が異なる食品咀嚼中の筋電図と筋音図の比較 神山かおる, 高 智紅 .....	99
イチゴ果実の貯蔵中の品質を示す簡易な力学指標 神山かおる, 増田 知尋, 島田 宏美, 田中 敏江, 和田 有史 .....	99
《食品安全研究領域》	
Identification of 2-alkylcyclobutanones in nutmeg ( <i>Myristica fragrans</i> ) Susu Chen, Tomoaki Tsutsumi, Satoshi Takatsuki, Rieko Matsuda, Hiromi Kameya, Mitsutoshi Nakajima, Masakazu Furuta, Setsuko Todoriki .....	99
カシューナッツ中の2-アルキルシクロブタン類の同定 陳 蘇蘇, 堤 智昭, 高附 巧, 松田りえ子, 亀谷 宏美, 斉藤希巳江, 古田 雅一, 等々力節子 .....	100
Effect of $\gamma$ Irradiation on the Fatty Acid Composition of Soybean and Soybean Oil Ikuko Minami, Yoshimasa Nakamura, Setsuko Todoriki, Yoshiyuki Mmura .....	100

Molecular mechanisms of apoptosis induction by 2-dodecylcyclobutanone, a radiolytic product of palmitic acid, in human lymphoma U937 cells Da-Yong Yu, Qing-Li Zhao, Masakazu Furuta, Setsuko Todoriki, Keisuke Izumi, Kohji Yamakage, Kozo Matsumoto, Takaharu Nomura, Takashi Kondo .....	101
麦原料から麦茶浸出液への放射性セシウムの移行率 等々力節子, 亀谷 宏美, 内藤 成弘, 木村哲太郎, 根井 大介, 萩原 昌司, 柿原 芳輝, 美濃部彩子, 篠田 友希, 水野 亮子, 松倉 潮, 川本 伸一.....	101
中華麺の調理工程における放射性セシウムの動態解析 八戸 真弓, 内藤 成弘, 佐々木朋子, 明石 肇, 等々力節子, 松倉 潮, 川本 伸一, 濱松 潮香.....	102
Electron-spin relaxation phenomena in irradiated saccharides detected by pulsed electron paramagnetic resonance spectroscopy Kikuchi Masahiro, Kameya Hiromi, Shimoyama Yuhei, Ukai Mitsuko, Kobayashi Yasuhiko .....	102
澱粉-モノアシルジグリセロール系における加熱生成ラジカルの解析 伊藤 友美, 亀谷 宏美, 鶴飼 光子.....	103
An ESR study of radiation induced radicals in glucose polymers Hiromi Kameya, Mitsuko Ukai, Yuhei Shimoyama .....	103
Multiple free-radical scavenging capacity in serum Shigeru Oowada, Nobuyuki Endo, Hiromi Kameya, Masashi Shimmei, Yashige Kotake.....	104
Pulse-ESR と CW-ESR による照射黒コショウ中のラジカルの緩和時間解析 亀谷 宏美, 菊地 正博, 等々力節子, 古田 雅一, 小林 泰彦, 原 英之, 下山 雄平, 鶴飼 光子, .....	104
Opposite effects of two trichothecene mycotoxins, deoxynivalenol and nivalenol, on the levels of macrophage inflammatory protein (MIP)-1alpha and MIP-1beta in HL60 cells Hitoshi NAGASHIMA, Hiroyuki NAKAGAWA, Masayo KUSHIRO .....	105
Distribution of nivalenol in milling fractions of severely Fusarium-infected Japanese soft winter wheat grains Sharif Md. HOSSSEN, Megumi YOSHIDA, Hiroyuki NAKAGAWA, Hitoshi NAGASHIMA, Hirosi OKADOME, Takashi NAKAJIMA, Masayo KUSHIRO .....	105
製麺および調理における国産軟質小麦品種中マイコトキシン・デオキシニバレノールの濃度変化 久城 真代, タマウォン マナシカン, シャリフ Md. ホッセン, 小澤 徹, 吉田めぐみ, 中川 博之, 長嶋 等, 岡留 博司, 中島 隆, .....	106
The use of LC-Orbitrap MS for the detection of Fusarium masked mycotoxins: the case of type A trichothecenes Hiroyuki Nakagawa, Shigeru Sakamoto, Yuki Sago, Masayo Kushiro, Hitoshi Nagashima .....	106
Experimental infection of Fusarium proliferatum in Oryza sativa plants; fumonisin B1 production and survival rate in grains Masayo KUSHIRO, Hatsuo SAITOH, Yoshitsugu SUGIURA, Takayuki AOKI, Shinichi KAWAMOTO, Toyozo SATO .....	107
Effectiveness of gamma irradiation in the inactivation of histamine-producing bacteria Daisuke NEI, Susumu KAWASAKI, Yasuhiro INATSU, Kazutaka YAMAMOTO, Masataka SATOMI .....	107
Multiplex PCR detection of Salmonella spp., Listeria monocytogenes, Escherichia coli O157: H7, and Staphylococcus aureus in processed foods using [TA10] simultaneous growth broth Susumu KAWASAKI, Kaori KUSANO, Ritsuko ARAI, Toshihiro KOMEDA, Naoko KAMISAKI-HORIKOSHI AND Shinichi KAWAMOTO .....	108
Bacterial contamination in retail foods purchased in Thailand Chiraporn Ananchaipattana, Yukie Hosotani, Susumu Kawasaki, Sirikhae Pongsawat, Md Latiful Bari, Seiichirou Isobe, Yasuhiro Inatsu .....	108

Bacterial contamination of soybean curd (tofu) sold in Thailand Chiraporn Ananchaipattana, Yukie Hosotani, Susumu Kawasaki, Sirikhae Pongsawat, Md Latiful Bari, Seiichirou Isobe, Yasuhiro Inatsu .....	109
Prevalence of foodborne pathogens in retailed foods in Thailand Chiraporn Ananchaipattana, Yukie Hosotani, Susumu Kawasaki, Sirikhae Pongsawat, Md Latiful Bari, Seiichirou Isobe, Yasuhiro Inatsu .....	109
Prevalence of antibiotic resistant bacteria on Tomato surfaces and effectiveness of disinfectants in reducing the microbial load Fauzia Ahmed Rupa, Munawar Sultana, Yasuhiro Inatsu, Md. Latiful Bari and Md. Anwar Hossain .....	110
食品中の生菌数測定のための内部精度管理試験用試料の評価 細谷 幸恵, 川崎 晋, 根井 大介, 稲津 康弘.....	110
MPN-RealTime PCRによる市販鶏肉中の <i>Campylobacter jejuni</i> の定量と分布 川崎 晋, 細谷 幸恵, 根井 大介, 稲津 康弘, 川本 伸一.....	110
エタノールがヒラタチャタテ <i>Liposcelis bostrychophila</i> に及ぼす影響 木村 悟朗, 佐々木 雄, 宮ノ下明大, 谷川 力.....	111
水分がコクヌストモドキ <i>Tribolium castaneum</i> の越冬に及ぼす影響 今村 太郎, 宮ノ下明大.....	111
精米工程が異なるコメにおけるコクゾウムシの選択性と産卵選好性 古井 聡, 今村 太郎, 宮ノ下明大.....	111
《食品分析研究領域》	
Interaction between the heme and a G-quartet in a heme-DNA complex Kaori Saito, Hulin Tai, Hikaru Hemmi, Nagao Kobayashi, Yasuhiko Yamamoto .....	112
NMR structure and dynamics of the C-terminal domain of R-type lectin from the earthworm <i>Lumbricus terrestris</i> Hikaru Hemmi, Atsushi Kuno, Jun Hirabayashi .....	112
元素分析計 – 同位体比質量分析計による有機物標準試料の炭素・窒素・酸素安定同位体比分析の試験所間比較 鈴木彌生子, 力石 嘉人, 山田 桂大, 吉田 尚弘.....	113
炭素・窒素・酸素安定同位体比分析による国産（鳴門産・三陸産）・中国産および韓国産湯通し塩蔵ワカメの産地判別の可能性 鈴木彌生子, 國分 敦子, 絵面 智宏, 中山 和美.....	113
Characterization of Japanese polished rice by stable hydrogen isotope analysis of total fatty acids for tracing their regional origin Yaeko SUZUKI, Fumikazu AKAMATSU, Rumiko NAKASHITA, Takashi KORENAGA .....	114
塩尻市における牛舎周辺の捕獲ツキノワグマ ( <i>Ursus thibetanus</i> ) の食性解析 泉山 茂之, 中下留美子, 鈴木彌生子, 岸元 良輔, 瀧井 暁子, 林 秀剛.....	114
山ノ内町におけるツキノワグマ人身事故の検証 泉山 茂之, 岸元 良輔, 中下留美子, 鈴木彌生子, 後藤 光章, 林 秀剛.....	115
Identification of material cultivar of green tea infusions by simple sequence repeat markers Tomomi Ujihara, Nobuyuki Hayashi, Junichi Tanaka .....	115
Construction of supramolecular helical nanofibers using renewable biomaterials: self-assembly of a cytidylic acid-appended bolaamphiphile in lemon juice Rika Iwaura, Mayumi Ohnishi-Kameyama .....	116
Capsular Polysaccharide of <i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> , the Causative Agent of Swine Erysipelas, and Its Modification with Phosphorylcholine Fang Shi, Tomoyuki Harada, Yohsuke Ogawa, Hiroshi Ono, Mayumi Ohnishi-Kameyama, Toru Miyamoto, Masahiro Eguchi, Yoshihiro Shimoji .....	116

Effects of lipooligosaccharide inner core truncation on bile resistance and chick colonization by <i>Campylobacter jejuni</i> Taketoshi Iwata, Kazuhiro Chiku, Ken-ichi Amano, Masahiro Kusumoto, Mayumi Ohnishi-Kameyama, Hiroshi Ono, Masato Akiba .....	117
T2 distribution of boiled dry spaghetti measured by MRI and its internal structure observed by fluorescence microscopy. Yasuyo Sekiyama, Akemi K. Horigane, Hiroshi Ono, Kentaro Irie, Tatsuro Maeda, Mitsuru Yoshida .....	117
Monitoring of acrylamide concentrations in potato chips in Japan between 2006 and 2010 Yoshiki Tsukakoshi, Hiroshi Ono, Nobuyuki Kibune, Satoshi Isagawa, Kumiko Yamazaki, Masatoshi Watai, Mitsuru Yoshida .....	118
Creation of novel reveromycin derivatives by alcohol-added fermentation Toshihiko Nogawa, Shunji Takahashi, Yasuyo Sekiyama, Hiroshi Takagi, Masakazu Uramoto, Hiroyuki Koshino, Makoto Kawatani, Takeshi Shimizu and Hiroyuki Osada .....	118
The effect of metal cations on the nature of the first electronic transition of liquid water as studied by attenuated total reflection far-ultraviolet spectroscopy Takeyoshi Goto, Akifumi Ikehata, Yusuke Morisawa, Noboru Higashi, Yukihiro Ozaki .....	119
Development of a time-resolved attenuated total reflectance spectrometer in far-ultraviolet region Yusuke Morisawa, Noboru Higashi, Kyoko Takaba, Naomi Kariyama, Takeyoshi Goto, Akifumi Ikehata, Yukihiro Ozaki .....	119
Effects of lanthanoid cations on the first electronic transition of liquid water studied using attenuated total reflection far-ultraviolet spectroscopy: ligand field splitting of lanthanoid hydrates in aqueous solutions Takeyoshi Goto, Akifumi Ikehata, Yusuke Morisawa, Noboru Higashi, Yukihiro Ozaki .....	120
液体・固体用遠紫外分光法の開発とその分析化学への応用 森澤 勇介, 立花 慎, 泰永 愛佳, 光岡 基樹, 佐藤 春実, 池羽田晶文, 東 昇, 尾崎 幸洋.....	120
Feasibility of near infrared spectroscopy determination of haemoglobin-related blood levels of cattle: An in vitro study Akifumi Ikehata, Kunio Sashida, Shanji Park, Tsutomu Okura, Yutaka Terada.....	121
Near infrared observations on the hydrogen bonding water remaining in sesame seeds after roasting Eun-young Kim, Bo-yeon Kim, Hee-do Seo, Sung-wan Kim, Akifumi Ikehata, Masao Takayanagi, Sumio Kawano, Satoru Tsuchikawa, Rae-kwang Cho .....	121
Hydration states of poly (N-isopropylacrylamide) and poly (N,N-diethylacrylamide) and their monomer units in aqueous solutions with lower critical solution temperatures studied by infrared spectroscopy Chihiro Hashimoto, Akiyoshi Nagamoto, Takashi Maruyama, Naomi Kariyama, Yuma Irisa, Akifumi Ikehata, Yukihiro Ozaki .....	122
Inter-laboratory Study of an LC-MS/MS Method for Simultaneous Determination of Deoxynivalenol and Its Acetylated Derivatives, 3-Acetyl-deoxynivalenol and 15-Acetyl-deoxynivalenol in Wheat Tomoya Yoshinari, Toshitsugu Tanaka, Eiichi Ishikuro, Masakazu Horie, Toshihiro Nagayama, Masahiro Nakajima, Shigehiro Naito, Takahiro Ohnishi, Yoshiko Sugita-Konishi .....	122
精米粉末中のカドミウム及び必須無機元素の2007年度技能試験結果 内藤 成弘, 進藤久美子, 安井 明美.....	123
Comprehensive GMO detection using real-time PCR array: single-laboratory validation Junichi MANO, Mioko HARADA, Reona TAKABATAKE, Satoshi FURUI, Kazumi KITTA, Kosuke NAKAMURA, Hiroshi AKIYAMA, Reiko TESHIMA, Hiromichi NORITAKE, Shuko HATANO, Satoshi FUTO, Yasutaka MINEGISHI, Tayoshi IIZUKA .....	123
Development and validation of event-specific quantitative PCR method for genetically modified maize MIR604 Junichi MANO, Satoshi FURUI, Kaori TAKASIHMA, Tomohiro KOIWA, Satoshi FUTO, Yasutaka MINEGISHI, Hiroshi AKIYAMA, Reiko TESHIMA, Takeyo KURASHIMA, Reona TAKABATAKE, Kazumi KITTA .....	124

Quantification and identification of genetically modified maize events in non-identity preserved maize samples in 2009 using an individual kernel detection system Hiroshi AKIYAMA, Yasutaka MINEGISHI, Daiki MAKIYAMA, Junichi MANO, Kozue SAKATA, Kosuke NAKAMURA, Akio NOGUCHI, Reona TAKABATAKE, Satoshi FUTO, Kazunari KONDO, Kazumi KITTA, Yasuo KATO, Reiko TESHIMA .....	124
Application of a qualitative and quantitative real-time polymerase chain reaction method for detecting genetically modified papaya line 55-1 in papaya products Kosuke NAKAMURA, Hiroshi AKIYAMA, Yuki TAKAHASHI, Tomoko KOBAYASHI, Akio NOGUCHI, Kiyomi OHMORI, Masaki KASAHARA, Kazumi KITTA, Hiroyuki NAKAZAWA, Kazunari KONDO, Reiko TESHIMA .....	125
An endogenous reference gene of common and durum wheat for detection of genetically modified wheat Shinjiro IMAI, Keiko TANAKA, Yasuyuki NISHITSUJI, Yosuke KIKUCHI, Yasuyuki MATSUOKA, Shin-ichiro ARAMI, Megumi SATO, Hiroyuki HARAGUCHI, Youichi KURIMOTO, Junichi MANO, Satoshi FURUI, Kazumi KITTA .....	125
Development of methods to distinguish between durum/common wheat and common wheat in blended flour using PCR Yasuyuki MATSUOKA, Shin-ichiro ARAMI, Megumi SATO, Hiroyuki HARAGUCHI, Youichi KURIMOTO, Shinjiro IMAI, Keiko TANAKA, Junichi MANO, Satoshi FURUI, Kazumi KITTA .....	126
Development and interlaboratory validation of quantitative polymerase chain reaction method for screening analysis of genetically modified soybeans Reona TAKABATAKE, Mari ONISHI, Tomohiro KOIWA, Satoshi FUTO, Yasutaka MINEGISHI, Hiroshi AKIYAMA, Reiko TESHIMA, Takeyo KURASHIMA, Junichi MANO, Satoshi FURUI, Kazumi KITTA .....	126
Evaluation of extraction solutions for biochemical analyses of the proteins in rice grains Gang-hua LANG, Yukari KAGIYA, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA, Kazumi KITTA .....	127
Development and validation of event-specific quantitative PCR method for genetically modified maize LY038 Junichi MANO, Tomoko MASUBUCHI, Shuko HATANNO, Satoshi FUTO, Tomohiro KOIWA, Yasutaka MINEGISHI, Akio NOGUCHI, Kazunari KONDO, Hiroshi AKIYAMA, Reiko TESHIMA, Takeyo KURASHIMA, Reona TAKABATAKE, Kazumi KITTA .....	127
A DNA extraction and purification method using an ion-exchange resin type kit for the detection of genetically modified papaya in processed papaya products Kiyomi OHMORI, Kosuke NAKAMURA, Masaki KASAHARA, Reona TAKABATAKE, Kazumi KITTA, Teruhisa FUJIMAKI, Kazunari KONDO, Reiko TESHIMA, Hiroshi AKIYAMA .....	128
《食品素材科学研究領域》 Study of the formation of trans fatty acids in model oils (triacylglycerols) and edible oils during the heating process Wakako Tsuzuki .....	128
Inconsistencies in highly polar capillary gas chromatography column and necessity of column performance checks for trans fatty acid measurement Wakako Tsuzuki .....	129
Composition and Pepsin Digestibility of Proteins Extracted from Microground Particles in Cooked Bean Paste (Ann) Michiko Momma .....	129
製粉方法の異なる米粉におけるフェリノグラフを用いた吸水挙動の比較 細井 淳, 奥西 智哉 .....	129
米粉パン製造の適正加水量決定方法 奥西 智哉, 中村 健治, 宮本 守, 宮下 香苗 .....	130
少量試料による米粉生地膨化測定 奥西 智哉, 宮下 香苗, 大江翔太郎, 萬代 悠太, 増村 威宏, 黒田 昌治 .....	130

米粉パン中の米粉割合推定のための競合的PCR法の利用 岸根 雅宏・奥西 智哉	130
Improvement of the RT-CaCCO process for efficient glucose recovery from starch-rich whole-crop rice. Junko Matsuki, Riki Shiroma, Masakazu Ike, Ken Tokuyasu	131
Controlled preparation of cellulases with xylanolytic enzymes from <i>Trichoderma reesei</i> ( <i>Hypocrea jecorina</i> ) by continuous-feed cultivation using soluble sugars Masakazu Ike, Jeung-yil Park, Mine Tabuse, Ken Tokuyasu	131
Rapid analysis of transgenic rice straw using near-infrared spectroscopy Takefumi Hattori, Shinya Murakami, Mai Mukai, Tatsuhiko Yamada, Hirohiko Hirochika, Masakazu Ike, Ken Tokuyasu, Shiro Suzuki, Masahiro Sakamoto, Toshiaki Umezawa	132
Readily-milled fraction of wet sugarcane bagasse as an advanced feedstock for monosaccharide production via the RT-CaCCO process Riki Shiroma, Jeung-Yil Park, Mitsuhiro Arakane, Shoko Ishikawa, Yoshifumi Terajima, Masakazu Ike, Ken Tokuyasu	132
Sequential incubation of <i>Candida shehatae</i> and ethanol-tolerant yeast cells for efficient ethanol production from a mixture of glucose, xylose and cellobiose Di Guan, Yuan Li, Riki Shiroma, Masakazu Ike, Ken Tokuyasu	133
Heterologous expression of corn cystatin in soybean and effect on growth of the stink bug Masao ISHIMOTO, Masaharu KURODA, Koh-ichi YOZA, Keito NISHIZAWA, Masayoshi TERAISHI, Nobuo MIZUTANI, Kenji ITO, Seiichi MORIYA	133
Effect of mixed micellar lipids on carotenoid uptake by human intestinal Caco-2 cells Eiichi Kotake-Nara, Akihiko Nagao	134
《食品工学研究領域》 食品害虫サイトの長期間アクセス解析 曲山 幸生, 七里 与子, 宮ノ下明大, 今村 太郎, 古井 聡, 和田 有史, 増田 知尋	134
オニオンエキスの製造工程におけるフラボノイドとラジカル消去活性の変動 竹中真紀子, 永谷 幸善, 小野 裕嗣, 七山 和子, 五十部誠一郎	134
米粉の粒子径分布構成範囲が粉体特性および製パン性に与える影響 岡部 繭子, 岡留 博司, 奥座 宏一, 松木 順子, 奥西 智哉, 春日 重光	135
トウモロコシ澱粉の流動層造粒工程の解析－バイнда供給速度および噴霧圧が流動層含水率および顆粒の成長に及ぼす影響－ 五月女 格, 井上 孝司, 片桐 孝夫, 竹内 博一, 津田 升子, 竹中真紀子, 岡留 博司, 五十部誠一郎	135
Ultra-fine Pulverization of Rice: Effects on Hydration Properties and Enzymatic Hydrolysis Md. Sharif HOSSEN, Itaru SOTOME, Makiko TAKENAKA, Seiichiro ISOBE, Mitsutoshi NAKAJIMA, Naoto SHIMIZU and Hiroshi OKADOME	136
判別・定量のための蛍光指紋フィルタ設計法とその食品評価への適用 －ヨーグルトのリボフラビン含量推定を例に－ 蔦 瑞樹, 中内 茂樹, 西野 顕, 杉山 純一	136
Changes in the texture and viscoelastic properties of bread containing rice porridge during storage Chia-Ling Tsai, Junichi Sugiyama, Mario Shibata, Mito Kokawa, Kaori Fujita, Mizuki Tsuta, Hiroshi Nabetani, Tetsuya Araki	137
蛍光指紋を利用したコムギ中のカビ毒の非破壊簡易検出法の開発 藤田かおり, 杉山 純一, 蔦 瑞樹, 小澤 徹, 柴田真理朗, 吉村 正俊, 粉川 美踏, 久城 真代	137

攪拌処理による高アミロース米のゲル物性の変化 柴田真理朗, 杉山 純一, 藤田かおり, 葛 瑞樹, 吉村 正俊, 粉川 美踏, 荒木 徹也	138
蛍光指紋計測によるマンゴアの産地判別 中村結花子, 藤田かおり, 杉山 純一, 葛 瑞樹, 柴田真理朗, 吉村 正俊, 粉川 美踏, 鍋谷 浩志, 荒木 徹也	138
アミロース含量の異なる米粥のパンの物性へ及ぼす影響 柴田真理朗, 杉山 純一, 藤田かおり, 葛 瑞樹, 吉村 正俊, 粉川 美踏, 荒木 徹也	139
Non-destructive evaluation of ATP content and plate count on pork meat surface by fluorescence spectros Naomi Oto, Seiichi Oshita, Yoshio Makino, Yoshinori Kawagoe, Junichi Sugiyama, Masatoshi Yoshimura	139
Development of a Quantitative Visualization Technique for Gluten in Dough Using Fluorescence Fingerprint Imaging Mito Kokawa, Junichi Sugiyama, Mizuki Tsuta, Masatoshi Yoshimura, Kaori Fujita, Mario Shibata, Tetsuya Araki, Hiroshi Nabetani	139
Effect of sectioning and water on resin-embedded sections of corn starch granules to analyze inner structure Kazumi Tsukamoto, Toshio Ohtani, Shigeru Sugiyama	140
Core histone charge and linker histone H1 effects on the chromatin structure of <i>Schizosaccharomyces pombe</i> Eloise Prieto, Kohji Hizume, Toshiro Kobori, Shige. H. Yoshimura, Kunio Takeyasu	140
Evaluation of the life cycle of bioethanol produced from rice straws Poritosh Roy, Takahiro Oriksa, Ken Tokuyasu, Nobutaka Nakamura, Takeo Shiina	140
エコキャンパスの構築に向けた宮城大学太白キャンパスの通勤通学に伴うCO <sub>2</sub> 排出量の解析 折笠 貴寛, 山田 直史, 矢野 歳和, 田川 彰男, Poritosh ROY, 椎名 武夫	141
Ethylene production rate: A sensitive indicator for determining the occurrence of mechanical stress in tomato fruits Manasikan Thammawong, Hiroyuki Usuda, Daisuke Nei, Hitomi Umehara, Nobutaka Nakamura, Poritosh Roy, Takaaki Satake, Takeo Shiina	141
コマツナの乾燥への遠赤外線の利用 岡本慎太郎, 桑嶋 学史, 菰田 俊一, 齊藤順一郎, 矢野 歳和, 村松 良樹, 椎名 武夫, 田川 彰男, 折笠 貴寛	142
Life cycle inventory analysis of leafy vegetables grown in two types of plant factories Takeo Shiina, Daiki Hosokawa, Poritosh Roy, Nobutaka Nakamura, Manasikan Thammawong, Takahiro Oriksa	142
Investigation of sugar and oxalic acid contents in bamboo shoots during storage under modified atmosphere packaging (MAP) condition Manasikan Thammawong, Daisuke Nei, Poritosh Roy, Nobutaka Nakamura, Yuuichi Inoue, Hidenobu Hamachi, Shigeyuki Nonaka, Takeo Shiina	143
Microwave application for blanching and drying of cooking tomato Takahiro Oriksa, Yasumasa Ando, Takeo Shiina, Itaru Sotome, Seiichiro Isobe, Toshikazu Yano, Akio Tagawa	143
Evaluation of thermal inactivation of <i>Escherichia coli</i> using microelectrode ion flux measurements with osmotic stress Shige Koseki, Mark. L. Tamplin, John. P. Bowman, Tom. Ross and Tom. A. McMeekin	144
Alternative approach to modeling bacterial lag time, using logistic regression as a function of time, temperature, pH, and sodium chloride concentration Shige Koseki, Junko Nonaka	144
Alternative approaches to predicting microbial behaviour: A probabilistic modelling approach for microbial inactivation and a revised web-tool, the Microbial Responses Viewer Shige Koseki	144

The calmodulin-encoding gene BoCam1: A sensitive wound-responsive gene in cabbage Manasikan Thammawong, Ilmi Ganga Namali Hewajulige, Tomoko Kaneta, Nobutaka Nakamura, Yasuhiro Ito, Takeo Shiina .....	145
処理方法がマイクロバブル生成特性およびオゾンガス溶解速度に及ぼす影響 中村 宣貴, 梅原 仁美, 松山 成江, 川崎 保美, 大原 浩樹, 松本 均, タンマウオン・マナスイカン, 許 晴怡, 椎名 武夫.....	145
二酸化炭素マイクロバブルによるカシス飲料中のアントシアニンの安定化 川崎 保美, 大原 浩樹, 中村 宣貴, 許 晴怡, 松本 均, 鐘ヶ江 穰, 椎名 武夫.....	146
Vacuum drying characteristics of kiwifruit and analysis of drying shrinkage Takahiro Orikasa, Long Wu, Poritosh Roy, Yoshiki Muramatsu, Toshikazu Yano, Takeo Shiina, Akio Tagawa .....	146
蓄積疲労を考慮した青果物のための新たな損傷予測理論の構築 (第1報) 繰り返し衝撃によるイチゴの損傷発生 北澤 裕明, 佐藤 達雄, 長谷川奈緒子, 李 艶傑, 石川 豊.....	147
オウトウ輸出時に荷物が受ける衝撃力と緩衝効果 石川 豊, 北澤 裕明, 高橋 和博.....	147
Assessment and prediction of repetitive impact damage to apple fruit using pressure- sensitive film technique Fei Lu, Yutaka Ishikawa, Hiroaki Kitazawa, Takaaki Satake .....	148
Effects of Various Asparagus Production Methods on Rutin and Protodioscin Contents in Spears and Cladophylls Satoru Motoki, Hiroaki Kitazawa, Tomoo Maeda, Takashi Suzuki, Hideyuki Chiji, Eiji Nishihara, Yutaka Shinohara	148
Rapid Rutin Accumulation during Spear Elongation In Asparagus Satoru Motoki, Hiroaki Kitazawa, Tomonori Kawabata, Hiroaki Sakai, Ken-ichi Matsushima, Yasunori Hamauzu ...	149
航空便と船便による果実輸出中に発生する衝撃比較 石川 豊, 北澤 裕明, 今野 勉.....	149
Air Flow Visualization for Fresh Produce Packaging by CFD Analysis Hiroaki Kitazawa, Tatsuya Funaki, Mitsuhiro Nakao, Yasuhiko Ohshiro, Masahiro Hiruta, Yutaka Ishikawa .....	150
Improving the yield of the purple asparagus cultivar 'Purple Passion' by high density planting Satoru Motoki, Hiroaki Kitazawa, Tomoo Maeda .....	150
品種および収穫時期の違いが長期どり栽培されたアスパラガス ( <i>Asparagus officinalis</i> L.) の破断応力およびルチン 含量ならびにそれらの収穫後変化に及ぼす影響 元木 悟, 北澤 裕明, 酒井 浩晃, 松島 憲一, 濱渦 康範.....	151
Effect of High-oxygen Packaging Compared with Perforation-mediated Modified Atmosphere Packaging on the Qualities of Fresh Shiitake Mushrooms ( <i>Lentinus edodes</i> ) Yanjie Li, Yutaka Ishikawa, Hiroaki Kitazawa, Takaaki Satake.....	151
Microchannel emulsification using stainless-steel chips: oil droplet generation characteristics Isao Kobayashi, Yoshihiro Wada, Yuko Hori, Marcos A. Neves, Kunihiko Uemura, Mitsutoshi Nakajima .....	152
Influence of temperature on production of water-in-oil emulsions by microchannel emulsification Katerina Burton Fujju, Isao Kobayashi, Marcos A. Neves, Kunihiko Uemura, Mitsutoshi Nakajima .....	152
The influence of polysaccharide on the stability of protein stabilized oil-in-water emulsion prepared by microchannel emulsification technique Ai Mey Chuah, Takashi Kuroiwa, Isao Kobayashi, Mitsutoshi Nakajima .....	153
Influence of electrolyte concentration on microchannel oil-in-water emulsification using differently charged surfactants Isao Kobayashi, Yanru Zhang, Marcos A. Neves, Yuko Hori, Kunihiko Uemura, Mitsutoshi Nakajima .....	153

Nanotechnology for bioactives delivery systems Marcos A. Neves, Isao Kobayashi, Mitsutoshi Nakajima .....	153
Large microchannel emulsification device for mass production of uniformly sized droplets on a liter scale per hour Isao Kobayashi, Marcos A. Neves, Yoshihiro Wada, Kunihiko Uemura, Mitsutoshi Nakajima .....	154
Efficient preparation of giant vesicles as biomimetic compartment systems with high entrapment yields for biomacromolecules Takashi Kuroiwa, , Ryoji Fujita, Isao Kobayashi, Kunihiko Uemura, Mitsutoshi Nakajima, Seigo Sato, Peter Walde, Sosaku Ichikawa .....	154
Preparation and characterization of highly stable argan oil-in-water emulsions using microchannel emulsification Abdelilah El-Abbassi, Marcos A. Neves, Isao Kobayashi, Abdellatif Hafidi, Mitsutoshi Nakajima.....	155
Inactivation of <i>Lactobacillus brevis</i> in liquid egg white by radio-frequency flash heating Kunihiko Uemura, Chieko Takahashi, Isao kobayashi .....	155
Preparation and characterization of water-in-oil emulsions loaded with high concentration of L-ascorbic acid Nauman Khalid, Isao Kobayashi, Marcos A. Neves, Kunihiko Uemura, Mitsutoshi Nakajima .....	155
Cloning of inulin fructotransferase (DFAIII-producing) gene from <i>Arthrobacter</i> sp. L68-1 Kazutomo Haraguchi .....	156
《応用微生物研究領域》	
Ethanol production by repeated-batch simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of alkali-treated rice straw using immobilized <i>Saccharomyces cerevisiae</i> cells Itsuki WATANABE, Naoki MIYATA, Akira ANDO, Riki SHIROMA, Ken TOKUYASU AND Toshihide NAKAMURA .....	156
Identification of an acetate-tolerant strain of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> and characterization by gene expression analysis Yutaka HAITANI, Koichi TANAKA, Mami YAMAMOTO, Toshihide NAKAMURA, Akira ANDO, Jun OGAWA AND Jun SHIMA .....	156
Isolation of a novel strain of <i>Candida shehatae</i> for ethanol production at elevated temperature Ayumi TANIMURA, Toshihide NAKAMURA, Itsuki WATANABE, Jun OGAWA, AND Jun SHIMA .....	157
Overexpression of vacuolar H <sup>+</sup> -ATPase-related genes in bottom-fermenting yeast enhances ethanol tolerance and fermentation rates during high-gravity fermentation Sonoko HASEGAWA, Tomoo OGATA, Koichi TANAKA, Akira ANDO, Hiroshi TAKAGI AND Jun SHIMA.....	157
Structural elucidation of dextran degradation mechanism by <i>Streptococcus mutans</i> dextranase belonging to glycoside hydrolase family 66 Nobuhiro Suzuki, Young-Min Kim, , Zui Fujimoto, Mitsuru Momma, Masayuki Okuyama, Haruhide Mori, Kazumi Funane and Atsuo Kimura.....	158
Novel dextranase catalyzing cycloisomaltooligosaccharide-formation and identification of catalytic amino acids and their functions using chemical rescue approach Young-Min Kim, Yoshiaki Kiso, Tomoe Muraki, Min-Sun Kang, Hiroyuki Nakai, Wataru Saburi, Weeranuch Lang, Hee-Kwon Kang, Masayuki Okuyama, Haruhide Mori, Ryuichiro Suzuki, Kazumi Funane, Nobuhiro Suzuki, Mitsuru Momma, Zui Fujimoto, Tetsuya Oguma, Mikihiko Kobayashi, Doman Kim, and Atsuo Kimura .....	158
Biochemical characterization and analysis of catalytic Asp and Glu residues of a novel cycloisomaltooligosaccharide glucanotransferase from <i>Paenibacillus</i> sp. 598K Ryuichiro Suzuki, Kazue Terasawa, Keitarou Kimura, Zui Fujimoto, Mitsuru Momma, Mikihiko Kobayashi, Atsuo Kimura, Kazumi Funane .....	159
<i>Bacteroides thetaiotaomicron</i> VPI- 5482 glycoside hydrolase family 66 homolog catalyzes dextranolytic and cyclization reactions Young-Min Kim., Eiji Yamamoto, Min-Sun Kang, Hiroyuki Nakai, Wataru Saburi, Masayuki Okuyama, Haruhide Mori, Kazumi Funane, Mitsuru Momma, Zui Fujimoto, Mikihiko Kobayashi, Doman Kim and Atsuo Kimura .....	159

Dynamics of radioactive cesium ( $^{134}\text{Cs}$ and $^{137}\text{Cs}$ ) during the milling of contaminated Japanese wheat cultivars and during the cooking of udon noodle made from wheat flour KEITAROU KIMURA, HIROMI KAMEYA, DAISUKE NEI, YOSITERU KAKIHARA, SHOJI HAGIWARA, HIROSHI OKADOME, KATSUO TANJI, SETSUKO TODORIKI, USHIO MATSUKURA, SHINICHI KAWAMOTO .....	160
Production of lactic acid from xylose and wheat straw by <i>Rhizopus oryzae</i> Katsuichi SAITO, Yasuhiro HASA, Hideyuki ABE .....	160
Development of a rifampicin-resistant <i>Bacillus subtilis</i> strain for natto-fermentation showing enhanced exoenzyme production Yuji Kubo, Takashi Inaoka, Tsuyoshi Hachiya, Masayuki Miyake, Sumitaka Hase, Rikio Nakagawa, Kazumi Funane, Keitarou Kimura .....	161
Comparison of expression and enzymatic properties of <i>Aspergillus oryzae</i> lysine aminopeptidases ApsA and ApsB Junichiro Marui, Mayumi Matsushita-Morita, Sawaki Tada, Ryota Hattori, Satoshi Suzuki, Hitoshi Amano, Hiroki Ishida, Youhei Yamagata, Michio Takeuchi, Ken-Ichi Kusumoto .....	161
Serine-type carboxypeptidase KexA of <i>Aspergillus oryzae</i> has broader substrate specificity than <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Kex1 and is required for normal hyphal growth and conidiation Hirotu Morita, Sayako Tomita, Hiroshi Maeda, Ayako Okamoto, Yohei Yamagata, Ken-Ichi Kusumoto, Hitoshi Amano, Hiroki Ishida, Michio Takeuchi .....	162
<i>Aspergillus oryzae</i> 菌体内グルタチオンに対する環境ストレスの影響 服部 領太, 鈴木 聡, 楠本 憲一 .....	162
麹菌の分生子形成における光応答 鈴木 聡, 楠本 憲一 .....	162
Comprehensive gene expression analysis of type B trichothecenes Tadahiro Suzuki, Yumiko iwahashi .....	163
Regulation of metabolic products and gene expression in <i>Fusarium asiaticum</i> by agmatine addition. Suzuki Tadahiro, Kim Yon-gun, Yoshioka Hifumi and Iwahashi Yumiko .....	163
RNA preparation of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> using the digestion method may give misleading results Suzuki Tadahiro, Iwahashi Yumiko .....	163
《食品バイオテクノロジー研究領域》 Production of M-/GM-group aflatoxins catalyzed by the OrdA enzyme in aflatoxin biosynthesis Kimiko Yabe, Naomi Chihaya, Hidemi Hatabayashi, Masako Kito, Sachiko Hoshino, Hongmei Zeng, Jingjing Cai, Hiromitsu Nakajima .....	164
A glycosynthase derived from an inverting GH19 chitinase from the moss <i>Bryum coronatum</i> Takayuki Ohnuma, Tatsuya Fukuda, Satoshi Dozen, Yuji Honda, Motomitsu Kitaoka, Tamo Fukamizo .....	164
1, 3-1, 4- $\alpha$ -L-Fucosynthase that specifically introduces Lewis a/x antigens into type-1/2 chains Haruko Sakurama, Shinya Fushinobu, Masafumi Hidaka, Erina Yoshida, Yuji Honda, Hisashi Ashida, Motomitsu Kitaoka, Hidehiko Kumagai, Kenji Yamamoto, Takane Katayama .....	165
Identification of <i>Bacillus selenitireducens</i> MLS10 maltose phosphorylase possessing synthetic ability for branched $\alpha$ -D-glucosyl trisaccharides Takanori Nihira, Yuka Saito, Motomitsu Kitaoka, Ken'ichi Otsubo, Hiroyuki Nakai .....	165
Characterization of a laminaribiose phosphorylase from <i>Acholeplasma laidlawii</i> PG-8A and production of 1,3- $\beta$ -D-glucosyl disaccharides Takanori Nihira, Yuka Saito, Motomitsu Kitaoka, Mamoru Nishimoto, Ken'ichi Otsubo, Hiroyuki Nakai .....	166
In vitro comparative evaluation of the impact of lacto-N-biose I, a major building block of human milk oligosaccharides, on the fecal microbiota of formula-fed infants Takumi Satoh, Toshitaka Odamaki, Makiko Namura, Takashi Shimizu, Keiji Iwatsuki, Motomitsu Kitaoka, Mamoru Nishimoto, and Jin-zhong Xiao .....	166

Heterologous expression of a plant RelA-SpoT homologue results in increased stress tolerance in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> by accumulation of the bacterial alarmone ppGpp. Kozo Ochi, Tomoyasu Nishizawa, Takashi Inaoka, Akiyo Yamada, Kohsuke Hashimoto, Takeshi Hosaka, Susumu Okamoto, and Yoshihiro Ozeki .....	167
Undecaprenyl pyrophosphate involvement in susceptibility of <i>Bacillus subtilis</i> to rare earth elements Takashi Inaoka and Kozo Ochi .....	167
Identification of the actinorhodin monomer and its related compound from a deletion mutant of the actVA-ORF4 gene of <i>Streptomyces coelicolor</i> A3 (2) Takaaki TAGUCHI, Takayuki EBIHARA, Atsushi FURUKAWA, Yumiko HIDAKA, Ryuji ARIGA, Susumu OKAMOTO, Koji ICHINOSE .....	168
A Large-Scale Identification of Direct Targets of the Tomato MADS Box Transcription Factor RIPENING INHIBITOR Reveals the Regulation of Fruit Ripening Masaki Fujisawa, Toshitsugu Nakano, Yoko Shima, Yasuhiro Ito .....	168
Structural and biochemical characterization of glycoside hydrolase family 79 $\beta$ -glucuronidase from <i>Acidobacterium capsulatum</i> Mari Michikawa, Hitomi Ichinose, Mitsuru Momma, Peter Biely, Seino Jongkees, Makoto Yoshida, Toshihisa Kotake, Yoichi Tsumuraya, Stephen G. Withers, Zui Fujimoto and Satoshi Kaneko .....	169
Characterization of an endo-processive type xyloglucanase having $\beta$ -1, 4-glucan binding module and an endo-type xyloglucanase from <i>Streptomyces avermitilis</i> Hitomi Ichinose, Yuko Araki, Mari Michikawa, Koichi Harazono, Katsuro Yaoi, Shuichi Karita and Satoshi Kaneko .....	169
Molecular cloning and characterization of D-xylose isomerase from a novel actinobacteria, <i>Thermobifida fusca</i> MBL10003 Takafumi Kasumi, Sumiko Mori, Satoshi Kaneko and Yoshiyuki Koyama .....	170
Characterization of a $\alpha$ -L-rhamnosidase from <i>Streptomyces avermitilis</i> Hitomi Ichinose, Zui Fujimoto, Satoshi Kaneko .....	170
Ethanol production from high cellulose concentration by the basidiomycete fungus <i>Flammulina velutipes</i> Tomoko Maehara, Hitomi Ichinose, Takanori Furukawa, Wataru Ogasawara, Koji Takabatake, Satoshi Kaneko .....	170

付 録
-----

「食品総合研究所研究報告」の編集について .....	171
「日本食品科学工学会誌」投稿論文記載要項 .....	173

報 文

穀物乾燥調製・貯蔵施設における玄米ベイトトラップによる  
貯穀害虫およびその天敵相の調査

今村 太郎<sup>\*1§</sup>, 宮ノ下 明大<sup>\*1</sup>, 古井 聡<sup>\*1</sup>, 宮武 和史<sup>\*2</sup>,  
平井 佑佳<sup>\*2</sup>, 田井 裕子<sup>\*2</sup>, 中北 宏<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 農研機構 食品総合研究所

<sup>\*2</sup> 国際衛生株式会社 技術研究所

<sup>\*3</sup> つくば防虫協議会

**Investigation of stored-product insect pests and their natural enemies  
by traps baited with brown rice in grain drying and conditioning facilities  
and grain warehouses**

Taro Imamura<sup>\*1§</sup>, Akihiro Miyanoshita<sup>\*1</sup>, Satoshi Furui<sup>\*1</sup>, Kazushi Miyatake<sup>\*2</sup>,  
Yuka Hirai<sup>\*2</sup>, Yuko Tai<sup>\*2</sup>, Hiroshi Nakakita<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> National Food Research Institute, NARO, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 305-8642

<sup>\*2</sup> Technical Research Laboratory, Kokusaieisei Co., Ltd., 5-9-7 Tokodai, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 300-2635

<sup>\*3</sup> Tsukuba Association Of Insect Pest Control, 460-164 Kamihirooka, Tsukuba, Ibaraki, Japan, 305-0041

**Abstract**

Stored-product insect pests and their natural enemies were investigated by traps baited with brown rice in 5 grain drying and conditioning facilities and 2 low temperature grain warehouses located in the southwestern part of Ibaraki, Japan. Trapping periods were July 4–August 9 and August 9–September 6 in 2012. Ten coleopteran and 3 lepidopteran species of stored-product insect pests were collected by bait traps. Many individuals of *Anisopteromalus calandrae* (Howard) and *Lariophagus distinguendus* (Förster), which are parasitic wasps attacking larvae of the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky, were emerged from brown rice used for bait traps. At least one species of these two wasps was collected at all of the survey sites. Although adults of the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner) were found by visual observation at these survey sites, this moth was rarely collected by bait traps, and no parasitoid of this species was collected.

Keywords: 貯穀害虫, 天敵, ベイトトラップ, 穀類乾燥調製施設, 穀物貯蔵倉庫

§ 連絡先, taroi@affrc.go.jp

## 緒言

穀物貯蔵施設にはコクゾウムシ *Sitophilus zeamais* Motschulsky (コウチュウ目: オサゾウムシ科) を代表とする様々な貯穀害虫が生息している。害虫の防除法としては、化学薬剤の使用が安価で安定した効果が得られるが、食品への残留、環境破壊、抵抗性害虫の発達といったネガティブな側面から、特に貯穀害虫防除への利用は非常に難しくなりつつある<sup>1)</sup>。そのため、様々な代替手段が検討されており<sup>1)</sup>、将来的には従来からの防除法とこれらを生態学的に適切に組み合わせることで薬剤の使用を最少化する総合的害虫管理 (Integrated Pest Management, IPM) へと移行するものと考えられる。

IPMの実践のためにはモニタリングによって貯穀害虫相とその発生消長を把握することが必要である。穀物倉庫・食品工場などで昆虫を定期的に採集し、モニタリングするためにはトラップが用いられる。トラップにはフェロモンを誘引源に用いたフェロモントラップ、粘着板を利用した粘着トラップ、餌 (ベイト) を利用したベイトトラップなどがあるが、トラップの種類によって特性は異なり、目的に応じて使い分けが必要である。ベイトトラップでは餌を利用するために貯穀害虫に対象を絞ることができるが、種特異性は低く、様々な種類の貯穀害虫を採集することができる。

一方、天敵を利用した生物学的防除はIPMの重要な一要素である。貯穀害虫の天敵は世界中で報告されているが<sup>2)</sup>、実際に天敵を使用する際には、生態系のかく乱の懸念がある外来種の導入よりも在来天敵を利用する動きが活性化しており<sup>3)</sup>、国内での天敵の収集、天敵相の把握が求められている。天敵の中で寄生性のものは生きた寄主に寄生するため、トラップで寄生性天敵を採集しようとするれば貯穀害虫を生きたまま採集できることが必要である。茨城県南部の玄米貯蔵倉庫における貯穀害虫の季節変動の調査で、玄米を金網に入れたベイトトラップを用いることによってコクゾウムシと同時にコクゾウムシの寄生蜂も採集された<sup>4)</sup>。しかし、この研究は天敵に着目したものではないため、天敵の種構成、分布状況などは不明である。

玄米をベイトとしたトラップでは、穀物、特に玄米の倉庫などに生息する様々な貯穀害虫とその天敵をセットで採集できる可能性が高い。よって、茨城県南西部の米穀生産地帯に立地する穀類乾燥調製施設とそれに併設された穀物貯蔵倉庫に玄米をベイトとしたト

ラップを設置し、貯穀害虫とその天敵相の調査を行った。

## 材料と方法

電子レンジによる加熱で殺虫済みの玄米100 gを排水口用水切りネットに入れ、目開き4.5 mmの金網 (11 cm × 13 cm) に入れたものをベイトトラップとした (図1)。ベイトトラップは5箇所の穀類乾燥調製施設とそのうちの2箇所に併設された穀物貯蔵低温倉庫の計7箇所に設置した (表1)。トラップは穀類乾燥調製施設では施設入口扉の施設内側の横床面に設置した。穀物貯蔵低温倉庫は温度管理をしてある本庫と温度管理のない下屋で構成されている。穀物貯蔵低温倉庫ではトラップは本庫入口扉の下屋側の横床面に設

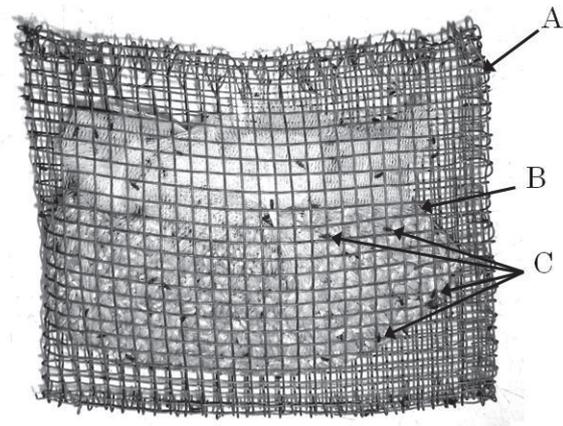


図1. 調査に用いた玄米ベイトトラップ。  
(A) 金網. (B) 排水口用水切りネットに入れた玄米.  
(C) 捕獲された昆虫(これらの箇所以外にも多数見られる).

表1. 調査地点

種類	面積 (m <sup>2</sup> )
A	穀類乾燥調製施設 1156m <sup>2</sup>
B-I	穀類乾燥調製施設 1257m <sup>2</sup>
B-II	穀類貯蔵低温倉庫 570m <sup>2</sup>
C	穀類乾燥調製施設 1904m <sup>2</sup>
D-I	穀類乾燥調製施設 1215m <sup>2</sup>
D-II	穀類貯蔵低温倉庫 993m <sup>2</sup>
E	穀類乾燥調製施設 1378m <sup>2</sup>

茨城県南西部の米穀生産地帯に位置する5箇所の穀類乾燥調製施設とそのうち2箇所に併設された穀類貯蔵低温倉庫。

B-IとB-II, D-IとD-IIはそれぞれ同一敷地内に併設されている。

置した。設置した期間は2012年7月4日から8月9日までと2012年8月9日から9月6日までであった。これらの期間はそれぞれ7月と8月にほぼ対応しているため、以下の文中ではそれぞれ7月期および8月期と記述する。トラップは捕獲された昆虫が逃げないように素早くナイロン袋に回収した。それらを研究室に持ち帰った後、ナイロン袋内にある昆虫を取り除いて同定し、個体数を調べた。取り除いた昆虫のうち、幼虫は調査時期、調査地点、種ごとに分けてプラスチック容器（直径5.8 cm × 高さ3.5 cm）に移し、10頭当たり5 gの玄米を与えて25℃、相対湿度70%、16L8Dの恒温恒湿室に置き、寄生性天敵の羽化を2ヶ月後まで毎日観察した。昆虫を取り除かれた玄米はプラスチック容器（直径10.8 cm × 高さ6.7 cm）に入れ、上記の恒温恒湿室に置き、毎日、羽化してくる昆虫を数えて取り除いた。これをトラップ回収日から34日後まで続けた。この期間はコクゾウムシの発育日数（25℃では最短で32日<sup>5)</sup>）と実際の羽化状況から決定した。

## 結果

### ベイトトラップから分離された昆虫

7月期の調査でベイトトラップに捕獲された昆虫種とその個体数を表2に示す。

コウチュウ目では、ヒメマルカツオブシムシ

*Anthrenus verbasci* (Linnaeus) (カツオブシムシ科)の幼虫が全ての調査地点から採集された。カツオブシムシ科では、他にチビケカツオブシムシ *Trinodes rufescens* Reitterの幼虫も3地点で採集された。オサゾウムシ科のコクゾウムシの成虫は5地点で採集された。コクヌストモドキ *Tribolium castaneum* (Herbst) (ゴミムシダマシ科)の幼虫は1地点、コメノケシキスイ *Carpophilus pilosellus* Motschulsky (ケシキスイ科)は3地点、ノコギリヒラタムシ *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus)の成虫は1地点で採集された。コメノケシキスイは採集できる場所ではまとまって採集される傾向にあり、D-IIで採集された91頭は7月期に設置したベイトトラップで採集された種の中で最多であった。

チョウ目ではメイガ科のノシメマダラメイガ *Plodia interpunctella* (Hübner)、スジマダラメイガ *Cadra cautella* (Walker)、イッテンコクガ *Paralipsa gularis* (Zeller)の幼虫がそれぞれ1地点で採集された。

ハチ目ではコガネコバチ科のゾウムシコガネコバチ *Anisopteromalus calandrae* (Howard)とコクゾウコバチ *Lariophagus distinguendus* (Förster)の成虫がそれぞれ1地点で採集された。ただし、これらの寄生蜂は発育が早い<sup>6-8)</sup>、これらの採集された成虫はベイトトラップ内の昆虫に寄生するために訪れた成虫ではなく、ベイトトラップ内で羽化した成虫である可能性が

表2. 7月期に設置した玄米ベイトトラップから分離した昆虫種とその個体数

目	種名	調査地点						
		A	B-I	B-II	C	D-I	D-II	E
コウチュウ目	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	5	2		46		42	2
	<i>Anthrenus verbasci</i> (Linnaeus)	7 (7)	1 (1)	1 (1)	19 (19)	20 (20)	6 (6)	18 (18)
	<i>Trinodes rufescens</i> Reitter	6 (6)	2 (2)			17 (17)		
	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)							10 (10)
	<i>Carpophilus pilosellus</i> Motschulsky			54 (54)		21 (16)	91 (71)	
チョウ目	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus)		2					
	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)							1 (1)
	<i>Cadra cautella</i> (Walker)			1 (1)				
シミ目	<i>Paralipsa gularis</i> (Zeller)		1 (1)					
	*		1					
咀嚼目	*	7					3	6
ハチ目	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)						13	
	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster)		2					

7月期：2012年7月4日～8月9日。

幼虫と成虫の総数で示した。括弧内は幼虫数。

\*種名不明。

ある。

8月期の調査でベイトトラップに捕獲された昆虫種とその個体数を表3に示す。

コウチュウ目ではコクゾウムシ成虫が全ての調査地点から採集された。特にD-IIでは1000頭を超える成虫が採集できた。ただし、8月は気温の高い期間であるため（つくば市の平均気温で27.3℃<sup>9)</sup>）、ベイトトラップ内で羽化した成虫が少数含まれている可能性がある。ヒメマルカツオブシムシ、チビケカツオブシムシはそれぞれ4地点と2地点で採集された。カツオブシムシ科では新たにヒメカツオブシムシ *Attagenus unicolor japonicus* (Reitter) の幼虫が2地点で採集された。ゴミムシダマシ科ではコクヌストモドキの他にコメノゴミムシダマシ *Tenebrio obscurus* Fabricius の幼虫が1地点で採集された。コメノケシキスイの幼虫は1地点で1個体のみが採集された。ヒラタムシ科のサビカクムネヒラタムシ *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens)

の幼虫が1地点で1頭採集された。ノコギリヒラタムシは4地点で採集された。コメツキモドキ科のヒメムクゲオオキノコ *Cryptophilus propinquus* Reitter が1地点で1頭採集された。

チョウ目では、イッテンコクガは1地点で1頭のみで採集であった。ノシメダラメイガとスジダラメイガは1地点のみでの採集ではあったものの、それぞれ66頭と10頭が採集された。

ハチ目では、コクゾウムシの寄生蜂のゾウムシコガネコバチとコクゾウコバチがそれぞれ4地点で採集された。ただし、これらはベイトトラップ内の昆虫に寄生するために訪れた成虫ではなく、ベイトトラップ内で羽化した成虫である可能性がある。

玄米回収時に分離した貯穀害虫の幼虫を25℃で飼育したが、いずれの調査期間でも寄生性天敵の羽化は見られなかった。

表3. 8月期に設置したベイトトラップから分離した昆虫種とその個体数

目	種名	調査地点						
		A	B-I	B-II	C	D-I	D-II	E
コウチュウ目	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	23	3	4	18	4	1006	30
	<i>Anthrenus verbasci</i> (Linnaeus)		1 (1)		6 (6)	14 (14)	1 (1)	
	<i>Trinodes rufescens</i> Reitter	1 (1)				7 (7)		
	<i>Attagenus unicolor japonicus</i> Reitter					2 (2)		6 (6)
	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	5 (4)					4 (4)	5 (3)
	<i>Tenebrio obscurus</i> Fabricius					1 (1)		
	<i>Carpophilus pilosellus</i> Motschulsky					1 (1)		
	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)		1 (1)					
	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus)	3	34 (26)			14 (8)	34 (4)	
	<i>Cryptophilus propinquus</i> Reitter	1						
チョウ目	*					1 (1)		
	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)		66 (66)					
	<i>Cadra cautella</i> (Walker)		10 (10)					
	<i>Paralipsa gularis</i> (Zeller)					1 (1)		
	*					1 (1)		
シミ目	*			2 (2)				
	*	1						
咀嚼目	*	39	1				148	3
トビムシ目	*			2				
ハチ目	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)	4				2	15	2
	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster)	4			7	1	6	

8月期：2012年8月9日～9月6日。

幼虫と成虫の総数で示した。括弧内は幼虫数。

\*種名不明。

### ベイトトラップに用いた玄米を34日間25℃で保存した際に羽化した昆虫

7月期に設置したベイトトラップに用いた玄米を34日間25℃で保存した際に羽化した昆虫種を表4に示す。ゾウムシコガネコバチとコクゾウコバチはそれぞれ2地点と4地点の玄米から羽化した。また、全ての調査地点の玄米からコクゾウムシ、ゾウムシコガネコバチ、コクゾウコバチのいずれかが羽化した。ゾウムシコガネコバチの平均発育期間は、アメリカ合衆国で得られた個体群がコクゾウムシ幼虫を寄主として発育した場合と日本で得られた個体群がアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus) (マメゾウムシ科) 幼虫を寄主として発育した場合で報告がある。前者では25℃で雄15.8日、雌16.8日<sup>8)</sup>、後者では24℃で雄22.0日、雌23.7日、26℃で雄18.4日、雌20.2日<sup>6)</sup>と示されている。また、コクゾウコバチの平均発育期間は韓国で得られた個体群がコクゾウムシ *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) 幼虫を寄主として発育した場合で報告があり、25℃では雄18.8日、雌20.0日<sup>7)</sup>と示されている。これらのことと実際の羽化状況から、トラップの回収から18日後までに羽化した成虫をトラップが回収された時点で既にコクゾウムシ幼虫に寄生していた第1世

代とし、それを括弧内に示した。34日間の保管期間中に寄生蜂の成虫がコクゾウムシの幼虫に産卵し、それが羽化してくるために総数には第2世代の成虫が含まれる。

8月期に設置したベイトトラップに用いた玄米を34日間25℃で保存した際に羽化した昆虫種を表5に示す。括弧内は表2同様、第1世代の寄生蜂の数である。コクゾウムシは全ての調査地点の玄米から羽化した。ゾウムシコガネコバチとコクゾウコバチはそれぞれ4地点の玄米から羽化した。D-IIの玄米からはコクゾウムシが1000頭以上、その寄生蜂のゾウムシコガネコバチも総数で1000頭以上が羽化した。

## 考 察

### 採集された貯穀害虫

約2ヶ月間、2回の調査で、様々な昆虫を採集できた。コウチュウ目ではコクゾウムシ、コクヌストモドキ、コメノケシキスイ、ノコギリヒラタムシは貯穀環境で一般的な貯穀害虫である<sup>10)</sup>。コクゾウムシはベイトトラップ回収時に多数が分離できただけでなく、ベイトトラップに用いた玄米を34日間25℃で保存した

表4. 7月期に設置したベイトトラップに使用した玄米を34日間25℃で保管した際に羽化した昆虫種とその個体数

目	種名	調査地点						
		A	B-I	B-II	C	D-I	D-II	E
コウチュウ目	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	10		12	218		3	8
ハチ目	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)		50 (24)				442 (338)	
	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster)		40 (22)	75 (42)		19 (11)	53 (34)	

7月期：2012年7月4日～8月9日。

括弧内は第1世代の数。

表5. 8月期に設置したベイトトラップに使用した玄米を34日間25℃で保管した際に羽化した昆虫種とその個体数

目	種名	調査地点						
		A	B-I	B-II	C	D-I	D-II	E
コウチュウ目	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	18	76	58	215	81	1339	270
ハチ目	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)	31 (31)				23 (12)	1150 (276)	37 (11)
	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster)	43 (23)			170 (73)	127 (56)	154 (86)	

8月期：2012年8月9日～9月6日。

括弧内は第1世代の数。

際にも多数が羽化した。コクゾウムシは茨城県南部の玄米貯蔵倉庫における調査で最多捕獲種であった<sup>4)</sup>。ヒメマルカツオブシムシは通常は衣類害虫として有名であるが<sup>11)</sup>、貯穀環境でも一般に見られる<sup>10)</sup>。チビケカツオブシムシは昆虫の脱皮殻などを食べるといわれているが<sup>12)</sup>、時に精米所などで大発生することがある(今村、未発表)。ヒメカツオブシムシも衣類害虫として有名であるが<sup>11)</sup>、貯穀環境でもしばしば発見される<sup>10)</sup>。コメノゴミムシダマシは貯蔵穀物自体から発見されることは稀であるが、貯穀環境では一般に見られる<sup>10)</sup>。サビカクムネヒラタムシはカクムネヒラタムシ類の貯穀害虫の中で、国内で最も発見が多い<sup>10)</sup>。ヒメムクゲオオキノコは国内の製粉工場などから発見されるが、生態はあまりよく知られていない<sup>10)</sup>。

チョウ目ではノシメマダラメイガは茨城県南部の玄米貯蔵倉庫での調査で、フェロモントラップに多数捕獲され<sup>4)</sup>、今回の調査中でもほぼ全ての施設内で、目視で成虫が確認できたが、ベイトトラップでは2回の調査でそれぞれ1地点で採集されただけであった。スジマダラメイガは近畿地方の農家、消費者家庭、製粉所、米穀配給所などを含めた調査で最も発見頻度が高かったという報告があるが<sup>13)</sup>、茨城県南部の玄米貯蔵倉庫での調査ではほとんど採集されなかった<sup>4)</sup>。イッテンコクガは茨城県南部の玄米貯蔵倉庫での調査でベイトトラップに幼虫が多数採集されたが<sup>4)</sup>、今回は1地点で幼虫1頭が採集されただけであった。

7月期よりも8月期の調査の方が採集された昆虫種数は多く、全体的な傾向として採集された個体数も多かった。7月より8月の方が平均気温が高く<sup>9)</sup>、昆虫の増殖率、活動性が高かったことが影響していると思われる。一方7月期の調査で大量に採集できたヒメマルカツオブシムシ、チビケカツオブシムシ、コメノキシスイは8月期の調査では採集された個体数が減少した。この理由は定かではないが、季節的に行動が変化する可能性がある。コクゾウムシは7月期の調査では5地点、8月期の調査では7地点で採集できた。また、全ての調査期間、全ての調査地点の玄米からコクゾウムシ、ゾウムシコガネコバチ、コクゾウコバチのいずれかが羽化したことから、全ての調査期間、全ての調査地点でベイトトラップに用いた玄米にコクゾウムシの産卵が行われたことになる。よって、コクゾウムシは茨城県南西部の穀類乾燥調製・貯蔵施設に広範に分布し、且つ、玄米ベイトトラップで存在を検知しやすい貯穀害虫とも言える。ガ類のノシメマダラメイガ、スジマダラメイガ、イッテンコクガはそれぞ

れの期間の調査でそれぞれ1地点ずつのみで採集できた。特にノシメマダラメイガはこのような施設で一般に見られるにも関わらず、採集できた頻度は低かった。よって、玄米ベイトトラップはガ類の調査にはあまり適していないと考えられる。イッテンコクガの場合、成虫は季節的発生をし、通常は5月上旬から6月上旬に羽化するため<sup>14)</sup>、今回の調査の期間と成虫の出現時期が一致せず、成虫がベイトトラップに産卵できなかったことも採集頻度が低かった理由と考えられる。今回、5箇所の穀類乾燥調製施設と2箇所の穀物貯蔵低温倉庫で調査を行ったが、施設の種類によって採集された昆虫に一定の傾向は見られなかった。

### 寄生蜂と寄生率

ゾウムシコガネコバチ、コクゾウコバチの2種の寄生蜂がトラップに捕獲され、またトラップに用いた玄米から羽化した。これら2種の寄生蜂はコクゾウムシ、アズキゾウムシなど、穀物・豆などの粒の内部で幼虫が発育する害虫の幼虫の単寄生の寄生性天敵である<sup>15)</sup>。ゾウムシコガネコバチは、アズキゾウムシの寄生蜂として1937年に得られ、長年、実験個体群生態学の材料として用いられてきたものが本種であると同定され<sup>16,17)</sup>、日本にも以前から生息していることが明らかになった。コクゾウコバチはコクゾウムシの寄生蜂として古くから知られている<sup>14)</sup>。両種とも茨城県南部の玄米貯蔵倉庫における調査で採集されている<sup>4)</sup>。

天敵としてコクゾウムシの寄生蜂2種がベイトトラップによって捕獲されたが、回収時点でベイトトラップにいた寄生蜂だけでなく、回収した玄米から羽化した寄生蜂を含めると、約2ヶ月の調査全体で、全ての調査地点で少なくとも1種の寄生蜂の採集ができた。よって、これらの寄生蜂が茨城県南西部の穀類乾燥調製施設、穀物貯蔵倉庫に広範に存在すること、その採集法として玄米ベイトトラップが有効であることが明らかになった。コクゾウムシ類の寄生蜂としてはコクゾウホソバチ *Theocolax elegans* (Westwood) (コガネコバチ科) も日本で古くから知られているが<sup>14)</sup>、採集されなかった。また、今回採集された他の貯穀害虫にも寄生する寄生蜂が知られている。例えば、メイガ科の蛾の幼虫にはシマメイガコマユバチ *Bracon hebetor* Say (コマユバチ科)、コクガヤドリチビアメバチ *Venturia canescens* (Gravenhorst) (ヒメバチ科) が寄生し、カツオブシムシ類にはキアシアリガタバチ *Laelius microneurus* (Kieffer) (アリガタバチ科) が寄生する<sup>18)</sup>。これらの寄生蜂が採集されなかった理由と

しては、これらが調査地点に分布していなかったこと  
の他に、玄米バイトトラップがこれらの寄生蜂自身の  
採集に適していなかったこと、寄主の採集頻度、採集  
個体数が少なく寄生蜂を効果的にトラップに誘引でき  
なかったこと、今回の調査の時期が寄生蜂の発生消長  
と合っていなかったことのいずれかもしくは複数が可  
能性として考えられる。

寄生蜂による寄生率は、正確には寄生された寄主の  
数を寄生に適した状態の寄主の数で割ることによって  
求められる。しかし、寄主が穀物の粒の内部で発育  
し、また、対照区も用意できないために寄主の数が把  
握できない場合、単寄生性の寄生蜂であれば以下の式  
で寄生率を簡易的に表すことができる<sup>19)</sup>。

$$\text{寄生率(\%)} = \frac{\text{羽化した寄生蜂の数}}{\text{羽化した寄生蜂の数} + \text{羽化した寄主の数}} \times 100$$

今回の調査で、回収した玄米の粒内にいた発育段階  
のククゾウムシを寄生に適した状態の寄主とし、回収  
された時点での寄生率を得るために第1世代の寄生蜂  
のみで寄生率を考えると、以下の式になる。

$$\text{寄生率(\%)} = \frac{\text{羽化した第1世代の寄生蜂の数}}{\text{羽化した寄生蜂の総数} + \text{羽化した寄主の数}} \times 100$$

この式により計算された寄生率を表6に示す。寄  
生蜂の羽化が見られた玄米では、7月期の調査では  
2種の寄生蜂合計で48.3-74.7%、8月期の調査では  
3.6-58.7%の寄生率であった。両方の寄生蜂の羽化は  
約2ヶ月間の調査で5回みられたが、そのうちD-Iに  
おける8月期の調査のみでククゾウコバチの方が寄生  
率が高かった。

寄生蜂による寄生が見られた場合での寄生率は7  
月期の調査では最低でも48.3%であり、8月期の調査  
では寄生率は低かったがそれでも最高で58.7%であっ  
た。約2ヶ月間の調査全体で全ての調査地点で少なく  
とも1種の寄生蜂が得られたこと、寄生が見られた場  
合の寄生率が調査時期によっては最低でも5割に近い  
場合があることから、自然状態でもこれらの寄生蜂に  
よってククゾウムシ個体群密度がある程度調整されて  
いることが明らかになった。吉田ら<sup>10)</sup>は岡山県の精米  
所でのククゾウムシ、コクゾウムシ、ゾウムシコガ  
ネコバチの季節的発生消長の調査で、寄生蜂が寄主の  
増殖に遅れて増え出すことから、恒常的な平衡個体群  
を利用した生物的防除は成り立たないと結論付けてい  
る。しかし、今回採集されたゾウムシコガネコバチ、  
ククゾウコバチは、寄生が成立した場合の寄生率は高  
かったため、寄主が大量増殖する前の段階で大量の寄  
生蜂を放飼したり、他の防除法と組み合わせたりする  
ことによって生物的防除資材として利用できる可能性  
がある。ゾウムシコガネコバチとククゾウコバチとで  
は、両者が共存した場合には前者の方が寄生率が高い  
ことが多く、採集された頻度は後者の方が多かった。  
両者が競争した場合にはゾウムシコガネコバチが優占  
するが<sup>20)</sup>、ククゾウコバチはゾウムシコガネコバチ  
よりも低温域に適応している<sup>21)</sup>という特性が茨城県南  
西部における両者の分布、両者が共存した場合の寄生  
率に影響している可能性がある。

## 今後の課題

貯穀環境には貯穀害虫の捕食性カメムシがいること  
が知られているが、本州で採集記録があるのはハナカ  
メムシ科のクロアシブトハナカメムシ *Xylocoris hiurai*

表6. 回収された玄米におけるククゾウムシ *Sitophilus zeamais* に対する第1世代の寄生蜂の寄生率 (%)

調査期間	寄生蜂の種	調査地点						
		A	B-I	B-II	C	D-I	D-II	E
2012年7月4日～8月9日	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)	-*	26.7	-	-	-	67.9	-
	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster)	-	24.4	48.3	-	57.9	6.8	-
	計	-	51.1	48.3	-	57.9	74.7	-
2012年8月9日～9月6日	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)	33.7	-	-	-	5.2	10.4	3.6
	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster)	25.0	-	-	19.0	24.2	3.3	-
	計	58.7	-	-	19.0	29.4	13.7	3.6

\*寄生蜂の羽化が見られなかったことを示す。

Kerzhner et Elovとクロセスジハナカメムシ *Dufouriellus ater* (Dufour) のみである<sup>22, 23)</sup>。クロアシトハナカメムシは採集された記録が少なく、クロセスジハナカメムシは2009年に初めて確認された移入種である。どちらも分布・発生状況は解明されておらず、今回の調査でも採集されなかった。また、ガ類の採集頻度は低く、その寄生蜂も採集できず、コクゾウムシ以外のコウチュウ類の寄生蜂も採集できなかった。茨城県南西部の穀物乾燥調製・貯蔵施設における貯穀害虫とその天敵相の解明のためには、より広範囲、長期間の調査を行うとともに、トラップの改良や他の採集法との併用が必要である。

## 謝 辞

ガ類の同定をしていただいた九州大学大学院の広渡俊哉博士、カツオブシムシ類の同定をしていただいた愛媛大学の北野峻伸博士、寄生蜂の同定をしていただいた農研機構北海道農業研究センターの小西和彦主任研究員、ヒメムクゲオオキノコの同定に関して貴重な助言をいただいた株式会社帝装化成の中山恒友氏に深謝の意を表す。

## 要 約

茨城県南西部の米穀生産地帯に立地する5箇所の穀類乾燥調製施設と2箇所の穀物貯蔵低温倉庫に玄米をベイトとしたトラップを設置し、貯穀害虫とその天敵相を調査した。設置した期間は2012年7月4日～8月9日と2012年8月9日～9月6日であった。ベイトトラップにより、コウチュウ目10種、チョウ目3種の貯穀害虫が採集された。コクゾウムシの幼虫の寄生蜂であるゾウムシコガネコバチ、コクゾウコバチが数多く採集され、全ての調査地点で少なくともどちらかの寄生蜂が採集できた。ノシメマダラメイガの成虫はこういった施設において目視で観察されるにも関わらず、ベイトトラップではあまり採集できず、その寄生蜂も採集できなかった。

## 引用文献

- 1) 中北 宏, 宮ノ下明大, 貯穀害虫防除のイノベーション技術, 家屋害虫, 25, 13-24, (2003)
- 2) Haines, C. P., Arthropod natural enemies in stored products—overlooked and under-exploited. In “Proc. 7th Int. Work. Conf. Stored-product Protection,” Zuxun, J., Quan, L., Yongsheng, L., Xianchang, T. and Lianghua, G. eds. (Sichuan Publishing House of Sci. & Tech., Chengdu, China), pp. 1205-1226, (1999)
- 3) 矢野栄二, 天敵 生態と利用技術, 東京, p.296, (2003)
- 4) 松阪 守, 石向 稔, 坂本新一郎, 宮ノ下明大, 今村 太郎, 中北 宏, 玄米貯蔵倉庫における貯穀害虫の季節的変動について, 家屋害虫, 31, 27-36, (2009)
- 5) Howe, R.W., The biology of the rice weevil, *Calandra oryzae* (L.). *Ann. Appl. Biol.*, 39, 168-180, (1952)
- 6) 内田俊郎, 長澤純夫, アズキゾウムシの寄生蜂 *Neocatolaccus mamezophagus* Ishii et Nagasawa の発育日数と成虫生存日数, 昆虫, 17, 7-21, (1949)
- 7) Ryoo, M.I., Hong, Y.S. and Yoo, C.K., Relationship between temperature and development of *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera: Pteromalidae), an ectoparasitoid of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.*, 84, 825-829, (1991)
- 8) Smith, L., Effect of temperature on life history characteristics of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing the maize weevil larvae in corn kernels. *Environ. Entomol.*, 21, 877-887, (1992)
- 9) 気象庁, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html> (引用日2013年10月3日)
- 10) 吉田敏治, 渡辺 直, 尊田望之, 図説 貯蔵食品の害虫, 全国農村教育協会, 東京, p.268, (1989)
- 11) 安富和男, 梅谷猷二, 原色図鑑 衛生害虫と衣食住の害虫, 全国農村教育協会, 東京, p.310, (1983)
- 12) 田中和夫, カツオブシムシ, 「家屋害虫辞典」, 日本家屋害虫学会編 (井上書院, 東京), pp.231-242, (1995)
- 13) 桐谷圭治, 貯穀害虫の種類構成の調査 II. 貯穀の種類と害虫の種類相, 日本応用動物昆虫学会誌, 1, 8-14, (1957)
- 14) 高橋 奨, 米穀の害虫と駆除予防, 明文堂, 東京, p.202, (1931)
- 15) Hayashi, T., Nakamura, S., Visarathanonth, P., Uraichuen, J. and Kengkanpanich, R., Stored rice insect pests and their natural enemies in Thailand. JIRCAS International Agricultural Series No.13., Funny Publishing Co. Ltd., Bangkok, p.79, (2004)
- 16) 立川哲三郎, ゾウムシコガネコバチの学名について

- て, 日本応用動物昆虫学会誌, **10**, 99, (1966)
- 17) 内田俊郎, 動物個体群の生態学, 京都大学学術出版会, 京都, p.309, (1998)
- 18) 奥谷禎一, 屋内でみられる膜翅目昆虫, 家屋害虫, **35**, 36, 65-68, (1988)
- 19) Arbogast, R.T. and Mullen, M.A., Interaction of maize weevil (Coleoptera: Curculionidae) and parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) in a small bulk of stored corn. *J. Econ. Entomol.*, **83**, 2462-2468, (1990)
- 20) Ryoo, M.I., Yoon, T.J. and Shin, S.S., Intra- and interspecific competition among two parasitoids of the rice weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Environ. Entomol.*, **25**, 1101-1108, (1996)
- 21) Imamura, T., Uraichuen, J., Visarathanonth, P., Morimoto, S. and Miyanoshita, A., Effect of temperature on development of *Theocolax elegans* (Westwood) (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing larvae of the maize weevil *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in brown rice. *Appl. Entomol. Zool.*, **39**, 497-503, (2004)
- 22) 安永智秀, 高井幹夫, 中谷至伸, 日本原色カメムシ図鑑第2巻, 全国農村教育協会, 東京, p.350, (2001)
- 23) 山田量崇, 中山恒友, 日本への侵入が初めて確認された貯穀害虫の天敵クロセスジハナカメムシ *Dufouriellus ater* (Dufour), 日本応用動物昆虫学会誌, **57**, 185-189, (2013)

## 研究ノート

**Inulin Fructotransferase (DFA I-producing) from *Arthrobacter* sp. H10-2**Kazutomo Haraguchi<sup>§</sup>

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

**Abstract**

This manuscript reports the purification and characterization of an inulin fructotransferase (DFA I-producing) [EC 4.2.2.17] from *Arthrobacter* sp. H10-2. The enzyme was purified 35.6-fold from the culture supernatant of the microorganism with a 17.3 % yield. The enzyme exhibited maximal activity at pH 5.5 and 40 °C; however, activity began to decrease after it was exposed to extreme conditions (*i.e.*, 75 °C for 30 min). Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and gel filtration chromatography were used to estimate the molecular mass of the enzyme, which was determined as 45 kDa and 46 kDa, respectively. Therefore, it was predicted to be a monomer. Furthermore, we observed the production of the minor products of the enzyme reaction, GF<sub>3</sub> (nystose) and GF<sub>4</sub> (fructofuranosyl nystose).

Key words: *Arthrobacter*, difructose dianhydride I (DFA I), inulin, enzyme

**Introduction**

Inulin is a polysaccharide found in chicory, dahlia, Jerusalem artichoke, and other plants. Its chemical structure is a  $\beta$ -2, 1-linked fructose polymer terminated by a sucrose residue. Inulinase [EC 3.2.1.7], which catalyzes the hydrolysis of inulin, is expressed in molds and yeasts. Following the discovery of inulinase, a new inulin-decomposing enzyme was discovered in *Arthrobacter ureafaciens*<sup>1)</sup>. The enzyme converts inulin into a di-D-fructofuranose 1, 2': 2, 3' dianhydride (DFA III) oligosaccharide with additional oligosaccharide minor products formed. This enzyme was designated as inulin fructotransferase (DFA III-producing) [EC 4.2.2.18]. Subsequently, there have been several reports on the presence of inulin fructotransferase (DFA III-producing) in *Arthrobacter* species<sup>2)-5)</sup>, and Kang *et al.*<sup>6)</sup> reported that the enzyme is found in *Bacillus* sp. snu-7. We have reported that

the enzyme is also found in *Leifsonia* sp.<sup>7)</sup> T88-4.

We subsequently identified another type of inulin decomposing enzyme from *Arthrobacter globiformis* S14-3<sup>8)</sup>. This enzyme converts inulin into di-D-fructofuranos 1, 2': 2, 1' dianhydride (DFA I) and a small amount of other oligosaccharides [EC 4.2.2.17]. The oligosaccharide DFA I exhibits half the sweetness of sucrose, and has potential as a new type of low-calorie sweetener, although the actual calorie count is not currently known. There are a few reports on inulin fructotransferase (DFA I-producing) from *Arthrobacter* species<sup>9)-11)</sup>, and Kushibe *et al.* purified the enzyme from *Streptomyces* sp. MCI-2524<sup>12)</sup>.

Recently, we isolated a microorganism (strain H10-2) that produced an inulin fructotransferase (DFA I-producing). Through taxonomic analysis, this microorganism was identified as *Arthrobacter* sp. H10-2. In this paper, we describe the purification and properties of inulin fructotransferase (DFA I-producing) from this microorganism.

<sup>§</sup> Corresponding author: Kazutomo Haraguchi. Fax: +81 - 029 - 838 - 7996  
e-mail: haraguti@affrc.go.jp

## Materials and Methods

### Microorganism and identification

The *Arthrobacter* H10-2 strain was isolated from a soil sample collected in Aomori prefecture (Hirosaki city). Genomic DNA extraction, ribosomal DNA amplification, and DNA sequencing were performed by TechnoSuruga Laboratory Co. Ltd., Shizuoka, Japan. DNA sequencing was performed using an ABI PRISM 3130xl genetic analyzer system (Applied Biosystems, Co. Ltd.; USA).

### Cultivation of the microorganism

To prepare a starter culture, the microorganism (strain H10-2) was inoculated into 100 mL of medium (composed of 0.4 % (w/v)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , 0.1 % (w/v)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0.1 % (w/v)  $\text{NaNO}_3$ , 0.05 % (w/v)  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.001 % (w/v)  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 0.001 % (w/v)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.05 % (w/v) yeast extract (Difco), and 0.3 % (w/v) inulin, pH 7.0) in a 500-mL shaking flask.

The culture was incubated at 30 °C for 24 h with reciprocal shaking (120 rpm). The starter culture was inoculated in a 5-L Erlenmeyer flask containing 1 L of the same medium and incubated at 30 °C for 24 h with rotary shaking (120 rpm). After cultivation, the cells were removed by centrifugation (8000 × *g*, 30 min) and the supernatant was used as a crude enzyme solution.

### Standard assay method

To measure the enzyme activity, 0.1 M citrate buffer, pH 5.5 (0.5 mL), the enzyme solution (0.2 mL), water (0.3 mL), and 2 % inulin (1.0 mL) were mixed. The enzyme reaction was performed at 40 °C for 30 min, and the reaction was stopped by heating at 100 °C for 7 min. The DFA I produced in the reaction was detected by high-performance liquid chromatography (HPLC; column, Shim-pack CLC ODS, 6.0 mm × 15 cm; Shimadzu Co. Ltd.; mobile phase, water; detector, refractive index detector). One unit of the enzyme was defined as the amount of the enzyme that could produce 1 μmol DFA I per minute at 40 °C and pH 5.5. The protein concentrations were determined by employing the method of Lowry *et al*<sup>13)</sup>.

### Purification of enzyme

The crude enzyme solution was dialyzed against 10

mM Tris-HCl buffer, pH 8.5. The dialyzed solution was applied to a column of DEAE-Toyopearl 650M (2.5 × 20 cm; Tosoh Co. Ltd.; Japan) equilibrated with 10 mM Tris-HCl buffer, pH 8.5. The elution was performed with a linear 0 to 0.5 M NaCl gradient in the same buffer. The fractions exhibiting enzymatic activity were pooled and dialyzed against 10 mM Tris-HCl buffer, pH 8.0, containing ammonium sulfate (100 g/L). The dialyzed enzyme solution was applied to a column of Butyl-Toyopearl 650M (1.5 × 12 cm; Tosoh Co. Ltd.) equilibrated with 10 mM Tris-HCl buffer, pH 8.0, containing ammonium sulfate (100 g/L). The elution was performed with a linear 100 to 0 g/L ammonium sulfate gradient in the same buffer. The fractions exhibiting enzyme activity were pooled and dialyzed against 10 mM phosphate buffer, pH 8.0. The dialyzed solution was applied to a column of Super Q-Toyopearl 650M (1.5 × 14 cm; Tosoh Co. Ltd.) equilibrated with 10 mM phosphate buffer, pH 8.0. The elution was performed with a 0 to 0.5 M NaCl gradient in the same buffer. The fractions displaying enzymatic activity were pooled and used as the purified enzyme solution.

### Estimation of molecular mass

The molecular mass of the enzyme was estimated by using sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) on a ready-made gel (Pagel NPU-12.5L; Atto, Co. Ltd.; Japan). In addition, the molecular mass of the enzyme was estimated by gel filtration on an HPLC column (TSK-gel G3000SWXL; Tohsos Co. Ltd.; mobile phase, 100 mM sodium phosphate buffer, pH 7.0, containing 0.5 M NaCl; flow rate, 0.7 mL/min; detection, UV 280 nm).

### Amino acid sequencing

The purified enzyme was electrophoretically blotted on a polyvinylidene difluoride membrane (Sequi-Blot; Bio-Rad Laboratories Co. Ltd.; USA). The amino acid sequence of the N-terminal region of the enzyme was analyzed by conducting automated Edman degradation with a G1005 Protein Sequencer (Hewlett Packard Co. Ltd.; USA).

### Long-duration enzyme reaction

Citrate buffer, (0.1 M, pH 5.5, 0.2 mL), the enzyme solution (0.4 U/mL, 1 mL), and 4 % inulin (1 mL) were mixed and incubated at 40 °C for 23 h. The reaction was

stopped by heating to 100 °C for 7 min. After cooling, the reaction mixture was analyzed by paper chromatography.

### Paper chromatography

Paper chromatography was performed at 37 °C using Toyo No.50 filter paper (Advantech Co. Ltd., Japan) with a solvent system of n-butyl alcohol: pyridine: water (3: 2: 2, by volume). The chromatogram was irrigated twice, and the spots of the reaction products were revealed with a resorcinol-HCl reagent.

## Results and Discussion

### Identification of the microorganism.

Taxonomic analyses were performed by TechnoSuruga Laboratory Co. Ltd., Shizuoka, Japan. The strain H10-2 was a gram-positive, non-spore-forming, aerobic bacterium; it was catalase-positive and oxidase-negative. Based on these results, strain H10-2 was hypothesized to be a coryneform bacterium. The 16S rDNA sequence showed 98.6 % homology with that of *Arthrobacter ramosus* (type strain), although the molecular genealogical analysis of the 16S rDNA sequence illustrated that strain H10-2 did not cluster with any *Arthrobacter* species strain (data not shown). Hence, the strain H10-2 was identified as *Arthrobacter* sp. H10-2.

### Purification of the enzyme

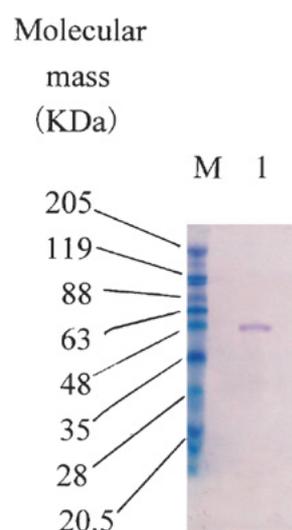
Table 1 depicts the enzyme purification scheme. The enzyme was purified 35.6-fold with a yield of 17.3 % by using a DEAE-Toyopearl, a Butyl-Toyopearl, and a Super Q-Toyopearl chromatography system. The Super Q-Toyopearl fraction was analyzed by SDS-PAGE. As shown in Fig. 1, it purified to a single band.

### Molecular mass estimation

Based on the SDS-PAGE results, the molecular mass of the enzyme was estimated to be 45 kDa (Fig. 1). Similarly, the gel filtration results showed its mass to be 46 kDa (Fig. 2). Given these data, the enzyme was estimated to be a monomer.

### Effect of pH and temperature on enzymatic activity

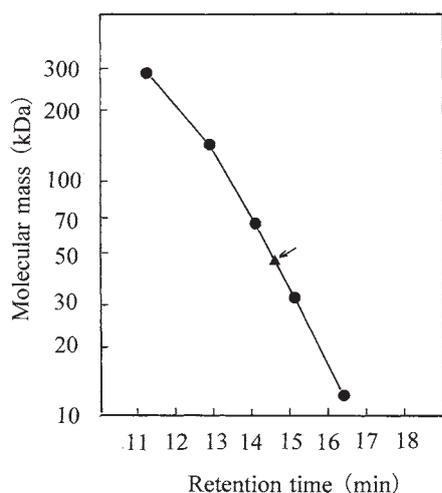
We measured the pH-dependence of enzymatic activity from pH 4.0 to 8.0 at 40 °C. As shown in Fig. 3 (A), maximal activity was observed at pH 5.5. The catalytic reaction was performed in the range of 30–70 °C at pH 5.5. As shown in Fig. 3 (B), maximal activity of the enzyme was observed at 40 °C.



**Fig. 1** SDS-PAGE of the purified enzyme fraction. Lane M, molecular mass standard markers. Lane 1, Super Q-Toyopearl fraction (purified enzyme).

**Table 1.** Purification of the enzyme from *Arthrobacter* sp. H10-2

Step	Total activity (units)	Total protein (mg)	Specific activity (U/mg protein)	Yield (%)
Crude enzyme	288	88.4	3.25	100
DEAE-Toyopearl	123	11.5	10.7	43.1
Butyl-Toyopearl	57.4	1.74	32.9	20.1
Super Q-Toyopearl	49.9	0.43	116	17.3



**Fig. 2 Estimation of molecular mass by gel filtration chromatography retention time.**

### Thermal stability

The thermal stability of the heat-treated enzyme (30 min) was investigated at pH 5.5. As shown in Fig. 3 (C), the enzyme was stable up to 75 °C. Table 2 compares the properties of inulin fructotransferase (DFA I-producing). The thermostability of the enzyme from *Arthrobacter* sp. H10-2 is just below that of the enzyme from *A. ureafaciens* A51-1<sup>10</sup>, which exhibits the highest thermostability reported to date (80 °C). Since the reaction time for large-scale industrial applications is rather long, the thermostability of the enzyme is very important. This enzyme possesses the highest thermostability among the monomeric inulin fructotransferase (DFA I-producing) enzymes (Table 2).

### N-terminal amino acid sequence

Using a peptide sequencer, the N-terminal amino acid sequence was determined. The first and second amino acids were leucine and alanine, respectively. The third amino acid and subsequent sequence could not be determined. This indicated that the enzyme protein was either chemically modified or that the third amino acid was modified during the Edman degradation process.

### Reaction products

The reaction mixture was analyzed by paper chromatography after the long-duration reaction, as

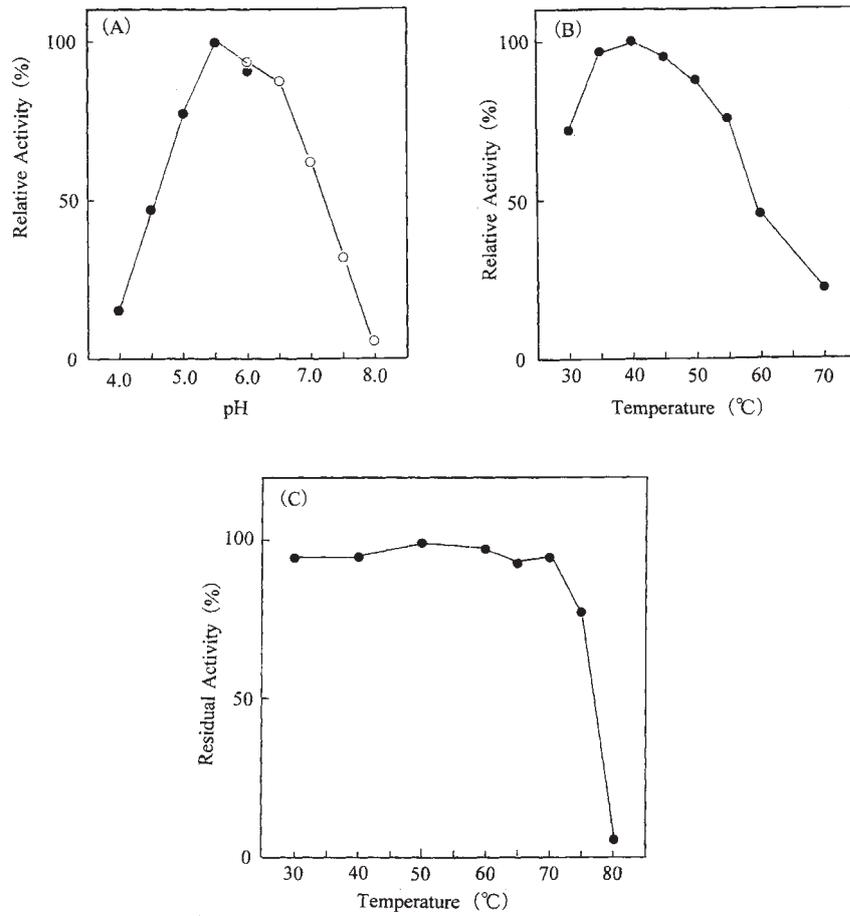
described in **Materials and Methods**. The  $R_f$  values for the main reaction product and the two residual oligosaccharides (minor products) were 0.83, 0.26, and 0.17, respectively. The  $R_f$  values for the standard materials DFA I, GF<sub>2</sub> (1-kestose), GF<sub>3</sub> (nystose), and GF<sub>4</sub> (fructofuranosyl nystose) were 0.84, 0.38, 0.27, and 0.18, respectively. Therefore, we concluded that the residual oligosaccharides (minor products) were indeed GF<sub>3</sub> and GF<sub>4</sub>, the same minor products produced by the enzyme from *Arthrobacter* sp. MCI2493<sup>9</sup>.

### Conclusion

We here reported the purification and characterization of inulin fructotransferase (DFA I-producing) from *Arthrobacter* sp. H10-2. Although the enzyme was stable up to 75 °C, it exhibited maximal activity at 40 °C (pH 5.5). SDS-PAGE and gel filtration chromatography showed the molecular mass of the enzyme to be 45 kDa and 46 kDa, respectively, which is indicative of a monomer. The thermostability and specific activity of the enzyme were slightly lower in comparison to those from *Arthrobacter ureafaciens* A51-1<sup>10</sup>.

### References

- 1) Uchiyama, T., Niwa, S., & Tanaka, K. (1993) Purification and properties of *Arthrobacter ureafaciens* inulase II. *Biochim. Biophys. Acta*, **315**, 412-420.
- 2) Haraguchi, K., Kishimoto, M., Seki, K., Hayashi, K., Kobayashi, S., & Kainuma, K. (1988) Purification and properties of inulin fructotransferase (depolymerizing) from *Arthrobacter globiformis* C11-1. *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 291-292.
- 3) Kawamura, M., Takahashi, S., & Uchiyama, T. (1988) Purification and some properties of inulin fructotransferase (depolymerizing) from *Arthrobacter ilicis*. *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 3209-3210.
- 4) Yokota, A., Enomoto, K., & Tomita, F. (1991) Purification and properties of an inulin fructotransferase (depolymerizing) from *Arthrobacter* sp. H65-7. *J. Ferment. Bioeng.*, **72**, 262-265.
- 5) Haraguchi, K., Yoshida, M., & Ohtsubo, K. (2005) Thermostable inulin fructotransferase (DFA III-producing) from *Arthrobacter* sp. L68-1, *Carbohydr. Polym.*, **59**, 411-416.



**Fig. 3** (A) Effect of pH on enzymatic activity. ●; Citrate buffer, ○; Phosphate buffer. (B) Effect of temperature on enzymatic activity. (C) Thermostability of the enzyme.

**Table 2. Comparison of properties of inulin fructotransferase (DFAI-producing)**

Microorganism	Optimum pH	Optimum temperature (°C)	Thermo-stability (°C)	Molecular mass (KDa)		Specific activity (U/mg)	References
				SDS-PAGE	Gel filtration		
<i>Arthrobacter</i> sp. H10-2	5.5	40	75	45	46	116	This study
<i>A. globiformis</i> S14-3	6.0	40	70	39	46	81.5	(8)
<i>Arthrobacter</i> sp. MCI-2493	6.0	50	70	40	40	384	(9)
<i>A. ureafaciens</i> A51-1	5.5	45	80	38	61	172	(10)
<i>A. pascens</i> a62-1	5.5	45	75	37	60	127	(11)
<i>Streptomyces</i> sp. MCI-2524	6.0	55	65	36	70	256	(12)

- 6) Kang, S., Kim, W., Chang, Y., & Kim, S. (1998) Purification and properties of inulin fructotransferase (DFA III-Producing) from *Bacillus* sp. Snu-7. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **62**, 629-631.
- 7) Haraguchi, K., Yoshida, M., & Ohtsubo, K. (2006) Inulin fructotransferase (DFA III-producing) from *Leifsonia* sp. T88-4. *Carbohydr. Polym.*, **66**, 75-80.
- 8) Seki, K., Haraguchi, K., Kishimoto, M., Kobayashi, S., & Kainuma, K. (1989) Purification and properties of a novel inulin fructotransferase (DFA I-producing) from *Arthrobacter globiformis* S14-3. *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 2089-2094.
- 9) Ueda, M., Sashida, R., Morimoto, Y., & Ohkishi, H. (1994) Purification of inulin fructotransferase (DFA I-producing) from *Arthrobacter* sp. MCI2493 and production of DFAI from inulin by the enzyme. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **58**, 574-575.
- 10) Haraguchi, K., Yoshida, M., & Ohtsubo, K. (2003) Purification and properties of a heat-stable inulin fructotransferase from *Arthrobacter ureafaciens*. *Biotech. Lett.*, **25**, 1049-1053.
- 11) Haraguchi, K., Yoshida, M., Yamanaka, T., & Ohtsubo, K. (2003) Purification and characterization of a heat stable inulin fructotransferase (DFA I-producing) from *Arthrobacter pascens* a62-1. *Carbohydr. Polym.*, **53**, 501-503.
- 12) Kushibe, S., Sashida, R., Morimoto, Y., & Ohkishi, H. (1993) Purification and characterization of a di-D-fructofuranose 2', 1'; 2, 1'-dianhydride producing enzyme from *Streptomyces* sp. MCI-2524. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **57**, 2054-2058.
- 13) Lowry, O. H., Rosebrough, N.J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951) Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265-275.

## ***Arthrobacter* sp. H10-2のDFA I オリゴ糖合成酵素**

原口 和朋<sup>§</sup>

農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

### 要 旨

青森県弘前市の土壌から分離した細菌H10-2株は培養上清中にイヌリンからオリゴ糖DFA Iを生産する酵素を生産した。本菌株について分類学的な検討を行った結果、本菌株は*Arthrobacter*属の細菌と同定された。DFA Iオリゴ糖合成酵素を精製し、その性質を解析した。本酵素は粗酵素液からイオン交換クロマト、疎水クロマトによって電気泳動的に単一バンドに精製された。精製の過程で比活性は約35.6倍に上昇し、17.3%の収率で精製酵素が得られた。本酵素の至適pHは5.5、至適温度は40℃であった。30分間の熱処理を行った場合の酵素の耐熱温度について解析した結果、本酵素は75℃まで安定的に活性を有していた。SDS-PAGEの結果分子量は約45 kDaであった。ゲル濾過の結果からは分子量は約46 kDaであった。これらの結果から本酵素は単量体と推察された。イヌリンに作用させた時の反応生成物を分析した結果、主産物としてDFA I、切れのこりの副産物としてフラクトオリゴ糖 (GF<sub>3</sub>, GF<sub>4</sub>) が生成していることが示された。

研究ノート

ワークショップを通じた食品関連事業者等の自主衛生管理手法に関する知識の向上

川崎 晋, 持田 麻里, 大畑 由紀子, 齋藤 美枝, 野澤 博美, 稲津 康弘<sup>§</sup>

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

**Improvement in the knowledge of self hygiene management  
for workers relation with food by holding of the free-workshop**

Susumu Kawasaki, Mari Mochida, Yukiko Ohata, Mie Saito,  
Hiromi Nozawa and Yasuhiro Inatsu<sup>§</sup>

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

**Abstract**

Microbiological method for self-inspection require keeping food hygiene environment in a food processing plant, however there are very few opportunities to learn the basic food-microbiological techniques for food industries worker. We held the free-workshop about the food-microbiological techniques for researchers of the public establishment organizations or staffs of small and medium-sized food companies that were beginners of food hygiene testing. According to the results of questionnaire survey on the lecture, the workshop has helped to increase depth of understanding of food-microbiological techniques. Moreover, showing the example of hygiene control management improvement program was considered to be effective for researchers of the public establishment organizations.

Keywords: food hygiene, workshop, self-inspection

**緒 言**

食品工場等で製造される製品の安全性と品質を担保するため、自主的な微生物学的衛生検査の実施が望ま

れている。実際に大企業においては、食品衛生検査指針<sup>1)</sup>等に記載されている培養法を基に、自主衛生検査を実施し、その結果から得た情報を解析し、製造現場の具体的な改善を行っている。このように多くの大企業では自主衛生検査により微生物汚染をモニタリング

<sup>§</sup> 連絡先 (Corresponding author), inatu@affrc.go.jp

して、より良い製造環境を目指すことを重要視している。一方、中小企業においては、食の安全性確保が食品製造という企業活動の前提になることは理解しつつも、微生物検査自体が専門に長けた技術・労力・コストを必要とするために、自主衛生管理のための活動を行うことが困難であるという実態がある。加えて、微生物検査が可能な人材の確保・育成や必要機材の選定・取得なども課題として残っている。

この様な現状であるにも関わらず、微生物検査の基本的技術を習得できる機会は極めて少ない。品質管理・研究開発担当者向けの実習を兼ねた微生物検査技術習得セミナーが日本食品分析センター等で年に1～3回程度定期的に行われている<sup>1)</sup>。その参加費は1人1日当たり約25,000円で、その講習時間は1～2日、さらに微生物取り扱い(1日)・菌数測定(2日)・性状試験(2日)のコースに分かれている。このように微生物検査の意義と技術習得の理解を深める機会はあるものの、中小企業にとってはややハードルの高いものとなっている。また、地方公設試験研究機関においても微生物学的検査とその検査結果の活用について考察できる研究者は少ない現状のため、地方中小企業が抱える微生物学的問題に関する相談の受け入れ先が無く、現場衛生環境の具体的改善策を得ることが出来ないことも問題の一つであると食品安全研究領域食品衛生ユニットでは考えている。

食品安全研究領域食品衛生ユニットでは上記の問題を重視し、これまで微生物の取扱い経験がほとんどない公設試験研究機関の職員および中小規模食品製造業者を対象として、食品工場などで自主衛生検査を実施する際の基本となる知識や技術を提供することを目的とした、食品技術講習会を2013年7月24～26日にかけて開催<sup>2)</sup>した(参加費無料)。本講習会は農林水産省農林水産技術会議事務局筑波事務所が開催する農林交流センターワークショップで行われたもので、具体的には、食品衛生検査や一般衛生管理手法等の概要について解説を行うとともに、自主衛生検査に用いられる基本的な細菌検査手法(生菌数測定、糞便汚染指標菌検査<sup>2)</sup>および腸内細菌の簡易同定<sup>3)</sup>)に関する実習を行った。

本稿では、講習の概要ならびに受講者からのアンケート結果から、講習の満足度・自主衛生管理に対する知識の理解度について解析し、微生物の取扱い経験がほとんどない公設試験研究機関職員および中小規模食品製造業者に対して、今後の技術講習を行う際に重要な項目について考察した。

## 具体的内容与方法

### 1. ワークショップ開催とその周知

本技術講習は農林水産技術会議事務局筑波事務所研究交流課が主催する第173回農林交流センターワークショップとして、2013年7月24～26日の3日間に行われた。その周知は、農林水産技術会議事務局筑波事務所のウェブサイト内で行った。対象者は「微生物の取扱い経験の少ない食品の自主衛生管理(の指導)に携わる(予定の)食品関連事業者および公設試験研究機関の研究者」とし、2013年5月24日～6月21日を募集期間として定員30名を募集、同時に応募者への事前アンケート(各項目5段階評価:表1, Q2～8)を実施した。最終的に48名の応募者が集まり、事前アンケートを参照しながら、公設試験研究機関職員および微生物の取扱い経験の少ない中小規模食品製造業者、併せて30名を選考した。

### 2. ワークショップの内容

ワークショップは表2に示す内容で行った。講義は、技術講習に最低限必要とされる基礎講座、HACCPと外部認証に関わる情報提供、衛生管理の実際について、測定結果の考察の仕方、と題して行い、自主衛生管理の全体像の把握を目的とした。また、技術講習は、一般生菌数・大腸菌群数の測定法、大腸菌の検査法、微生物の分離および簡易同定法、について行い、微生物検査の基本操作技術とその原理の習得を目的とした。

### 3. ワークショップ後の評価および講習の効果についての統計学的解析

受講者が受講前後において理解度が変動したか考察するため、講習会終了時に、表1と同様のアンケートを再び実施した。また、各項目および講習全体の満足度についても質問した(Q1～8)。

得られたアンケート結果から、受講前後の理解度の変動を項目別に求めた。受講前後の変動については各項目での推移をグラフ化(図1)した。また、本講習において理解度に有意な効果が認められるか、ウィルコクソンの符号付順位和検定<sup>4)</sup>で検定した。さらに、受講者を公設試験研究機関職員と中小規模食品製造業者の2群に分け、理解度および満足度についても評価した。受講者のグループでの理解度の比較はマン・ホイットニーのU検定<sup>4)</sup>により行い、両者に差が認められるか検定した。

表 1. ワークショップで行われたアンケートの内容と、その解像度および満足度の評価

番号	質問項目	5段階評価			理解度		受講後 満足度
		5	3	1	受講前	受講後	
Q1	今回のワークショップを受講しての満足度を教えてください。	とても満足		とても不満足	-	-	4.4
Q2	微生物の意義と方法について知識はお持ちですか/理解できましたか。	よく知っている/ よく理解できた		全く知らない/ 理解できなかった	2.8	4.1	
	微生物検査の意義と方法について、内容に満足しましたか。	とても満足		とても不満足			4.2
Q3	食品中の細菌の分離・計測を行ったことがありますか/理解できましたか。	頻繁に行っている/ よく理解できた		全く行ったことがない/ 理解できなかった	2.5	4.3	
	食品中の細菌の分離・計測について、内容に満足しましたか。	とても満足		とても不満足			4.3
Q4	細菌の簡易同定を行ったことがありますか/理解できましたか	頻繁に行っている/ よく理解できた		全く行ったことがない/ 理解できなかった	1.6	3.5	
	細菌の簡易同定について、内容に満足しましたか。	とても満足		とても不満足			4.0
Q5	自主衛生検査と外部認証制度の知識はお持ちですか/理解できましたか。	よく知っている/ よく理解できた		全く知らない/ 理解できなかった	1.7	4.0	
	自主衛生検査と外部認証制度について、内容に満足できましたか。	とても満足		とても不満足			4.1
Q6	現場における衛生管理について知識はお持ちですか/理解できましたか。	よく知っている/ よく理解できた		全く知らない/ 理解できなかった	2.6	4.1	
	現場における衛生管理について、内容に満足しましたか。	とても満足		とても不満足			4.1
Q7	測定結果の整理について知識はお持ちですか/理解できましたか。	よく知っている/ よく理解できた		全く知らない/ 理解できなかった	1.8	3.6	
	測定結果の整理について、内容に満足しましたか。	とても満足		とても不満足			3.8
Q8	平素から当該分野の研究者とのネットワークづくりに取り組んでいますか。	積極的に取り組んでいる		全く取り組んでいない	1.6	-	
	このワークショップでネットワークは広がりましたか。	とてもよく広がった		全く広がらなかった			4.0

## 結果

今回開催した講習会全体について、参加者の満足度は5段階評価のうち平均4.4であり、概ね満足度の高い講習を提供できたと考えられた。項目別でも4.3~3.8が得られ、いずれも満足度の高い結果であった(表1)。アンケートでの所感記載では、約8割の受講者が「実習としての体験と内容が充実しており、満足」もしくはそれに類する所感を記載していた。逆に、受講後の満足度について一つの項目でも2以下の評価を記載した人は30名中3名で、Q4, 6で各1名、Q7

で3名であり、いずれも公設試験研究機関職員であった。

事前アンケートにより受講前の知識度を確認したところ、Q2~7の各項目で2.8~1.6と得られ、平均2.0であった。中でも、技術の面では「微生物同定」、講習においては「認証制度」「実験結果の整理」については低い傾向であった。一方、受講後の知識理解度は4.3~3.5に改善し、全ての項目で大きく上昇した(表1, 図1)。ウィルコクソンの符号付順位和検定においても全ての項目で、有意水準0.05で有意に本講習会の効果があったことが認められた。各個人のアンケートから、受講後において理解度2以下とした者は殆ど

表2. ワークショップで行われた講義ならびに実験の内容

講義と実習概要	
2013年7月24日(水)	
13:00-13:05	【挨拶】 農林水産技術会議事務局筑波事務所 研究交流課長 池田 仁
13:05-14:25	【講義】 「微生物検査の意義と方法」/農研機構 食品総合研究所 川崎 晋
14:35-15:55	【実験】 「食品中の細菌の分離・計数」/農研機構 食品総合研究所 稲津 康弘・川崎 晋
16:05-17:25	【実験】 「細菌の簡易同定」/農研機構 食品総合研究所 稲津 康弘・川崎 晋
2013年7月25日(木)	
09:00-10:20	【実験】 「食品中の細菌の分離・計数」「細菌の簡易同定」(続き)/農研機構 食品総合研究所 稲津 康弘・川崎 晋
10:30-11:50	【講義】 「自主衛生検査と外部認証制度」/「月刊HACCP」編集部 立石 亘
13:00-14:20	【講義】 「現場における衛生管理の実際」/四国サニタ 山下 賢治
14:30-15:50	【実験】 「食品中の細菌の分離・計数」(続き)/農研機構 食品総合研究所 稲津 康弘
2013年7月26日(金)	
09:00-10:20	【実験】 「食品中の細菌の分離・計数」「細菌の簡易同定」(続き)/農研機構 食品総合研究所 稲津 康弘・川崎 晋
10:30-11:50	【講義】 「測定結果の整理」/農研機構 食品総合研究所 稲津 康弘

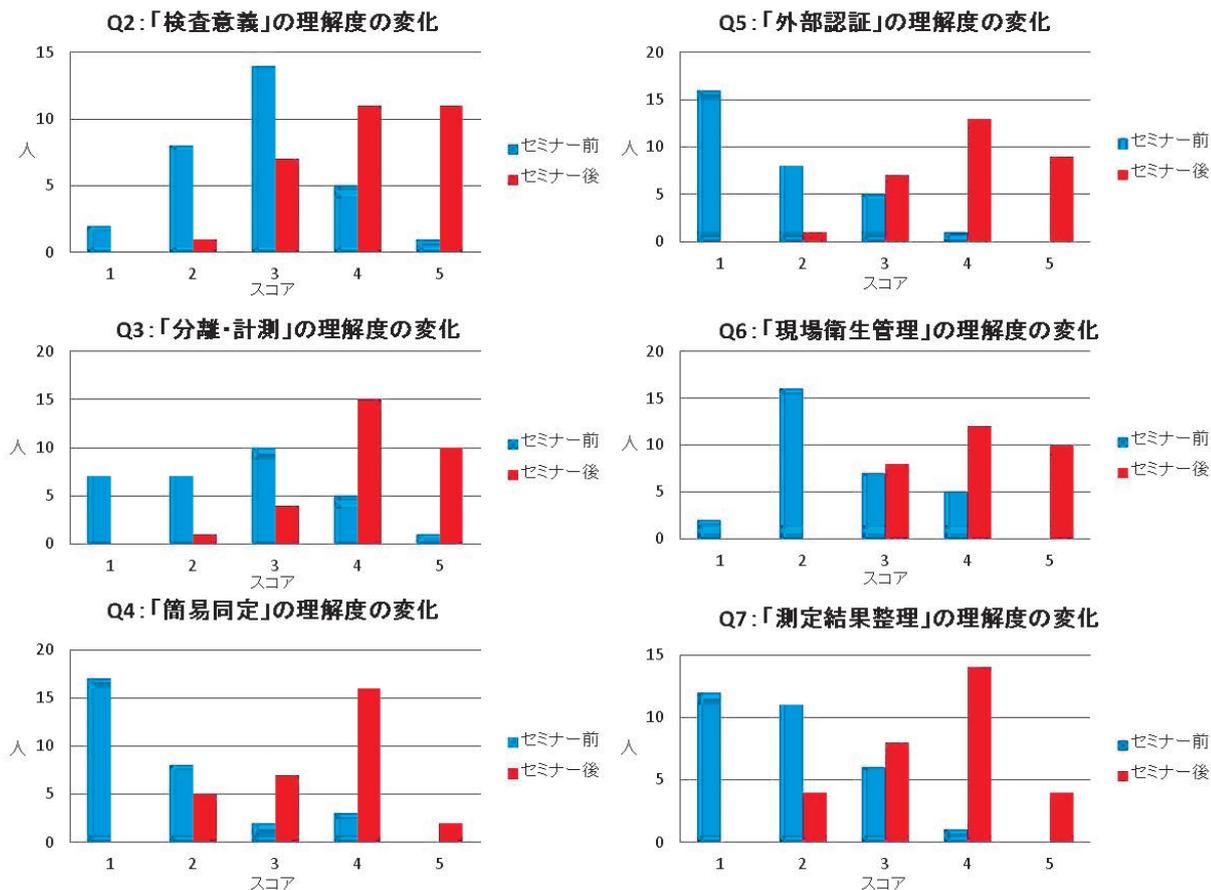


図1. アンケート項目別による受講前後での理解度の変化

無く、最も理解度が進まなかった微生物同定・実験結果の整理（Q 4、Q 7）においても5人以下に留まった（図1）。

公設試験研究機関職員と中小規模食品製造業者の2群間において、講習の理解度に差異が認められるか検定した結果、Q 4のみ有意水準0.05で有意な差が認められた。Q 4の設問は「細菌の簡易同定」についての設問であり、中小規模食品製造業者ではスコア平均が1.7から3.8へ改善されたのに対し、公設試験研究機関職員においては1.7から3.0への改善にとどまった。

## 考 察

本稿で取り扱っている数値はアンケート結果という受講者自身の判断基準によるスコアであり、あくまでも主観的な数値である。アンケートの結果、全体の満足度では4.4と高い評価を得ており、本講習会が受講者にとって有意義であったことがうかがえた。しかしながら、Q 4「細菌の簡易同定」について、受講者の立場により理解度が異なったことについては今後の講習会の改善点として検討する余地がある。

食品製造業者において「細菌の簡易同定」は、受講者自身が実際に直面しうる現場直結の課題である。「細菌の簡易同定」は、最終製品が微生物で汚染されていた場合の原因究明等に利用され、製造現場で要求される機会は比較的多い。一方、公設試験研究機関所属の受講者にとっては、実際の食品製造現場で行われている自主衛生管理を経験する機会が少ないため、中小規模食品製造業者と比較して理解が進まなかったと推測される。それゆえ、今後の効果的な講習には、「細菌の簡易同定」がどのように衛生管理改善計画に活用できるのか等、同定結果の活用法の紹介などの補足が必要であると考えられた。さらに「細菌の簡易同定」は、実験結果の解釈が正しく行われるか否かに強く依存する。これには様々な原理に基づいた培地を複数使用することから、これらについての事前学習が不十分であった点が浮かび上がった。実際、アンケートQ 4「細菌の簡易同定」の所感では、「文献上でしか見えない実験が体験できたことは参考となった」「作業を経験できたことは良かった」という意見がある一方で、「説明が足りない」「原理の理解が困難」「配布資料だけでは分かりづらい」「予習復習が必要」との意見もあった。この点については、講習用テキストの事前送付などにより改善できると考えられた。

また、アンケートQ 6「現場における衛生管理に

ついて」での所感からは、公設試験研究機関所属の受講者のみ、「実際の仕事でも活用できそうなので、とても勉強になった」「1事例だけでなく複数の事例（大／小規模のケースやその他の業種）についての紹介があれば良かった」「殺菌条件の具体例を提示していただくと助かる」など、地方中小企業が抱える微生物学的問題への相談対応に関する意見があり、衛生学的問題についての具体的改善策を求めていることがうかがえた。本講習会では特に公設試験研究機関所属の受講者に対して、自主衛生管理を有用活用するための意識を高め、かつ食品安全研究領域食品衛生ユニットとの衛生研究での連携構築の機会を設けることも目的の一つであり、その意図は達成されたと考えられた。

以上、本講習会による微生物検査の基本的技術習得では、公設試験研究機関職員および中小規模食品製造業者、双方共に満足度は高く、その理解についても概ね達成されたと考えられた。また、アンケート結果から、公設試験研究機関職員向けに衛生管理改善計画の実例紹介の補足や、事前テキスト送付などによる事前学習の機会を十分に与えることが、次回講習会開催時の有効な改善点になると考えられた。

## 要 約

食品製造現場において、自主衛生検査による食の安全性確保は重要であるが、未経験者が微生物検査の基本的技術を習得できる機会は極めて少ない。我々は微生物の取扱い経験が無い公設試験研究機関職員および中小規模食品製造業者を対象として、実習および講義を伴う微生物検査の基本的技術習得のための講習会を開催した。この講習会のアンケート結果について解析したところ、本講習会により受講者の微生物学的知識が深まったことを示した。また、公設試験研究機関職員向けには衛生管理改善計画の実例を示すことが有効であると考えられた。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省（監修）：「食品衛生検査指針 微生物編」日本食品衛生協会（2004）
- 2) 森地敏樹（監修）：「食品微生物検査マニュアル」第4章 衛生指標菌検査，栄研器材株式会社 p120-167.
- 3) 三瀬勝利・井上富士男（編）：「食品中の微生物検

査法解説書」第4章 微生物同定法, 講談社サイ  
エンティフィク p126-138.

- 4) 柳井久江:「4steps エクセル統計」オーエムエス  
出版 p103-104, 227-230.

#### 引用 URL

- i) <http://sto.affrc.go.jp/event/workshop/173ws> (引用日  
平成25年10月15日)
- ii) <http://www.jfrl.or.jp/seminar/index.html> (引用日平成  
25年10月15日)

研究ノート

味噌に混入した糞便汚染指標菌の検出方法の検討

細谷 幸恵, 大畑 由紀子, 川崎 晋, 稲津 康弘<sup>§</sup>

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

**Consideration of the detection procedure of indicator bacteria of fecal pollution in *miso* (salt-fermented soybean).**

Yukie Hosotani, Yukiko Ohata, Susumu Kawasaki and Yasuhiro Inatsu<sup>§</sup>

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

**Abstract**

*Miso* (salt-fermented soybean) is one of the traditional preservative food in Japan. Its high salt concentration and weakly acidic condition suppress the growth of spoilage or pathogenic bacteria; however low salt miso or other processed products have been developed recently. To obtain much exact results of the detection of indicator bacteria of fecal pollution, we confirmed the assay procedure of tiny amount of enterococci contaminated into *miso*; that includes several conditions such as the number of samples, the time which takes prior culture, and the culture medium. The results will contribute to improve hygiene condition via carrying out the precise voluntary testing.

Keywords: salt-fermented soybean, indicator bacteria of fecal pollution, enterococci

**緒言**

味噌は麴（米，麦，豆），蒸煮大豆，食塩を原料として醸造される日本古来の保存食品であり，その微生物学的安全性は，食塩の添加による水分活性の低下および乳酸，アルコール等の生成により有害微生物の生育を抑制することで付与される。

過去の報告によると，味噌中に混入した大腸菌の生菌数は特定の保存条件下では寒天平板法の検出限界以

過去の報告によると，味噌中に混入した大腸菌の生菌数は特定の保存条件下では寒天平板法の検出限界以

<sup>§</sup> 連絡先 (Corresponding author), inatu@affrc.go.jp

下まで減少するとされる<sup>1)</sup>。また厚生労働省による食中毒発生事例の統計調査においても、2002年～2012年の11年間に発生した味噌に関連する食中毒事件は「なめ味噌」に混入した黄色ブドウ球菌を原因とする1例のみである<sup>1)</sup>ことから、醸造後の味噌中に病原菌は存在しない、もしくは存在したとしても問題にならない程度の菌量であると考えられている。

このように味噌は非常に安全性が高い食品であると考えられる一方、近年、消費者ニーズの多様化から有害微生物の生育を抑制する因子である塩分を控えた味噌や、手軽に使用できるよう2次加工を受けた味噌など、多様な味噌製品が開発され、それに伴い味噌の製造方法や製造環境は大きく変容している。

食品が衛生的に製造されているか否かの指標として、衛生指標菌が一般に利用されている。具体的には一般生菌数や大腸菌群数を測定することで定量的に汚染度を推定する手法や、糞便系大腸菌 (*E. coli*) や腸球菌等を定性的に検査する手法が用いられることが多い。対象となる食品にもよるが、大腸菌群 (糞便系大腸菌を含む) の存在は糞便汚染の可能性を示唆する場合があります。該当する場合には製造過程での取扱いが不良であったと判断される。また、一部の腸球菌 (*Enterococcus faecalis* および *E. faecium*) はヒトや動物の腸管内に常在する微生物であり、乾燥に強く、外界での増殖率が低いこと、土壌や水への分布が大腸菌群と比べて少ないことから、大腸菌群や糞便系大腸菌の代替となりうる糞便汚染指標として重視されている。

2013年、味噌の国内製造業者から「醸造後の味噌から大腸菌群が検出される」との相談を受け、当所にて再検査を行ったところ、誤判定であることが判明した。自主検査の過程においてサンプリング数および使用培地の選択が、味噌中の衛生指標細菌を検出する際に重要であることを示す結果が得られたので報告する。

## 実験材料および方法

### 1. 検体の種類

相談を受けた国内味噌製造業者の検査結果の再確認は、同社から送付された味噌製品を用いた。同社では衛生状況の向上を目的として、製造ライン等の集中的な洗浄殺菌が実施されたため、以下の3種類の検体についても試験に供した：「A：洗浄殺菌前に仕込み、熟成終了後、製品化したもの」、「B：Aの熟成途中のもの」、「C：洗浄殺菌後に仕込み、熟成途中のもの」。

### 2. 社内検査の再確認

社内検査にて大腸菌群陽性と判断された味噌製品2ロットについてそれぞれ2検体、10gずつ採取し、9倍重量のリン酸緩衝液にてストマッカー (MASTICATOR, IUL, Barcelona, Spain) 処理を行った。それぞれのストマッカー処理液1mLをX-GAL寒天培地 (日水製薬, 東京) またはパールコア<sup>®</sup>マッコンキー寒天培地 (栄研化学, 東京) の各培地約20 mLと混合し、固化した後に35℃にて48時間まで培養を行った。またストマッカー処理液10 mLを2倍濃度のダーラム管入りBGLB培地10 mLに入れ、35℃にて48時間の培養をすることにより大腸菌群の確認を行った。

上記2つの試験のうち唯一、陽性が疑われる結果が得られたX-GAL寒天培地上の青いコロニーを同培地上にて純化し、更に普通寒天培地 (日水製薬) 上で生育させたものを顕微鏡観察、カタラーゼ試験およびアピ Strep (SYSMEX bioMérieux, Lyon, France) による生化学的性状試験に供した。

### 3. 製造ライン洗浄後の検査

前述したA～Cそれぞれの検体について、1バッチ (500 g) あたり10 gのサンプルを10個採取し、以下の分析に供した。9倍重量の増菌培地 Mossel broth (MERCK, Darmstadt, Germany) またはACブイヨン基礎培地 (日水製薬) でそれぞれ5検体ずつストマッカー処理し、37℃で24時間の前培養を行った。それぞれの前培養液を4種の選択培地 [大腸菌群検査用培地3種：X-GAL寒天培地、パールコア<sup>®</sup>マッコンキー寒天培地、クロモカルト<sup>®</sup>コリフォーム寒天培地 (MERCK)、腸球菌検査用培地1種：EF寒天培地 (日水製薬)] に塗抹後、37℃で培養を行い経時的にコロニーの形成を観察した。また、前培養時間の違いによる菌の検出状況を比較するため、48時間まで前培養時間を延ばし、同様にコロニーの形成を観察した (図1)。コロニー形成が確認された寒天培地から釣菌し、普通寒天培地上で純化したものについて顕微鏡観察、カタラーゼ試験およびアピ Strep による生化学的性状試験に供し、菌の同定を行った。

### 4. 統計処理

得られた結果について、シーゲルの $\chi^2$ 検定<sup>2)</sup>により分析を行った。 $\chi^2$ 値は以下の数式を用いて算出した。 $\chi^2 > 3.84$ において、5%有意水準であることを示す。

$$\chi^2 = N(|ad - bc| - N/2)^2 / ((a+b)(c+d)(a+c)(b+d))$$

N = the total number of cases

- a = test portions positive by method “x”  
 b = test portions positive by method “y”  
 c = test portions negative by method “x”  
 d = test portions negative by method “y”

## 結果

社内検査で大腸菌群陽性と判定された味噌から X-GAL 寒天培地で単離した唯一の菌は、顕微鏡観察および生化学性状試験の結果、腸球菌の一種 *Enterococcus faecalis* と同定された (表 1)。

また、A～C の検体から Mossel broth および AC ブイオン基礎培地で増菌し、それぞれ 15 回ずつ菌の分離、同定を行った結果、分離された菌が *Enterococcus faecalis* であることを確認した。前培養時間が 2 日以内の場合、AC ブイオン基礎培地 (表中 AC) よりも Mossel broth (表中 Mossel) での前培養において腸球菌の検出率が高くなる傾向が見られた (表 2)。また、選択寒天培地上での培養時間については、コロニーの形成に 2 日以上以上の培養時間を要するものも見られたが、概ね 1 日の培養時間でコロニー形成を確認することができた (表 2)。選択寒天培地において、腸球菌を選択的に培養する EF 寒天培地で、他の選択培地よりも腸球菌の検出頻度が高かった。一方で、大腸菌群用の選択寒天培地である コリフォーム寒天培地および X-GAL 寒天培地においても腸球菌の生育が確認された (表 3)。また、7 日間の前培養において、AC ブ

イオン基礎培地を用いるよりも Mossel broth を用いたほうが、EF 寒天培地における陽性コロニーの検出の頻度が高くなった (表 3)。

## 考察

大腸菌群はその定義上、グラム陰性で乳糖発酵性を持ち、また胆汁酸やラウリル硫酸塩等の選択剤に対する耐性がある。そのため、大腸菌群の測定には、 $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性を検出するための酵素基質と前述の選択剤を含む培地が一般に使用される。本問合せ事例においても同種の培地と味噌 10 倍希釈液の混積培養法によって検査が行われていた。しかし、問題とされた味噌から検出された菌はグラム陽性、カタラーゼ活性陰性の連鎖球菌であり、アピ Strep を用いた生化学的性状試験の結果、*Enterococcus* に属する細菌であった。食品から腸球菌が検出されたということは、製造過程において環境から汚染を受けた、あるいは原料に付着した腸球菌が製造過程で死滅しなかった可能性がある。味噌に混入した大腸菌 O157 やサルモネラは高い塩濃度と発酵過程で生成した有機酸による損傷のため、1 週間程度の常温保存によって容易に死滅することが判明しており<sup>1,3,4)</sup>、製品として出荷された段階における大腸菌 O157 やサルモネラ等、腸管系食中毒菌による食中毒のリスクは極めて低いと判断される。より衛生的な製品を製造することを目的として自主衛生検査を行う場合は、大腸菌群よりも腸球菌を衛

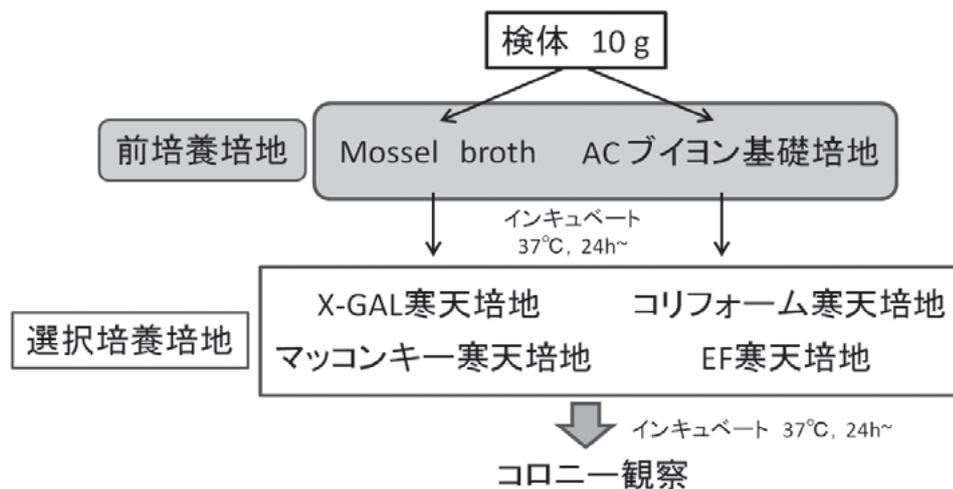


図 1. 味噌検体からの腸球菌検出のための培養スキーム

表 1. 提供を受けた味噌より単離した菌のカタラーゼ試験および生化学的性状試験結果

カタラーゼ試験	-			
酵素活性試験	ピルビン酸ナトリウム	+	エスクリン	+
	ピロリドニル-2-ナフチルアミド	+	6-ブロモ-2-ナフチル- $\alpha$ -D-ガラクトピラノシド	-
	ナフトール AS-B1 $\beta$ -D-グルクロン酸	-	2-ナフチル- $\beta$ -D-ガラクトピラノシド	-
	2-ナフチル-リン酸ナトリウム	-	L-ロイシン-2-ナフチルアミド	+
	L-アルギニン	+		
糖資化性試験	L-アラビノース	-	D-リボース	+
	D-ソルビトール	+	D-マンニトール	+
	D-トレハロース	+	乳糖	+
	D-ラフィノース	-	イヌリン	-
	グリコーゲン	-	でんぷん	+

+ : 陽性, - : 陰性

表 2. 前培養および選択培養時間による腸球菌検出数の比較

選択培地	検体名	前培養培地	腸球菌陽性検体数/15検体 <sup>a)</sup>		
			培養時間 (前培養/選択培養)		
			1日/1日	1日/7日	2日/5日
X-GAL 寒天培地	A	A C	0	0	0
		Mossel	0	1	1
	B	A C	0	0	1
		Mossel	0	1	3
	C	A C	0	0	2
		Mossel	0	0	1
マッコンキー 寒天培地	A	A C	0	0	0
		Mossel	0	0	0
	B	A C	0	0	0
		Mossel	0	0	0
	C	A C	0	0	0
		Mossel	0	0	1
コリフォーム 寒天培地	A	A C	0	0	0
		Mossel	0	1	1
	B	A C	0	0	2
		Mossel	0	1	0
	C	A C	0	0	3
		Mossel	0	0	6
EF 寒天培地	A	A C	0	0	0
		Mossel	0	0	0
	B	A C	0	0	1
		Mossel	0	0	1
	C	A C	0	0	1
		Mossel	0	0	7

a) 数字は15検体中の腸球菌陽性検体数を示す。

生指標菌として工程管理を行う方が、確実な結果が得られると考えられる。

味噌製造業者の自主検査において大腸菌群と腸球菌の誤判定が起こった理由は、大腸菌群検出用の酵素基質培地 (X-GAL寒天培地およびコリフォーム寒天培地) 中でも長時間の培養により腸球菌の生育が可能で

あったためである。この現象は前培養に Mossel broth を用い、分離培地に移す前に大腸菌群を優先的に増殖させる処理を行うことによっても回避が困難である (表 3)。そもそも味噌に関して大腸菌群を衛生指標菌として用いることにあまり意味がないと考えられることから、腸球菌の検査を行うことが重要であると考

表 3. 前培養培地および選択培地による腸球菌検出数の比較

検体名	選択培地	腸球菌陽性検体数/15検体 <sup>a)</sup>		$\chi^2$ 値 (AC v.s. Mossel)
		A	C	
A	X-GAL寒天培地	0	1	1.03
	マッコンキー寒天培地	0	0	—
	コリフォーム寒天培地	0	1	1.03
	EF寒天培地	0	0	—
B	X-GAL寒天培地	1	3	1.15
	マッコンキー寒天培地	0	0	—
	コリフォーム寒天培地	2	0	2.14
	EF寒天培地	3	2	0.24
C	X-GAL寒天培地	2	1	0.37
	マッコンキー寒天培地	0	0	—
	コリフォーム寒天培地	3	7	2.40
	EF寒天培地	4	12	8.57*

培養時間：前培養7日/選択培養1日

\* :  $P < 0.05$  ( $\chi^2$ 値  $> 3.84$ )

a) 数字は15検体中の腸球菌陽性検体数を示す。

えられる。腸球菌の検査では、本来ACブイヨン基礎培地で選択的に腸球菌を増殖させ、選択培地で確認を行うことが通例である。味噌中に混入し、損傷を受けていると推定されるごく少量の腸球菌を検出するためには、腸球菌が回復・増殖しやすいMossel broth等の前培養培地を用いることが望ましいと考えられた。また、大腸菌群の検出を目的としたマッコンキー寒天培地、X-GAL寒天培地、コリフォーム寒天培地でも腸球菌の生育が見られ、誤判定の原因となる恐れがあるため、EF寒天培地等で確認を行うことが必要である。

味噌製品から腸球菌が検出されたところで、ただちに健康上の危害が発生するわけではなく、あくまでも衛生管理上の指標にすぎない。しかしながら、衛生指標菌が検出されるということは有害となる微生物が残存している可能性も示唆されるため、自主衛生検査を実施することで、正確にモニタリングしていくことが望ましいと考えられる。

## 要 旨

味噌は日本の伝統的な発酵食品である。高い塩分濃度と弱酸性状態によって味噌中では有害細菌の増殖は抑制されるが、最近では低塩味噌やその他の加工製品も販売されるようになっている。味噌に混入した少量

の腸球菌をより正確に検出するため、サンプリング数、培養期間、および使用培地の検討を行った。本研究で得られた結果は自主衛生検査を実施する際に有用であると考えられた。

## 参考文献

- 1) 伊藤公雄, 今井学, 石神実, 武田茂, 安平仁美, 味噌熟成過程における添加大腸菌の消長, 味噌の科学と技術, **349**, 102-106 (1983).
- 2) Siegel, S. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*, McGraw-Hill Book Co., New York, NY, (1956).
- 3) 伊藤公雄, 武田茂, 桜井令子, 北村靖則, 原山文徳, 味噌中におけるサルモネラ菌 (*Salmonella enteritidis*) の生菌数の推移, 味噌の科学と技術, **47**, 243-246 (1999).
- 4) 中央味噌研究所, みそと病原性大腸菌, 味噌の科学と技術, **45**, 274-282 (1997).

## 引用 URL

- i) <http://www.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/04.html> (2013. 10. 18)

研究ノート

モモ果実の繰り返し衝撃に対する易損性の部位別評価

北澤 裕明\*<sup>§</sup>, 清水 栄治\*\*, 長谷川 奈緒子\*, 五十部 誠一郎\*\*

\* (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

\*\* 日本大学 生産工学部 マネジメント工学科

〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1

Evaluation of fragility due to repetitive shock in different parts of peach fruit

Hiroaki Kitazawa\*<sup>§</sup>, Eiji Shimizu\*\*, Naoko Hasegawa\* and Seiichiro Isobe\*\*

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

\*\* Department of Industrial Engineering and Management, College of Industrial Technology, Nihon University,  
1-2-1 Izumi-cho, Narashino, Chiba 275-8575

Abstract

In this study, we evaluated fragility due to repetitive shock at the calyx end, equatorial surface, and apex end of peach fruit. Our results suggested that fragility due to repetitive shock was larger at the calyx end than at the other two parts. This difference might be caused by reduced firmness of flesh at the calyx end. Currently, peach fruit are packaged with the calyx end at the bottom and the apex end at the top. However, our results suggested that this packaging style does not prevent the fruit from being damaged by repetitive shock during distribution.

Keywords: flesh firmness(果肉硬度), fragility(易損性), peach fruit(モモ), peak acceleration(ピーク加速度), repetitive shock(繰り返し衝撃)

緒言

昨今の青果物を取り巻く輸送環境の改善にもかかわらず、青果物の輸送工程における減耗は依然として大

きい<sup>1,2)</sup>。特にモモ、イチゴおよびオウトウなどの軟弱果実類の輸送中の損傷発生は、大きな問題となっている。

輸送中の青果物に損傷を与える要因には、継続的な加速度である「振動」と振動よりも大きなレベル

<sup>§</sup> 連絡先 (Corresponding author), ktz@affrc.go.jp

で、かつ瞬間的な加速度が輸送中の路面の段差や積み替え時の荷扱い時などにおいて発生する「衝撃」がある。損傷防止のためには、輸送中の振動および衝撃環境を考慮した緩衝包装設計が必要である。青果物の損傷に及ぼす振動の影響を評価した研究事例は幾つかあり<sup>2,3)</sup>、S-N曲線理論を用いて損傷発生を評価あるいは予測する手法も提案されている<sup>4)</sup>。

工業分野においては、損傷限界曲線 (Damage Boundary Curve, DBC) 理論<sup>5)</sup>のような物品の衝撃に対する易損性を評価する有用な理論が構築され、緩衝包装設計に利用されている。一方、青果物においては、このような緩衝包装設計のための理論は構築されておらず、輸送中の衝撃による損傷に関する防止対策は進んでいない。工業製品では、1回の衝撃に対する物品の易損性が重視されるのに対し、青果物では繰り返し衝撃により疲労破壊的に生ずる損傷が問題となることが多い<sup>6)</sup>。このことは、1回の衝撃に対する易損性を評価する手法であるDBC理論が青果物の繰り返し衝撃に対する易損性の評価に応用し難いことを示唆している。

池田ら<sup>7)</sup>は、レモン果実貯蔵中における腐敗の発生と物理的損傷との関係に着目し、腐敗の発生割合を撰果工程における衝撃発生回数およびピーク加速度の積算から推定する手法を提案した。著者らは、イチゴ輸送中の衝撃発生状況を解析したとともに、振動による損傷評価に用いられてきたS-N曲線理論を応用し、輸送中に商品性が消失する地点を予測する手法を提案した<sup>8,9)</sup>。一方、モモに関しては、1回の衝撃による損傷について議論した研究は散見されるものの<sup>10~12)</sup>、繰り返し衝撃と損傷との関係について検討した事例は見当たらない。また、モモ果実は通常、蒂窪部(以降、ていあ部と表記)を下に、果頂部を上にして立てた状態で包装されているが、この包装方法が妥当であるかどうかは不明である。この点を検証するためには、果実の繰り返し衝撃に対する部位ごとの易損性を解明する必要がある。

本研究では、モモ果実の繰り返し衝撃による損傷防止のための緩衝包装設計に資する知見を得ることを目的とし、衝撃加速度および繰り返し回数の違いがモモ果実の損傷発生に及ぼす影響を部位別に評価した。また、部位ごとの易損性の差異を果肉硬度の観点から検証するとともに、実輸送を想定した包装形態を用いて、落下高とピーク加速度の関係について検討した。

## 実験材料および方法

### 1. 部位別の易損性評価 (試験1)

2013年8月に福島県内で収穫されたモモ‘あかつき’を試料とした。果実のていあ部、赤道部および果頂部に衝撃試験機 (SDST-300, 神栄テクノロジー(株))を用いて正弦半波衝撃パルスを繰り返し印加し、損傷発生に要する繰り返し回数を調査した。果実は衝撃試験機の落下テーブル上部に治具で固定した。その際、実輸送においてソフトトレー内に果実が配置される状況を勘案し、果実の衝撃印加部と落下テーブルとの間に10 mm厚の発泡ポリエチレン (PE) シートを配置した (図1)。衝撃試験機における設定落下高は、120, 240および360 mmとした。これらの高さから果実を落下させた際に発泡PEシート上に発生するピーク加速度は、3次元加速度計 (2366 W, 昭和測器(株)、寸法8.0×7.0×5.5 mm, 重量1.2 g)を用いて計測された。各々の設定落下高で計測されたピーク加速度は、1236~2464 m s<sup>-2</sup>であった (表1) (計測条件は後述する)。これらの条件による衝撃を繰り返し、衝撃印加部に変形を伴う軟化が生じた時点を損傷発生とした。なお、このような状態となった果肉は水浸状となり、数時間経過すると内部の変色が進行し (図2)、商品価値は著しく低下する。試験は6果について行い、部位ごとに最大値を除外した5データについて解析した。

### 2. 果実の部位別の硬度測定 (試験2)

試験1と同一の試料を用いた。直径5 mmの円筒形プランジャーを装着した果実硬度計 (KM-5, (株)藤原製作所)を用いて、試験1で評価対象とした各部位におけるプランジャー貫入時の最大抵抗値を測定した。測定は各部位の2箇所について行い、その平均値を部位ごとの果肉硬度とした。調査個体数は24とした。

### 3. 実輸送包装形態 (ダミーサンプル) を用いた落下試験 (試験3)

A フルーツの段ボール箱 (内寸: 460×305×105 mm) に、発泡PE製の緩衝用ソフトトレーを収納した国内における一般的なモモ輸送用包装容器を模倣したダミーサンプルを作製し、このサンプルを落下試験機 (DTS-50, 神栄テクノロジー(株))により落下させた。落下面の材質は鋼鉄である。ソフトトレーは16玉用とし、その果実収納部に果実重量を想定し

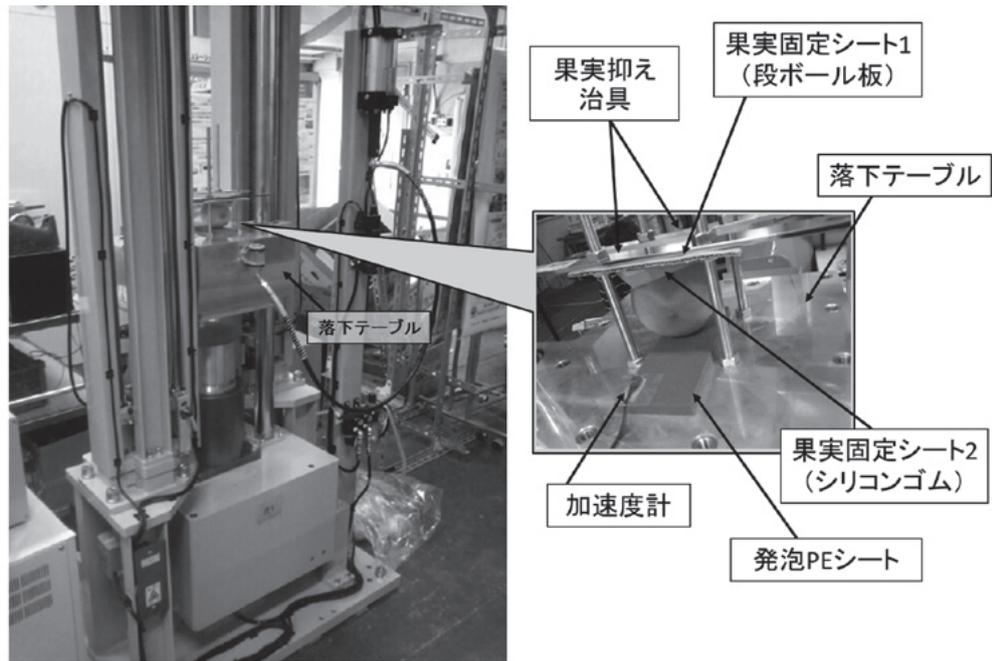


図1. 衝撃試験機による果実への衝撃印加

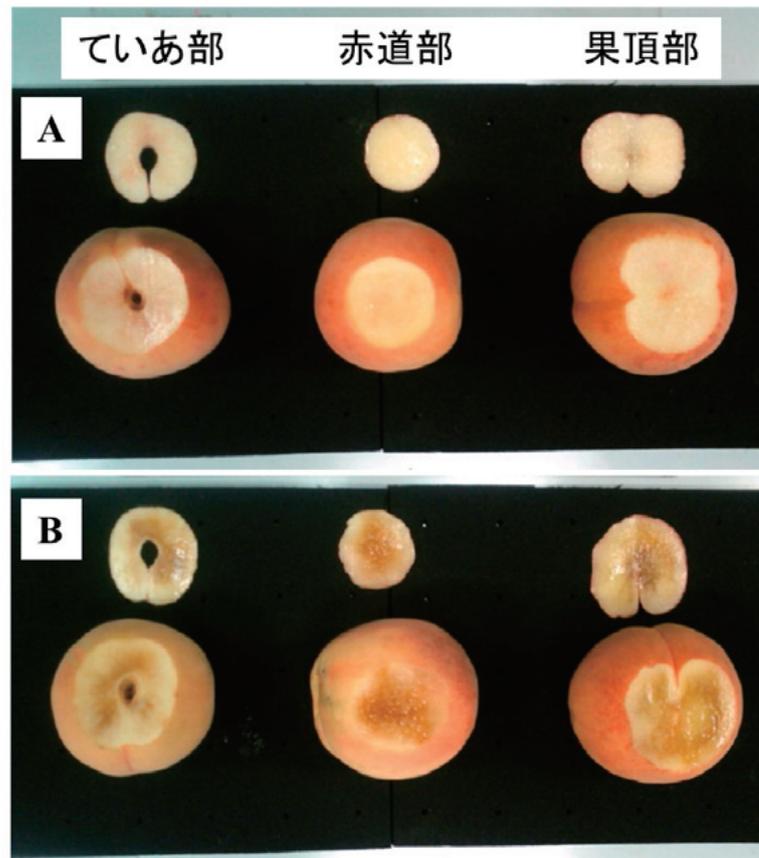


図2. 繰り返し衝撃によるモモ果実の品質劣化

A : 果実の切断面 (衝撃印加前)

B : 繰り返し衝撃により軟化した果実の切断面 (24時間後)

た300 gの粘土を詰め、ダミーサンプルの総重量を約4.9 kgとした。落下高は、200, 250, 300, 400, 500 および600 mmとした。

緩衝用ソフトトレー中央付近の果実収納部の底面に衝撃計測・解析システム (SMH-12, 神栄テクノロジー(株)) に接続された、試験1で用いたものと同じの3次元加速度計を両面テープで貼り付け、各落下高から落下させた際のピーク加速度を計測した。その際、果実の重量を想定した粘土と加速度計との間にドーム状の隙間を設け、両者が接触しないようにした。計測条件は、サンプリングレート: 200  $\mu\text{s}$ , データ点数: 2000, トリガレベル: 196  $\text{m s}^{-2}$  およびプレトリガ: 25%とした。これらの条件は、衝撃・振動解析ソフトウェア (SMS-500, 神栄テクノロジー(株)) により設定した。なお、これらの条件は試験1におけるピーク加速度の計測条件と同一である。

調査した落下高の範囲において、供試したダミーサンプルが線形バネ特性を有すると仮定すると、落下高 ( $h$ ) とピーク加速度 ( $PAcc$ ) の関係は以下の式で表す事ができ、これらは互いに変換可能となる。

$$PAcc = ah^b \dots \dots (1)$$

ここで、 $a$  および  $b$  は定数である。計測は各落下高について4回実施した。計測結果と式 (1) との整合性について検証し、ダミーサンプルが線形バネ特性を有するものとみなせた場合、得られた数式を用いて、試験1において果実に印加した衝撃と同等のピーク加速度が生じるダミーサンプルの落下高を推定すること

とした。

#### 4. 統計処理

試験1 および2のデータについて、Steel-Dwass法による多重比較を行った。統計解析ソフトウェアは、エクセル統計2012 ((株)社会情報サービス) を用いた。危険率は0.05とした。

### 実験結果

#### 1. 部位別の易損性評価 (試験1)

1236  $\text{m s}^{-2}$  のピーク加速度を伴う衝撃を印加した際に、損傷発生に要した繰り返し回数は果頂部で最も多く、赤道部、ていあ部の順に少なくなった (表1)。果頂部とていあ部の間には有意な差がみられ、ていあ部の値は、果頂部のそれより5割程度小さかった。ピーク加速度が1908  $\text{m s}^{-2}$  の場合、損傷発生に要する繰り返し回数は赤道部で最も多く、果頂部、ていあ部の順に少なくなった。赤道部とていあ部の間には有意な差がみられ、ていあ部の値は、赤道部のそれより5割程度小さかった。ピーク加速度が2464  $\text{m s}^{-2}$  の場合、部位間に有意な差はみられなかった。

#### 2. 果実の部位別の硬度測定 (試験2)

果実硬度計による測定値は、果頂部および赤道部では13.9Nであったのに対し、ていあ部では12.3Nであった (図3)。ていあ部における果肉硬度は、果頂部および赤道部のそれと比較し有意に小さかった。

表1. ピーク加速度と部位の違いがモモ果実の繰り返し衝撃による損傷発生に及ぼす影響

落下高 <sup>z</sup> (mm)	ピーク加速度 ( $\text{m s}^{-2}$ )	衝撃印加部位	損傷発生に要する衝撃繰り返し回数
120	1236	ていあ部	1.8 $\pm$ 0.3 <sup>y</sup> b <sup>x</sup>
		赤道部	3.0 $\pm$ 0.5 ab
		果頂部	3.4 $\pm$ 0.2 a
240	1908	ていあ部	1.2 $\pm$ 0.2 b
		赤道部	2.4 $\pm$ 0.4 a
		果頂部	2.0 $\pm$ 0.3 ab
360	2464	ていあ部	1.0 $\pm$ 0.0 a
		赤道部	1.4 $\pm$ 0.2 a
		果頂部	1.6 $\pm$ 0.2 a

<sup>z</sup> 衝撃試験機における落下テーブルの落下高。

<sup>y</sup> 平均値  $\pm$  標準誤差 ( $n = 5$ )。

<sup>x</sup> 同一落下高における異なるアルファベット間には、Steel-Dwass法により5%水準で有意差有り。

### 3. 実輸送包装形態（ダミーサンプル）を用いた落下試験（試験3）

ダミーサンプルを200, 250, 300, 400, 500および600 mmの高さから落下させた際に生じた衝撃のピーク加速度は、それぞれ670, 814, 1282, 2300, 2909および3696  $\text{m s}^{-2}$ となった（図4）。落下高（ $h$ ）と得られたピーク加速度（ $PAcc$ ）との関係は以下の式で表すことができた。

$$PAcc = 0.1022h^{1.6507} \dots\dots (2)$$

式(2)の決定係数（ $R^2$ ）は、0.9833であり、調査した落下高の範囲において、式(1)で示した仮定が成立し、供試したダミーサンプルが線形バネ特性を有していることが確認できた。この式を用いて、試験1において果実の損傷評価に用いた各ピーク加速度が生ずるダミーサンプルの落下高を算出すると、それぞれ298 mm（1236  $\text{m s}^{-2}$ ）、386 mm（1908  $\text{m s}^{-2}$ ）および450 mm（2464  $\text{m s}^{-2}$ ）となった。

### 考 察

試験1の結果より、供試したモモ果実では、果頂部および赤道部と比較し、ていあ部で繰り返し衝撃に対する易損性が大きいことが明らかとなった。試験2に

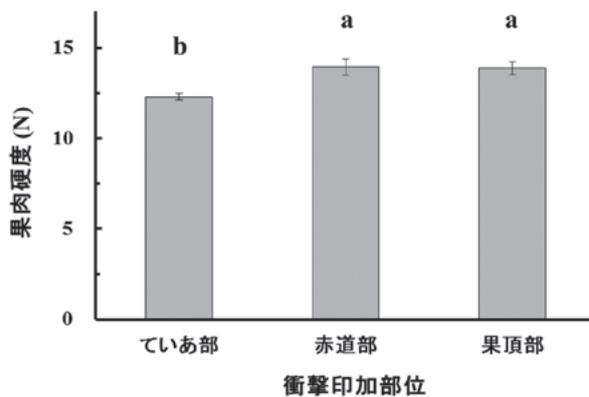


図3. 部位別の果肉硬度

異なるアルファベット間には、Steel-Dwass法により5%水準で有意差有り。

図中のエラーバーは標準誤差を示す（ $n=24$ ）。

において、ていあ部の果肉硬度が果頂部および赤道部に比べて有意に低かったことから、各部位における易損性の大きさは果肉硬度に依存するものと考えられる。

試験3では、実輸送を想定した包装形態を用いてピーク加速度と落下高の関係を明らかにするとともに、試験1で検討したピーク加速度をともなう衝撃が、どの程度の落下高に相当するのかを検証した。青果物の輸送中に想定される最大落下高は、イチゴおよびアウトウ輸送中の衝撃発生状況を解析した先行調査<sup>8,13,14</sup>の結果を総合する限り200 mm程度であった。試験3で想定された落下高（298, 386および450 mm）は、先行調査の結果をもとに推算した値よりも大きかったといえる。一方、輸送手段によっては、200 mm以上の高さからの落下に相当する衝撃が被包装物に発生する事例も報告されている<sup>15</sup>。近年の青果物輸送における手段や経路の多様化を考慮すると、本研究において想定した範囲の落下高への対策が必要となる状況が、流通の条件次第では生ずるものと考えられる。

モモ果実は現在、ていあ部が下、果頂部が上となるように立てた状態で包装されて流通している。一方、輸送中に発生する衝撃の大半は落下に起因するものであり、通常、被包装物に生ずる衝撃の程度は水平方向よりも垂直方向の方が大きい<sup>16</sup>。この点を踏まえた上で、本研究により得られた結果は、モモ果実の輸送中における繰り返し衝撃による損傷の回避という観点か

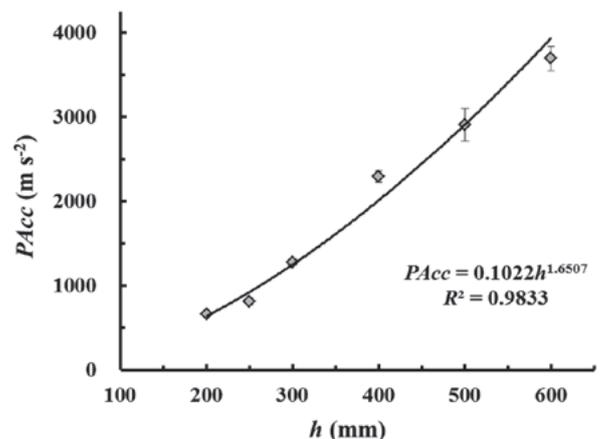


図4. 実輸送を想定したダミーサンプルを落下させた際における落下高（ $h$ ）とピーク加速度（ $PAcc$ ）との関係

図中のエラーバーは標準誤差を示す（ $n=4$ ）。

らは現在の包装方法が必ずしも最善とは限らない可能性を示唆した。なお、モモ果実を梱包した包装容器が約450 mmの高さから落下された場合では、各部位における易損性に差は生じないものと本研究の結果より考えられる。この理由としては、ピーク加速度と損傷発生に要する衝撃繰り返し回数との関係において、いずれかの部位がイチゴで報告されているような線形特性<sup>6,8,9)</sup>を有していないこと、ピーク加速度に伴う速度変化に対する応答が部位によって異なることなどが推察される。これらの点に関する検討を含めた上で、今後はモモ果実輸送中の繰り返し衝撃による損傷を防止するための新たな緩衝包装形態を提案する。

## 要 約

モモ果実の繰り返し衝撃に対する易損性を、ていあ部、赤道部および果頂部に区分して検討した。その結果、ていあ部の繰り返し衝撃に対する易損性は果頂部および赤道部と比較大きく、その理由として、この部位における果肉硬度が他2部位に比べて低いことが考えられた。モモ果実は通常、ていあ部が下、果頂部が上となるように立てた状態で包装されて流通している。しかしながら、本研究の結果より、輸送中の繰り返し衝撃による損傷回避の観点からは、このような包装方法が必ずしも最善とは限らない可能性が示唆された。

## 謝 辞

試験1および2は、(独)農業・食品産業技術総合研究機構平成25年度インターンシップ講習プログラムにより実施した。

## 参考文献

- 1) Kitazawa, H., Ishikawa, Y., Lu, F., Hu, Y., Nakamura, N. and Shiina, T., Alleviation of strawberry bruising due to vibration using 1-layer packaging with cushioning, *J. Packag. Sci. Technol.*, **19**, 33-42 (2010).
- 2) 中村宣貴, 梅原仁美, 岡留博司, 中野浩平, 前澤重禮, 椎名武夫, 振動周波数及び振動方向がイチゴ果実の損傷に及ぼす影響, *農業施設*, **38**, 101-108 (2007).
- 3) Kitazawa, H., Ishikawa, Y., Nakamura, N., Lu, F. and Shiina, T. Improvement of packaging to reduce deterioration of peach fruit caused by vibration, *Food Preserv. Sci.*, **34**, 331-336 (2008).
- 4) 中村宣貴, 梅原仁美, 根井大介, 岡留博司, 石川豊, 中野浩平, 前澤重禮, 椎名武夫, 包装条件の違いがイチゴ果実の損傷に及ぼす影響, *農業施設*, **39**, 1-8 (2008).
- 5) Newton, R.E., *Fragility assessment theory and test procedure*, Monterey Research Laboratory, Inc. (1968).
- 6) Kitazawa, H., Saito, K. and Ishikawa, Y., Effect of difference in acceleration and velocity change on product damage due to repetitive shock, *Packag. Technol. Sci.*, **27**, 221-230 (2014).
- 7) 池田裕朗, 石川豊, 赤阪信二, 塩田俊, 北澤裕明, 路飛, 収穫後の衝撃がレモン果実貯蔵中の腐敗の発生に及ぼす影響, *園学研*, **10**, 93-100 (2011).
- 8) 北澤裕明, 石川豊, 路飛, 胡耀華, 中村宣貴, 椎名武夫, イチゴ輸送中の衝撃解析と損傷発生, *園学研*, **9**, 221-227 (2010).
- 9) 北澤裕明, 佐藤達雄, 石川豊, 中村宣貴, 椎名武夫, ソフトパックにより包装されたイチゴの損傷発生に及ぼす衝撃の影響, *日食保蔵誌*, **36**, 265-269 (2010).
- 10) Maness, N.O., Brusewitz, G.H. and McCollum, T.G., Impact bruise resistance comparison among peach cultivars, *HortScience*, **27**, 1008-1011 (1992).
- 11) Schulte, N.L., Timm, E.J. and Brown, G.K., 'Redheaven' peach impact damage thresholds, *HortScience*, **29**, 1052-1055 (1994).
- 12) Vergano, P.J., Testin, R.F., Newall, Jr., W.C. and Trezza, T., Damage loss cost curve for peach impact bruising, *J. Food Qual.*, **18**, 265-278 (1995).
- 13) Ishikawa Y., Kitazawa, H. and Shiina, T., Vibration and shock analysis of fruit and vegetables transport -Cherry transport from Yamagata to Taipei-, *JARQ*, **43**, 129-135 (2009).
- 14) 石川豊, 北澤裕明, 高橋和博, オウトウ輸出時に荷物が受ける衝撃力と緩衝効果, *日食保蔵誌*, **38**, 135-140 (2012).
- 15) 斎藤勝彦, 久保雅義, 劉剛, 宅配便で輸送される荷物が受ける衝撃力の実態, *日本包装学会誌*, **7**, 23-33 (1998).
- 16) 石川豊, 北澤裕明, 今野勉, 航空便と船便による果実輸出中に発生する衝撃比較, *日食保蔵誌*, **39**, 25-30 (2013).

## 研究ノート

## クロラムフェニコール耐性遺伝子によるゲノム重複を活用した枯草菌育種法

稲岡 隆史<sup>§</sup>, 草房 克江, 本山 志織

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

**Investigation of *Bacillus subtilis* gene amplification by utilizing chloramphenicol-resistance gene**Takashi Inaoka<sup>§</sup>, Katsue Kusafusa, Shiori MotoyamaNational Food Research Institute, NARO  
2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8642, Japan**Abstract**

Gene amplification, reiteration of a chromosomal DNA segment, spontaneously occurs during replication in all organisms. In this study, we investigated *B. subtilis* gene amplification using a chloramphenicol-resistance gene (*cat*) as a selection marker. When *B. subtilis* strain TI74 carrying a single copy set of *cat* and  $\beta$ -galactosidase gene (*lacZ*) on the genome was plated onto the medium containing chloramphenicol at the higher dosages than its minimum inhibitory concentration, it was found that all high-level resistant strains carried the multi-copy of *cat* gene. Furthermore, the *lacZ*-amplifications were also observed in the *cat*-amplified strains, thereby resulting in the increase in  $\beta$ -galactosidase activity. These results indicate that the *cat*-amplified strains can be selected for increased chloramphenicol resistance efficiently. Thus, *cat* gene is thought to be useful as a selection marker for gene amplification in *B. subtilis*.

**緒言**

生物の設計図である遺伝情報は、次の世代へと正確に受け継がれてゆかなければならない。そのため、ゲノムDNA上で突然変異のような遺伝的改変が起こる頻度は極めて低く抑制されている。しかしながら、ゲ

ノムDNAの一部分が重複するゲノム重複現象は複製の過程でしばしば起こることが知られている<sup>1-3)</sup>。このゲノム重複現象は多コピー化した遺伝子の発現量を増大させるだけでなく、重複領域の進化速度を加速することにもなるため、生物進化の原動力にもなっていると考えられている。

ゲノム重複により遺伝子コピー数変動するモデ

<sup>§</sup> 連絡先 (Corresponding author), tina2672@affrc.go.jp

ルを図1に示す。ゲノム重複は、非相同組換えによる2コピー化ステップと相同組換えによる多コピー化ステップの2段階のステップによって進行すると考えられている<sup>3)</sup>。ゲノム重複の最初の2コピー化ステップでは相同配列のような特別な配列は必要なく、RecAも関与しないが、そのメカニズムは不明である。このRecAに依存しない非相同組換え頻度は、RecA依存相同組換え頻度に比べて低いため、最初の2コピー化ステップがゲノム重複の律速段階となっている。しかしながら、リボソームRNA遺伝子のようにゲノム上に多コピー存在する遺伝子や直列反復配列等の相同配列間では、2コピー化ステップがRecA依存相同組換えによって進行するため、ゲノム重複の発生頻度は相対的に高くなる。2コピー化ステップの結果、ゲノム上に同一配列が連続して存在する細胞とその領域を欠失した細胞が誕生するが、環境中の選択圧により生存に適した細胞が選抜されることになる。2コピー化ステップで生じた相同配列間では、RecA依存相同組換えが起り易くなるため、コピー数の増加が有利な環

境下では、相同組換えを繰り返すことにより多コピー化が促進される。逆に、非選択環境下では、コピー数の低下した細胞が生き残るため、結果的には重複した遺伝子領域のコピー数は低下することになる。このように、ゲノム中の遺伝子コピー数は環境変化に応じて増減するので、ゲノム重複は生物が有する環境適応機構の一つと考えることもできる。

発酵産業を支える有用微生物は幾多の遺伝的改変が加えられ、有用形質の向上、特に有用物質の生産能の向上が図られている。しかしながら、従来法による変異操作では工業レベルの生産株を得るまでに多大な労力と時間を要するため、より効率的な微生物育種法の開発が求められている。この要望に応えるため、筆者らは、ゲノム重複現象を活用することにより、生物の有用機能の発現を増大させる微生物育種法の構築が期待できると考えた。そこで、本研究では、枯草菌を用いてゲノム重複を活用した微生物育種について検討を行なった。

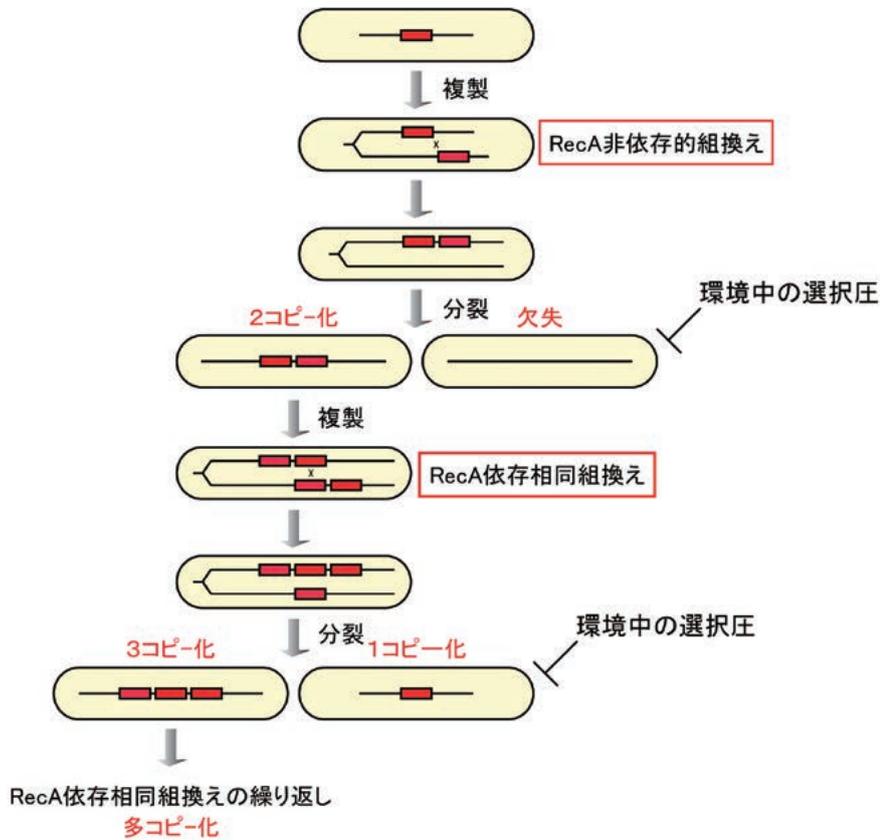


図1. 遺伝子コピー数の変動

## 実験材料および方法

### 1. 使用菌株

プラスミド pDL2はクロラムフェニコールアセチルトランスフェラーゼ遺伝子 (*cat*) とβ-ガラクトシダーゼ遺伝子 (*lacZ*) を枯草菌ゲノム上の *amyE* 遺伝子上に挿入するプラスミドである<sup>4)</sup>。このプラスミドの *lacZ* 遺伝子は転写プロモーターを有していないため、pMutinT3<sup>5)</sup>由来の *spac* プロモーター領域を含む *Bg/III-BamHI* 断片を *lacZ* 遺伝子直前の *BamHI* サイトに連結し、pMSL1を構築した。pMSL1プラスミドを制限酵素 *ScaI*により直鎖状にした後、*Bacillus subtilis* 168 (*trpC2*) を形質転換し、4 μg/mLのクロラムフェニコール (Cm) を含むLB寒天培地上で選抜した。得られた形質転換体の *cat* 遺伝子コピー数が1コピーであることを定量PCR法にて確認し、TI74株 {*trpC2 amyE:: (Pspac-lacZ, cat)*} とした。

*cat* 遺伝子重複株は、*B. subtilis*TI74株をLB培地で3-4時間培養後、適当な濃度 (50, 60, 70, 80 μg/mL) のCmを含むLB寒天培地上に適量塗布することによって取得した。

### 2. ゲノムDNA調製

ゲノムDNAの調製には、実験に応じて2通りの調製法を用いた。コロニーから直接ゲノムDNAを調製する場合には、市販のゲノムDNA調製試薬インスタンジーン (バイオラッド社) を用いて調製した。培養液からゲノムDNAを調製する場合には、適当な濃度のCmを含むLB培地で一晚培養した培養液を遠心し、上清を除去後、一般的なゲノムDNA調製法であるフェノール/クロロホルム抽出法により調製した。

### 3. 定量PCRによるコピー数定量

遺伝子コピー数の定量にはアプライド・バイオシステムズ社のリアルタイムPCR装置7300を使用した。PCR反応は、THUNDERBIRD SYBR qPCR Mix (東洋紡) を使用し、20 μL反応液に各プライマーを終濃度300nMになるよう添加して行なった。コントロール遺伝子としてリボソームタンパク質S10をコードする *rpsJ* 遺伝子を用いた。使用したプライマーは表1に示した。

### 4. β-ガラクトシダーゼ活性測定

適当な濃度のCmを含むLB培地で一晚培養した菌

体液について650 nmにおける吸光度 ( $A_{650}$ ) を測定した。その培養液0.1 mLを遠心後、上清を除去して、菌体を活性測定まで-30℃で保存した。凍結菌体を0.5 mLのZ緩衝液 {60mM  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 40 mM  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , 10 mM KCl, 1 mM  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.35% (v/v) メルカプトエタノール} に懸濁し、30 μLのトルエンを添加して攪拌した。その後、サンプルに0.2 mLのONPG溶液 (4 mg/mL *O*-ニトロフェニル-β-D-ガラクトシドを含むZ緩衝液) を添加して発色が認められるまで28℃で保温した。発色後、0.5 mLの反応停止液 (1M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) を加えて、反応時間 ( $t$ 分) を記録し、420 nmにおける吸光度 ( $A_{420}$ ) を測定した。β-ガラクトシダーゼ活性 ( $\text{U} \cdot \text{A}_{650}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) は、 $A_{420} \cdot t^{-1} \cdot A_{650}^{-1} \cdot 0.1^{-1} \cdot 1000$ により算出した。

## 結果及び考察

ゲノム重複株の選抜において、より厳しい選択条件下ではゲノム重複株の出現頻度は低下する。一方、比較的温和な選択条件では、同時に出現する多数の偽耐性菌や自然突然変異株を効率的に排除し、目的のゲノム重複株を選抜しなければならない。そのため、微生物育種へのゲノム重複の活用にはゲノム重複株を効率的に選抜できる選択マーカー遺伝子が必要不可欠である。ゲノム重複株を選抜する薬剤としては、(1) 自然突然変異等の他の耐性菌が出現し難い薬剤であることに加え、汎用性の面から、(2) 広い抗菌スペクトルを有することが望ましい。また、ゲノム重複株の選択マーカー遺伝子に望まれる特徴として、(1) 耐性遺伝子のコピー数増加に伴って薬剤に対する耐性度も増大すること、及び(2) 耐性遺伝子長が比較的短いこと、等が挙げられる。このような条件において、クロラムフェニコール (Cm) は広い抗菌活性を有しており、自然突然変異耐性菌も出現し難く、選択に用い

表1. 定量PCRで使したプライマー

プライマー	配列 (5' → 3')
rpsJ-F	GTAATCTGGTCCGATTCCG
rpsJ-R	GTGGTGTGGGTTACAAT
cat-F2	GTGACAAGGGTGATAAACTC
cat-R2	TCAGGTATAGGTGTTTTGGG
lacZ-C F	ACATCAGCCGCTACAGTC
lacZ-C R	CTGGAATTCCGCCGATAC

る薬剤としては優れた薬剤であると言える。また、その耐性遺伝子である *Streptococcus pneumoniae* 由来のクロラムフェニコールアセチルトランスフェラーゼ遺伝子 (*cat*) は約800bpと小さく、微生物分野では遺伝子破壊用のマーカー遺伝子として広く利用されており、選択マーカー遺伝子としての活用が期待できる。そこで、本研究では、選択に用いる薬剤としてCmを、選択マーカー遺伝子として*cat*遺伝子を利用し、ゲノム重複を活用した枯草菌育種について検討を行なった。

*B. subtilis* TI74株はゲノムの *amyE* 遺伝子領域に *cat* 遺伝子及びβ-ガラクトシダーゼ遺伝子 (*lacZ*) を含むDNA (約5.3 kb) が挿入されており、5 μg/mLのCm耐性を有している。そこで、*B. subtilis* TI74株を様々な濃度 (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 μg/mL) のCmを含むLB寒天培地上に塗布した結果、50 μg/mL以上の濃度では高度耐性菌を取得することが可能であったが、40 μg/mL以下の濃度では選抜が困難であった。Cm耐性菌の出現頻度は、Cm 50 μg/mLでは約 $10^{-5}$ であり、60 μg/mL以上の濃度では約 $10^{-6}$ – $10^{-7}$ であった。そこで各選抜濃度で選抜したコロニーの*cat*遺伝子のコピー数を定量した (表2)。コントロールとして、5 μg/mLのCmを含むLB寒天培地上で生育させた*B. subtilis* TI74株コロニーについても同様の実験を行なった。その結果、定量したCm高度耐性菌 (50, 60, 70, 80 μg/mL耐性) の全てにおいて*cat*遺伝子のコピー数が増加していた (表2)。これはCmに対する自然突然変異株が出現し難いという特徴によるものと考えられ、*cat*遺伝子が非常に優れた選択マーカーであることを示すものである。実際、筆者らが試験したいいくつかの他の薬剤耐性遺伝子マーカーではゲノム重複株の出現頻度は最高でも30%程度であり、ゲノ

ム重複株が取得できないものもあった (未発表データ)。

Cm濃度が50 μg/mLの条件で選抜されたコロニー17株について、*cat*遺伝子のコピー数平均は $5.0 \pm 0.96$ であり、60 μg/mLの濃度で選抜されたコロニー10株ではコピー数平均は $12 \pm 3.0$ であった。しかしながら、70および80 μg/mLで選抜されたコロニーにおける*cat*遺伝子のコピー数の平均は60 μg/mLの濃度で選抜されたものと同様であったことから、本条件での*cat*遺伝子のコピー数は12コピー程度が上限であると思われた。今後、*cat*遺伝子をゲノム重複株の選抜に利用するためには、*cat*遺伝子のコピー数を更に増加させる必要がある。そのためには、*cat*遺伝子産物であるクロラムフェニコールアセチルトランスフェラーゼ活性を低下させるような変異を導入するか、より弱い転写プロモーターから発現させることにより可能であると考えられる。なぜなら、クロラムフェニコールアセチルトランスフェラーゼ活性が低下した細胞では、十分なCm抵抗性を獲得するために*cat*遺伝子のコピー数をより増加させなければならないためである。

一方、*lacZ*遺伝子についても同様にコピー数の定量実験を行なったが、コピー数は*cat*遺伝子と同程度であり、*cat*遺伝子の重複に伴って*lacZ*遺伝子も重複したことが示された (データは示さず)。これらゲノム重複株におけるβ-ガラクトシダーゼ活性は、Cm 50 μg/mLで選抜されたコロニーにおいて平均約2–3倍、最大で約5倍増加することが確認された (表2)。しかしながら、Cm 50 μg/mLで選抜されたコロニーと60 μg/mLで選抜されたコロニーでは平均コピー数が2倍以上増加しているにも拘らず、β-ガラクトシ

表2. Cm耐性を指標としたゲノム重複による枯草菌育種

	Cm耐性 (μg/mL)				
	5	50	60	70	80
<i>cat</i> 重複株の割合 ( <i>cat</i> 重複株数/試験株数)	0/9	17/17	10/10	10/10	10/10
<i>cat</i> コピー数 (平均)	$0.94 \pm 0.045$	$5.0 \pm 0.96$	$12 \pm 3.0$	$12 \pm 1.7$	$11 \pm 1.3$
<i>cat</i> コピー数 (最少-最大)	0.84 - 0.98	2.7 - 6.8	8.2 - 15	8.1 - 14	9.1 - 14
β-ガラクトシダーゼ活性	$110 \pm 22$	$270 \pm 90$	$310 \pm 58$	$240 \pm 46$	$250 \pm 53$
β-ガラクトシダーゼ活性 (最少-最大)	64 - 139	166 - 532	252 - 447	180 - 329	186 - 359

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

ダーゼ活性では有為な差は観察できなかった(表2)。重複した遺伝子は非選択環境下ではコピー数が低下するため、本実験ではスクリーニング時の高濃度Cmを添加した培地で増殖させた菌体のβ-ガラクトシダーゼ活性を測定している。そのため、この高濃度のCmがタンパク質合成を阻害している可能性も否定できない。もしβ-ガラクトシダーゼ活性が増加しない原因が高濃度のCm添加によるものであるならば、RecAを破壊する等、RecA依存相同組換えを生じさせない変異<sup>6)</sup>を導入し、Cm無添加の条件で培養することによって回避できる可能性がある。

このように、*cat*遺伝子はゲノム重複株の選抜マーカーとして非常に有望であるが、コピー数の更なる増加と重複遺伝子の安定化が必要である等、実用化のためには更なる改良が必要であり、今後検討してゆく予定である。

## 要 約

ゲノム重複を活用した微生物育種法の開発を目指し、その効果を枯草菌で検証した。Cm耐性遺伝子(*cat*)をゲノム重複株の選抜用マーカーとして用いたところ、単離した全ての株でゲノム重複が生じており、*cat*遺伝子がゲノム重複株の選抜に極めて有効であることが示された。また、*cat*遺伝子と共に重複させたβ-ガラクトシダーゼ遺伝子においても、酵素活性を約5倍まで増加させることができた。

## 参考文献

- 1) Hastings, P. J., Bull, H. J., Klump, J. R., and Rosenberg, S. M., Adaptive amplification: an inducible chromosomal instability mechanism, *Cell*, **103** (5), 723-731 (2000)
- 2) Hastings, P. J., Adaptive amplification, *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.*, **42** (4), 271-283 (2007)
- 3) Sandegren, L., and Andersson, D. I., Bacterial gene amplification: implications for the evolution of antibiotic resistance, *Nat. Rev. Microbiol.* **7** (8), 578-588 (2009)
- 4) Fukuchi, K., Kasahara, Y., Asai, K., Kobayashi, K., Moriya, S., and Ogasawara, N., The essential two-component regulatory system encoded by *yycF* and *yycG* modulates expression of the *ftsAZ* operon in *Bacillus subtilis*. *Microbiology*, **146**, 1573-1583 (2000)
- 5) Moriya, S., Tsujikawa, E., Hassan, A. K. M., Asai, K., Kodama, T., and Ogasawara, N., A *Bacillus subtilis* gene-encoding protein homologous to eukaryotic SMC motor protein is necessary for chromosome partition. *Mol. Microbiol.*, **29** (1), 179-187 (1998)
- 6) Tyo, K. E. J., Ajikumar, P. K., and Stephanopoulos, G., Stabilized gene duplication enables long-term selection-free heterologous pathway expression. *Nat. Biotechnol.*, **27** (8), 760-765 (2009)

研究ノート

市販米粉の製パン性について

與座 宏一<sup>§</sup>, 松木 順子

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  
〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

Rice breads made from commercial rice flour

Koichi Yoza<sup>§</sup>, Junko Matsuki

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

Abstract

Fifteen kinds of commercial rice flour was investigated as bread ingredient. They consisted of 2 groups, recently developed rice flour for new utilization such as bread and cake, and the other was for usual Japanese confectionary. The flour of former group had relatively low mean particle diameter (<100 μm) and low damaged starch content. They showed higher specific volume of bread. Most of flour in later group had high damaged starch content and showed low specific volume. Among them, damaged starch content of 'gyuhiko' and 'joyoko' was 7.71 and 4.85%, respectively. The each specific volume of the bread was 3.58 and 3.55 ml/g. The damaged starch content of these flour was relatively low and the specific volume was relatively high.

Keywords: 米粉, パン, 損傷澱粉

緒言

近年、米粉の利用拡大を目指して様々な研究開発が行われている<sup>1)</sup>。米粉の利用拡大は日本の食料自給率の向上のためにも重要である。従来の和菓子用途の米

粉の他に、新たな需要を喚起するためにパンやケーキなどこれまで使用されていなかった用途に向けていわゆる新規用途米粉と呼ばれる米粉が開発されている。パン用などの新規用途米粉は粉の平均粒径が小さく、損傷澱粉含量が低いという特徴を持っている。これらの米粉は主に湿式気流製粉と呼ばれる方法で製粉され

<sup>§</sup> 連絡先 (Corresponding author), yozako@affrc.go.jp

ている<sup>2)</sup>。

米粉の一般的な分類法として、もち米・うるち米の区別と製造中の加熱処理による糊化の有無との組合せによって4種類に分類されている<sup>1,3-5)</sup>。この分類によると新規用途米粉の多くはうるち米の生粉製品になる。この他にこのタイプに分類される米粉としては上新粉や上用粉がある。上新粉は団子などに利用されており、上用粉は上用まんじゅうに使用されている。もち米の生粉製品としては牛皮粉や大福粉、羽二重粉、最中粉がある。牛皮粉は求肥粉とも表記され、和菓子の一種である求肥に使用されている。大福粉は大福の製造に使用されている。羽二重粉、最中粉もそれぞれ羽二重餅や最中の原料として使用されている。うるち米の糊化製品としては味甚粉がある。玄米粉で焙煎したものもこのタイプに分類される。もち米の糊化製品としては寒梅粉がある。

これまで製粉方式の違いによる製パン性の評価は行われており、例えば上新粉の製造によく使用されるロール製粉方式ではパン比容積が低くなることが報告されている<sup>2,6,7)</sup>。ただ、和菓子用米粉を製パン用途として評価した例はあまりみられない。それは元々これらの米粉が製パン用として製造されていないからであろう。和菓子用米粉だけでパンを作るのは難しいとしても、小麦粉（強力粉）に一部混合して使用する用途では十分に製パンに利用できるのではないかと考えた。米粉を添加することでもっちりした食感など米粉の特性を生かしたパンを製造できる可能性がある。そこで新規用途用米粉および和菓子用の市販米粉を用いて製パン試験を行い、パン用としての適性を検討した。

## 実験方法

### 1. 試験材料

米粉は市販品を使用した。表1に示した15種類の米粉を比較した。米粉A～Fはパンやケーキ用などの新規用途米粉である。その他は和菓子用の米粉である。米粉A・上新粉・上用粉・玄米粉・大福粉はN社より、米粉B・味甚粉はH社より、米粉CはK社より、米粉D・米粉EはNI社より、米粉F・寒梅粉・羽二重粉・最中粉・牛皮粉はG社より購入した。

### 2. 米粉の特性

米粉の特性として平均粒径および損傷澱粉含量を既報と同様に測定した<sup>6)</sup>。すなわち、米粉の平均粒子径

はベックマン・コールター(株)レーザ回折・散乱法粒度分布測定装置LS 13 320を用いて乾式法により測定した。損傷澱粉含量の測定はメガザイム社(アイルランド)の損傷澱粉測定キット(K-SDAM)を使用した。

### 3. 製パン試験

製パン試験には家庭用パン焼き器(ホームベーカリー)としてエムケー精工(株)製のHBK-100を使用した。小麦粉70%、米粉30%の割合で粉を配合した。具体的には次の通りである。小麦粉196g、各種米粉等84g、油脂20g、砂糖20g、スキムミルク6g、塩4g、ドライイースト3.6g、精製水190mlを配合した。小麦粉はミリオン(日清製粉(株))、砂糖はばら印の白砂糖(大日本明治製糖(株))、塩は食塩((財)塩事業センター)、油脂はカナリヤエイト(日油(株))、ドライイーストはスーパーカメリヤ(日清フーズ(株))を使用した。

### 4. 統計処理

統計処理ソフトウェアとしてSAS Institute Japan(株)のJMP8.0.2.2を使用して統計処理を行った。

## 実験結果及び考察

試験材料となる米粉の損傷澱粉含量および平均粒子径、製パン試験の比容積の結果を表1に示した。米粉A～Fの新規用途米粉は平均粒子径が100 $\mu$ m以下で損傷澱粉含量は6%以下であった。和菓子用米粉には粒子径が100 $\mu$ mを超えるものも含まれていた。米粉の製造工程に加熱処理を含んでいる玄米粉、味甚粉、寒梅粉では損傷澱粉含量が極めて高かった。

製パン試験は小麦粉70%と米粉30%の比率で混合して製パンし、比容積を求めた。米粉の代わりに小麦粉で置き換えた場合、すなわち小麦粉100%の比容積が最も高く3.68であった。米粉を加えることによって比容積は低下する傾向がみられた。特に玄米粉や味甚粉、寒梅粉のように損傷澱粉含量が高い粉は出来あがったパンが柔らかいため自重でつぶれてしまい、比容積が低下した。

供試したすべての米粉について損傷澱粉含量と製パン比容積の相関性は $R^2=0.848$ であり、損傷澱粉含量が増大すると比容積は低下した。これまでに報告されているように<sup>2,6,7)</sup>、損傷澱粉含量と製パン比容積の相関性は高かった。損傷澱粉含量の増大による比容積の

低下の原因は主に生地吸水量の増加によるものと指摘されている<sup>7,8)</sup>。本研究では加水量一定の条件で試験を行ったので、水が不足し生地が硬くなり発酵および焼成の過程で膨らみ難くなっていたことが考えられた。

平均粒子径と製パン比容積の相関性は $R^2=0.557$ であり、相関係数は損傷澱粉の場合より低いものの平均粒子径が増加すると比容積は低下する傾向がみられた。これは平均粒子径より損傷澱粉含量がより強く比容積に影響したためと考えられた。

全体の傾向として新規用途米粉の比容積が比較的高く、比容積は3.41~3.55であった。また、和菓子用の米粉では牛皮粉の比容積3.58、上用粉では3.55であり、新規用途米粉と同程度の比較的高い値を示した。本研究で用いた米粉は市販品であり、ここに示した結果がその種類の米粉を代表した特性とすることは難しいが、同じ分類区分に属する米粉は似た傾向を示しており、米粉選択の参考にすることは可能だと考えている。

小麦粉の一部を米粉で置換するタイプの米粉パンに関して、和菓子用の米粉でも米粉の種類によっては新規用途米粉と同様に利用可能であると考えられた。特にもち米由来の米粉を使用した場合、もちりとした食感が顕著であったので、米粉らしい特徴を持つパンとなるであろう。

## 要 約

市販の15種類の米粉を用いて製パン試験を行った。新規用途米粉6種類は平均粒径も100  $\mu\text{m}$ 以下と小さく、損傷澱粉含量も低く、製パン時の比容積は比較的高い傾向がみられた。和菓子用の米粉については損傷澱粉含量が高い米粉では比容積が低下した。牛皮粉、上用粉など損傷澱粉含量が低い粉では比較的高い比容積を示した。

## 参考文献

- 1) 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).
- 2) 宍戸功一, 江川和徳, ベ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).
- 3) 今井 徹, 米粉のいろいろ, 「お米の話II」, 第1版, 横尾政雄編, (技報堂出版社, 東京), 67-73 (1989).
- 4) 奥西智哉, 米粉, 食品と容器, 54, 338-341 (2013).

表1. 米粉の特性および製パン比容積

試料名	平均粒径		損傷澱粉		比容積	
	( $\mu\text{m}$ )	s.e.	(%)	s.e.	(ml/g)	s.e.
米粉A	51.9	0.27	2.87	0.03	3.48	0.02
米粉B	91.2	2.19	5.49	0.11	3.41	0.04
米粉C	68.1	1.18	3.66	0.07	3.55	0.01
米粉D	68.9	0.45	3.19	0.05	3.52	0.01
米粉E	87.2	3.62	4.10	0.05	3.47	0.01
米粉F	57.2	0.64	3.06	0.08	3.50	0.05
上新粉	90.4	0.17	9.55	0.10	3.43	0.05
上用粉	92.5	0.51	4.85	0.08	3.55	0.01
玄米粉	128	0.37	52.8	1.15	1.91	0.02
味甚粉	157	0.58	71.9	0.95	2.56	0.12
寒梅粉	201	0.36	72.9	0.67	2.14	0.10
羽二重粉	79.4	0.41	22.4	0.17	3.26	0.14
最中粉	83.0	0.39	20.9	0.24	3.28	0.01
牛皮粉	135	0.29	7.71	0.11	3.58	0.02
大福粉	97.9	0.23	6.60	0.29	3.41	0.03
小麦粉					3.68	0.03

- 5) 澤山茂, 米粉の種類, 性質とさまざまな利用法, 製菓製パン, **79** (7), 155-157 (2013).
- 6) 奥座宏一, 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) 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).
- 8) 高野博幸, 豊島英親, 渡辺敦夫, 小柳 妙, 田中康夫, 生米粉の性状がレオロジー特性および製パン性に及ぼす影響, 食品総合研究所報告, **48**, 43-51 (1986).

技術報告

精米粉末中のカドミウム及び必須無機元素の2008年度技能試験結果

内藤 成弘\*<sup>§</sup>, 門倉 雅史\*\*\*, 安井 明美\*

\* 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

〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

\*\* 独立行政法人農林水産消費安全技術センター

〒330-9731 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1

**Results of the proficiency testing program for determination of cadmium and essential inorganic elements in milled rice flour in 2008**

Shigehiro Naito\*<sup>§</sup>, Masashi Kadokura\*\*\* and Akemi Yasui\*

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

2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642 Japan

\*\* Food and Agricultural Materials Inspection Center, 2-1, Shintoshin, Chuo, Saitama, Saitama 330-9731, Japan

**Abstract**

National Food Research Institute, NARO provided a proficiency testing program for determination of cadmium and essential inorganic elements in milled rice flour in 2008. Reported values from 36 laboratories were analyzed according to the International Harmonized Protocol for the Proficiency Testing of Analytical Chemistry Laboratories. Each analyte, that is, water, cadmium or 9 essential inorganic elements had at least one reported value with  $|z \text{ score}| > 2$ . Moreover, the all analytes except for cadmium retained at least one reported value with  $|z \text{ score}| > 3$ . Assigned values of sodium, calcium and iron could not be determined according to the Harmonized Protocol because of large variability among reported values. For these three analytes, informative values were determined from median values of reported values after removing outliers.

Keywords: proficiency testing (技能試験), milled rice flour (精米粉末), cadmium (カドミウム), essential inorganic elements (必須無機元素), moisture (水分)

---

<sup>§</sup> 連絡先 (Corresponding author), naito@affrc.go.jp

## 緒 言

技能試験<sup>1,2)</sup>への参加は、試験所認定<sup>3,4)</sup>や食品衛生法上の検査機関登録の必須条件<sup>5)</sup>であり、農林水産省から実態調査等の分析を受託する分析機関も技能試験への参加が要求されている<sup>1)</sup>。これは、コーデックス委員会 (Codex Alimentarius Commission) が、食品の輸出入に係わる試験所への要求事項の一つとして、適切なプロフィシエンシテスティング (技能試験) への参加を挙げており<sup>6)</sup>、第三者が実施する技能試験に参加することが分析値の信頼性確保の一つの方法として国際的に認識されているためである。

技能試験データベース EPTIS (European Proficiency Testing Information System)<sup>iii)</sup>によると、食品・飲料の分析化学の技能試験は、26カ国の海外プロバイダー82機関から483プログラム (218プログラムのFAPAS<sup>iii)</sup>) はEPTISでは1プログラムに集約)、食品・飲料の微生物検査の技能試験は、15カ国の海外プロバイダー32機関から99プログラム (19プログラムのFEPAS<sup>iii)</sup>) はEPTISでは1プログラムに集約) が提供されている。しかし、海外プロバイダーが提供する技能試験では、防疫上の理由から試料の日本への輸入が許可されず国内の試験室が参加できない場合や、国内で関心の高い試料・成分のプログラムが定期的に提供されていない場合がある。一方、国内で提供されている食品分析の技能試験<sup>iv~ix)</sup>は、対象食品・成分に限りがある。そこで、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所では、食品からの摂取量低減のための行政的施策が実施されているカドミウムについて、国内で関心の高い米をマトリックスに選択し、さらに食事摂取基準等に関連して分析機会の多い必須無機元素も対象成分に加えた技能試験の提供を2006年度から開始した<sup>7,8)</sup>。

技能試験では、実施者が均質な試料を参加試験室に配付し、各試験室は任意の方法で分析後、実施者に分析値を提出する。実施者は分析値の評価結果 (かたより) を示した報告書を各参加試験室に送付するので、参加試験室はかたよりの大小によって各自の技能を確認し、他の試験室の分析方法などを参考にして、技能試験の結果を技能向上に役立てることができる。技能試験の結果は参加者だけに報告されるのが原則のため、参加者以外が技能試験結果の情報を入手することは一般的には制限されている。しかし、測定値の分布や使用された測定法に関する情報など、技能試験結

果には参加者以外にとっても有益な情報が多く含まれる。また、技能試験への参加の必要性を啓発するためにも、技能試験結果を多くの人に知ってもらう必要がある。そこで、本報告では、2008年度に実施した精米粉末中のカドミウム及び必須無機元素の技能試験結果について報告する。

## 実験方法

### 1. 試料

玄米を家庭用精米機 (象印, BR-EA35) で歩留まり91%に精米し、チタン製0.5mmメッシュ及びチタン製ロータをセットした超遠心粉碎機 (14000 rpm, Retsch ZM200) で粉碎し、縮分器 (Retsch PT100) で精米粉末試料約20gをポリプロピレン製チューブ (ジエールサイエンス, 65 mL DigiTUBEs) に詰め、チューブにラベルを貼り、そのチューブをマジックカット付き規格袋 (旭化成パックス, 飛竜N-9) に入れ、食品用真空包装機 (東静電気, TOSPACK V-380G) でシーリングし、配付まで常温保管した。

### 2. 均質性確認

128本の試料チューブからランダムに10本抜き取り、抜き取った各チューブから元素分析用の2試料及び水分測定用の2試料を約1gずつサンプリングした。カドミウム及び必須無機元素の前処理はマイクロ波分解装置 (マイルストーン, ETHOS1600) を用いて硝酸-過酸化水素で分解し、測定には誘導結合プラズマ発光分析 (ICP-AES) 装置 (Varian, Vista-Pro) を用いた。水分は、試料約1gをアルミ箔カップに分取し (n = 2)、通風式加熱乾燥機 (テーオー科学製作所) にて135℃、1時間乾燥させた際の試料重の減少量から求めた。

均質性の判定は、分析化学試験室の技能試験に関する国際ハーモナイズドプロトコル (以後、ハーモナイズドプロトコルと略す)<sup>1)</sup>に従った。

### 3. 測定対象成分

測定対象成分はカドミウムを必須とし、ナトリウム、カリウム、マグネシウム、カルシウム、リン、鉄、亜鉛、銅及びマンガンは任意とした。また、元素測定時に併行して、試料量1gを用いて、135℃、1時間の常圧通風加熱乾燥法で水分測定を行うことを要求した。

#### 4. 配付

試料は2008年9月11日に36試験所へ発送した。試料番号がラベルされた試料チューブとともに実施要領、試験結果報告用紙、分析方法報告用紙を参加者に送付した。報告の締め切りは2008年11月30日とした。

#### 5. 統計解析

統計解析の手順は、ハーモナイズドプロトコル<sup>1)</sup>に従った。ただし、外れ値検出には、ハーモナイズドプロトコルに例として記載されている中央値 $\pm 50\%$ 超の値を外れ値とする方法以外に箱ひげ図<sup>9)</sup>も用いた。zスコアを計算するときの標準偏差は、水分及び各元素の付与値又は参考値をHorwitzの式<sup>10,11)</sup>に代入して計算した。加熱乾燥法を用いる水分測定法は経験的分析法のため、得られた水分値はAOAC Internationalのガイドライン<sup>x)</sup>ではHorwitzの式の適用外である。しかし、Horwitzら<sup>12)</sup>は、水分の空間再現標準偏差のデータにもHorwitzの式が当てはまることを報告している。そこで、水分データの解析でもHorwitzの式を用い、その結果は参考とした。付与値を求めるための計算から除外した試験室についても、参考値としてzスコアを計算した。解析にはExcel2007及びフリーウェアのR2.8.1<sup>xi)</sup>を用いた。

### 技能試験の結果

#### 1. 配付試料の均質性

ハーモナイズドプロトコル<sup>1)</sup>に従って均質性確認試験を行った結果、水分及び10元素は均質であった。ハーモナイズドプロトコル<sup>1)</sup>では、均質性確認試験に用いる分析法の併行標準偏差 $s_r$ は、目的に適合した技能評価のための標準偏差 $\sigma_p$ の1/2以下の値であることを推奨している。食品分析分野でHorwitzの式が適用可能な化学分析法については、 $\sigma_p$ にHorwitzの式を用いて計算した空間再現標準偏差の予測値を用いる。この試験の均質性確認試験における併行標準偏差は、すべての成分で $\sigma_p$ の1/2以下であった。乾物重当たりの測定値は、新鮮重当たりの測定値を水分値で補正して求めるため、その不確かさには、新鮮重当たりの測定値と水分値の両方の不確かさが影響する。しかし、乾物重当たりの測定値の合成相対標準不確かさ(表1)は、新鮮重当たりの測定値の合成相対標準不確かさ(表1では省略)の $-0.2\% \sim +0.8\%$ であり、2007年度技能試験<sup>8)</sup>の均質性確認試験結果と同様に、低水分の試料では、併行条件下で20点(10試料 $\times$ 2反復)測定した水分値の不確かさが乾物重当たりの測定値の不確

表1. 配付試料の均質性確認試験の結果

測定対象成分	平均値	$s_r$ <sup>a)</sup>	$s_{bb}$ <sup>b)</sup>	$u_{bb}$ <sup>c)</sup>	均質性由来の標準不確かさ <sup>d)</sup>	合成標準不確かさ <sup>e)</sup>	合成相対標準不確かさ(%)
水分(%(mass/mass))	14.1	0.02	0.1	0.01	0.1	0.1	0.8
Cd (mg/kg dw)	0.588	0.011	0.007	0.005	0.007	0.013	2.3
Na (mg/kg dw)	4.79	0.14	0.13	0.07	0.13	0.19	3.9
K (mg/kg dw)	1456	30	17	14	17	34	2.3
Mg (mg/kg dw)	282	8	5	4	5	9	3.3
Ca (mg/kg dw)	40.4	0.8	0.5	0.4	0.5	1.0	2.4
P (mg/kg dw)	1228	26	17	12	17	31	2.5
Fe (mg/kg dw)	2.10	0.07	0.04	0.03	0.04	0.08	3.8
Zn (mg/kg dw)	20.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	2.4
Cu (mg/kg dw)	2.81	0.05	0.08	0.02	0.08	0.09	3.3
Mn (mg/kg dw)	13.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	2.3

a) 併行標準偏差

b) 試料チューブ間の均質性標準偏差

c) JIS Q 0035: 2008に記載された併行精度の不十分さを考慮した試料チューブ間の均質性標準偏差の最大推定値

d) JIS Q 0035: 2008に従いb)とc)の大きい方を採用

e) a)とd)を合成した標準不確かさ

かさに与える影響は小さかった。

## 2. 報告数と参加機関

締め切り日までに31試験室、締め切り後に5試験室の合計36試験室から38個の分析値が報告され、2試験室からは2個の分析値が報告された。その中の1試験室では、2種類の前処理法及び2種類の測定法を用いて2人が元素分析を行い、水分の測定値も2個報告された。他の1試験室では、1種類の前処理法及び同一の測定装置を用いて2人が異なる測定条件で測定を行い、水分値は1個だけ報告された。36試験室の所属先による分類を表2に示す。

表2. 参加者の所属先による分類

所属先	参加者数
独法研究・検査機関	11
都道府県の研究機関	7
依頼分析受託機関	12
民間会社	4
大学	2
計	36

## 3. 報告値の解析結果

回収率の測定は行っておらず、元素の報告値は回収率によって補正していない。各参加試験室から報告された水分及び各元素の新鮮重当たりの測定値 (mg/kg fw) の分布を図1に示す。ハーモナイズドプロトコル<sup>1)</sup>に従って報告値から求めた付与値及び標準不確かさ、zスコアの分布を表3に示す。表3には、報告された水分で補正した乾物重当たりの測定値 (mg/kg dw) の解析結果も示す。ナトリウム、カルシウム及び鉄の値は、新鮮重当たり及び乾物重当たりの両方ともにばらつきが大きく、ハーモナイズドプロトコル<sup>1)</sup>に従った付与値 (Huberのロバスト平均値、又はデータ分布を正規分布カーネルで推定したカーネル密度の最頻値) を決定できなかった。そこで、これら3元素については、外れ値除去後のデータの中央値と均質性確認試験データの平均値 [ナトリウム {5.24 mg/kg fw (6.10 mg/kg dw) と 4.13 mg/kg fw (4.79 mg/kg dw)}、カルシウム {35.6 mg/kg fw (41.5 mg/kg dw) と 34.8 mg/kg fw (40.4 mg/kg dw)} 及び鉄 {1.80 mg/kg fw (2.10 mg/kg dw) と 1.81 mg/kg fw (2.10 mg/kg dw)}] を比較した。前者と後者の差はナ

トリウムが30%以内、カルシウムは3%以内、鉄は1%以内であり、前者はカーネル密度推定の最頻値を付与値として採用できるか否かを判断するときの目安値のため、参考値に採用した。参考値については、その標準不確かさは計算しなかった。

表3の各元素の1回測定の相対標準不確かさは、複数の試験室で複数の分析法を用いたときの不確かさを示しており、同じ分析法を用いる空間再現標準偏差よりも大きくなる変動要因を含んでいる。表1の各元素の合成相対標準不確かさは、単一試験室で1種類の分析法を用いて1回分析したときの不確かさを示す。乾物重当たりの各元素の相対標準不確かさは、表3の値の方が表1の値よりも1.4~3.5倍大きかった。しかし、空間再現相対標準偏差の大きさの評価指標であるHorRat (R)<sup>13)</sup>を表3の1回測定の相対標準不確かさについて計算すると0.5~0.8であり、Horwitzの式で予想される空間再現標準偏差と同程度 (0.5~0.8倍) の大きさであった。水分については測定法を統一したため、表3の水分の相対標準不確かさ4.8%が表1の水分の相対標準不確かさ0.8%よりも大きくなる変動要因は、試験室間変動だけである。表1と表3の不確かさを比較したこれらの結果は、2007年度技能試験<sup>8)</sup>と同様の結果であった。

## 考 察

### 1. 報告値の分布

水分及びすべての測定対象元素について、「疑わしい」と判定される $2 < |z\text{スコア}| \leq 3$ の報告値又は「不満足」と判定される $|z\text{スコア}| > 3$ の報告値が存在し、カドミウム以外の測定対象元素及び水分では $|z\text{スコア}| > 3$ の報告値が存在した (図1)。2006年度<sup>7)</sup>及び2007年度<sup>8)</sup>の技能試験結果でもすべての測定対象元素について、 $|z\text{スコア}| > 2$ の報告値が存在し、2006年度はカドミウム以外、2007年度はマグネシウム及び亜鉛以外の測定対象元素及び水分で $|z\text{スコア}| > 3$ の報告値も存在した。報告値のばらつきが大きい測定対象元素は、2006年度及び2007年度と同様にナトリウム、カルシウム及び鉄であった。これら3元素は、参考値よりもプラス方向の外れ値が多いので、原因の一つとしてコンタミネーション (汚染) が考えられる。ナトリウムは食品分析の専門書<sup>14)</sup>でもコンタミネーションについて注記されている元素である。2006年度から2008年度に提供した3回の技能試験の結果<sup>7,8)</sup>は、水分や必須無機元素のような基本的な食品

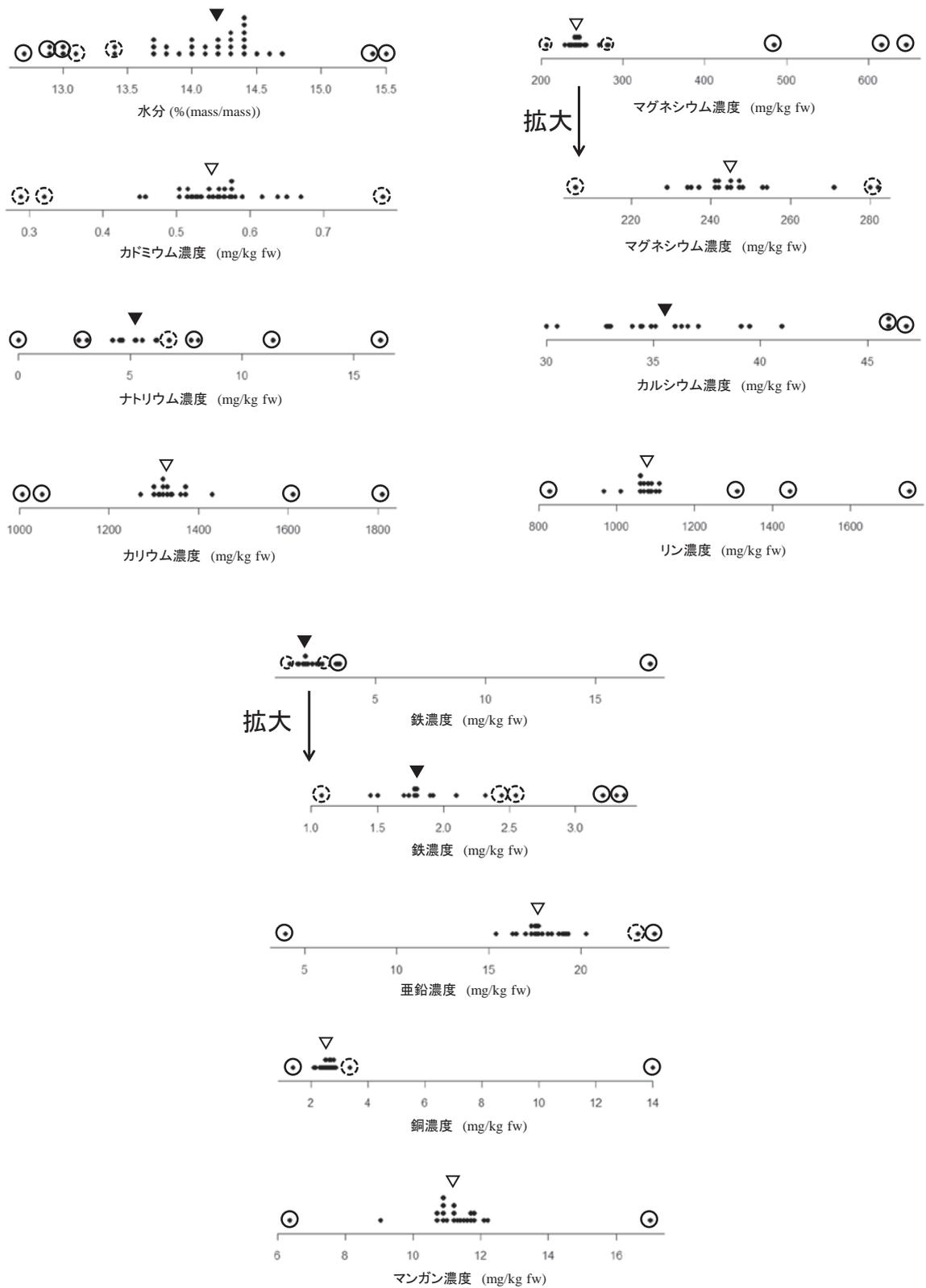


図1. 報告値のドットプロット

一つのドットは一つの報告値を示す。○： $|z\text{スコア}| > 3$ の報告値, ⊙： $2 < |z\text{スコア}| \leq 3$ の報告値。  
水分, ナトリウム, カルシウム, 鉄の $z$ スコアは参考値。▽：付与値, ▼：参考値

表 3. 技能試験結果

測定対象成分	有効データ数 <sup>c)</sup>	付与値 <sup>d)</sup>	付与値の標準不確かさ <sup>e)</sup>	1回測定の標準不確かさ <sup>f)</sup>	1回測定の相対標準不確かさ(%)	HorRat (R)	全スコア数	zスコア  ≤ 2 の試験所数	zスコア  ≤ 2 の率(%)
水分(% (mass/mass)) <sup>a)</sup>	(36)	(14.2)	(0.1)	(0.7)	(4.8)	(1.8)	(37)	(27)	(73)
Cd (mg/kg fw)	37	0.548	0.008	0.046	8.4	0.5	37	34	92
Na (mg/kg fw) <sup>b)</sup>	(13)	(5.24)	計算不可	計算不可	計算不可	計算不可	(17)	(9)	(53)
K (mg/kg fw)	20	1.33E+03	1.E+01	6.0E+01	4.2	0.8	20	16	80
Mg (mg/kg fw)	20	245	3	11	4.6	0.7	23	17	74
Ca (mg/kg fw) <sup>b)</sup>	(20)	(35.6)	計算不可	計算不可	計算不可	計算不可	(20)	(17)	(85)
P (mg/kg fw)	18	1.08E+03	1.E+01	5.0E+01	4.2	0.7	19	15	79
Fe (mg/kg fw) <sup>b)</sup>	(15)	(1.80)	計算不可	計算不可	計算不可	計算不可	(19)	(12)	(63)
Zn (mg/kg fw)	23	18.1	0.3	1.4	7.5	0.7	24	21	88
Cu (mg/kg fw)	23	2.55	0.05	0.24	9.4	0.7	24	21	88
Mn (mg/kg fw)	22	11.2	0.1	0.6	5.1	0.5	23	21	91
Cd (mg/kg dw)	36	0.634	0.008	0.050	7.9	0.5	37	34	92
Na (mg/kg dw) <sup>b)</sup>	(13)	(6.10)	計算不可	計算不可	計算不可	計算不可	(17)	(9)	(53)
K (mg/kg dw)	20	1.55E+03	1.E+01	6.0E+01	4.0	0.8	20	16	80
Mg (mg/kg dw)	20	285	3	13	4.7	0.7	23	18	78
Ca (mg/kg dw) <sup>b)</sup>	(20)	(41.5)	計算不可	計算不可	計算不可	計算不可	(20)	(17)	(85)
P (mg/kg dw)	18	1.25E+03	1.E+01	5.0E+01	4.2	0.8	19	15	79
Fe (mg/kg dw) <sup>b)</sup>	(15)	(2.10)	計算不可	計算不可	計算不可	計算不可	(19)	(12)	(63)
Zn (mg/kg dw)	23	21.0	0.3	1.5	7.3	0.7	24	21	88
Cu (mg/kg dw)	23	2.96	0.06	0.28	9.4	0.7	24	21	88
Mn (mg/kg dw)	23	13.1	0.2	0.7	5.6	0.5	23	21	91

a) Horwitzの式を用いたため、参考値として( )で示した。

b) ハーモナイズドプロトコル<sup>1)</sup>に従って付与値を決定できなかったため、解析結果はすべて参考値として( )で示した。

c) 付与値を決定したデータ数

d) 水分はカーネル密度の最頻値、それ以外の測定対象成分はHuberのロバスト平均値(H15)を付与値に採用。

Na(mg/kg fw, mg/kg dw), Ca(mg/kg fw, mg/kg dw)及びFe(mg/kg fw, mg/kg dw)は有効データの中央値を参考値に採用。

e) 水分はカーネル密度の最頻値の標準偏差(ブートストラップ法で200回反復計算)、それ以外の測定対象成分は

Huberのロバスト標準偏差(H15) /  $\sqrt{\text{有効データ数}}$

f) 水分はカーネル密度の最頻値の標準偏差  $\times \sqrt{\text{有効データ数}}$ 、それ以外の測定対象成分はHuberのロバスト標準偏差(H15)

成分の分析においてもかたよりの大きい報告値が存在するため、分析値のかたよりを点検する必要性を示している。

## 2. |zスコア| > 3の報告値に関する検討

|zスコア| > 3の報告値を与えた分析における試料量、前処理法、測定法を表4に示す。水分は測定条件(135℃, 1時間, 試料量1g, 常圧通風加熱乾燥法)を統一したが、|zスコア| > 3の報告数がナトリウムとともに最多の7試験室であった。この7試験室のうち5試験室が低めに外れていた。水分測定条件が今回と同じ2007年度技能試験結果<sup>8)</sup>でも、水分の|zスコア| > 3であった4試験室は、すべて低めに外れ

ていたが、低めに外れる原因は不明である。

カドミウム(|zスコア| > 3の報告値なし)以外の9元素で合計189個の報告値が提出され、そのうち|zスコア| > 3の報告値は31個(14試験室)存在した。この31個のうち11個は蛍光X線法を用いた2試験室の報告値であった。蛍光X線法は2006年度<sup>7)</sup>及び2007年度<sup>8)</sup>の技能試験では利用されていない。蛍光X線法による測定値を除外すると、|zスコア| > 3の報告値は20個になり、そのうちプラスのかたよりが13個、マイナスのかたよりが7個で、どちらかへのかたよが多い傾向は認められなかった。

|zスコア| > 3の報告値を与えた元素分析における前処理法及び測定法について調べたところ、蛍光X

表4. |zスコア| &gt; 3の報告値の分析条件

測定対象成分	付与値 ( ) 内は参考値	試験室 No.	報告値	zスコア	試料量 (g)	前処理法	測定法	
水分 (mass/mass)	(14.2)	8	13	(-3.2)	1	---	135℃, 1時間の常圧通風加熱 乾燥法による重量減少分 (2点 併行の平均値)	
		14	15.5	(3.4)				
		20	13.0	(-3.2)				
		30	12.7	(-3.9)				
		33	12.902	(-3.4)				
		35	15.4	(3.2)				
Na (mg/kg fw)	(5.24)	36-1	12.9	(-3.4)	2	希酸抽出 (1%塩酸)	フレイム原子吸光法 (589.0 nm)	
		4	8.06	(4.3)		0.5	湿式分解 (硝酸 - 過塩素酸 - フッ化水素酸)	ICP質量法 (23, In)
		8	2.7	(-3.9)		0.5	マイクロ波湿式分解 (硝酸)	ICP発光法 (589.592 nm, 干渉抑制剤 Cs 1000 ppm)
		10	3.08	(-3.3)		0.5	加圧分解 (硝酸)	ICP発光法 (589.59 nm)
		17	16.2	(16.9)		0.5	マイクロ波湿式分解 (硝酸)	フレイム原子吸光法 (589.0 nm)
		18	7.72	(3.8)		0.5	加圧分解 (硝酸)	ICP発光法 (589.59 nm)
		21	11.4	(9.5)		2.4626	希酸抽出 (1%塩酸)	フレイム原子吸光法 (589.0 nm)
K (mg/kg fw)	1330	33	0	(-8.1)	3.000	プレス成形	蛍光X線法	
		10	1006	-4.5	0.5	マイクロ波湿式分解 (硝酸)	ICP発光法 (766.491 nm, 干渉抑制剤 Cs 1000 ppm)	
		17	1050	-3.9	0.5	加圧分解 (硝酸)	ICP発光法 (766.49 nm)	
		33	1809	6.7	3.000	プレス成形	蛍光X線法	
Mg (mg/kg fw)	245	35	1610	3.9	1.5	135℃で1時間乾燥後, 直径20mmの錠剤を成型	蛍光X線法	
		33	646	23.6	3.000	プレス成形	蛍光X線法	
		35	616	21.8	1.5	135℃で1時間乾燥後, 直径20mmの錠剤を成型	蛍光X線法	
Ca (mg/kg fw)	(35.6)	36-2	485	14.1	1	湿式分解 (硝酸 - 塩酸 - 過酸化 水素)	ICP発光法 (280.270 nm)	
		9	46.0	(3.2)	2	乾式灰化 (450℃, 35時間)	ICP発光法 (396.847 nm)	
		17	46.8	(3.4)	0.5	加圧分解 (硝酸)	ICP発光法 (393.36 nm)	
P (mg/kg fw)	1080	36-1	46.0	(3.2)	0.1017	マイクロ波湿式分解 (硝酸)	ICP発光法 (317.933 nm)	
		3	827	-4.2	2	湿式分解 (硝酸 - 過塩素酸)	モリブデンブルー吸光光度法 (885.5 nm)	
		17	1310	3.8	0.5	加圧分解 (硝酸)	ICP発光法 (177.49 nm)	
		33	1752	11.2	3.000	プレス成形	蛍光X線法	
Fe (mg/kg fw)	(1.80)	35	1446	6.1	1.5	135℃で1時間乾燥後, 直径20mmの錠剤を成型	蛍光X線法	
		10	17.5	(60.4)	0.5	マイクロ波湿式分解 (硝酸)	ICP発光法 (238.204 nm, 干渉抑制剤 Cs 1000 ppm)	
		17	3.37	(6.0)	0.5	加圧分解 (硝酸)	ICP発光法 (259.94 nm)	
		23	3.31	(5.8)	3.0	湿式分解 (硝酸 - 過塩素酸)	ICP発光法 (213.940 nm)	
Zn (mg/kg fw)	18.1	34	3.21	(5.4)	2	乾式灰化 (525℃, 5時間後, 蒸留水を5滴加えて2時間)	フレイム原子吸光法 (248.3 nm)	
		1	3.95	-7.4	10.0062	乾式灰化 (480℃, 12時間)	フレイム原子吸光法 (213.9 nm)	
Cu (mg/kg fw)	2.55	33	24	3.1	3.000	プレス成形	蛍光X線法	
		33	14	32.7	3.000	プレス成形	蛍光X線法	
Mn (mg/kg fw)	11.2	35	1.35	-3.4	1.5	135℃で1時間乾燥後, 直径20mmの錠剤を成型	蛍光X線法	
		4	6.35	-4.0	5	乾式分解 (550℃, 12時間)	フレイム原子吸光法 (279.5 nm)	
		33	17	4.8	3.000	プレス成形	蛍光X線法	

注) 水分, Na, Ca, Feの付与値及びzスコアは参考値

線法以外では、同一又は類似条件の前処理法及び測定法で $|z$ スコア $|\leq 2$ の報告値があり、特定の方法に問題は認められなかった。蛍光X線法は、カリウム、マグネシウム、リン、銅の報告値が2試験室とも $|z$ スコア $>3$ であり、測定法の点検が必要であった。

水分及び10元素について、 $|z$ スコア $>3$ の報告値（合計38個）を提出した17試験室の報告値の $z$ スコアを表5に示す。17試験室中7試験室が $|z$ スコア $>3$ の報告値を2個以上提出していた。うち2試験室が蛍光X線法を利用していた。

分析値がずれる原因としては、コンタミネーション、計算ミス、希釈倍率の違い、検量線作成の問題、前処理条件の問題、測定条件の問題等が考えられる。表4より、試験室No.10の鉄の報告値は参考値の約10倍であり、報告値記載時の転記ミス又は計算ミスの可能性が考えられた。他にもナトリウム及び鉄には、試料量0.5g又は2gの報告値を1/2倍又は2倍にすると $|z$ スコア $|\leq 2$ になる報告値が数個あり、それらは計算ミスの可能性が考えられた。 $|z$ スコア $>3$ の

報告値を提出した試験室の内部質管理（IQC: Internal Quality Control）の実施状況は未確認であるが、内部質管理を適切に実施すれば分析値のかたよりは点検できるため、技能試験に参加するとともに内部質管理の重要性を再認識する技能試験結果であった。

## 要 約

（独）農研機構食品総合研究所が実施した精米粉末中のカドミウム及び必須無機元素の2008年度技能試験の36参加試験室からの報告値を技能試験の国際ハーモナイズドプロトコルに従って解析した。水分、カドミウム及び9必須無機元素のすべての測定対象成分について $|z$ スコア $>2$ の報告値が存在し、カドミウム以外の測定対象成分には $|z$ スコア $>3$ の報告値も存在した。ナトリウム、カルシウム及び鉄は、報告値のばらつきが大きく、ハーモナイズドプロトコルに従っての付与値の決定はできず、これら3成分については、外れ値除去後の中央値を参考値に採用した。

表5.  $|z$ スコア $>3$ の報告値を提出した試験室の報告傾向

試験室No.	水分の $z$ スコア	分析した元素数	分析した元素の $z$ スコア		
			$ z$ スコア $ \leq 2$ の率	$2< z$ スコア $ \leq 3$	$3< z$ スコア $ \leq 4$
1	(0.5)	10	8/10	(Na: 2.3)	Zn: -7.4
3	(-2.9)	10	8/10	(Fe: 2.9)	P: -4.2
4	(-0.5)	10	7/10	(Fe: -2.8)	(Na: 4.3), Mn: -4.0
8	(-3.2)	10	8/10	Mg: 2.1	(Na: -3.9)
9	(-2.1)	9 (Na以外)	7/9	Mg: 2.2	(Ca: 3.2)
10	(0.5)	9 (Ca以外)	5/9	Zn: 2.6	(Na: -3.3), K: -4.5, (Fe: 60.4)
14	(3.4)	1 (Cdのみ)	0/1	Cd: 2.4	
17	(0.3)	10	5/10		(Na: 16.9), K: -3.9, (Ca: 3.4), P: 3.8, (Fe: 6.0)
18	(-1.3)	10	9/10		(Na: 3.8)
20	(-3.2)	1 (Cdのみ)	1/1		
21	(-2.1)	10	9/10		(Na: 9.5)
23	(-1.3)	8 (Ca, P以外)	7/8		(Fe: 5.8)
30	(-3.9)	3 (Cd, Zn, Cu)	3/3		
33	(-3.4)	10	3/10		(Na: -8.1), K: 6.7, Mg: 23.6, P: 11.2, Zn: 3.1, Cu: 32.7, Mn: 4.8
34	(1.1)	6 (Cd, P, Cu, Mn以外)	5/6		(Fe: 5.4)
35	(3.2)	10	5/10	Cd: -2.7	K: 3.9, Mg: 21.8, P: 6.1, Cu: -3.4
36-1	(-3.4)	7 (Na, K, Fe以外)	6/7		(Ca: 3.2)
36-2	(1.2)	4 (Cd, Mg, Cu, Mn)	3/4		Mg: 14.1

注) 水分, Na, Ca, Feの $z$ スコアは参考値

## 謝 辞

均質性確認試験の前処理操作を行っていただいた農研機構食品総合研究所分析ユニットの中澤法子氏に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Thompson, M., Ellison, S.L.R. and Wood, R., The International Harmonized Protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC technical report). *Pure & Appl. Chem.*, **78** (1), 145-196 (2006).
- 2) JIS Q 17043, 適合性評価 — 技能試験に対する一般要求事項 (2011).
- 3) ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (2005).
- 4) JIS Q 17025, 試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項 (2005).
- 5) 厚生労働省, 食品衛生検査施設における検査等の業務の管理の実施について (平成9年4月1日衛食第117号)
- 6) Codex CAC/GL 27, Guidelines for the assessment of the competence of testing laboratories involved in the import and export control of food (1997).
- 7) 進藤久美子, 塚越芳樹, 内藤成弘, 稲垣和三, 鎗田孝, 成川知弘, 千葉光一, 安井明美, 精米粉末中カドミウム及び主要無機質の技能試験, *分析化学*, **57**(6), 427-437 (2008).
- 8) 内藤成弘, 進藤久美子, 安井明美, 精米粉末中カドミウム及び必須無機元素の2007年度技能試験結果, *食総研報*, **77**, 69-77 (2013).
- 9) 渡部洋, 鈴木規夫, 山田文康, 大塚雄作, 箱型図, 探索的データ解析入門 (朝倉書店, 東京), pp.33-37 (1985).
- 10) Horwitz, W., Kamps, L.R. and Boyer, K.W., Quality assurance in the analysis foods for trace constituents, *J. AOAC*, **63** (6), 1344-1354 (1980).
- 11) 内藤成弘, Horwitzの式, 最新版食品分析法の妥当性確認ハンドブック, 第1版, 安井明美, 五十君静信, 後藤哲久, 丹野憲二, 湯川剛一郎編 (サイエンスフォーラム, 東京), pp.76-78 (2010).
- 12) Horwitz W., Albert R. and Deutsch, M., Precision parameters of methods of analysis required for nutrition labeling. Part I. major nutrients, *J. AOAC*, **73** (5), 661-680 (1990).
- 13) Codex, CAC/GL 72-2009, Guidelines on analytical terminology (2009).
- 14) 安井明美, ナトリウム, 新・食品分析法, 日本食品科学工学会新・食品分析法編集委員会編, (光琳, 東京), pp.156-162 (1996).

## 引用URL

- i) [http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk\\_analysis/survei/pdf/guide\\_zenbun\\_1.pdf](http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/survei/pdf/guide_zenbun_1.pdf) (2013. 9. 20)
- ii) <http://www.eptis.bam.de/> (2013. 9. 20)
- iii) <http://sid.gsi.co.jp/fera/document/program2013.pdf> (2013. 9. 20)
- iv) <http://www.jsac.or.jp/ginousiken/> (2013. 9. 20)
- v) <http://www.fdsc.or.jp/hatanoken/gaibuseidokanri.html> (2013. 9. 20)
- vi) [http://www.jfrl.or.jp/seminar/pt\\_guide2013\\_rev3.pdf](http://www.jfrl.or.jp/seminar/pt_guide2013_rev3.pdf) (2013. 9. 20)
- vii) <http://www.jffic.or.jp/proficiencytest> (2013. 9. 20)
- viii) <http://cosmokai.com/survey> (2013. 9. 20)
- ix) <https://www.nmij.jp/public/event/2013/proficiencytest/main.html> (2013. 9. 20)
- x) [http://www.eoma.aoac.org/app\\_d.pdf](http://www.eoma.aoac.org/app_d.pdf) (2013. 9. 20)
- xi) <http://www.r-project.org/> (2013. 9. 20)

技術報告

貯穀害虫の画像による自動判別

曲山 幸生\*<sup>§</sup>, 七里 与子\*, 宮ノ下 明大\*,  
今村 太郎\*, 古井 聡\*, 和田 有史\*, 増田 知尋\*, 石山 壘\*\*

\* 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  
〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

\*\* 日本電気株式会社 情報・メディアプロセッシング研究所  
〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部1753

**Automatic Discrimination of Stored Grain Insects by Image Analysis**

Yukio Magariyama\*<sup>§</sup>, Kumiko Shichiri\*, Akihiro Miyanoshita\*, Taro Imamura\*,  
Satoshi Furui\*, Yuji Wada\*, Tomohiro Masuda\* and Rui Ishiyama\*\*

\* National Food Research Institute, NARO

12-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan

\*\* Information and Media Processing Research Laboratories, NEC Corporation  
1753, Shimonumabe, Nakahara-Ku, Kawasaki, Kanagawa 211-8666, Japan

**Abstract**

We are developing an insect discrimination technology by using the image recognition technologies. Our aim is that a person with a little knowledge of food insects can find the objective page in Picture Guide of Stored Grain Insects and Natural Enemies. We developed a computer program which distinguishes four insect species, *Sitophilus zeamais*, *Plodia interpunctella*, *Tribolium castaneum*, and *Lasioderma serricorne*, based on the outline information. To improve the insect discrimination system, we opened a test webpage on Food Insect Site and try to extract the problems.

Keywords: Food insect (食品害虫), Image recognition (画像認識), Discrimination (判別), Test webpage (試験運用ページ)

---

<sup>§</sup> 連絡先 (Corresponding author), maga@affrc.go.jp

## 緒言

食品工場や病院、家庭で食品害虫が発生した場合、防除対策の第一歩はそれが何という昆虫かを調べることである。厳密に種の同定を行うには、専門家が目視で多くの形態上の特徴をチェックする必要がある。食品工場や食品倉庫、小売店等では食品に混入した昆虫はクレームの対象であり、異物として種同定が求められる。これに対応するため、害虫駆除会社等<sup>(1-v)</sup>は有料（1検体あたり数万円）の昆虫同定サービスを提供している。これらのサービスは、利用者が同定したい昆虫を送ると数日後に回答（同定結果）が返送されて

くるという形態になっている。

一方、手軽に大まかな同定ができればよいという用途も存在する。近縁種の昆虫を判別するには高度な専門知識が必要だが、食品に混入した場合の対処法には違いはない。家庭ではこのレベルの昆虫同定を無料で利用できれば役に立つだろう。

このような用途に対応するために、「食品害虫サイト」<sup>vi)</sup>(図1)の中の「貯穀害虫・天敵図鑑」<sup>vii)</sup>には「写真一覧」ページ<sup>viii)</sup>があり、写真を手がかりに探せるようにしている<sup>1)</sup>。しかし、数多くの写真から似ているものを探すのは、手間がかかる上に、専門知識が十分ではない人にとっては難しい作業である。そこで、食品害虫サイトには「この虫何？」ページ<sup>ix)</sup>(図2)

食品害虫サイトへようこそ

このサイトは、「食品害虫」について、一般消費者や食品総合研究所を含む食品関係者間で、情報共有するために開設しました。食品害虫の種類、駆除方法などに関する正しい情報を、わかりやすく読みやすい形で公開したいと希望しています。

論文では敬遠しがちな情報も、コラムやクイズで興味を持っていただくきっかけにもなれるかもれないと考え、このサイトで採用しています。おもしろそうだったページからご覧になってください。

このサイトの情報は完璧ではありません。みなさまの役に立つサイトを目指し、みなさまと協力しながら情報を共有して少しずつ前進したいと考えています。

ご協力のほど、どうぞよろしくお願い申し上げます。

ご質問、情報提供、誤りのご指摘、ご意見などは、お問い合わせのページより電子メールでお気軽にお寄せください。

重要なお知らせ

- 2013年4月から8月まで、同アクセスを強行していたことがわかりました。関連したデータを掲載しているご連絡をお受けしたことをお詫言申し上げます。データはすでに修正済みですが、2013年5月20日から2013年9月4日までに本サイトのアクセス解析情報を参照した方は差し替えをお願いたします。
- 弊時を限定して試験的に写真による昆虫判別サービス「写真で検索」を運用してみることにしました。ご協力いただければ幸いです。

更新情報

2013年	2012年	2011年	2010年	2009年	2008年
2013年10月16日					
2013年10月16日					
2013年10月04日					
2013年10月04日					
2013年09月25日					
2013年09月25日					

更新情報

2013年	2012年	2011年	2010年	2009年	2008年
2013年10月16日					
2013年10月16日					

図1. 食品害虫サイトトップページ

を設け、フローチャートで昆虫を見つけ出す手順を示している。しかし、これでも常に簡単に見つけ出せるわけではない。

写真を送って同定結果を回答してもらえれば、利用者としては手軽でよい。害虫駆除会社の中にはPRの一手段としてこのようなサービスを無料で提供しているところがある<sup>1)</sup>。しかし、専門家が判断するのはコストが高くなるので、このサービスを続けるのは大きな負担になっていると思われる。したがって、大まかな同定を低コストで実施できる方法が求められる。

そこで、我々は人手を介さずに貯穀害虫を判別できる可能性を持つ技術として画像認識技術に着目した。画像認識技術は銀行口座の生体認証ですでに実用化されており、空港の出入国審査においても導入を検討している<sup>2)</sup>。ここでは画像認識技術を貯穀害虫の判別に応用する試みとその成果を使った食品害虫サイトの新しいコンテンツについて報告する。

## 実験方法

### 1. 判別プログラム

判別プログラムはNECと農研機構食品総合研究所が協力して開発した。開発実行環境は、Windows PC

上にサーバツールApache/Tomcatを搭載し、開発環境Java/Perlを利用した。

### 2. 参照画像用の貯穀害虫

農研機構食品総合研究所が飼育しているノシメマダラメイガ (*Plodia interpunctella*)、コクゾウムシ (*Sitophilus zeamais*)、タバコシバンムシ (*Lasioderma serricorne*)、コクヌストモドキ (*Tribolium castaneum*) の成虫を各100頭ずつ用い、冷凍庫 (-20℃) で24時間以上放置し動かなくした。撮影前に結露がなくなるまで常温に置いた。

### 3. 参照画像の撮影

特注でLEDリング照明を装着した実体顕微鏡 (Leica, S8APO) で昆虫を拡大し、特注アダプター (Leica, 10447367, 0.63x; Micromet, NYIS 1500437) を介して接続したデジタル一眼レフカメラ (Nikon, D5000) を用いて画像を記録した。昆虫は1頭ずつ濾紙 (ADVANTEC, No2, 90 mm) に載せ、デジタルカメラ標準アクセサリのリモコンシャッターで背中側から撮影した。影をなくすためにリング照明を、ぶれをなくすためにリモコンシャッターを利用した。

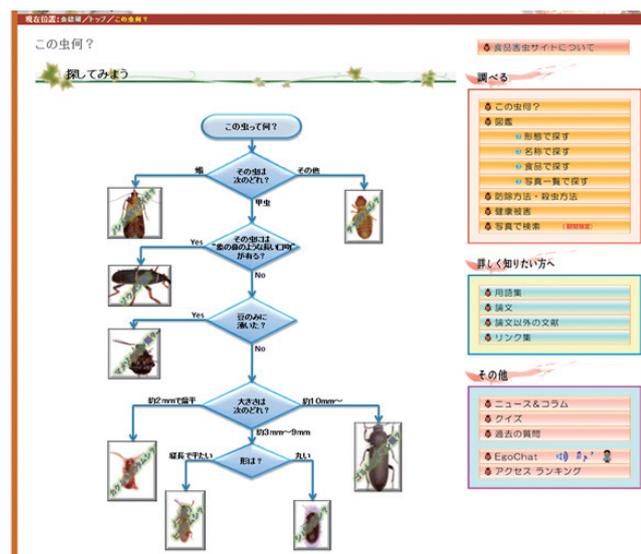


図2. 食品害虫サイトこの虫何？

#### 4. 判別試験

デジタルカメラ（Panasonic, Lumix DMC-FT1）を用いて、蛍光灯照明，オートフォーカス，発光禁止，ズーム3倍という共通の撮影条件で，撮影対象の条件を変えて判別対象サンプルを作成した．昆虫の種類は参照画像と同じ4種（ノシメダラメイガ10頭，コクゾウムシ20頭，コクヌストモドキ20頭，タバコシバンムシ20頭）で，条件は，①殺虫方法：凍結／煮沸，②背景色（折り紙）：青／黄／クリーム／白／灰，③姿勢：下向き（背面から撮影）／斜め下向き／横向き／斜め上向き／上向き（腹面から撮影），④（頭部の）向き：上／右上／右／右下／下／左下／左／左上，⑤トリミング：あり／なし，とした．

### 実験結果および考察

#### 1. 参照画像用の昆虫の選択理由

候補となる昆虫として，コクゾウムシ，ノシメダラメイガ，コクヌストモドキ，タバコシバンムシの4種類を選択した．食品害虫サイトの利用者は一般家庭等の専門家ではない人を想定しているので，米櫃に発生する可能性の高い昆虫のうち，上記の蛾類1種，甲虫類3種を対象とした．この4種の昆虫は家庭で保存している小麦粉やチョコレート等の乾燥食品に混入したり，食品の工場や倉庫でも問題になったりすることも多いことから，発生源が家庭の米櫃の場合に限らず

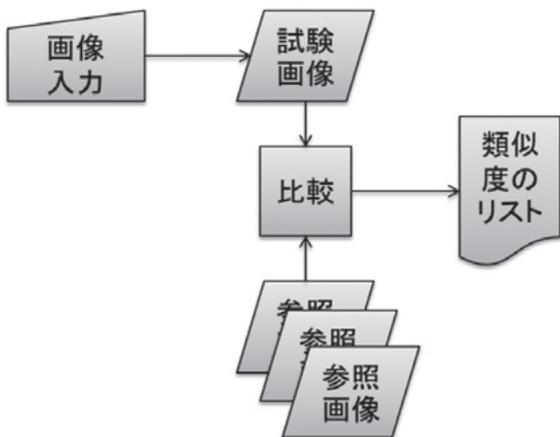


図3. 害虫判別プログラムのフローチャート

入力した判別したい画像と，あらかじめ大量に保存されている参照画像を比較し，その類似度のリストを出力するというプログラムを作成した．

開発した技術を利用できると考えた．

また，我々はこれらを生態研究のために常に飼育しており，容易に試料を準備することができた．

#### 2. 判別プログラム

開発した判別プログラムは，判別したい画像を入力し，あらかじめ保存しておいた参照画像（複数種類の害虫に対してそれぞれ複数の画像）と比較，類似度を算出し，類似度のリストを出力する（図3）．利用者への回答としては，①類似度のトップの種類を回答する，②類似度のトップ10に多く出現した種類を回答する，③類似度に応じて重みづけをして回答する等，様々な方法が考えられる．どの方法がよいか，今後実際に試行を重ねていくうちに明らかになるだろう．

画像の比較方法は，まさに画像認識の研究分野の重要課題であり，進歩が著しい．画像のどの特徴に着目して適用範囲を広げるか，どのようにして解析速度を上げるか等が，主な課題である．ここでは，最初の試みなのでもっとも単純な輪郭情報を利用する方法を採用した．この報告では画像比較方法についての検討は行わないが，ここで採用した方法でも判別したい画像が参照画像と同じ条件で撮影されればほぼすべて正解するレベルであると考えている．

判別プログラムにおいて，最初に判別したい画像および参照画像に対して次の画像処理を施し特徴量を数値化し（図4），次にその数値セットどうしを比較した．

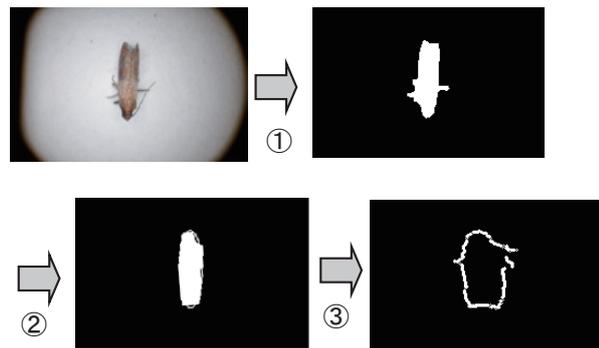


図4. 特徴量の抽出操作

撮影した昆虫の画像から特徴量を抽出する方法を示す．①虫体の領域を抽出する．②輪郭を抽出し，頭部が上を向くように像を回転する．③輪郭情報を処理し，特徴を数値化する．これはノシメダラメイガをサンプルとして示した例である．

- ① 背景色との分離を行い、画像中の虫体の領域を抽出する。
- ② 虫体の輪郭を抽出し、頭部が上を向くように像を回転する。
- ③ 輪郭をトレースし、大きさや向きに因らないように規格化し、特徴を数値化する。

処理の高速化のため、判別プログラムではあらかじめ各参照画像に対して輪郭情報に基づいた数値化データを作成・保存し、判別の際は数値化データを用いている。また、高精度化のため、次の処理により1枚の参照画像から4枚の参照画像を作製した。

- ① 頭部が上に向くように像を回転する。
- ② 横1：縦2の比率になるように不要部分をトリミングする。
- ③ 画像サイズを70×140にする。
- ④ 3の画像の上下反転像を作る（→2枚）。
- ⑤ 3と4の画像の左右反転像を作る（→4枚）。

### 3. 試験画像撮影条件の検討

判別したい画像はできるだけ参照画像と同じ条件で撮影されたものが望ましいが、現実には難しい。そこでどのような要因が判別精度に大きな影響を与えるか検討した。検討に用いた昆虫は参照画像と同じ4種類（ノシメマダラメイガ10頭、コクゾウムシ20頭、コクヌストモドキ20頭、タバコシバンムシ20頭）で、検討した条件は①殺虫方法、②背景色、③姿勢、④向き、⑤トリミングである（実験方法参照）。

類似度トップが正しく判別された割合（正解率）は、コクゾウムシ0.25、コクヌストモドキ0.7、タバコシバンムシ1.0、ノシメマダラメイガ0.4であった（図5a）。各条件の影響度は、4種類の昆虫の中で判別成績が最も悪かったコクゾウムシを例にして報告する。

輪郭抽出を行うために、撮影時の背景は重要である。一様ではない背景は抽出した輪郭が乱れるのでここでは最初から検討しなかった。一様な背景でも色による違いも影響があった（図5b）。参照画像の背景は白色の濾紙だったためか、背景がクリームと白の成績がよく（正解率：0.5）、青は中程度（正解率：0.25）、黄、灰は悪かった（正解率：0）。黄は人間の目にはコントラストが強く見えたが、ここで用いた輪郭抽出アルゴリズムには適していないようである。影の影響もあるかもしれない。

昆虫の置き方（姿勢）による違いも顕著であった（図5c）。昆虫を背中側から撮影したものを参照画像としたため、判別成績もその姿勢に近いものの成績が

よかった（正解率：0.27）。昆虫を横にした場合は極端に成績が悪かった（正解率：0）。逆に腹から撮影した場合はよかった（正解率：0.5）。背中側から見ても腹側から見ても輪郭はほとんど変わらないと考えられるので、この結果は納得できる。腹面のほうが背面よりも成績がよかったのは興味深い。背面から撮影す

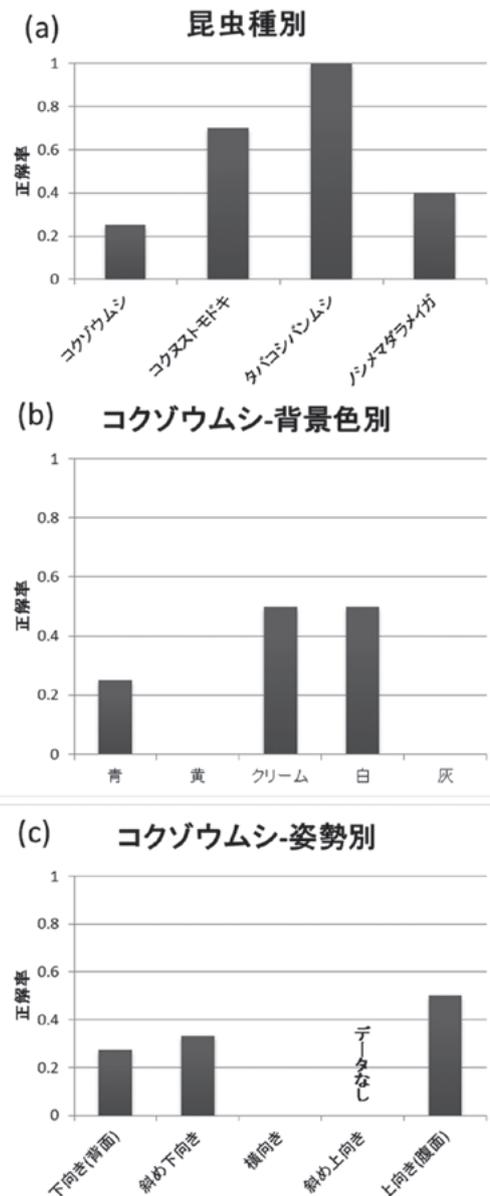


図5. 参照画像と異なる条件で撮影した画像の判別成績

(a) 昆虫種別の判別成績. (b) コクゾウムシについて背景色別の判別成績. (c) コクゾウムシについて姿勢別の判別成績. 正解率は類似度トップが正しかった割合である。

る場合、虫体を正確に腹這いにするのは脚が邪魔をして難しく、わずかに斜めになる。このため参照画像との差が大きくなってしまい、判別成績が悪くなったと考えられる。

頭部の向きによる違いは現れなかった。判別プログラム中に頭部が上を向くように像を回転させる処理が含まれているが、これが正常に働いているためだと考えられる。

参照画像は冷凍によって昆虫を動かなくして撮影したが、判別したい昆虫を煮沸殺虫した場合でもほとんど判別成績は下がらなかった。今回の輪郭抽出の方法では脚や触覚等細い部分の情報を使わなかったためだと考えられる。

撮影した画像を昆虫の部分以外をできるだけトリミングした場合と、何も処理をしない場合とを比較したが、ほとんど差は見られなかった。プログラム中で輪郭抽出する前に昆虫像の部分を残して自動的にトリミングするという操作をしているためであろう。

判別したい昆虫を撮影するとき、姿勢が判別成績に大きな影響を与えることが明らかになった。コクゾウムシとノシメマダラメイガの判別成績が悪かったのは、姿勢によって輪郭が大きく変化するためではないかと考えられる。コクゾウムシは曲がった長い口吻が特徴的である。参照画像では口吻はまっすぐに見えるが、横向き画像では曲がって見える。一方、ノシメマダラメイガは羽が大きい。参照画像では脚がほとんど見えず細長い三角形に見えるが、横向き画像では脚が目立つ。対して、タバコシバンムシとコクヌストモドキは大きな突起物はないため、姿勢が変わってもあまり輪郭が変わらない。特にタバコシバンムシはどの方向から見ても滑らかな楕円なので、今回の試験では正解率が100%になったと考えられる。

なお、対象とする昆虫は小型（3-10 mm）なので、判別に適した写真を撮るにはデジタルカメラのマクロ撮影モードを利用しなければならない。顕微鏡モードのあるデジタルカメラ（PENTAX, WG-2等）であれば、さらに便利である。WG-2の顕微鏡モードでは、被写体に1 cmまで近づき、レンズ周りの6つのLEDによって照明した状態で撮影できるので、影もできず都合がよい。このようなカメラでなくても、100円ショップで販売されているミニルーペにカメラを密着させて撮影する方法で十分に拡大した像が得られる。

#### 4. 試験運用ページ

これまでに開発した技術を用いて、写真による昆虫

判別サービスの試験運用ページ「写真で検索」<sup>xii)</sup> (図6) を2013年10月16日に公開した。このサービスは、利用者が判別したい昆虫の写真をメールに添付して食品害虫サイト運営グループ（InsectImage@ml.affrc.go.jp）に送り、運営グループがその画像をプログラムにより判別し、その結果を利用者に回答する（表1）。メールには撮影した昆虫を発見した食品や場所についての情報も記述してもらうことにしている。食品害虫サイト訪問者に「写真で検索」ページを公開したことをお知らせする記述を、公開当日（2013年10月16日）にトップページ<sup>vi)</sup> (図1) とニュース<sup>xiii)</sup>に掲載した。

#### 5. 将来計画

試験公開を利用して次のことを計画している。

##### ① 技術上の問題点の抽出

上述したように、試験画像の品質は判別成績に大きく影響する。しかし、試験画像は利用者が作成するために、我々がコントロールできる範囲は限られている。そこで、実際の利用者がどのような画像を撮影する傾向があるのか、それに対してサービス提供者側でどのような対応ができるのかを検討する。

##### ② 害虫の発生状況に関する情報収集

利用者が送ってくるメールには、撮影した昆虫を発見した食品や場所についての情報が含まれている。これは貯穀害虫の制御に有用な情報になる可能性が高い。

##### ③ 判別精度の向上

①の結果を受け、実際の利用者が判別したい昆虫を参照画像に取り入れ、実際の利用者が撮影する画像に対応できるようにしたい。具体的には、撮影した昆虫の姿勢の違い、多少の破損、画像のブレ・ボケに関わらず正しく判別できることが目標になるだろう。

将来、判別精度が上がれば、試験運用の人手を介した判別サービスから、リアルタイムで回答する自動化したページの作成やスマホアプリ化も現実的になる。このような、より手軽な判別サービスを提供できれば、利用者はさらに拡大すると期待される。ちなみに、アンドロイド端末で昆虫の写真を撮りアップロードすると昆虫の名前を教えてくれるというアプリが2012年8月に公開された<sup>xiiii)</sup>。当初手軽に昆虫名を教えてもらえるという期待感があり、多くの写真がアップロードされた。しかし、回答が後日になったり、回答の品質に差があったりといった問題が散見され、開

発途上のアプリであることがうかがえる。

を行っている。

## 要約

我々は画像認識技術を応用した写真による昆虫判別技術の開発に取り組んでいる。今回、判別する対象として、コクゾウムシ、ノシメマダラメイガ、コクヌストモドキ、タバコシバンムシの4種の貯穀害虫について、輪郭情報を基に判別するプログラムを開発した。この判別システムの改良を図るために、食品害虫サイトに試験運用ページを公開し、現技術の問題点の抽出

## 参考文献

- 1) 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, 31, 93-99 (2009).
- 2) 法務省出入国管理政策懇談会, 訪日外国人2500万人時代の出入国管理行政の在り方に関する検討結果 (報告), 平成25年5月20日



図6. 食品害虫サイト写真で検索

<http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/insect.html>, (2013年10月21日ダウンロード)

表 1. 判別結果回答メールの例

---

今村太郎 様

お問い合わせありがとうございました。  
検索の結果を報告申し上げます。

-----

**【結果報告】**  
ご依頼の写真につきまして判別プログラムを使用して  
解析した結果、コクゾウムシである可能性が最も高い  
と判定されました。

図鑑：コクゾウムシ  
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan/16.html>

-----

ご利用ありがとうございました。

\*\*\*\*\*  
(独) 農研機構 食品総合研究所  
食品害虫サイト運営グループ  
<InsectImage@ml.affrc.go.jp>  
\*\*\*\*\*

---

## 引用 URL

- |   |   |
|---|---|
| i ) <a href="http://www.ecotest.jp/analysis/mushi/identification.html">http://www.ecotest.jp/analysis/mushi/identification.html</a> (2013.10.21) .                  | zukan_00.html (2013.10.21) .  |
| ii ) <a href="http://www.kyosei3.com/">http://www.kyosei3.com/</a> (2013.10.21) .   | viii) <a href="http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan_04a.html">http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan_04a.html</a> (2013.10.21) .        |
| iii) <a href="http://www.ecoplann.co.jp/?page=page3">http://www.ecoplann.co.jp/?page=page3</a> (2013.10.21) .   | ix ) <a href="http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/whatinsect_00.html">http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/whatinsect_00.html</a> (2013.10.21) . |
| iv) <a href="http://www.teisokasei.com/service/ana/index.htm">http://www.teisokasei.com/service/ana/index.htm</a> (2013.10.21) .                                    | x ) <a href="http://www.sanipro.co.jp/entry/26508.html">http://www.sanipro.co.jp/entry/26508.html</a> (2013.10.21) .  |
| v ) <a href="http://www.jesc.or.jp/work/harmful_insect/insect/01.html">http://www.jesc.or.jp/work/harmful_insect/insect/01.html</a> (2013.10.21) .                  | xi ) <a href="http://foodinsect.dc.affrc.go.jp/gaichu/insect.html">http://foodinsect.dc.affrc.go.jp/gaichu/insect.html</a> (2013.10.21) .   |
| vi ) <a href="http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/index.html">http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/index.html</a> (2013.10.21) . | xii) <a href="http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/news/news_020.html">http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/news/news_020.html</a> (2013.10.21) . |
| vii) <a href="http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/">http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/</a>                                    | xiii) <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.recruit.mushihantei">https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.recruit.mushihantei</a> (2013.10.21) .  |

技術報告

産地および収穫時期の違いがホウレンソウ・小松菜・トマト・キュウリの  
抗酸化能に及ぼす影響

若木 学, 渡辺 純, 石川 (高野) 祐子<sup>§</sup>

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

**Effects of producing area and harvest season on antioxidant capacities of  
spinach, komatsuna, tomato, and cucumber.**

Manabu Wakagi, Jun Watanabe, Yuko Takano-Ishikawa<sup>§</sup>

National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

**Abstract**

Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) is a method for evaluating antioxidant capacities of both hydrophilic compounds (H-ORAC) and lipophilic compounds (L-ORAC). In this study, we evaluated antioxidant capacities of four vegetables (spinach, komatsuna, tomato, and cucumber) from different season and regions using ORAC methods. H-ORAC values of spinach, komatsuna, tomato, and cucumber ranged from 915.2 to 3302.7  $\mu\text{mol}$  Trolox equivalent (TE)/100 g fresh weight (FW), 517.5 to 2312.2  $\mu\text{mol}$  TE/100 gFW, 264.0 to 491.7  $\mu\text{mol}$  TE/100 g FW, and 152.8 to 265.7  $\mu\text{mol}$  TE/100 g FW, respectively. L-ORAC values of them ranged from 545.0 to 1387.3  $\mu\text{mol}$  TE/100 g FW, 186.8 to 827.8  $\mu\text{mol}$  TE/100 gFW, 27.6 to 55.7  $\mu\text{mol}$  TE/100 g FW, and 97.0 to 182.4  $\mu\text{mol}$  TE/100 g FW, respectively. Differences in their H-ORAC values were observed among producing area. H-ORAC values of cucumber harvested in summer were higher than in winter, whereas that of spinach harvested in summer was lower than in winter. Neither producing area nor harvest time affected their L-ORAC values under this experimental condition. Therefore, it is suggested that producing area and harvest time are important factors in antioxidant capacities of vegetables.

Keywords: 抗酸化能, H-ORAC(親水性-酸素ラジカル吸収能), L-ORAC(親油性-酸素ラジカル吸収能)

---

<sup>§</sup> 連絡先 (Corresponding author), yuko@affrc.go.jp

## 緒言

スーパーオキシドラジカルや一重項酸素などの活性酸素種は、病原体排除機構をはじめとする生体防御に関わるなど、健康維持に重要な役割を果たしている。また、生体内にはスーパーオキシドディスムターゼやカタラーゼのような活性酸素種を除去する機構も備わっており、バランスが保たれている<sup>1)</sup>。しかしながら、喫煙等の生活習慣や精神的ストレスなどにより生体内での活性酸素種のバランスが崩れると、過剰な活性酸素種が生体内のタンパク質や脂質、あるいはDNAなどの高分子と反応してタンパク質の変性や過酸化脂質の生成、遺伝子障害を起こし、生活習慣病の発症や老化の促進をもたらすと考えられている<sup>1)</sup>。そのため、生体に備わった防御機構に加え、食事由来の抗酸化物質の摂取が健康維持に重要と考えられている。

食品成分の抗酸化作用機構は、直接的に活性酸素種を消去する作用と生体内における酸化ストレス防御遺伝子群の発現誘導を行うことで間接的に活性酸素種を消去する作用がある。食品成分による直接的な活性酸素種消去作用は、フリーラジカル捕捉と一重項酸素消去に分けられる。フリーラジカル捕捉能を測定する oxygen radical absorbance capacity (酸素ラジカル吸収能: ORAC) 法は、ラジカル発生剤 2, 2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH) を用いてペルオキシラジカルを発生させ、このラジカルにより分解されるフルオレセインの蛍光強度を経時的に測定し、抗酸化物質がフルオレセインの分解を抑制する能力を Trolox<sup>®</sup> 当量として算出する方法である<sup>2)</sup>。ORAC には、親水性の化合物の抗酸化能を評価する hydrophilic-ORAC (H-ORAC) 法と、親油性の化合物を評価できる lipophilic-ORAC (L-ORAC) 法がある。H-ORAC 原法は、アセトン: 水: 酢酸 = 70 : 29.5 : 0.5 の組成からなる AWA 溶液で抽出される親水性画分を測定する方法で、ポリフェノール類やアスコルビン酸などが測定される<sup>2)</sup>。一方 L-ORAC 法は、ヘキサン: ジクロロメタン = 1 : 1 で抽出される親油性画分を測定する方法で、メチル-β-サイクロデキストリンを溶解促進剤として使用することにより脂溶性ビタミンであるトコフェロールなどの水に溶けにくい成分も水溶性の反応系で測定することができる<sup>3)</sup>。

ORAC 法は比較的簡便な方法で、かつ多検体処理が可能であり、様々な研究報告において食品の抗酸化能評価に用いられてきた。例えば、Wu らはアメリカ

合衆国内における 100 種類の食品に関して、季節や産地ごとの抗酸化能の評価を行った<sup>4)</sup>。また、2007 年にアメリカ合衆国農務省 (USDA) は 277 種類の食品について ORAC 値のデータベースを公表した。しかしながら、2010 年に渡辺らが行った室間共同試験<sup>5)</sup>の結果、H-ORAC 原法は室間再現性が低く妥当性は確認できなかったことから、異なる試験室で測定した ORAC 値を元に食品の抗酸化能を単純に比較することはできない。その後、2012 年に渡辺らにより改良された H-ORAC 改良法<sup>6)</sup>では分析精度が向上し、室間共同試験によって妥当性も確認された。これにより初めて、異なる試験室で評価した食品の抗酸化能を ORAC 値により比較することや ORAC 値をデータベース化することが可能となった。また、L-ORAC 法も同様に渡辺らにより測定方法<sup>7)</sup>に改良が加えられ、単一試験室での測定精度が確認された。

本研究では、妥当性確認のなされた H-ORAC 改良法ならびに室間共同試験による妥当性確認試験を行っている L-ORAC 改良法を用いて野菜の抗酸化能を測定し、産地および収穫時期による変動を比較検討することを目的とした。その結果、野菜によっては産地によって H-ORAC 値が異なることや収穫時期によって H-ORAC 値が大きく変動することを見出したので報告する。

## 実験材料及び方法

### 1. 供試野菜試料

市販野菜 4 品目 (ホウレンソウ, 小松菜, トマト, キュウリ) を対象に、2012 年 6 月から 2013 年 2 月の間、茨城県土浦卸売市場において入手可能な産地のものを毎月購入した。ホウレンソウおよび小松菜は、150-200 g/束の 5 束から根部等の非可食部を除いた部分を 2-3 cm 程度に切ってよく混合し、200 g 程度を取り測定試料とした。トマトは平均的な大きさの 5 個を選んでへたを取り、可食部を縦に 4 分割し、対角上の 2 カ所を 1-2 cm 角に裁断してよく混合し、200 g 程度を取り測定試料とした。キュウリは 6 本から 1 cm 幅に横断したものを 3 カ所おきに採取、さらに裁断してよく混合し、200 g 程度を取り測定試料とした。それぞれ液体窒素で速やかに凍結した後、凍結乾燥 (真空凍結乾燥機 FD-20BU/SK01; 日本テクノサービス株式会社) を行った。凍結乾燥後、グラインドミックス (GM-200; Retsch 社) により約 300 μm 粒度まで粉碎し、アルミパウチ袋に入れ、実験に使用するまで遮光密閉

状態で-30℃で保存した。

測定に用いた試薬類は、ジクロロメタン（ナカライテスク）、メタノール・n-ヘキサン・アセトン・酢酸・AAPH・リン酸水素二カリウム・リン酸二水素カリウム・ジメチルスルホキシド（DMSO、以上和光純薬）、メチル-β-サイクロデキストリン（純正化学）フルオレセインナトリウム塩、(±)-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox<sup>®</sup>, 以上Sigma-Aldrich)であり、すべて特級相当のグレードのものをを用いた。

## 2. ORAC法による野菜の抗酸化能評価

野菜凍結乾燥粉末約1gを精秤し、海砂と混合した。高速溶媒抽出装置（ASE-350: Dionex）を用いて、n-ヘキサン：ジクロロメタン（1：1）により抽出される親油性画分を得た（抽出条件：溶媒を抽入して70℃、5分間静置後、1500 psiの圧力で60秒間パージを4回繰り返す<sup>4)</sup>。その後、引き続きMWA溶媒（メタノール：水：酢酸=90：90：9.5：0.5）を用いて抽出し（抽出条件：溶媒を抽入して80℃、5分間静置後、1500 psiの圧力で60秒間パージを4回繰り返す）、親水性画分を得た。なお、親油性画分および親水性画分はそれぞれ、測定まで-80℃で保存した。

L-ORAC測定：得られた親油性画分を窒素気流下で乾固した後、DMSO（5 mL）で再溶解した。DMSO溶液は7%（w/v）メチル-β-サイクロデキストリンの50%アセトン溶液で適宜希釈し、渡辺らの方法<sup>7)</sup>に従ってL-ORACを測定した。測定には96穴マイクロプレート（Falcon; #3072）を用い、蛍光強度の経時変化をPowerscan HT（DSファーマバイオメディカル）を用いて測定した。L-ORAC値は新鮮重量100 gあたりのTrolox相当量（ $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ ）として示した。

H-ORAC測定：得られた親水性画分をMWA溶媒で50 mLに定容した。これを75 mMリン酸緩衝液（pH 7.4）で適宜希釈して、渡辺らの論文<sup>6)</sup>に記載されている方法に従ってH-ORACを測定した。測定には96穴マイクロプレート（Falcon）を用い、蛍光強度の経時変化をPowerscan HTを用いて測定した。H-ORAC値は新鮮重量100 gあたりのTrolox相当量（ $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ ）として示した。

## 3. 統計処理

野菜の抽出は2回行い、各抽出液について各測定を

2反復で行っており、ORAC値は平均値±標準偏差として表した。ヒストグラムの階級数および範囲は、スタージェスの公式を用いて決定した。

## 実験結果および考察

### 1. 野菜のH-ORAC値およびL-ORAC値の分布

野菜の抗酸化能について基礎的な知見を得るために、品目ごとに得られた野菜のH-ORAC値（図1）およびL-ORAC値（図2）のヒストグラムを作成した。H-ORAC値の範囲は、ホウレンソウが918.2から3302.7  $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ 、小松菜が517.5から2312.2  $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ 、トマトが264.0から491.7  $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ 、キュウリが152.8から265.7  $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ だった（図1）。それぞれ最小値と最大値にはおおよそ2から4倍の差が認められた。また最も高い階級にあったのは、ホウレンソウでは1月の宮城県産、小松菜では1月の埼玉県産、トマトでは10月の栃木県産、キュウリでは7月の広島県産と9月の福島県産であった。L-ORAC値の範囲は、ホウレンソウが545.0から1387.3  $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ 、小松菜が186.8から827.8  $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ 、トマトが27.6から55.7  $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ 、キュウリが97.0から182.4  $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ であり（図2）、それぞれ最小値と最大値にはおおよそ2から4倍の差があることが認められた。また最も高い階級にあったのは、ホウレンソウでは1月の宮城県産、小松菜では6月の茨城県産、トマトでは9月および10月の茨城県産、キュウリでは7月の岩手県産であった。以上の結果より、抗酸化能の高い階級にある野菜の収穫時期がほぼ同一であることが示唆された。

### 2. 産地による野菜の抗酸化能に及ぼす影響

産地による野菜の抗酸化能に及ぼす影響を検討するために、産地別に野菜のH-ORAC値およびL-ORAC値を示した（図3）。トマト、およびキュウリは6月から8月の間に入手したものを、ホウレンソウ、および小松菜については9月から11月の間に入手したものを使用した。この時期はいずれの品目も最も出荷量が多いため、産地ごとの差異を検討するのに適していると考えられた。

この期間におけるホウレンソウのH-ORAC値は $915.2 \pm 549.4$ から $2816.4 \pm 983.4 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ の範囲で、最も値の高かった県は群馬県、最も低かったのは岩手県であり、産地間で約3倍の差が認められ

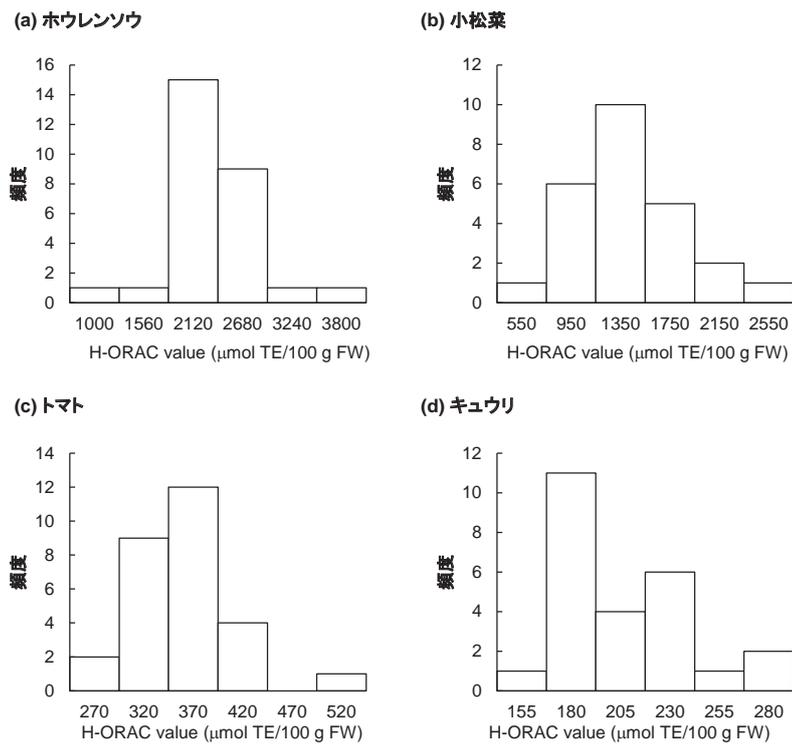


図 1. 野菜のH-ORAC値の分布

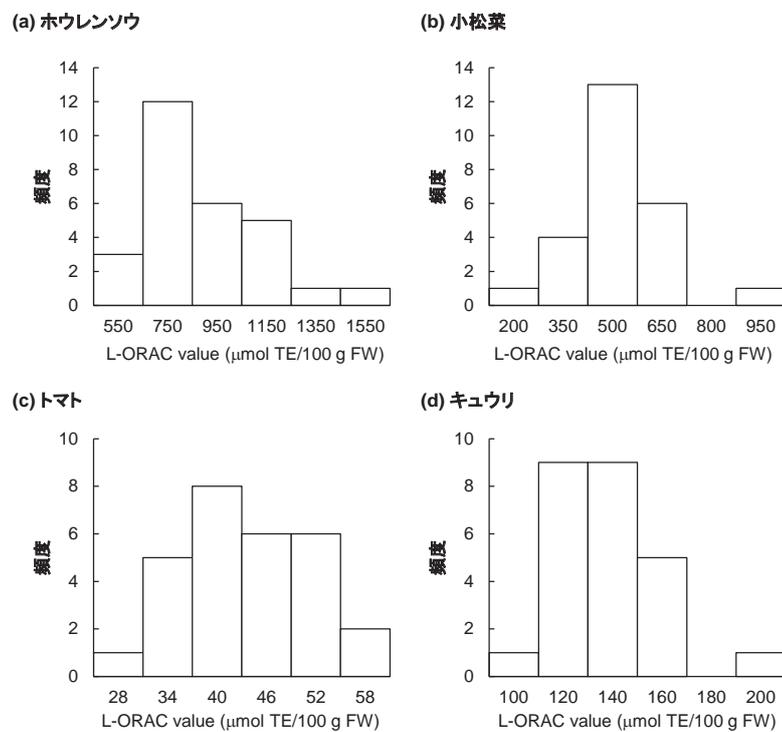


図 2. 農作物のL-ORAC値の分布

た(図3a)．小松菜のH-ORAC値は $818.0 \pm 336.3$ から $1300.1 \pm 459.9 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ の範囲で、茨城県が最も高く、群馬県が最も低かった(図3b)．トマトは産地によるH-ORAC値の差はほとんどなく、いずれの産地も $300 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ 前後の値を示した(図3c)．キュウリのH-ORAC値は $188.4 \pm 134.1$ から $265.7 \pm 130.0 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ の範囲で、最も値が高かった県は広島県で、最も低かった県は茨城県であった(図3d)．一方、L-ORAC値に関しては、すべての野菜において産地間での差はほとんど認められなかった。

本研究の結果より、産地の違いは野菜のH-ORAC値に大きな影響を与えるが、L-ORAC値は産地による変動はほとんどないことが明らかになった．すなわち、産地によって親水性の抗酸化物質量は変化するが、親油性の抗酸化物質の量への産地の影響は少ないと考えられた。

### 3. 収穫時期による野菜の抗酸化能に及ぼす影響

次に、収穫時期による野菜の抗酸化能に及ぼす影響を検討するために、2012年6月から2013年2月の間に入手した野菜のH-ORAC値およびL-ORAC値を

測定し、月ごとにプロットした(図4および5)．キュウリは、7月が最もH-ORAC値が高く $224.8 \pm 50.2 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ で、最も低かったのが1月で $168.4 \pm 14.8 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ であった(図4d)．L-ORAC値に関しても同様に、7月が最も高く $144.5 \pm 30.3 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ で、最も低かったのが12月で $104.6 \pm 9.9 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ であった(図5d)．キュウリの抗酸化能は収穫時期に大きく影響を受けており、寒冷期において低くなる傾向があった．一方、ホウレンソウは逆の傾向を示しており、1月が最もH-ORAC値が高く $2658.2 \pm 542.9 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ で、最も低かったのが9月で $2658.2 \pm 542.9 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g FW}$ であった(図4a)．小松菜およびトマトに関しては、H-ORAC値およびL-ORAC値いずれにおいても明確な季節変動は認められなかった(図4および5)．以上の結果より、収穫時期は野菜の抗酸化能に影響を及ぼすことが分かった．また、同じ収穫時期であっても野菜のH-ORAC値のばらつきは大きく、この理由としては前項のように産地が抗酸化能変動の一要因であることが考えられた．L-ORAC値は、いずれの野菜においてもH-ORAC値と同様の傾向を示したが(図5)、その変動幅はH-ORAC値に比べて小さかった．本研

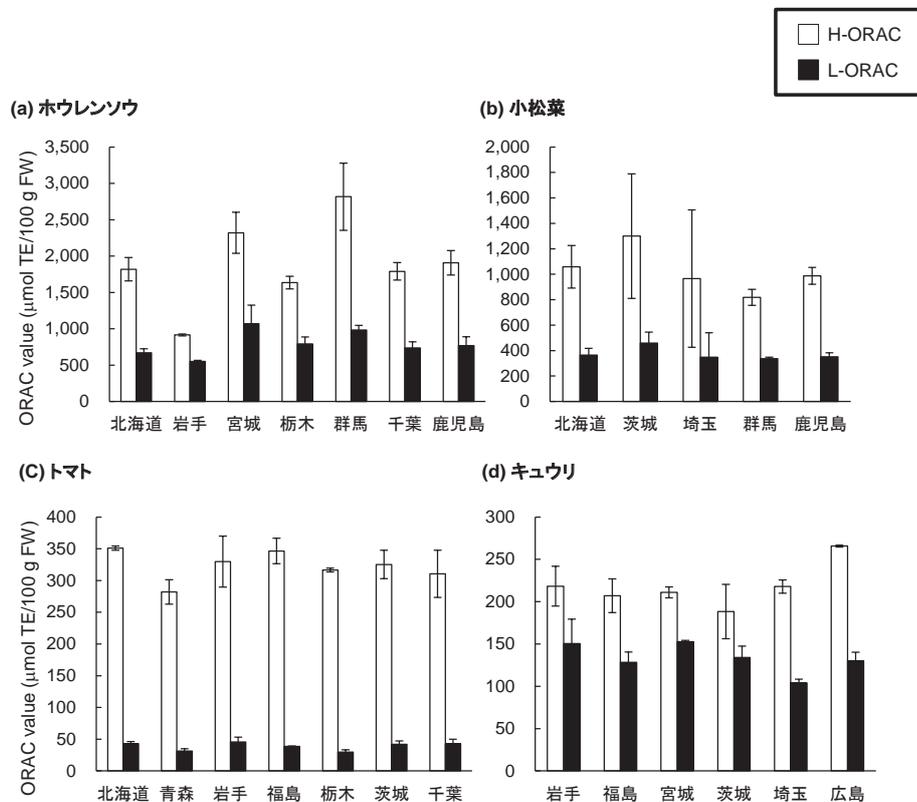


図3. 産地による野菜の抗酸化能に及ぼす影響

究の結果より、4種の野菜の抗酸化能は産地および収穫時期により影響されること、またその変動の主な原因は親水性の抗酸化物質の違いであることが分かった。L-ORAC値は、いずれの野菜においてもH-ORAC値と同様の傾向を示したが(図5)、その変動幅はH-ORAC値に比べて小さかった。本研究の結果より、野菜の抗酸化能は産地および収穫時期により影響されること、またその変動の主な原因は親水性の抗酸化物質の違いであることが分かった。

本研究では一般流通している野菜を対象にして、産地および収穫時期による野菜の抗酸化能に及ぼす影響について検討を行った。その結果、野菜のH-ORAC値、すなわち親水性抗酸化物質は産地や収穫時期によって影響されることを見いだした。また、親油性抗酸化物質より親水性抗酸化物質の方が野菜の抗酸化能の寄与率が高いことが分かった。しかしながら本研究では、野菜の品種、栽培条件、または貯蔵方法などの条件は考慮に入れておらず、これらも野菜の抗酸化能に寄与することが考えられるため、今後の研究課題としたい。

## 要約

酸化ストレスが様々な疾病に寄与していることが明らかにされており、食品由来の抗酸化物質の摂取が重要視されてきている。本研究では、ラジカル捕捉能を測定するORAC法を用いて、産地および収穫時期によるホウレンソウ、小松菜、トマト、およびキュウリの抗酸化能の変動に関して基礎的な知見を得ることを目的とした。その結果、産地および収穫時期は上記野菜の親水性抗酸化物質に影響を及ぼすことを明らかにした。

## 参考文献

- 1) Kalyanaraman, B., Teaching the basics of redox biology to medical and graduate students: Oxidants, antioxidants and disease mechanisms. *Redox Biol.*, 8, 244-257 (2013)

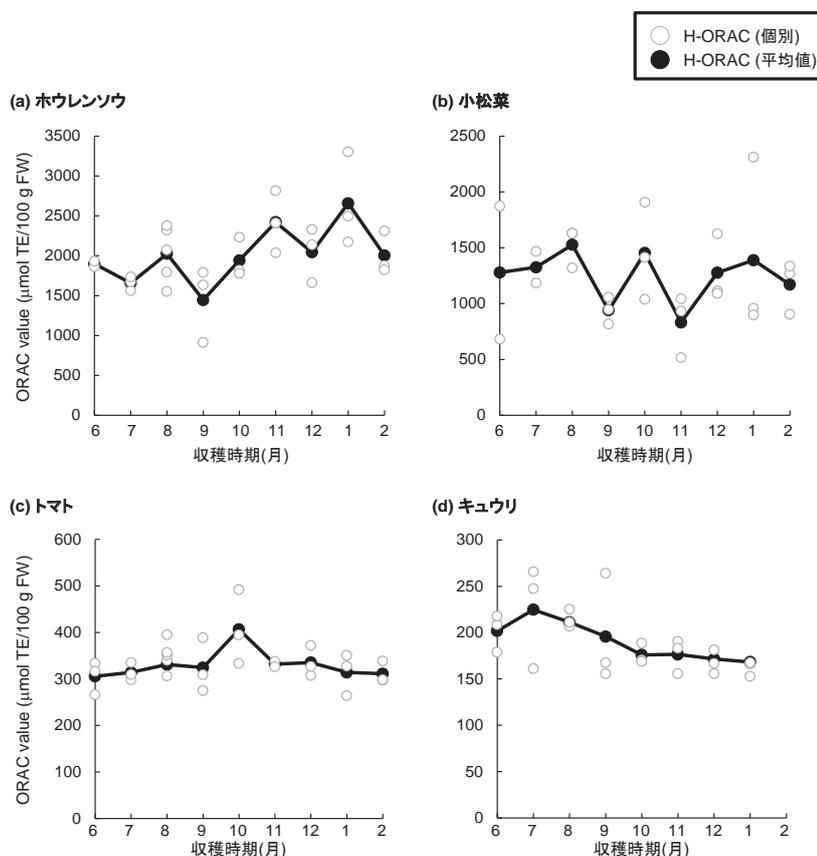


図4. 収穫時期による野菜のH-ORAC値に及ぼす影響

- 2) Ou, B., Hampsch-Woodill, M., and Prior, R.L., Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 4619-4626 (2001)
- 3) Huang, D., Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J.A., and Deemer, E.K., Development and validation of oxygen radical absorbance capacity assay for lipophilic antioxidants using randomly methylated beta-cyclodextrin as the solubility enhancer. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 1815-1821 (2002)
- 4) Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E., and Prior, R.L., Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 4026-4037 (2004)
- 5) 渡辺純, 沖智之, 竹林純, 山崎光司, 津志田藤二郎: 抗酸化能測定法であるH-ORAC法の室間共同試験. 日本食品科学工学会誌, **57**, 525-531 (2010)
- 6) Watanabe, J., Oki, T., Takebayashi, J., Yamasaki, K., Takano-Ishikawa, Y., Hino, A., Yasui, A., Method validation by interlaboratory studies of improved hydrophilic oxygen radical absorbance capacity methods for the determination of antioxidant capacities of antioxidant solutions and food extracts. *Anal. Sci.*, **28**, 159-165 (2012)
- 7) Watanabe, J., Oki, T., Takebayashi, J., Yamasaki, K., Takano-Ishikawa, Y., Hino, A., Yasui, A., Improvement of the lipophilic-oxygen radical absorbance capacity (L-ORAC) method and single-laboratory validation. *Biosci Biotechnol Biochem.*, **77**, 857-859 (2013)

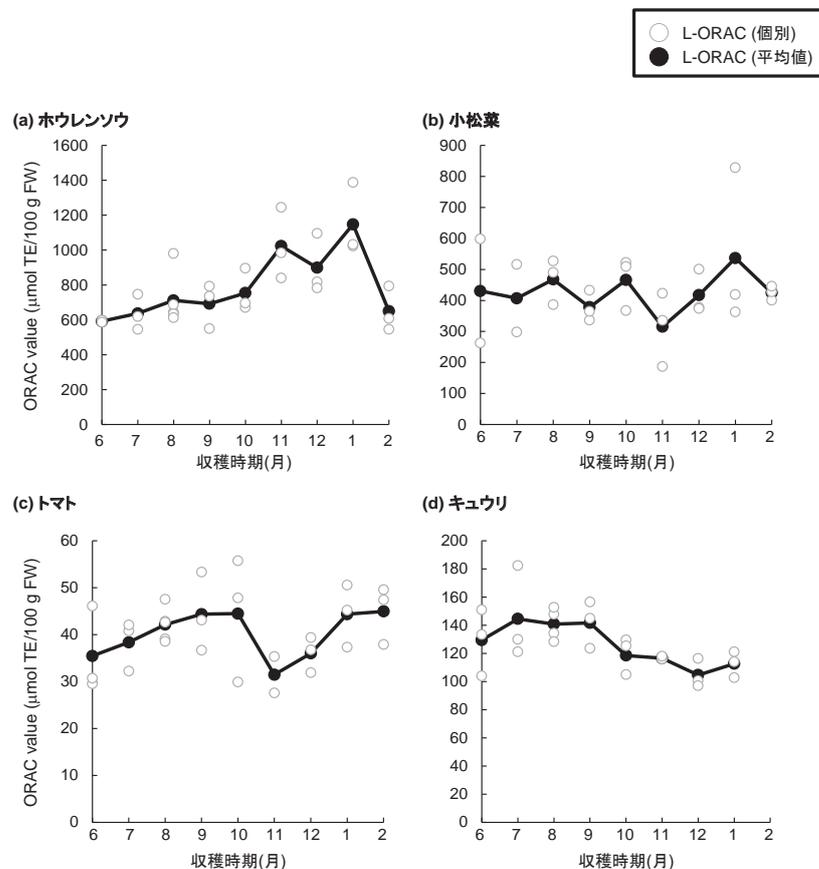


図5. 収穫時期による野菜のL-ORAC値に及ぼす影響

## Development of Antimicrobial Film Based on Pectin-ZnO Bio-nanocomposites

Nugraha Edhi Suyatma

UNU-Kirin Fellow from Indonesia

Food Packaging Laboratory

National Food Research Institute, NARO

In recent years, antimicrobial packaging has attracted much attention from the food industries thanks to the increase in consumer demand for preservative-free products. Moreover, there has been a growing interest in developing biodegradable packaging materials to replace petroleum based polymers. As a by-product of fruit processing industries, biopolymer pectin is both inexpensive and abundantly available, which is thus an excellent candidate for applying to eco-friendly biodegradable packaging. Unfortunately, films prepared with pure pectin did not provide satisfactory functionality due to lack of mechanical properties and water resistance. The main goal of this study is to enhance functional packaging properties of pectin film prepared by blending pectin with zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs). Pectin/ZnO bio-nanocomposite films were fabricated at 4 levels of ZnO-NPs, i.e., 0.5, 1.0, 2.0 and 5.0% (w/w) with the addition of glycerol (10%, w/w) as plasticizer. The effects of ZnO-NPs incorporation on improving the mechanical properties and water resistance of the films were investigated.

Zinc oxide (ZnO) nanoparticles were successfully incorporated into pectin films by preparing pectin-ZnO-NPs solution and casting method. The presence of ZnO-NPs inside pectin films was observed clearly by using SEM and confirmed with FTIR spectra analysis. The improvement in tensile strength could be achieved with ZnO-NPs incorporation without obvious loss in elasticity. Thus, the addition of glycerol as plasticizer was not an important or necessary factor for preparing pectin-ZnO nanocomposite films. Water absorption of pectin-ZnO nanocomposite films was lower than that of pure pectin film, indicating that the improvement in water resistance had been achieved. Converse effect was observed by using glycerol as plasticizer which increased water absorption of the films. Antimicrobial activity of pectin-ZnO nanocomposite films was proved in the absence of mold after exposing them at 97% RH and room temperature for 14 days, whereas the growth of mold had been observed in pectin films after 5 days of exposure. The application of pectin-ZnO nanocomposite as edible coating of strawberry could inhibit the mold decay until two weeks with the storage at 5°C, a week longer than that of control. In terms of color analysis, the significant change in film opacity was only found in the film formed by using 5% of ZnO. Results suggested that it would be favorable to prepare antimicrobial film by using ZnO-NPs at the amount of 2% (w/w) without plasticizer in the future work.

## Study on acid resistance in *E.coli*

Mahejibin Khan

UNU-Kirin Fellow from India

Microbial Function Laboratory

National Food Research Institute, NARO

Foodborne pathogens like *Escherichia coli* O157: H7, is the leading causes of infectious gastrointestinal diseases, and death in severe conditions. During its journey, orally acquired food pathogen has to transit through the extremely acidic gastric compartment and cope with the extreme acidic stress ( $\text{pH} < 2.5$ ). Therefore, the ability to endure the combined effect of HCl in gastric juice and of short chain fatty acids produced by the intestinal microbiota, is crucial for successful colonization of the gastrointestinal tract. Different food pathogen has have evolved different strategies to overcome acid stress. The glutamate-dependent acid resistance (GDAR) system is the most potent acid resistance system. The regulation of GDAR system is remarkably complex involving multiple regulatory circuits.

The MnmE protein, a GTPase involved in a tRNA modification, has been implicated in the regulation of the GDAR system. In the present study, to understand the role of MnmE and MnmG, another tRNA modifying enzyme, in the regulation of the glutamate decarboxylase gene (*gadA*), we constructed  $\Delta mnmG$  and  $\Delta mnmE$  deletion mutants of *E. coli* O157: H7 and *gadA-lacZ* translational fusions in K-12 strains. In O157:H7 strains, both the *mnmG* and *mnmE* deletion mutants were defective in the GDAR mechanism and lost their acid resistance at pH 2.0. The results of acid challenge test were further confirmed by western blot analysis. It was obvious that expression of the GadA protein was completely suppressed in the *mnmG* and *mnmE* deletion mutants, confirming that these tRNA modifying genes serve as regulators for GadA expression. Gene fusion studies in K-12 strains implicated that *mnmE* and *mnmG* are not directly involved in translational regulation of GadA production. However, overexpression of the *gadE* gene, encoding an essential transcription factor for *gadA*, in the  $\Delta mnmG$  and  $\Delta mnmE$  mutants could not restore acid resistance ability of mutants. Therefore, to get further insight into the translational regulation of *gadA* gene, more studies are required.

## **Inhibitory Effect of Chinese Fermented Soypaste and Catechin-rich Foodstuffs on Renin-angiotensin System**

Fengjuan LI

UNU-Kirin Fellow from China

Nutritional Function Laboratory

National Food Research Institute, NARO

Hypertension is a major public health problem associating with the incidence of various cardiovascular diseases. Renin-angiotensin system (RAS) plays a crucial physiological role in regulating blood pressure of human body, and renin (EC 3.4.23.15) and angiotensin I-converting enzyme (ACE, EC 3.4.15.1) are two key enzymes for maintaining the operation of this system. The control of RAS, such as by inhibiting the activities of renin and ACE, has been well established as an effective therapy to the treatment of hypertension.

ACE inhibitory activities of aqueous extracts of Chinese commercial soypaste products were investigated in this work. Six samples from northern part of China showed potent ACE inhibitory activities with  $IC_{50}$  values less than 40.0  $\mu\text{g/ml}$ . In order to identify the active components, ACE inhibitors in the sample with the strongest activity were purified by the means of ultrafiltration, solid-phase extraction and gradient RP-HPLC. According to spectroscopic methods, a compound (M328.1) was separated as  $C_{15}H_{21}NO_7$ . It was supposed to be a conjugate of phenylalanine and glucose generated by Maillard reaction, providing support on the contribution of Maillard reaction products to the ACE inhibitory activity of the sample. Results further indicated that the total inhibition by the soypaste sample on ACE activity occurred from the combined function of various bioactive substances, such as Maillaid reaction products, peptides and even large molecules as well.

Concerning the exploration of natural occurring renin inhibitors in foodstuffs, renin inhibitory effect of catechin-related compounds, including catechin (C), epicatechin (EC), epicatechin gallate (ECg), epigallocatechin (EGC), epigallocatechin gallate (EGCg) and gallic acid, was investigated first in this work. EGCg was found to possess the strongest activity ( $IC_{50} = 44.53 \mu\text{M}$ ) and act in an uncompetitive manner. Gallated catechins exerted higher inhibition than the ungallated forms, indicating that the galloyl moiety might be a favorable structure for these compounds to exert renin inhibitory activity.

Renin inhibitory activities of catechin-rich tea products as well as cocoa and coffee were further evaluated. Water extracts from oolong and black tea possessed effect with  $IC_{50}$  values of 20.31 and 17.27  $\mu\text{g/ml}$ , in line with the relatively higher total phenolic contents of 16.71 and 20.34 g/100 g dried weight (gallic acid equivalent), respectively. By spectroscopic methods, four compounds, i.e., theasinensin B, theasinensin C, strictinin and M412.03, were identified from black tea extract, with  $IC_{50}$  values of 19.33, 40.21, 311.09 and 50.16  $\mu\text{M}$ , respectively. Whereas catechins constituted the main bioactive compounds in green tea, they didn't play an essential role in contributing to the renin inhibitory activities of tea products. Results indicated another potential pathway and provided further support on tea consumption as an approach to helping control hypertension.

This work suggested that Chinese soypaste could be a good source of ACE inhibitors and fermented tea products contained abundant renin inhibitors against renin-angiotensin system, which was favorable for developing functional foods or food ingredients with antihypertensive effects.

## Optimization of one-pot enzymatic synthesis of inositol from maltoheptaose and dextrin through response surface methodology

Miao Li-li

UNU-Kirin Fellow from China

Enzyme Laboratory

National Food Research Institute, NARO

Inositol and its derivatives were important in signal transduction, stress response, cell wall biogenesis and other pathways in a broad spectrum of species including animals, plants, fungi and bacteria. Now the cost of inositol production is very high. To efficiently produce the inositol from abundantly available sugars, in current study, for the first time, inositol was synthesized in one-pot reaction using four hyperthermostable enzymes system from the maltoheptaose and cheap material dextrin. The four enzymes are all involved in the inositol pathway in bacteria including  $\alpha$ -glucan phosphorylase (TM1168), inositol monophosphatase (TM1415), Inositol 1-phosphate synthase (TM1419) from hyperthermophilic bacterium *Thermotoga maritima*, phosphoglucomutase/phosphomannomutase (PGM/PMM TK1108) from *Thermococcus kodakaraensis*, all these 4 enzymes were over expressed in *Escherichia coli*. And the recombinant protein was purified to homogeneity by Ni-NTA column.

To establish the reaction system and get the optimal condition of inositol synthesis, heat stable inositol 1-phosphate synthase (IPS, TM1419) was subjected to be characterized. In a series of assays, recombinant IPS exhibited maximal activity of at pH 8, 90°C. It was quite stable after exposure to 60°C for 1 day. Under the optimal conditions, The  $K_m$  and  $k_{cat}$  values of TM1419 were 1.76 mM and 0.042 s<sup>-1</sup>, respectively. The catalytic efficiency,  $k_{cat}/K_m$ , was 0.024 s<sup>-1</sup>mM<sup>-1</sup>, similar to that of other IPS which was among 0.12 to 0.233 s<sup>-1</sup>mM<sup>-1</sup>. Mg<sup>2+</sup> and Mn<sup>2+</sup> enhanced the activity of TM1419 significantly, indicating it belongs to class II aldolase enzymes. The reaction system was also optimized by response surface methodology with 78mM maltoheptaose. The TK1108, TM1415 and TM1419 were turned out to be the 3 main factors in this system by one order selection- the first order fractional factorial design 2<sup>6-2</sup>. Central composite design (CCD) with 3 independent variables, TK1108 ( $x_1$ ) and TM1419 ( $x_2$ ), TM1415 ( $x_3$ ) was applied to obtain the maximal inositol production. After CCD optimization, the predicted maximum inositol yield was 167 mmol/L with corresponding TK1108 0.373 mg/ml and TM1419 0.38 mg/ml, TM1415 0.175 mg/ml. The optimal one pot enzymatic reaction for synthesizing inositol predicted by the model (per milliliter) was: 50 mM PBS (pH 8.0) TK1108 0.373 mg/ml, TM1419 0.81 mg/ml, TM1415 0.172 mg/ml, TM1168 0.84 mg/ml, NAD<sup>+</sup> 0.1 mM, G 1,6P 0.5  $\mu$ g/ml, Mg<sup>2+</sup> 20 mM. The 155 mM inositol was obtained in the optimal condition, at the same level as predicted production. Also 115.2 mM inositol was obtained under this optimal system from 165 mg/ml cheap material Dextrin within in 8h.

## FORMULATION AND CHARACTERIZATION OF MICRO/ NANODISPERSIONS ENCAPSULATING FUNCTIONAL FOOD COMPONENTS

Witcha Treesuwan

UNU-Kirin Fellow from Thailand  
Advanced Food Technology Laboratory  
National Food Research Institute, NARO

Functional foods have been growing rapidly in food industry. The important key of their application is to deliver functional compounds to the target in the human body. Colloidal delivery systems have been widely used in foods, pharmaceuticals and cosmetics. The primary aim of this work was to formulate micro/nanoemulsions containing baicalein and lemongrass oil which are the local products from agriculture in Thailand. Baicalein possesses multiple medicinal activities like anti-circulatory failure, anti-cancer, anti-HIV, and antioxidant, while lemongrass oil has shown a reduction of spasmodic affection and gastric irritability as well as its characteristic scent. The baicalein-loaded oil-in-water (O/W) emulsions were successfully formulated using a high-pressure homogenization method. Our results demonstrated that O/W emulsions encapsulating baicalein with a Sauter mean diameter ( $d_{3,2}$ ) as small as 300 nm were obtained. Their  $d_{3,2}$  value decreased with increasing homogenization pressure from 20 MPa to 150 MPa. Physical stability in terms of the variation of the  $d_{3,2}$  value remains unchanged during 30 days of storage. Chemical stability of baicalein during storage was also investigated by HPLC. Microchannel (MC) emulsification was performed to prepare lemongrass oil-in-water emulsions. Uniformly sized lemongrass oil droplets with a number-average droplet diameter of 23 $\mu$ m and a coefficient of variation of <4% were stably generated from hydrophilically treated silicon MC arrays. Mixtures of lemongrass oil and vegetable oil at different weight ratios were also successfully used for preparing monodisperse O/W emulsions.

## 抄 録

Food Science and Technology Research, 18 (5) 723-733 (2012)

Detection of Falsely Labeled Taro in Japan by Elemental Analysis: Improvement of Discrimination Ability Using a Sampling Plan

Satoru NAKAMURA<sup>\*1</sup>, Tadao SUZUKI<sup>\*1, \*2</sup>, Hiroshi HORITA<sup>\*2</sup> and Akimasa NAKANO<sup>\*3, \*4</sup>

<sup>\*1</sup> Food Labeling Monitoring Department, Food and Agricultural Materials Inspection Center

<sup>\*2</sup> National Food Research Institute, NARO

<sup>\*3</sup> National Agricultural and Food Research Organization Headquarters

<sup>\*4</sup> National Institute of Vegetable and Tea Science

230個体のサトイモ（日本産生鮮サトイモ118個体，日本産冷凍サトイモ35個体，中国産生鮮サトイモ36個体及び中国産冷凍サトイモ41個体）中の13元素（Na, Mg, P, Ca, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Cd, 及びBa）の濃度をICP-AES及びICP-MSを用いて決定した。元素組成に線形判別分析及びサポートベクターマシンを適用した。

Mg, Ni, Zn, Rb及びCdを用いて日本産と表示されたサトイモから中国産サトイモを検出する判別モデルを構築した。判別能力の向上のために受信者操作特性及び抜取方式を検討した。日本産生鮮サトイモ及び日本産冷凍サトイモの偽陽性率1.7%及び2.5%の条件下で，中国産生鮮サトイモ及び中国産冷凍サトイモの感度が79.4%及び73.2%になると見積もられた。

元素分析を用いた日本国内で不正に表示されたサトイモの検出：抜取方式による判別能力の向上

中村 哲<sup>\*1</sup>, 鈴木 忠直<sup>\*1, \*2</sup>, 堀田 博<sup>\*2</sup>, 中野 明正<sup>\*3, \*4</sup>

<sup>\*1</sup> (独) 農林水産消費安全技術センター

<sup>\*2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

<sup>\*3</sup> (独) 農研機構本部

<sup>\*4</sup> (独) 農研機構野菜茶業研究所

Fuel, 96, 595-599 (2012)

A continuous-flow bubble column reactor for biodiesel production by non-catalytic transesterification

Joelianingsih<sup>\*1</sup>, H. Nabetani<sup>\*2</sup>, Y. Sagara<sup>\*3</sup>, A. H. Tambunan<sup>\*4</sup>, K. Abdullah<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> Indonesia Institute of Technology

<sup>\*2</sup> National Food Research Institute, NARO

<sup>\*3</sup> The University of Tokyo

<sup>\*4</sup> Bogor Agricultural University

トリグリセリドからアルカリ触媒を用いることなく連続的にバイオディーゼル燃料を製造することのできる気泡塔リアクターを開発した。気泡塔リアクターの原理は，反応を伴う蒸留ということであり，反応生成物の蒸気が反応槽から連続的に取り除かれるとともに，原料であるトリグリセリドは反応槽内にとどまる。200 mL容量のリアクターを用いて，メタノールの供給速度および反応温度がバイオディーゼル燃料の生成速度および製品品質に及ぼす影響を調べた。メタノール供給速度および反応温度の上昇に伴い，生成速度は増大したが，製品に品質は低下する傾向にあった。

気泡塔リアクターを用いた無触媒エステル交換反応によるバイオディーゼル燃料の生産

Joelianingsih<sup>\*1</sup>, 鍋谷 浩志<sup>\*2</sup>, 相良 泰行<sup>\*3</sup>, A. H. Tambunan<sup>\*4</sup>, K. Abdullah<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> インドネシア工科大学

<sup>\*2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

<sup>\*3</sup> 東京大学

<sup>\*4</sup> ボゴール農科大学

Journal of Food and Drug Analysis, 20 (1), 179-183 (2012)

Purification and concentration of Antioxidative dipeptides obtained from chicken extract and their application as functional food

Hiroshi Nabetani\*<sup>1</sup>, Shoji Hagiwara\*<sup>1</sup>, Nobuya Yanai\*<sup>1, \*2</sup>, Shigenobu Shiotani\*<sup>1, \*2</sup>, Joosh Baljinnyam\*<sup>1, \*3</sup> and Mitsutoshi Nakajima\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Tokai Bussan Co. Ltd.

\*<sup>3</sup> Mongolian University of Science and Technology

日本では、肉質が劣るとの理由から、年間約150,000トンの採卵鶏の廃鶏が廃棄されている。こうした有機質資源に付加価値を見出し、有効利用することを目的として、鶏肉の筋肉組織に含まれるジペプチド（アンセリン・カルノシン）を効率的に抽出・精製・濃縮するためのシステムを開発した。このシステムを用いことにより、純度90%以上のアンセリン・カルノシンを95%以上の歩留まりで得ることができた。得られたアンセリン・カルノシンをビタミンCおよびフェルラ酸と組み合わせて摂取することにより、健常人における酸化ストレスが低減されることが明らかとなった。

鶏肉抽出物に含まれる抗酸化ジペプチドの精製と機能性食品への応用

鍋谷 浩志\*<sup>1</sup>, 萩原 昌司\*<sup>1</sup>, 柳内 延也\*<sup>1, \*2</sup>, 塩谷 茂信\*<sup>1, \*2</sup>, Joosh Baljinnyam\*<sup>1, \*3</sup>, 中嶋 光敏\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 東海物産株式会社

\*<sup>3</sup> モンゴル科学技術大学

Journal of the Science of Food and Agriculture, 92, 2379-2386 (2012)

Chemical analysis and actylcholinesterase inhibitory effect of anthocyanin-rich red leaf tea (cv. Sunrouge)

Mari Maeda-Yamamoto\*<sup>1</sup>, Takeshi Saito\*<sup>2</sup>, Atsushi Nesumi\*<sup>1</sup>, Yoshiko Tokuda\*<sup>1</sup>, Kaori Ema\*<sup>1</sup>, Daiki Honma\*<sup>2</sup>, AKiko Ogino\*<sup>1</sup>, Manami Monobe\*<sup>1</sup>, Akira Murakami\*<sup>3</sup>, Akira Murakami\*<sup>4</sup>, Hirofumi Tachibana\*<sup>5</sup>

\*<sup>1</sup> NARO Institute of Vegetable and Tea Science

\*<sup>2</sup> Research Laboratory of Fundamental Technology of Food, Asahi Breweries Ltd.

\*<sup>3</sup> Graduate School of Agriculture, Kyoto University

\*<sup>4</sup> Nippon Paper Industries Ltd.

\*<sup>5</sup> Division of Bioresources and Bioenvironmental Science, Kyushu University

高アントシアニン茶品種「サンルージュ」のアントシアニン組成とヒト神経細胞SK-N-SH細胞のアセチルコリンエステラーゼ(AChE)阻害活性を評価した。アントシアニン含有量は、3茶、2茶、1茶の順に高く、3茶期の1葉目がもっとも高い値を示し、デルフィニジン-3-ガラクトシドが50%以上を占めた。また、AChE阻害活性はサンルージュがやぶきた、べにふうきに比べ有意に高い値を示した。

高アントシアニン茶（サンルージュ）の化学的分析とアセチルコリンエステラーゼ阻害活性

山本（前田）万里\*<sup>1</sup>, 斉藤 猛\*<sup>2</sup>, 根角 厚司\*<sup>1</sup>, 徳田 佳子\*<sup>1</sup>, 江間かおり\*<sup>1</sup>, 本間 大樹\*<sup>2</sup>, 萩野 暁子\*<sup>1</sup>, 物部真奈美\*<sup>1</sup>, 村上 明\*<sup>3</sup>, 村上 章\*<sup>4</sup>, 立花 宏文\*<sup>5</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構野菜茶業研究所

\*<sup>2</sup> アサヒビール食の基盤研究所

\*<sup>3</sup> 京都大学農学研究科

\*<sup>4</sup> 日本製紙

\*<sup>5</sup> 九州大学農学研究院生命機能科学部門

Nutrition Research, 32, 357-364 (2012)

Delphinidin-3-O-galactoside protects mouse hepatocytes from (-)-epigallocatechin-3-gallate-induced cytotoxicity via up-regulation of heme oxygenase-1 and heat shock protein 70

Hirofumi Inoue\*<sup>1</sup>, Mari Maeda-Yamamoto\*<sup>2</sup>, Atsushi Nesumi\*<sup>2</sup>, Akira Murakami\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Division of Food Science and Biotechnology, Kyoto University

\*<sup>2</sup> NARO Institute of Vegetable and Tea Science

デルフィニジン-3-O-ガラクトシド (D3G) は抗酸化活性をもつ水溶性アントシアニンである。エピガロカテキングレート (EGCG) も強力な抗酸化活性をもっているとともに、酸化促進剤としての役目も持つ。我々は、D3Gが自己防御タンパク質や酸化酵素を介して、EGCG誘導細胞毒性やERストレスを防御する可能性があると考えた。EGCG (200-500ミリM) はhepalc1c-7マウス肝細胞の生存率を用量依存的に減少させたが、D3G (50-500ミリM) 添加では変化はみられなかった。D3Gの前処理は、EGCG誘導細胞毒性を時間依存的に抑制した。EGCGは劇的にHO-1やヒートショックタンパク70 mRNAレベルを減少させたが、D3G前処理によりその下方制御が弱められた。D3Gは顕著にEGCG誘導性ERストレス応答、例えばC/EBPタンパク質mRNA発現やX-ボックス結合タンパク1 mRNA 接続減少させた。これらのデータにより、D3Gが酸化酵素やヒートショックプロテインをアップしてEGCG誘導性細胞毒性やERストレスをマスキングすると考察された。

デルフィニジン-3-O-ガラクトシドは、HO-1やヒートショックプロテインの上方制御を介して、マウス肝細胞のエピガロカテキングレート誘導細胞毒性を防御する

井上 博文\*<sup>1</sup>, 山本 (前田) 万里\*<sup>2</sup>, 根角 厚司\*<sup>2</sup>, 村上 明\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 京都大院農学研究科

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構野菜茶業研究所

茶業研究報告, 113, 71-76 (2012)

冷水抽出緑茶の飲用が緑茶常飲者の唾液中分泌型IgA量に与える効果に関する予備的検討

物部真奈美\*<sup>1</sup>, 江間かおり\*<sup>1</sup>, 徳田 佳子\*<sup>1</sup>, 山本 (前田) 万里\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構野菜茶業研究所

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

茶葉中カテキンは、抗酸化作用や免疫調節作用を有し、疾病リスクの低減に大きく寄与している。茶に含まれる主要なカテキンは、EGCG, EGCであり、緑茶浸出液におけるEGCG/EGC比は、浸出温度に影響される。我々は、緑茶冷水抽出液や高EGCカテキン混合物がマウスマイエル板細胞からのIgA産生を強く増強することを報告してきた。本報では、緑茶冷水抽出液が被験者(熱水抽出緑茶常飲者)の唾液中分泌型IgA値に与える影響を調べ、通常IgA産生の少ない被験者でIgA産生量が増加することを見出した。

Effect of Cold Extract of Green Tea (*Camellia sinensis* L.) on Salivary Secretory IgA Levels in Habitual Green Tea Drinker: A Preliminary Study

Manami Monobe\*<sup>1</sup>, Kaori Ema\*<sup>1</sup>, Yoshiko Tokuda\*<sup>1</sup>, Mari Maeda-Yamamoto\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> NARO Institute of Vegetable and Tea Science

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

Biofactors, 38, 226-233 (2012)

Effects of anthocyanin-rich tea "Sunrouge" on dextran sodium sulfate-induced colitis in mice

Satoko Akiyama\*<sup>1</sup>, Atsushi Nesumi\*<sup>2</sup>, Mari Maeda-Yamamoto\*<sup>2</sup>, Mariko Uehara\*<sup>3</sup>, Akira Murakami\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Division of Food Science and Biotechnology, Kyoto University

\*<sup>2</sup> NARO Institute of Vegetable and Tea Science

\*<sup>3</sup> Tokyo University of Agriculture

高アントシアニン茶品種「サンルージュ」は日本で最も多く飲まれている「やぶきた」と同量のカテキンが含まれている。この研究では、マウスでのデキストラン硫酸 (DSS) 誘導大腸炎に対する作用を検討した。5週齢のICRマウスに「やぶきた」抽出液、「サンルージュ」抽出液、水を3週間強制飲用させた後、0%、3%DSS水を2週間投与した。DSS投与群では、下痢、血便、体重減少、脾臓肥大、大腸短縮、生存率低下、肝機能悪化、大腸粘膜IL-1 $\beta$ レベル低下が認められた。「やぶきた」ではいくつかの項目で影響が見られなかったのに対し、「サンルージュ」はこれらのDSS誘導症状を改善した。「やぶきた」と「サンルージュ」のDSS誘導大腸炎の改善の違いは、アントシアニンの量による差と考察した。

高アントシアニン茶「サンルージュ」のマウスにおけるデキストラン硫酸誘導大腸炎への影響

秋山 聡子\*<sup>1</sup>, 根角 厚司\*<sup>2</sup>, 山本 (前田) 万里\*<sup>2</sup>, 上原万里子\*<sup>3</sup>, 村上 明\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 京都大院農学研究科

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構野菜茶業研究所

\*<sup>3</sup> 東京農大

Journal of Food and Drug Analysis, 20 (1), 313-317 (2012)

Anti-allergic action of O-methylated EGCG in green tea cultivar Benifuuki

Mari Maeda-Yamamoto\*<sup>1</sup>, Hirofumi Tachibana\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Graduate School of Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

エピガロカテキン-3-O- (3-O-メチル) ガレート (EGCG3"Me) 及びエピガロカテキン-3-O- (4-O-メチル) ガレートは日本や台湾の茶葉から単離された抗アレルギー物質である。これらのカテキンは、高親和性IgE受容体へのIgE架橋後のプロテインキナーゼのチロシンリン酸化の阻害や67KDaラミニンレセプタへの結合を通じた高親和性IgEレセプタ発現抑制によりマスト細胞の活性化を抑制した。スギ花粉症有症者への二重盲検ヒト介入試験では、花粉飛散時の鼻症状がプラセボ緑茶飲用群に比べ、「べにふうき」飲緑茶用群で有意に軽減した。また、EGCG3"Meを有効に利用する茶の製造法としては、2番茶以降の「べにふうき」茶葉を緑茶または半発酵茶に製造するのが最適であることを明らかにした。

茶品種「べにふうき」に含まれるメチル化EGCGの抗アレルギー作用

山本 (前田) 万里\*<sup>1</sup>, 立花 宏文\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 九州大学農学研究院

茶業研究報告, 114, 29-36 (2012)

緑茶冷水 (4℃) 浸出液のカテキン浸出特性及び茶期・品種の異なる緑茶冷水浸出液が  
マクロファージ様細胞の貪食能へ与える影響

物部真奈美\*1, 江間かおり\*1, 徳田 佳子\*1, 山本 (前田) 万里\*2

\*1 (独) 農研機構野菜茶業研究所

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

高EGC比率を持つ緑茶冷水浸出液を飲むことで粘膜免疫を活性化することは、緑茶抽出物のマクロファージ貪食能の活性化と正相関している。そのため、われわれは、摘採期や品種の異なる緑茶抽出物のマクロファージ様細胞の貪食活性を評価し、貪食活性を得るためにはEGC/EGCG比が2以上である必要があることを見出した。茶期の遅い茶葉はたくさんのカテキンを含んでいるので、カテキンを得るには番茶を利用すると良い。さらに、異なった品種の茶葉中カテキンでは、ゆたかみどり<sup>1</sup>がEGC含有量の高い品種であった。

Effect of Cold Green Tea (*Camellia sinensis* L.) Extract Derived from Different Cropping Periods of Cultivars on Phagocytic Activity of Macrophage-like Cells

Manami Monobe\*1, Kaori Ema\*1, Yoshiko Tokuda\*1, Mari Maeda-Yamamoto\*2

\*1 NARO Institute of Vegetable and Tea Science

\*2 National Food Research Institute, NARO

Food Science and Technology Research, 18 (5), 659-666 (2012)

Elution behavior analysis of starch degrading enzymes during rice cooking with specific antibodies

Mika Tsuyukubo\*1, Tetsuya Ookura\*2, Shinya Tsukui\*3, Toshiaki Mitsui\*4, Midori Kasai\*1

\*1 Ochanomizu University

\*2 National Food Research Institute, NARO

\*3 Tsukuba University

\*4 Niigata University

玄米には $\alpha$ グルコシダーゼ、 $\alpha$ アミラーゼ、 $\beta$ アミラーゼ、プルラーゼや、イソアミラーゼというデンプン分解酵素が含まれている。炊飯過程におけるこれら酵素の炊飯液への溶出挙動を調べるために、浸漬時 (20℃)、40℃、60℃で飯粒と炊飯液を分けてサンプルを調整し、SDS-PAGE後にイムノプロット解析を行った。プルラーゼ、 $\alpha$ グルコシダーゼ、イソアミラーゼ1、 $\alpha$ アミラーゼEは、いずれの温度でも炊飯液と飯粒の両方の画分に有った。 $\alpha$ アミラーゼA+Bと $\alpha$ アミラーゼHとは、いずれの温度でも飯粒中にはなく、炊飯液中に検出された。 $\beta$ アミラーゼは、いずれの温度でも炊飯液には検出されず、飯粒中だけで検出された。これらの結果から、炊飯液中に溶出するデンプン分解酵素の量は、玄米での酵素の局在場所と粒中に含まれる量に依存することが示唆された。

炊飯過程におけるデンプン分解酵素の溶出挙動を特異的抗体で解析

露久保美夏\*1, 大倉 哲也\*2, 津久井信也\*3, 三ツ井敏明\*4, 香西みどり\*1

\*1 お茶の水女子大学人間文化創成科学

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

\*3 筑波大学生命環境科学研究科

\*4 新潟大学農学部応用生物化学

Gene Expression Patterns 12, 3, 4, 95-101 (2012)

Generation of Venus reporter knock-in mice revealed MAGI-2 expression patterns in adult mice

Kan-ichiro Ihara\*<sup>1</sup>, Tomoki Nishimura\*<sup>1</sup>, Tomokazu Fukuda\*<sup>1</sup>, Tetsuya Ookura\*<sup>2</sup>, Katsuhiko Nishimori\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Tohoku University, Department of Agricultural Chemistry

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

複数のPDZドメインとWWドメインを有する膜結合性グアニレートキナーゼ転置型2 (MAGI-2) タンパク質は、上皮細胞のタイトジャンクションに局在する。既にmRNAの組織での発現は報告されているが、免疫組織学的に細胞レベルでの発現については不明である。このような詳細な発現部位の情報は、MAGI-2の生物学的な機能を明らかにするためにも役立つと思われる。今回我々は、Magi2の6番目のエクソンをビーナスをコードする配列で置換することによって、ビーナスレポーターノックインマウスを作出したので、その報告を行う。ビーナスレポーターの発現は、腎臓中のポドサイト(タコ足細胞)、精巣中の精細胞、脳内の様々な領域の神経細胞中で検出された。このような様々な部位でのレポーターの発現は内在性MAGI-2がこれら組織での発現することを示しており、MAGI-2タンパク質が、グロメラー細胞での濾過過程や精子の成熟過程で潜在的に働く可能性を示すものであった。以上のことから、Magi2に対するビーナスレポーターノックインマウスはMagi2の機能を解析していく上で有用なモデルであることが示された。

ビーナスノックインマウスの作出によりマウス成体でのMAGI-2発現パターンを解明

伊原寛一郎\*<sup>1</sup>, 西村 知貴\*<sup>1</sup>, 福田 智一\*<sup>1</sup>, 大倉 哲也\*<sup>2</sup>, 西森 克彦\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 東北大学農学部

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Journal of Food Science, 77 (9): C927-C933 (2012)

Phenolic Antioxidants in Some Vigna Species of Legumes and their Distinct Inhibitory Effects on  $\alpha$ -Glucosidase and Pancreatic Lipase Activities

Yadahally N. Sreerama, Yoko Takahashi, and Kohji Yamaki

National Food Research Institute, NARO

豆科ササゲ属豆類4品種(ヤエナリ, モスビーン, 赤と黒小豆)のフェノール性抽出物のフェノール性物質含量と抗酸化能と $\alpha$ -グルコシダーゼと膵臓リパーゼに対する抑制効果を評価した。その結果, 小豆にはヤエナリやモスビーンより高いフェノール性物質が存在した。黒小豆種はDPPHとスーパーオキシド消去活性が最も高かった。しかし, 過酸化水素消去活性と金属キレート能は小豆(赤)種で有意に高値であった。ムングビーンは全てのテストで最も低い抗酸化活性であった。これら豆類のフェノール性抽出物は高血糖や高脂血症に関連した酵素の抑制で明らかな作用を示した。全ての抽出物のリパーゼ抑制活性はグルコシダーゼより強く表れた。しかしグルコシダーゼの抑制活性では, 黒小豆種が優れていた(IC<sub>50</sub>, 26.28 mg/mL)。モスビーンと両小豆種(黒と赤)ではリパーゼの強い抑制を示した(IC<sub>50</sub>値, 7.32から9.85 mg/mL)が, その中では有意な変化はなかった。これらの結果で, 豆科ササゲ種は抗酸化能を持つ有効な原料であり, 強いグルコシダーゼとリパーゼの抑制物質の原料であることが示された。このことは健康増進の機能性食品成分としてこれらの豆類の有効活用の手がかりとなるであろう。

豆科ササゲ属豆類のフェノール性抗酸化物質と $\alpha$ -グルコシダーゼと膵臓リパーゼ活性のその特徴的な抑制効果

Yadahally N. Sreerama, 高橋 陽子, 八巻 幸二

(独) 農研機構食品総合研究所

日本食品科学工学会誌, 60 (1), 43-47 (2013)

小豆子葉部の $\alpha$ -グルコシダーゼ活性およびGLP-1分泌に与える影響

濱岡 直裕\*1, 中川 良二\*1, 比良 徹\*2, 八巻 幸二\*3

\*1 地方 (独) 北海道立総合研究機構食品加工研究センター

\*2 北海道大学大学院農学研究院

\*3 (独) 農研機構食品総合研究所

小豆について、特に種皮以外の部分が有する血糖上昇を抑制する機能性を評価した。その結果、種皮付きおよび種皮を除去した小豆ペプシン分解物に $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害およびグルカゴン様ペプチド-1 (GLP-1) 分泌の活性が確認された。 $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害活性については種皮を除去しても安定であり、かつトリプシン消化に対する耐性も有することが明らかになった。これらの結果より、小豆の子葉部は食後高血糖を抑制する生理活性を有することが明らかになり、糖尿病や肥満症の予防などに有効な機能性食品素材として活用できる可能性が示唆された。

Effect of Adzuki Bean *Vigna Angularis* Cotyledon on Intestinal Alpha-glucosidase Activity and Glucagon-like Peptide-1 Secretion in vitro

Naohiro Hamaoka\*1, Ryoji Nakagawa\*1, Tohru Hira\*2, Kohji Yamaki\*3

\*1 Food Processing Research Center, Hokkaido Research Organization

\*2 Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

\*3 National Food Research Institute, NARO

食品総合研究所研究報告, 77, 25-32 (2013)

DNAマイクロアレイ解析を活用した大豆の機能性評価

高橋 陽子\*1, 小西 智一\*2

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 秋田県立大学生物資源科学部

DNAマイクロアレイを用い、遺伝子発現レベルでラットにおける大豆の機能性を解析した。食餌中の大豆の量が増えるとともに、血清および肝臓の脂質濃度は全般的に低下した。DNAマイクロアレイで得られた、遺伝子発現シグナルに含まれる不要なノイズを除き、異なる実験間で遺伝子発現変化の比較ができるように、3パラメータ対数正規分布に従ってデータを標準化した。DNAマイクロアレイ解析によって、肝臓のトランスクリプトームは、食餌中の大豆の量に応じて全体的に変化することが観察された。数々の生物学的機能のうち、大豆は肝臓での脂質・脂肪酸合成に関わるトランスクリプトームに特異的に影響した。これらの脂質合成系遺伝子のmRNA発現量は、食餌大豆量の増加に伴い低下した。複数の実験間でDNAマイクロアレイデータを比較することにより、大豆の総合的な機能性は、凍り豆腐の機能性と相関があることが明らかになった。このように、DNAマイクロアレイ解析は、遺伝子発現データが適切に取り扱われるとき、食品の機能性を理解するための説得力のある情報をもたらすことができる。

Evaluation of functional properties of soybean using DNA microarray

Yoko TAKAHASHI\*1 and Tomokazu KONISHI\*2

\*1 National Food Research Institute, NARO

\*2 Department of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

Analytical Sciences, 28 (12), 1179-1182 (2013)

Evaluation of a method to quantify quercetin aglycone in onion (*Allium cepa*) by single- and multi-laboratory validation studies

Jun Watanabe\*<sup>1</sup>, Jun Takebayashi\*<sup>2</sup>, Yuko Takano-Ishikawa\*<sup>1</sup> and Akemi Yasui\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> National Institute of Health and Nutrition

AOACのOMA2006.07がタマネギ凍結乾燥物中のフラボノールアグリコン定量に適用可能か検討した。異なる3日間に測定を行った結果、タマネギ中のケルセチン含有量の平均は3.48 g/kg 乾燥重であり、RSDrおよびRSDintはそれぞれ0.8%および1.8%であった。異なる3濃度で添加したケルセチン-3-O-グルコシドの回収率は98.42%から100.31%であり、RSDrは2.2%から5.9%の範囲、RSDintは3.4%から5.2%の範囲であった。2種類のタマネギ試料を用いた室間共同試験におけるHorRat値はいずれも2以下であった。以上より、OMA2006.07はタマネギ凍結乾燥物中のケルセチン含有量測定に適用できると考えられた。

タマネギ (*Allium cepa*) 中のケルセチン含有量測定法の単一試験室および室間共同試験による評価

渡辺 純\*<sup>1</sup>, 竹林 純\*<sup>2</sup>, 石川 (高野) 祐子\*<sup>1</sup>, 安井 明美\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (独) 国立健康・栄養研究所

Bioscience of Microbiota, Food and Health, 31 (2), 47-50 (2012)

In vitro effect of lacto-N-biose I on the antigen-specific immune responses of naïve splenocytes

Masao GOTO, Yuko TAKANO-ISHIKAWA, Mamoru NISHIMOTO, Motomitsu KITAOKA

National Food Research Institute, NARO

未感作の脾臓細胞における抗原特異的応答に対するラクト-N-ビオース (LNB) の効果をインビトロで検討した。LNB処理により、マウス未感作脾臓細胞の抗原特異的なIL-4分泌は抑制されるが、抗CD3抗体による刺激ではIL-4分泌には有意な差は認められない。また、抗原特異的なTh1型サイトカインの産生にも影響は認められなかった。LNBは抗原提示細胞のTh1型への偏寄とは別な機構による抗原特異的なIL-4産生抑制を示すものと考えられた。

未感作脾臓細胞のインビトロ抗原特異的応答に対するラクトN-ビオースの効果

後藤 真生, 石川 (高野) 祐子, 西本 完, 北岡 本光

(独) 農研機構食品総合研究所

Journal of Food Composition and Analysis, 29 (1), 25-31 (2013)

Hydrophilic antioxidant capacities of vegetables and fruits commonly consumed in Japan and estimated average daily intake of hydrophilic antioxidants from these foods

Jun Takebayashi\*<sup>1</sup>, Tomoyuki Oki\*<sup>2</sup>, Jun Watanabe\*<sup>3</sup>, Koji Yamasaki\*<sup>4</sup>, Jianbin Chen\*<sup>1</sup>, Maki Sato-Furukawa\*<sup>2</sup>, Megumi Tsubota-Utsugi\*<sup>1</sup>, Kyoko Taku\*<sup>1</sup>, Kazuhisa Goto\*<sup>2</sup>, Teruki Matsumoto\*<sup>1</sup> and Yoshiko Ishimi\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Institute of Health and Nutrition

\*<sup>2</sup> National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, NARO

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>4</sup> Taiyo Kagaku Co., Ltd.

総務省の家計調査に購入重量が示された23種類の野菜と13種類の果物を一般的に食されている野菜・果物とし、これらに含まれる親水性抗酸化物質の総量を妥当性確認のなされた hydrophilic-oxygen radical 法を用いて定量化した。野菜ではなす、ごぼう、れんこんに、果物ではいちご、もも、オレンジに高い抗酸化能が認められた。抗酸化物質摂取への寄与度の高い野菜は、タマネギ、ごぼう、なすであり、果物ではりんご、みかん、イチゴの寄与が高かった。国民栄養調査による野菜・果物の一日摂取量は427 g および119 gであり、野菜・果物からの親水性抗酸化物質摂取総量は一日あたり4423 μmol Trolox 相当量と推算された。

日本において一般的に食されている野菜・果物の親水性抗酸化能 およびこれらの食品からの親水性抗酸化物質一日摂取量の推算

竹林 純\*<sup>1</sup>, 沖 智之\*<sup>2</sup>, 渡辺 純\*<sup>3</sup>, 山崎 光司\*<sup>4</sup>, 陳 健斌\*<sup>1</sup>, 古川 (佐藤) 麻紀\*<sup>2</sup>, 坪田 (宇津木) 恵\*<sup>1</sup>, 卓 興鋼\*<sup>1</sup>, 後藤 一寿\*<sup>2</sup>, 松本 輝樹\*<sup>1</sup>, 石見 佳子\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 国立健康・栄養研究所

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構九州沖縄農業研究センター

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>4</sup> 太陽化学株式会社

Malaysian Journal of Nutrition, 18 (3), 355-362 (2012)

Hydrophilic antioxidant capacities and total phenol content of seasonal fruits of Bangladesh

Mamun SI, Shaheen N\*<sup>1</sup>, Basak Tukun A\*<sup>1</sup>, Md Mohiduzzaman\*<sup>1</sup>, Banu CP\*<sup>1</sup>, Yuko Takano-Ishikawa\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Institute of Nutrition and Food Science, University of Dhaka,

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

バングラデシュにおいて栽培されている果実、野菜の抗酸化能の評価を行った。

15品目の可食部より、親水性画分を抽出し、DPPH ラジカル消去活性、総ポリフェノール量等を測定した。

総ポリフェノールは  $0.6 \pm 0.01 \sim 0.01 \pm 0$  mg 没食子酸当量 (GAE) /g of 新鮮重、抗酸化能は  $4.882 \pm 0 \sim 0.113 \pm 0.03$  mol Trolox 当量 (TE) /g 新鮮重であった。抗酸化能は、最も高かったのが Carissa carandas で、 $4.882 \pm 0$  mol TE/g で最も低かったものが Baccara ramiflora の  $0.113 \pm 0.3$  mol TE/g であった。

ポリフェノール量と抗酸化能は  $R^2 = 0.957$  と言う高い相関があった。

バングラデシュ産の果物の親水性抗酸化能およびポリフェノール量

Mamun SI, Shaheen N\*<sup>1</sup>, Basak Tukun A\*<sup>1</sup>, Md Mohiduzzaman\*<sup>1</sup>, Banu CP\*<sup>1</sup>, 石川 (高野) 祐子\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> ダッカ大学

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Food Science and Technology Research, 19 (1), 69-79 (2013)

Antioxidant capacity and polyphenol content of the extracts from crops cultivated in Japan, and the effect of the cultivation environment

Ichiho Konishide-Mikami\*<sup>1</sup>, Shiro Murakami\*<sup>2</sup>, Keiji Nakanishi\*<sup>2</sup>, Yumiko Takahashi\*<sup>1</sup>, Minako Yamaguchi\*<sup>1</sup>,  
Tetsuo Shioya\*<sup>3</sup>, Jun Watanabe\*<sup>1</sup> and Akihiro Hino\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Nakanishi Incorporated

\*<sup>3</sup> Non

国産作物71品目についてORAC法による抗酸化能およびポリフェノール量を測定した。H-ORAC値は194-29,830 μmol TE/100 g生鮮重、L-ORAC値は、6-2,076 μmol TE/100 g生鮮重であった。ORAC値の高い野菜、果物は、シソ、ホウレン草、ブルーベリーなどであった。ORAC値とポリフェノール量はR=0.98と言う高い相関があった。栽培環境では、UC照射や施肥が関係することが明らかになった。

国産の作物の抗酸化能およびポリフェノール量に対する栽培環境の効果

小西出 (三上) 一保\*<sup>1</sup>, 村上 史郎\*<sup>2</sup>, 中西慶次郎\*<sup>2</sup>, 高橋 弓子\*<sup>1</sup>, 山口美奈子\*<sup>1</sup>,  
塩谷 哲夫\*<sup>3</sup>, 渡辺 純\*<sup>1</sup>, 日野 明寛\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (株) なかにし

\*<sup>3</sup> 所属なし (東京農工大名誉教授)

European Journal of Pharmacology, 687 (1, 2, 3) 39-45 (2012)

High glucose increases the expression of proinflammatory cytokines and secretion of TNF  $\alpha$  and  $\beta$ -hexosaminidase in human mast cells

Nagai Kanji\*<sup>1, 2</sup>, Fukushima Tatsunobu\*<sup>2</sup>, Oike Hideaki\*<sup>1</sup>, Kobori Masuko\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Mitsubishi Rayon Co., Ltd.

疫学研究の結果は、高血糖に関連するメタボリックシンドロームのハイ・リスク・ファクターである肥満がアレルギー性疾患の有病率や発生率に関わることを示している。私達は、高血糖とアレルギーの関連性のメカニズムを明らかにするため、高濃度のグルコースがヒトマスト細胞であるHMC-1およびLAD2細胞の活性化に及ぼす影響を検討した。HMC-1およびLAD2細胞は、低濃度(5.5 mM)または高濃度(25 mM)のグルコースを含むDMEM培地で培養した。その結果、高グルコースDMEM培地で2日間培養することにより、HMC-1およびLAD2細胞の細胞内活性酸素種が増加した。また、HMC-1細胞においてTNF $\alpha$ 、IL-1 $\beta$ 、IL-6およびIL-13の発現が増加した。LAD2細胞において、2種の培地で $\beta$ -hexosaminidase放出の割合に違いはなかったが、細胞内及び細胞外の $\beta$ -hexosaminidase活性は高グルコース培地で高かった。高濃度のグルコースはTNF $\alpha$ や他の炎症性サイトカインの発現を制御するMAPキナーゼのERK、JNKおよびp38のリン酸化を促進した。このように、高濃度のグルコースは、ヒトマスト細胞において、炎症性およびアレルギー性サイトカインの発現を増加させ、TNF $\alpha$ の産生や $\beta$ -hexosaminidase活性を増加させた。これらの結果は、高血糖により、刺激および無刺激の状態、アレルギーや炎症に関連するヒトマスト細胞の活性化を促進することを示唆している。

高濃度のグルコースはヒトマスト細胞における炎症性サイトカインの発現を増加させTNF  $\alpha$ および $\beta$ -hexosaminidaseの分泌を促進する

永井 寛二\*<sup>1, 2</sup>, 福島 達伸\*<sup>2</sup>, 大池 秀明\*<sup>1</sup>, 小堀真珠子\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 三菱レイヨン株式会社

Food and Chemical Toxicology, 50 (7), 2547-2553 (2012)

Phloridzin reduces blood glucose levels and alters hepatic gene expression in normal BALB/c mice

Kobori Masuko, Masumoto Saeko, Akimoto Yukari, Oike Hideaki

National Food Research Institute, NARO

私達はこれまでにフロリジンを含む飼料が、おそらく小腸からのグルコースの吸収を抑制して、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ることを報告した。そこで本研究では、0.5%および1%フロリジンを含む飼料を7日間摂取させることにより、正常なBALB/cマウスの血糖値が低下することを明らかにした。0.1%フロリジンを含む飼料を14日間摂取させることにより血糖値は低下しないが、炭水化物及び脂肪酸の代謝に関連する肝臓の遺伝子発現変化が誘導された。Ingenuityパスウェイ解析の結果、0.5%および1%フロリジンを含む飼料を14日間摂取させることにより、コントロール食と比べてクエン酸回路、糖新生、脂肪酸代謝、バリン・ロイシン・イソロイシン分解に関わる遺伝子発現が抑制されることが明らかになった。このようにフロリジンを含む飼料は、マウスにおいて血糖値を低下させ、代謝機能に関連する肝臓の遺伝子発現変化を抑制する。

フロリジンは正常BALB/cマウスの血糖値を減少させ、肝臓の遺伝子発現を変化させる

小堀真珠子, 升本早枝子, 秋元由香里, 大池 秀明

(独) 農研機構食品総合研究所

Toxicological Sciences, 129 (2), 293-304 (2012)

Late-onset increases in oxidative stress and other tumorigenic activities and tumors with a Ha-ras mutation in the liver of adult male C3H mice gestationally exposed to arsenic.

Nohara Keiko<sup>\*1, \*2</sup>, Tateishi Yukiyo<sup>\*1</sup>, Suzuki Takehiro<sup>\*1</sup>, Kazuyuki Okamura<sup>\*1, \*2</sup>, Murai Hikari<sup>\*1</sup>, Takumi Shota<sup>\*1</sup>, Maekawa Fumihiko<sup>\*1</sup>, Nishimura Noriko<sup>\*1</sup>, Kobori Masuko<sup>\*3</sup>, Ito Takaaki<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> National Institute for Environmental Studies

<sup>\*2</sup> Graduate School of Life and Environmental, University of Tsukuba

<sup>\*3</sup> National Food Research Institute, NARO

<sup>\*4</sup> Kumamoto University Graduate School of Medical Sciences

腫瘍形成は、遺伝、エピジェネティック、代謝の変化が関与する複雑なプロセスである。妊娠中のヒ素暴露は、しばしば活性化Ha-ras変異を伴う肝腫瘍を自然発症するC3Hマウスの子孫の成熟したオスにおいて肝腫瘍形成を増加させることが示されている。本研究ではHa-ras変異と遺伝子発現の変化を中心とした妊娠中ヒ素暴露による腫瘍促進変化を検討した。その結果、妊娠中のヒ素暴露は特にC61A Ha-ras変異を有する肝腫瘍を増加させることが明らかになった。また正常成熟マウスの肝臓のリアルタイムPCR解析の結果、妊娠ヒ素暴露によりそれぞれ小胞体ストレスと酸化ストレスによって誘導される遺伝子Creld2及びSlc25a30の発現がアップレギュレートされ、それぞれ脂質排出やアポトーシスに関与するFabp4及びE113の発現がダウンレギュレートされることが明らかになった。4つの遺伝子の発現変化は、遅発性のイベントであり、ヒストンの修飾とある程度関連するがDNAメチル化の変化とは関連しなかった。これらの遺伝子発現の変化は、脂質代謝と関連する酸化ストレスの増大を示唆していた。酸化ストレス誘導性遺伝子ヘムオキシゲナーゼ-1 (HO-1) の発現はヒ素群の肝臓においてアップレギュレートされた。また、コントロールマウスと比較して、ヒ素グループの担癌肝臓においてレトロトランスポゾンL1 mRNAの発現が増加することを明らかにした。これらの結果は、妊娠中ヒ素暴露は、遅発的に酸化ストレスやL1の活性化を含めた腫瘍増加変化を誘導し、特にC61A Ha-ras変異を有する細胞の腫瘍形成を拡張する。

妊娠中にヒ素に暴露された成熟雄性C3Hマウスの肝臓における遅発性の酸化ストレス、腫瘍形成活性及びHa-ras変異腫瘍の増加

野原 恵子<sup>\*1, \*2</sup>, 立石 幸代<sup>\*1</sup>, 鈴木 武博<sup>\*1</sup>, 岡村 和幸<sup>\*1, \*2</sup>, 村井 景<sup>\*1</sup>,  
内匠 正太<sup>\*1</sup>, 前川 文彦<sup>\*1</sup>, 西村 典子<sup>\*1</sup>, 小堀真珠子<sup>\*3</sup>, 伊藤 隆明<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> (独) 国立環境研究所

<sup>\*2</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科

<sup>\*3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

<sup>\*4</sup> 熊本大学大学院医学薬学研究部

International Journal of Molecular Sciences,13 (8), 10336-10349 (2012)

Effects of Rice bran Oil on the Intestinal Microbiota and Metabolism of Isoflavones in Adult Mice

Motoi TAMURA, Sachiko HORI , Chigusa HOSHI and Hiroyuki NAKAGAWA

National Food Research Institute, NARO

0.05%ダイゼインと10%こめ糠油を添加したこめ油食もしくは0.05%ダイゼインと10%ラードを添加したラード食をマウスに30日間給餌した後、尿中イソフラボン類量・糞便胆汁酸量・盲腸内フローラの構成等を測定した。尿へのダイゼインとジヒドロダイゼイン排泄量はこめ油食群はラード食群に比べて有意に低かった。また、尿に排泄されたエコールとダイゼインの比率はこめ油食群はラード食群に比べて有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。糞便への胆汁酸排泄量は、こめ油食群はラード食群に比べて有意に高値を示した。盲腸内フローラにおけるLactobacillalesの占有率はこめ油食群はラード食群に比べて有意に高値を示した。こめ油食群は腸内フローラの代謝や構成を変動させることでダイゼイン代謝に影響及ぼすことが示唆された。

こめ糠油が成熟マウスの腸内フローラとイソフラボン代謝に及ぼす影響

田村 基, 堀 幸子, 星 千草, 中川 博之

(独) 農研機構食品総合研究所

Bioscience and Microbiota, Food and Health,31 (3), 59-65 (2012)

Effect of Dietary L-arabinose on the Intestinal Microbiota and Metabolism of Dietary Daidzein in Adult Mice

Motoi TAMURA, Yukie KURUSU, Sachiko HORI

National Food Research Institute, NARO

マウス尿へのイソフラボン類排泄量、血漿グルコース濃度、内臓脂肪重量、腸内フローラ、糞便排泄量と糞便脂質濃度に及ぼすL-アラビノース添加食の影響について検討した。7週齢オスマウスに2.5% L-アラビノース+2.5%セルロース-0.05%ダイゼイン (AR) 食もしくは、5%セルロース-0.05%ダイゼイン (CO) 食を28日間給餌した。解剖前の2日間は採尿し、採取した尿のイソフラボン類量を測定した。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、盲腸内フローラの構成解析、尿へのイソフラボン類排泄量および血漿グルコース濃度と内臓脂肪量測定、糞便脂質測定を行った。血漿グルコース濃度と内臓脂肪重量については、二群間で有意な差は認められなかった。しかし、血漿ダイゼイン濃度は、CO群で有意に高値を示した。エコール/ダイゼイン比はAR群で高い傾向が認められた。盲腸内フローラは、二群間で有意な違いが認められた。L-アラビノースは、腸内フローラの代謝調節を介してダイゼインの代謝性に影響をおよぼす可能性が示唆された。

食餌性L-アラビノースが成熟マウスの腸内フローラと食餌性ダイゼインに及ぼす影響

田村 基, 久留主幸江, 堀 幸子

(独) 農研機構食品総合研究所

International Journal for Vitamin and Nutrition Research, 81 (6), 372-377 (2011)

Apple Pectin Affects the Efficacy of Epigallocatechin gallate on Oral Sucrose Tolerance Test in Adult Mice.

Motoi TAMURA, Sachiko Hori

National Food Research Institute, NARO

シュクローストレランステストでのエピガロカテキンガレート (EGCg) の効果に及ぼす食物繊維の影響をマウスを用いて検討した。マウスに5%アップルペクチン食もしくは、5%セルロース食を28日間給餌した。飼育試験終了後、0.2 mLのエピガロカテキンガレート (20 mg/mL) をマウスに経口投与し、シュクローストレランステストを行った。セルロース食群ではエピガロカテキンの投与によって血糖値の上昇が抑制された。しかし、アップルペクチン食群はセルロース食群に比べて血糖値の上昇が高かった。アップルペクチンは、シュクローストレランステストにおけるエピガロカテキンガレートの効果に影響及ぼすことが示唆された。

アップルペクチンは、成熟マウスのシュクローストレランステストにおけるエピガロカテキンガレートの効果に影響及ぼす

田村 基, 堀 幸子

(独) 農研機構食品総合研究所

*Appetite*, 58 (3), 940-945 (2012)

Dish influences implicit gender-based food stereotypes among young Japanese adults

Atsushi Kimura\*<sup>1</sup>, Yuji Wada\*<sup>2</sup>, Akio Asakawa\*<sup>3</sup>, Tomohiro Masuda\*<sup>2</sup>, Sho-ichi Goto\*<sup>4</sup>, Ippeita Dan\*<sup>5</sup>, Takashi Oka\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Tokyo Denki University  
 \*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO  
 \*<sup>3</sup> Nihon University  
 \*<sup>4</sup> University of Tsukuba  
 \*<sup>5</sup> Jichi Medical University

本研究では食器（皿）の性別印象が食品の性別ステレオタイプに影響するかどうかを検討した。我々は意味プライミング課題を用いて若い日本人青年における性別ステレオタイプを調査した。プライミング刺激として、我々は食器と食品の組み合わせを撮影した。我々は女性的、もしくは男性的と評価された食品と食器を、四つの異なる組み合わせになるようにした。意味プライミング課題では、我々は58名の被験者に撮影した食品と食器の組み合わせの写真を観察させ、その後、女性名か男性名を提示し、その名前の性別を判断させた。このような方法で、性別と食品・食器の組み合わせとの連合の強さを推定した。その結果、食器の性別印象は食品の性別ステレオタイプに影響することが分かった。食器と食品の性別印象とステレオタイプが一致する場合は、ステレオタイプを促進し、不一致の場合は抑制した。このように食器によって食品の性別に関する印象が変化することが明らかとなった。

日本の若年成人における皿が潜在的な性別に基づく食品ステレオタイプに影響する

木村 敦\*<sup>1</sup>, 和田 有史\*<sup>2</sup>, 浅川 明夫\*<sup>3</sup>, 増田 知尋\*<sup>2</sup>, 後藤 祥一\*<sup>4</sup>, 檀 一平太\*<sup>5</sup>, 岡 隆\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> 東京電機大学  
 \*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所  
 \*<sup>3</sup> 日本大学  
 \*<sup>4</sup> 筑波大学  
 \*<sup>5</sup> 自治医科大学

*Food Quality and Preference*, 27 (2), 202-207 (2013)

Luminance distribution as a determinant for visual freshness perception: evidence from image analysis of a cabbage leaf

Carlos Arce-Lopera\*<sup>1</sup>, Tomohiro Masuda\*<sup>3</sup>, Atsushi Kimura\*<sup>2</sup>, Yuji Wada\*<sup>3</sup>, Katsunori Okajima\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Yokohama National University  
 \*<sup>2</sup> Tokyo Denki University  
 \*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

野菜や果物などの生鮮食品を選択するとき、鮮度知覚は消費者行動に影響する。先行研究は鮮度を判断する際に視覚が影響することを述べているが、どのような視覚手がかりが鮮度知覚に影響するかはわかっていない。どのような光学的な変数が鮮度知覚に影響するか調べるために、我々はコントロールされた環境下でキャベツの鮮度劣化過程のデジタル画像を撮影した。これらのカラー、グレースケール画像を実験参加者にランダムな順で観察させ、知覚された鮮度をビジュアル・アナログスケールで評価させた。その結果、両画像とも時間の負の関数として鮮度評価が変化した。また、画像中の輝度分布変数も時間の関数として変化した。また、輝度分布に関わる変数のみを変化させた画像を作成し、その画像について同様に鮮度の評価を行わせた。その結果、輝度分布変数の関数として鮮度評価が変化した。また、空間周波数のバンドパスフィルターの統計量も含んだ視覚的鮮度推定モデルを提案した。

鮮度視知覚の規定要因としての輝度分布: キャベツの葉の画像分析による証拠

アルセロペラカルロス\*<sup>1</sup>, 増田 知尋\*<sup>3</sup>, 木村 敦\*<sup>2</sup>, 和田 有史\*<sup>3</sup>, 岡嶋 克典\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 横浜国立大学  
 \*<sup>2</sup> 東京電機大学  
 \*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

i-Perception, 3 (5), 338-355 (2012)

Luminance distribution modifies the perceived freshness of strawberries

Carlos Arce-Lopera\*<sup>1</sup>, Tomohiro Masuda\*<sup>3</sup>, Atsushi Kimura\*<sup>2</sup>, Yuji Wada\*<sup>3</sup>, Katsunori Okajima\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Yokohama National University

\*<sup>2</sup> Tokyo Denki University

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

質感知覚研究はある物体の異なる性質間の弁別能力の視覚の手がかりを分析することに焦点を当ててきた。そこで、我々は、色とは独立したイチゴの鮮度評価に与える輝度分布の影響を検討した。我々は統制された環境下でイチゴの鮮度劣化過程を169時間にわたって撮影した。撮影した画像から正方形のパッチを取り出し、視覚刺激としたvisual analogue scaleによる鮮度評定実験の結果、鮮度評定は時間の負の関数であり、輝度分布と強い相関を示すことが分かった。さらに、輝度分布を入れ替えた画像を用いた鮮度評定実験の結果、輝度分布の影響によって鮮度評定が変化することが分かった。また、無彩色の刺激を用いて同様の実験を行っても、この傾向は変わらないことから、輝度分布だけでも人間は鮮度評定が可能であることが示された。

輝度分布が知覚されるイチゴの鮮度知覚を左右する

アルセロペラカルロス\*<sup>1</sup>, 増田 知尋\*<sup>3</sup>, 木村 敦\*<sup>2</sup>, 和田 有史\*<sup>3</sup>, 岡嶋 克典\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 横浜国立大学

\*<sup>2</sup> 東京電機大学

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Japanese Psychological Research, 54 (4), 335-347 (2012)

Reaction time as an indicator of stimulus-response binding in affective judgment of visual stimuli

ATSUSHI KIMURA\*<sup>1</sup>, IPPEITA DAN\*<sup>2</sup>, NOBUYUKI WATANABE\*<sup>3</sup>, HIROSHI YAMADA\*<sup>4</sup>, YUJI WADA\*<sup>5</sup>

\*<sup>1</sup> Tokyo Denki University

\*<sup>2</sup> Jichi Medical University

\*<sup>3</sup> Kanazawa Institute of Technology, A

\*<sup>4</sup> Nihon University

\*<sup>5</sup> National Food Research Institute, NARO

感情的意味についての慣例的な研究はセマンティックディファレンシャル法を用いて行われる。この方法は視覚刺激と感情的意味の関係について妥当性と信頼性が高い測度ではあるが、主観的な評定に依存している。本研究では視覚刺激（色、形態、顔面表情）の感情的意味の判断の反応時間が刺激と感情の客観的な測度となり得るかを検討した。その結果、評価性因子の判断の反応時間は長く、活動性因子の判断の反応時間は短い一方で、軽明性因子と鋭さ因子に関わる判断の反応時間は刺激のタイプによって異なることが明らかになった。また、反応時間が刺激と感情的意味の結びつきの強さを示す測度になり得ることが示された。

視覚刺激の感情評価における刺激—反応結合の指標としての反応時間

木村 敦\*<sup>1</sup>, 檀 一平太\*<sup>2</sup>, 渡邊 伸行\*<sup>3</sup>, 山田 寛\*<sup>4</sup>, 和田 有史\*<sup>5</sup>

\*<sup>1</sup> 東京電機大学

\*<sup>2</sup> 自治医科大学

\*<sup>3</sup> 金沢工業大学, A

\*<sup>4</sup> 日本大学

\*<sup>5</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

## The influence of reputational concerns on purchase intention of fair-trade foods among young Japanese adults

Atsushi Kimura\*<sup>1</sup>, Naoki Mukawa\*<sup>1</sup>, Mana Yamamoto\*<sup>2</sup>, Tomohiro Masuda\*<sup>3</sup>, Masahide Yuasa\*<sup>1</sup>,  
Sho-ichi Goto\*<sup>4</sup>, Takashi Oka\*<sup>2</sup>, Yuji Wada\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Tokyo Denki University

\*<sup>2</sup> Nihon University

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>4</sup> University of Tsukuba

この研究では、他者からの評判への配慮がフェアトレード商品の購買意図に影響を与えるかどうかを検討した。評判の手がかりを操作するために、我々は2つの条件下で消費者のフェアトレード商品の購買意図を測定した。一方の実験条件は他者から購買行動が観察される“観察可能条件”、他方は、他者からの観察が不可能な“匿名条件”であった。フェアトレード、価格、生産国、味の特徴、ポリフェノール、カロリーの6つの特徴が消費者のチョコレートの購入意図に与える影響をコンジョイント分析で調べた。その結果、観察条件では匿名条件に比べてフェアトレード商品の購入意図が増加したが、カロリーに関しては逆の傾向が見られた。この現象はフェアトレード商品のような倫理的な購買行動は内的な動機づけだけでなく、他者からの評判のような外的な社会的な要因にも影響を受けることが明らかになった。

## 日本の若年成人における評判への配慮がフェアトレード食品購買に与える影響

木村 敦\*<sup>1</sup>, 武川 直樹\*<sup>1</sup>, 山本 真菜\*<sup>2</sup>, 増田 知尋\*<sup>3</sup>, 湯浅 雅英\*<sup>1</sup>, 後藤 祥一\*<sup>4</sup>, 岡 隆\*<sup>2</sup>, 和田 有史\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> 東京電機大学

\*<sup>2</sup> 日本大学

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>4</sup> 筑波大学

## Petal saturation affects visible flower senescence in cut lilies

Hiroko Mochizuki-Kawai\*<sup>1</sup>, Sanae Kishimoto\*<sup>1</sup>, Yuji Wada\*<sup>2</sup>, Tomohiro Masuda\*<sup>2</sup>, Kazuo Ichimura\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> NARO Institute of Floricultural Science

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

多くの花きは開花後数日程度で観賞価値の低下がはじまる。本研究ではユリを用いて花の観賞価値の変化と花弁における生理的変化との関連性を検証し、観賞価値の低下を引き起こす主な要因を明らかにした。OTハイブリッド系ユリ‘イエローウィン’は開花後8日目に落弁した。落弁までの8日間では花弁の萎凋は目立たないが、退色は徐々に進行した。観賞価値試験において、一般消費者45名を対象に‘イエローウィン’の見た目の鮮度を評価させると、値は開花1日目で最も高く、4日目から低下した。花弁の彩度は4日目から低下し、観賞価値と類似した変化を示した。

## ユリにおいて花弁の彩度は視覚的老化に影響する

望月 寛子\*<sup>1</sup>, 岸本 早苗\*<sup>1</sup>, 和田 有史\*<sup>2</sup>, 増田 知尋\*<sup>2</sup>, 市村 一雄\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構花き研究所

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Chemical Senses, 38 (3), 251-258 (2013)

Superiority of Experts Over Novices in Trueness and Precision of Concentration Estimation of Sodium Chloride Solutions

Tomohiro Masuda\*<sup>1</sup>, Yuji Wada\*<sup>1</sup>, Masako Okamoto\*<sup>2</sup>, Yasushi Kyutoku\*<sup>3</sup>, Yui Yamaguchi\*<sup>4</sup>, Atsushi Kimura\*<sup>5</sup>,  
Tatsu Kobayakawa\*<sup>6</sup>, Takayuki Kawai\*<sup>1</sup>, Ippeita Dan\*<sup>3</sup>, Fumiyo Hayakawa\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Obihiro University of Agriculture & Veterinary Medicine

\*<sup>3</sup> Jichi Medical University

\*<sup>4</sup> Shimadzu Corporation, Collaboration Promotion Department

\*<sup>5</sup> Tokyo Denki University

\*<sup>6</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

熟練者が被熟練者よりも優れたパフォーマンスをすることはしばしば報告されるが、真度と精度を用いて熟練者の評価を行った研究はない。そこで、食塩溶液の濃度推定をビジュアルアナログスケールを用いて評価において熟練者と被熟練者の成績を真度と精度を用いて比較した。実験1では14名の熟練者と13名の被熟練者が6段階の濃度を学習し、その後、3段階の濃度の溶液の評価を繰り返し行った。この結果、真度については両群の差はなかったが、精度において熟練者が優れていた。実験2では実験1にも参加した熟練者13名に加えて、新たに参加した10名の熟練者および12名の被熟練者が実験に参加した。この実験では、3段階の濃度の塩溶液にさらにショ糖を加えた溶液の強度評定を行った。この結果、熟練者群が被熟練者群よりも真度も精度も高かった。つまり、強度評定の真度と精度によって熟練者の能力を評価できる可能性がある。

塩濃度推定の真度・精度における熟練者の非熟練者に対する優位性

増田 知尋\*<sup>1</sup>, 和田 有史\*<sup>1</sup>, 岡本 雅子\*<sup>2</sup>, 久徳 康史\*<sup>3</sup>, 山口 由衣\*<sup>4</sup>, 木村 敦\*<sup>5</sup>,  
小早川 達\*<sup>6</sup>, 河合 崇行\*<sup>1</sup>, 檀 一平太\*<sup>3</sup>, 早川 文代\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 帯広畜産大学

\*<sup>3</sup> 自治医科大学

\*<sup>4</sup> 島津製作所

\*<sup>5</sup> 東京電機大学

\*<sup>6</sup> (独) 産業技術総合研究所

日本味と匂学会誌, 19 (3), 375-378 (2012)

実験動物を利用した甘味・うま味の苦味感低減効果の定量的解析

河合 崇行, 日下部裕子

(独) 農研機構食品総合研究所

ポリフェノールや分岐鎖アミノ酸などは、ヒトや動物が元来嫌う苦味を呈するが、健康維持のためには積極的に摂った方が良いと考えられている。薬学分野では種々の苦味マスキング剤の開発が進んでいるが、食品分野では味の組み合わせによる苦味感の低減が有効的であると考えられる。しかし、味の組み合わせによる苦味感低減は、苦味受容体に対する直接拮抗作用とは考えにくいので、細胞応答や苦味センサーを用いた系では評価しにくい。本研究では、キニーネ、デナトニウム等の苦味に対し、甘味、うま味、塩味を添加し、それぞれの味の持つ苦味低減効果を実験動物を用いて測定し、その大きさを比較検討した。

Quantitative analysis for the bitter suppression effects of sweet and umami based on animal behavior

Kawai Takayuki, Kusakabe Yuko

National Food Research Institute, NARO

## The Effects of Individual Features on Change Detection

Takuma MURAKOSHI\*<sup>1</sup>, Masako HISA\*<sup>2</sup>, Tomohiro MASUDA\*<sup>1</sup>, Yuji WADA\*<sup>1</sup> and Yoshihisa OSADA\*<sup>2</sup>\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>2</sup> Rikkyo University

変化の見落とし (Change blindness) は変化した視覚対象の検索・比較処理の失敗によって生じると考えられているが、この処理にどのような情報が使われているかは明らかにされていない。そこで本研究では、変化前の視覚ワーキングメモリ (VWM) の表象が視覚入力と比較される際に、VWMに保持される表象に含まれる特徴の情報が検索・比較過程を通して利用できるかどうかを検討した。実験参加者は変化検出と RSVP 課題の二重課題を行った。変化検出と RSVP ターゲットが同じ特徴で定義されていても、異なる特徴で定義されていても、二重課題条件では変化検出課題の成績が低下した。この現象は、検索・比較処理が VWM の表象に含まれる特徴と感覚入力の比較によって変化を検出しているのではなく、特徴が統合された対象を比較することで行われていることを示唆する。

## 単一特徴への注意が変化検出に与える効果

村越 琢磨\*<sup>1</sup>, 久 雅子\*<sup>2</sup>, 増田 知尋\*<sup>1</sup>, 和田 有史\*<sup>1</sup>, 長田 佳久\*<sup>2</sup>\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>2</sup> 立教大学

## Texture of sliced cucumbers measured by subjective human-bite and objective instrumental tests

Kaoru KOHYAMA\*<sup>1</sup>, Ai KATO-NAGATA\*<sup>1, \*2</sup>, Hiromi SHIMADA\*<sup>1</sup>, Yukari KAZAMI\*<sup>1</sup>, Fumiyo HAYAKAWA\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>2</sup> Tottori Institute of Industrial Technology

キュウリのテクスチャーを評価する効果的な方法を決定するため、多点シートセンサを用いたヒトの咀嚼測定と、異なる角度のくさび型プローブ及び円柱型プローブを用いた機器測定を行った。テクスチャーの僅かな差を検出するため、一本のキュウリ果実の中央から輪切り試料を調製し、4度及び22度で試験することにより比較した。60度のくさび型プローブは、ヒトの前歯による咀嚼と同じように、キュウリ試料を完全に分割することができたが、鋭角のくさび型や円柱型プローブは部分的な破壊しか起こさなかった。ヒトの咀嚼力は、4度では22度よりも有意に低く、これと同じ傾向は60度及び30度のくさび型プローブで圧縮した時や円柱型プローブで果肉を圧縮した際に認められた。この温度によるテクスチャーの僅かな違いを示すには、ヒトの咀嚼速度に近い速度20 mm/sが必要であった。

## ヒトの咀嚼及び機器による客観的測定によるスライスしたキュウリのテクスチャー

神山かおる\*<sup>1</sup>, 加藤 (永田) 愛\*<sup>1, \*2</sup>, 島田 宏美\*<sup>1</sup>, 風見由香利\*<sup>1</sup>, 早川 文代\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>2</sup> (地独) 鳥取県産業技術センター 食品開発研究所

日本食品科学工学会誌, 59 (6), 268-278 (2012)

タピオカ澱粉配合麺の力学特性と若年者および高齢者による咀嚼特性

江口 智美\*1, 吉村 美紀\*1, 神山かおる\*2

\*1 兵庫県立大学環境人間学研究所

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

エステル化加工キャッサバデンプンを6%配合したうどんの、高齢者向け食品としての適性を検討した。試料には、小麦粉麺を10分間ゆでたMG10、キャッサバデンプン配合麺を10分間ゆでたCA10および13分間ゆでたCA13を用いた。麺の力学特性の評価を、水分含有率、形状変化、貫入試験により行った。咀嚼特性の評価を咀嚼筋電位測定により、嗜好性の評価を官能評価により、若年者と高齢者を対象として行った。CA10およびCA13は、滑らかでやわらかで弾力のあるテクスチャーを示した。若年者と高齢者の両世代において、食べやすさと嗜好性が高まる傾向にあった。CA13は、CA10よりも高い水分含量を示した。やわらかく、こしも弱くなり、早い段階で噛み切れ、食べやすさは、さらに向上した。高齢者と若年者では、咀嚼特性と嗜好性に違いが見られた。高齢者は長い時間咀嚼を行っていた。また、高齢者では、水分含有率の高いCA13が最も食べやすく好ましいと評価された。若年者では、高齢者と同様に、CA13が最も食べやすいと評価されたが、最も好まれたのは硬さやこしによる噛みごたえのあるCA10であった。高齢者に最も食べやすいと評価されたCA13についても、噛みごたえが維持された。したがって、CA13は食べやすくかつ無理なく高齢者の咀嚼機能低下防止にも役立てられる、高齢者向け食品としての適性があることが示唆された。

Physical properties and texture of Japanese white salted noodles mixed with tapioca starch

Satomi EGUCHI\*1, Miki YOSHIMURA\*1, Kaoru KOHYAMA\*2

\*1 School of Human Science and Environment, University of Hyogo

\*2 National Food Research Institute, NARO

Journal of Food Engineering, 112 (4), 268-273 (2012)

Mechanical and acoustic evaluation of potato chip crispness using a versatile texture analyzer

Mitsuru TANIWAKI, Kaoru KOHYAMA

National Food Research Institute, NARO

ポテトチップスのクリスプネスの差異を、広く用いられている一軸圧縮装置により評価した。試料を等速で変形させ、破壊する時の、音響及び力学的イベントを同時に測定した。ポテトチップスのクリスプネスは、試料が全体的に破壊される時に検出されると仮定し、大きな破壊点近傍の力学及び音響的特性に注目した。破壊点における荷重の降下及び音圧の大きさ間には有意な相関があった。最大破壊点の荷重降下の大きさは、試料間で有意に異なったものの、ポテトチップスの知覚されるクリスプネスとは完全には一致しなかった。

汎用型テクスチャーアナライザーを用いたポテトチップスのクリスプネスの力学及び音響特性評価

谷脇 満, 神山かおる

(独) 農研機構食品総合研究所

Journal of the Acoustical Society of America, 132 (4), 2478-2482 (2012)

Fast Fourier transform analysis of sounds made while swallowing various foods

Mitsuru TANIWAKI, Kaoru KOHYAMA

National Food Research Institute, NARO

特徴ある物性をもつ食品、すなわち、液体である水、半液体であるヨーグルト、固体であるコンニャク入りゼリー、を嚥下するときに発生する音を分析するため頸部聴診法を用いた。食品によって異なる嚥下音の差異を研究するため、高速フーリエ変換(FFT)分析を適用し、嚥下することができる軟らかい塊である食塊の流れに基づくシグナルを分析した。嚥下音の生じる時間を解析できるFFTプログラムを作成した。周波数が400から1000 Hzの領域のスペクトル強度は有意に異なっており、液体>半液体>固体であった。この領域のFFTスペクトルは、食品の嚥下音の周波数特性を示すと考えられた。

異なる食品を嚥下する時に生じる音の高速フーリエ変換分析

谷脇 満, 神山かおる

(独) 農研機構食品総合研究所

## Classification of Japanese texture terms

Fumiyo Hayakawa\*<sup>1</sup>, Yukari Kazami\*<sup>1</sup>, Katsuyoshi Nishinari\*<sup>2</sup>, Kana Ioku\*<sup>3</sup>,  
Sayuri Akuzawa\*<sup>4</sup>, Yoshimasa Yamano\*<sup>5</sup>, Yasumasa Baba\*<sup>6</sup> and Kaoru Kohyama\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Osaka City University

\*<sup>3</sup> Osaka Kyoiku University

\*<sup>4</sup> Tokyo University of Agriculture

\*<sup>5</sup> Institute of OISHISA Science

\*<sup>6</sup> The Institute of Statistical Mathematics

日本語テクスチャー用語445語を分類した。まず、漢字は異なるが意味が類似した用語や擬音語・擬態語で同じ音から派生した用語は1つの用語群とし、271語群とした。この271語群を、8人のテクスチャーの専門家がISO11036で示されているテクスチャー3特性（力学的特性、幾何学的特性、その他の特性）にあてはめた。次に、96人のテクスチャー研究者は、各特性内で用語群を一対で比較し、類似性を評価した。データに多次元尺度法とクラスター分析を適用して、用語を分類した。本研究で得られた分類は他言語におけるテクスチャー用語の分類といくつかの共通点が見られた。一方で、粘りや弾力の表現が多いといった日本語独自の特徴も示された。

## 日本語テクスチャー用語の分類

早川 文代\*<sup>1</sup>, 風見由香利\*<sup>1</sup>, 西成 勝好\*<sup>2</sup>, 井奥 加奈\*<sup>3</sup>, 阿久澤さゆり\*<sup>4</sup>, 山野 善正\*<sup>5</sup>, 馬場 康維\*<sup>6</sup>, 神山かおる\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 大阪市立大学

\*<sup>3</sup> 大阪教育大学

\*<sup>4</sup> 東京農業大学

\*<sup>5</sup> おいしさの科学研究所

\*<sup>6</sup> 統計数理研究所

## Mechanical properties of softened foodstuffs processed by freeze-thaw infusion of macerating enzyme

Sayaka NAKATSU\*<sup>1</sup>, Kaoru KOHYAMA\*<sup>2</sup>, Yayoi WATANABE\*<sup>1</sup>, Kenya SHIBATA\*<sup>1</sup>, Koji SAKAMOTO\*<sup>1</sup>, Mitsuya SHIMODA\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Food Technology Research Center, Hiroshima Prefectural Technology Research Institute

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>3</sup> Department of Bioscience and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Kyushu University

介護食の評価のために軟らかい食材の力学的性質を分析した。軟らかい食材は、凍結含浸（FI）法により軟化酵素を高速で含浸させて調製した。FI法は食材の元の形状を保ちながら軟らかくすることができる。本研究では、5種の食材（タケノコ、ゴボウ、レンコン、タラ、シイタケ）を用いた。硬さ、付着性、凝集性はテクスチャー解析法（TPA）で分析した。硬さは処理前に比べて1/10以下に低下した。付着性はタラがシイタケの70倍以上高値であった。繊維質のテクスチャーを1mm目開きのナイロン製メッシュ上の残渣量によって評価したところ、レンコンは固形乾物量に対して $1.26 \times 10^{-2}$  g/gと高く、タケノコは検出できないほど低かった。本法は軟らかい食品の食べやすさを判定するための情報を提供するものである。

## 酵素凍結含浸法により加工した軟らかい食材の力学的性質

中津沙弥香\*<sup>1</sup>, 神山かおる\*<sup>2</sup>, 渡邊 弥生\*<sup>1</sup>, 柴田 賢哉\*<sup>1</sup>, 坂本 宏司\*<sup>1</sup>, 下田 満哉\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> 広島県立総合技術研究所食品工業技術センター

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>3</sup> 九州大学農学研究院生命機能科学部門

日本食品科学工学会誌, 59 (12), 604-610 (2012)

力学的特性の異なる食品の嚥下時舌運動の超音波画像解析

高 智紅\*<sup>1</sup>, 谷脇 満\*<sup>1</sup>, 島田 宏美\*<sup>1</sup>, 石原 清香\*<sup>2</sup>, 船見 孝博\*<sup>2</sup>, 神山かおる\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所  
\*<sup>2</sup> 三栄源エフ・エフ・アイ株式会社

本研究は食品の力学的特性が、嚥下開始時の舌運動に及ぼす影響を明らかにすることを目的として行った。プローブを被験者の下顎部に当てて、液体から固体までの力学的特性の異なる食品の3mlを成人健常者5名が自由な摂食方法で嚥下する時の超音波画像計測を行い、前額断Mモード画像により顎の皮膚表面から舌背までの距離の時間に対する変化をリアルタイムで記録し、以下の結果を得た。1) 食品間の陥凹深度の差は有意に認められた。陥凹深度はゾルが最大で、水が最小であった。2) 力学的性質の陥凹消失速度への影響は有意であった。ゾル嚥下時の陥凹消失速度は一番大きかった。3) 全ての試料において、陥凹消失速度は形成速度より大きかった。以上の結果は、食品の力学的特性により、嚥下開始時の舌の動きが多様に変化することを示唆した。

Effects of mechanical properties of food on tongue movement at the initiation of swallowing measured by ultrasound imaging

Zhihong GAO\*<sup>1</sup>, Mitsuru TANIWAKI\*<sup>1</sup>, Hiromi SHIMADA\*<sup>1</sup>, Sayaka ISHIHARA\*<sup>2</sup>, Takahiro FUNAMI\*<sup>2</sup>, Kaoru KOHYAMA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO  
\*<sup>2</sup> San-Ei Gen F.F.I., inc.

Journal of Texture Studies, 44 (2), 104-114 (2013)

Compression test of food gels on artificial tongue and its comparison with human test

Sayaka ISHIHARA\*<sup>1</sup>, Satomi NAKAO\*<sup>1</sup>, Makoto NAKAUMA\*<sup>1</sup>, Takahiro FUNAMI\*<sup>1</sup>, Kazuhiro HORI\*<sup>2</sup>,  
Takahiro ONO\*<sup>3</sup>, Kaoru KOHYAMA\*<sup>4</sup>, Katsuyoshi NISHINARI\*<sup>4</sup>

\*<sup>1</sup> San-Ei Gen F. F. I., inc.  
\*<sup>2</sup> Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences  
\*<sup>3</sup> Osaka University Graduate School of Dentistry  
\*<sup>4</sup> National Food Research Institute, NARO  
\*<sup>5</sup> Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

一般的な一軸圧縮機器に人工舌を組み込み、ヒトの舌と硬口蓋との間での圧縮を模擬する食品テクスチャーの評価系を創出した。3種類の異なる弾性をもつシリコーンゴム製の人工舌の上で、寒天ゲルの変形挙動を機器の変形しない圧縮版による圧縮中に観察した。この結果をヒトの官能評価によるゲルの大きさを小さくする口腔の手段と比較した。人工舌よりも寒天ゲルの歪みが大きい場合は圧縮中にゲルが破断したが、歪みが同等または小さい場合には破断しなかった。人工舌の見かけの弾性率が約5.5×104 Paの時、ゲルの破壊挙動はヒトの試験とよく一致した。この結果は、ヒトの食品の大きさを小さくする手段が、口腔内で小さく圧縮された時、舌に対するゲル試料の相対的歪みを検出することによって決められていることを示唆している。

人工舌に乗せた食品ゲルの圧縮試験とヒト試験との比較

石原 清香\*<sup>1</sup>, 中尾 理美\*<sup>1</sup>, 中馬 誠\*<sup>1</sup>, 船見 孝博\*<sup>1</sup>, 堀 一浩\*<sup>2</sup>,  
小野 高裕\*<sup>3</sup>, 神山かおる\*<sup>4</sup>, 西成 勝好\*<sup>5</sup>

\*<sup>1</sup> 三栄源エフ・エフ・アイ株式会社  
\*<sup>2</sup> 新潟大学大学院医歯学総合研究科  
\*<sup>3</sup> 大阪大学大学院歯学研究科  
\*<sup>4</sup> (独) 農研機構食品総合研究所  
\*<sup>5</sup> 大阪市立大学大学院生活科学研究科

Cereal Chemistry, 90 (2), 101-106 (2013)

## Characterization of waxy rice cakes (Mochi) with rapid hardening quality by instrumental and sensory methods

Tomoko SASAKI\*<sup>1</sup>, Fumiyo HAYAKAWA\*<sup>1</sup>, Yasuhiro SUZUKI\*<sup>2</sup>, Keitaro SUZUKI\*<sup>2</sup>, Kazuyuki OKAMOTO\*<sup>3</sup> and Kaoru KOHYAMA\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>2</sup> Institute of Crop Science, NARO\*<sup>3</sup> Ibaraki Agricultural Center, Plant Biotechnology Institute

高速餅硬化性の特徴をもつ糯米2品種と比較試料としてこがねもち、はくちょうもちの計4種類の糯米から調製した餅の加熱調理後のテクスチャーを機器測定および官能評価によって測定した。高速餅硬化性を示す2品種の糯米から調製した餅は、他の2品種よりも圧縮応力値が有意に高く、引っ張り試験における破断荷重値が高い傾向を示した。官能評価によってもこれらの品種はかたさ、伸びにくさ、表面の滑らかさの項目で、比較試料の評価値との間に有意差が認められた。一方、アミロペクチンの側鎖長分布を比較すると、高速餅硬化性の特徴をもつ糯米澱粉は、短鎖画分の比率が有意に小さかったことから、アミロペクチンの化学構造が加熱調理後の餅のテクスチャーの違いに顕著な影響を及ぼしていることが明らかになった。

## 高速餅硬化性を示す餅の機器測定および官能評価による特性

佐々木朋子\*<sup>1</sup>, 早川 文代\*<sup>1</sup>, 鈴木 保宏\*<sup>2</sup>, 鈴木啓太郎\*<sup>2</sup>, 岡本 和之\*<sup>3</sup>, 神山かおる\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>2</sup> (独) 農研機構作物研究所\*<sup>3</sup> 茨城県農業総合センター生物工学研究所

Carbohydrate Polymers, 92 (2), 2306-2313 (2013)

## Characterization of arenga starch in comparison with sago starch

Dede R. ADAWIYAH\*<sup>1, 2</sup>, Tomoko SASAKI\*<sup>1</sup>, Kaoru KOHYAMA\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>2</sup> Department of Food Science and Technology, Bogor Agricultural University, Indonesia

サトウヤシ (Arenga pinnata) から採れる澱粉はサゴ澱粉として売られることもあるが、この物理的特性をサゴヤシ (Metroxylon sago) 澱粉と比較して調べた。アミロース含量は有意には異ならならず、糊化ピーク温度も約67度とほとんど同じだったが、サトウヤシ澱粉はサゴヤシ澱粉よりも狭い範囲で糊化した。結晶性と膨潤力はサゴヤシよりもサトウヤシ澱粉の方が低かった。低濃度の澱粉ペーストは必ず流動化を示し、サゴヤシ澱粉がサトウヤシ澱粉よりもより粘性の高いゾルを形成した。最低ゲル化濃度はサトウヤシ澱粉よりサゴヤシ澱粉の方が低く、高濃度になるとサゴヤシ澱粉よりもサトウヤシ澱粉はより硬いゲルを形成した。澱粉ゲルの破壊特性やテクスチャー特性も両者で明らかに異なり、異なる用途に適していた。

## サトウヤシ澱粉の特性のサゴヤシ澱粉との比較

デデ・R・アダウィヤ\*<sup>1, 2</sup>, 佐々木朋子\*<sup>1</sup>, 神山かおる\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>2</sup> インドネシアボゴール農業大学食品科学技術学部

Journal of Texture Studies, 44 (3), 169-175 (2013)

## Acoustic analysis of the swallowing sounds of food with different physical properties using the cervical auscultation method

Mitsuru TANIWAKI\*<sup>1</sup>, Zhihong GAO\*<sup>1</sup>, Katsuyoshi NISHINARI\*<sup>2</sup>, Kaoru KOHYAMA\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>2</sup> Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

頸部聴診法が水、ヨーグルト、コンニャク入りゼリーという異なる物性をもつ食品を嚥下するときに発生する音の分析に応用された。ヨーグルトとコンニャク入りゼリーの動的粘弾性、粘性、圧縮及び貫入力を測定した。ヨーグルトは舌で嚥下時に壊されるが、コンニャク入りゼリーは壊れなかった。咽頭部を通る食塊による嚥下音の長さには有意差が認められた。水嚥下音の振幅の二乗平均平方根は、他の2食品よりも有意に大きかった。食塊の流れの前後の音、また嚥下音全体の時間には有意の食品差が認められなかった。分散しやすい不均質な食塊の流れは、嚥下音の長さに影響することがわかった。

## 頸部聴診法による異なる食品物性をもつ食品の嚥下音の音響解析

谷脇 満\*<sup>1</sup>, 高 智紅\*<sup>1</sup>, 西成 勝好\*<sup>2</sup>, 神山かおる\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>2</sup> 大阪市立大学大学院生活科学研究科

食品総合研究所報告, 77, 79-87 (2013)

力学特性が異なる食品咀嚼中の筋電図と筋音図の比較

神山かおる, 高 智紅

(独) 農研機構食品総合研究所

被験者の負担が少ない咀嚼計測法として汎用されている筋電位と応用例のない筋音を比較した。摂食様式が異なる、低粘性の液体、高粘性の液体、軟らかいゲル、歯で噛まれる2種類のゲルという力学的特性が広範囲な食品を用いて、筋電図と筋音図を同時測定し、試料の力学的特性が及ぼす影響について検討した。健康な成人被験者が食品6gを自然に摂食する時に、代表的な咀嚼筋である咬筋の筋電位と筋音、舌骨上筋群からの筋電位を同時に収録した。一回噛む毎に、閉口に伴う咬筋の筋電位と、開口に伴う舌骨上筋群の筋電位が交互に出現し、咬筋の収縮前後に筋音が発生した。どちらの方法でも咀嚼回数や咀嚼時間、咀嚼周期等の咀嚼運動情報が得られた。一方、強い咀嚼力が必要な硬い食品で筋電位振幅が増加したが、筋音振幅は咀嚼力には対応していなかった。以上のことから、咀嚼運動の分析には筋電図、筋音図とも使用できるが、食品テクスチャー研究には筋電図の方が優れていることが示唆された。

Electromyography and mechanomyography during oral processing of food with different texture

Kaoru KOHYAMA, Zhihong GAO

National Food Research Institute, NARO

食品総合研究所報告, 77, 1-11 (2013)

イチゴ果実の貯蔵中の品質を示す簡易な力学指標

神山かおる, 増田 知尋, 島田 宏美, 田中 敏江, 和田 有史

(独) 農研機構食品総合研究所

イチゴの貯蔵中の品質を示す圧縮試験で求められる簡単な力学指標を提案する。力学変数に対する5℃における異なる貯蔵条件の効果を試験した。イチゴの貯蔵条件としては、袋なしのコントロール、ポリエチレン袋内に入れたもの、ポリエチレン袋内にアリルイソチアシアネート (AIT) を蒸散させる製剤入りの系を比較した。気化したAITは微生物の成長を抑制することが知られているからである。一般に果実硬度として用いられる破壊荷重は、有意差が認められなかったが、貯蔵時間が長くなると破壊歪の増加、見かけの弾性率の減少が認められた。イチゴ果実の劣化に対して感度が高く、非破壊試験の可能性がある小さい歪領域で計算されることから、見かけの弾性率はよい指標であることが示された。

A simple mechanical index of storage quality of strawberry fruits

Kaoru KOHYAMA, Tomohiro MASUDA, Hiromi SHIMADA, Toshie TANAKA, Yuji WADA

National Food Research Institute, NARO

Food Chemistry, 134 (1), 359-365 (2012)

Identification of 2-alkylcyclobutanones in nutmeg (*Myristica fragrans*)

Susu Chen<sup>\*1</sup>, Tomoaki Tsutsumi<sup>\*2</sup>, Satoshi Takatsuki<sup>\*2</sup>, Rieko Matsuda<sup>\*2</sup>, Hiromi Kameya<sup>\*1</sup>, Mitsutoshi Nakajima<sup>\*3</sup>, Masakazu Furuta<sup>\*4</sup>, Setsuko Todoriki<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> National Food Research Institute, NARO

<sup>\*2</sup> National Institute of Health Sciences

<sup>\*3</sup> University of Tsukuba

<sup>\*4</sup> Osaka Prefecture University

2-DCBsが天然のナツメグ (*Myristica fragrans*) の中に存在するとの報告がある。この研究では、2-DCBおよび2-dDCBが超臨界抽出法 (SFE) を使用して、5つの異なる起源のナツメグから抽出された。50-kGyを照射したサンプルはSFEと固相抽出のパラメーターを最適化するために使用し、照射済みサンプルは、ガスクロマトグラフ質量分析計によって分析し、非照射サンプルは、高解像度ガスクロマトグラフ質量分析計で分析した。2-DCB、2-dDCBとも5以上kGyで照射されたサンプルにて識別された。さらに、2-DCBおよび2-dDCBは30週間後、照射済ナツメグで識別された。

ナツメグ (*Myristica fragrans*) 中の2-alkylcyclobutanonesの識別

陳 蘇蘇<sup>\*1</sup>, 堤 智昭<sup>\*2</sup>, 高附 巧<sup>\*2</sup>, 松田りえ子<sup>\*2</sup>, 亀谷 宏美<sup>\*1</sup>,  
中嶋 光敏<sup>\*3</sup>, 古田 雅一<sup>\*4</sup>, 等々力節子<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

<sup>\*2</sup> 国立医薬品食品衛生研究所

<sup>\*3</sup> 筑波大学

<sup>\*4</sup> 大阪府立大学

食品照射 47 (1), 19-28 (2012)

## カシューナッツ中の2-アルキルシクロブタノン類の同定

陳 蘇蘇\*1, 堤 智昭\*2, 高附 巧\*2, 松田りえ子\*2, 亀谷 宏美\*1, 齊藤希巴江\*1,  
古田 雅一\*3, 等々力節子\*1\*1 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*2 国立医薬品食品衛生研究所  
\*3 大阪府立大学放射線研究センター

近年、天然のカシューナッツ中の2-アルキルシクロブタノン類の存在が報告されている。本研究では超臨界流体抽出により、市販カシューナッツ試料から2-アルキルシクロブタノン類を抽出し、高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計により検出を行ったが、非照射試料から2-アルキルシクロブタノン類を検出することはできなかった。一方、1 kGy以上の照射試料では、2-ドデシルシクロブタノン、2-テトラデシルシクロブタノン、2-テトラデシルシクロブタノンが検出された。照射による線量1kGyあたりの2-ACBの生成効率、nmole/mole 親脂肪酸/kGyは、2-dDCB ;1.3, 2-tDCB ;1.3および2-tDeCB ;1.7であった。

Identification of 2-Alkylcyclobutanones in Cashew Nut (*Anacardium Occidentale*)Chen Susu\*1, Tsutsumi Tomoaki\*2, Takatsuki Satoshi\*2, Matsuda Rieko\*2, Kameya Hiromi\*1, Saito Kimie\*1,  
Furuta Masakazu\*3, Todoriki Setsuko\*1\*1 National Food Research Institute, NARO  
\*2 National Institute of Health Sciences  
\*3 Osaka Prefecture University

Biosci. Biotechnol. Biochem. 76 (5), 900-905 (2012)

Effect of  $\gamma$  Irradiation on the Fatty Acid Composition of Soybean and Soybean Oil

Ikuko Minami\*1, Yoshimasa Nakamura\*1, Setsuko Todoriki\*2, Yoshiyuki Mmurata\*1

\*1 Okayama University  
\*2 National Food Research Institute, NARO

食品照射はシェルフライフを拡張し、かつ食物の腐敗を低減する食品加工技術である。大量の不飽和脂肪酸を含んでいる大豆および大豆油の脂肪酸組成、脂質過酸化反応レベルおよび反酸化における $\gamma$ 線照射の影響を検討した。好気性あるいは嫌気性のいずれも10 kGyの照射では大豆油の脂肪酸組成に著しく影響しなかった一方、40 kGyの照射では好気性にて大豆油の脂肪酸組成が変化し、トランス脂肪酸が検出された。大豆の脂肪酸組成は10 kGyの照射によって著しく影響を受けず、高線量の $\gamma$ 線照射で生じる大豆油の劣化に比べて小さかった。

大豆と大豆油の脂肪酸組成に対する $\gamma$ 線照射の影響

南 育子\*1, 中村 佳正\*1, 等々力節子\*2, 村田 芳行\*1

\*1 岡山大学  
\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

Apoptosis 17 (6), 636-6458 (2012)

Molecular mechanisms of apoptosis induction by 2-dodecylcyclobutanone, a radiolytic product of palmitic acid, in human lymphoma U937 cells

Da-Yong Yu\*<sup>1</sup>, Qing-Li Zhao\*<sup>1</sup>, Masakazu Furuta\*<sup>2</sup>, Setsuko Todoriki\*<sup>3</sup>, Keisuke Izumi\*<sup>4</sup>, Kohji Yamakage\*<sup>5</sup>,  
Kozo Matsumoto\*<sup>6</sup>, Takaharu Nomura\*<sup>7</sup>, Takashi Kondo\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> University of Toyama

\*<sup>2</sup> Osaka Prefecture University

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>4</sup> University of Tokushima

\*<sup>5</sup> Food and Drug Safety Center

\*<sup>6</sup> Kyoto Sangyo University

\*<sup>7</sup> Central Research Institute of Electric Power Industry

パルミチン酸 (PA) 由来の脂肪を含む2-ドデシルシクロブタノン (2-DCB) に関して、2-DCBおよびPAが人間のリンパ腫 U937 セルのアポトーシスを引き起こすかどうかを調査した。細胞の生存率は2-DCBによって減少し、2-DCBおよびPAによってアポトーシスは引き起こされた。細胞内のROS生成、Fas ミトコンドリアカスパーゼ依存の調整等は、U937セルの2-DCBおよびPAによって引き起こされることを示した。

パルミチン酸の放射線分解物、2-ドデシルシクロブタノンによる人リンパ腫細胞のアポトーシス誘導の分子のメカニズム

Da-Yong Yu\*<sup>1</sup>, Qing-Li Zhao\*<sup>1</sup>, 古田 雅一\*<sup>2</sup>, 等々力節子\*<sup>3</sup>, 泉 啓介\*<sup>4</sup>, 山影 康次\*<sup>5</sup>,  
松本 耕三\*<sup>6</sup>, 野村 崇治\*<sup>7</sup>, 近藤 隆\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 富山大学

\*<sup>2</sup> 大阪府立大学

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>4</sup> 徳島大学

\*<sup>5</sup> 食品薬品安全センター

\*<sup>6</sup> 京都産業大学

\*<sup>7</sup> 電力中央研究所

日本食品科学工学会誌 60 (1), 25-29 (2013)

麦原料から麦茶浸出液への放射性セシウムの移行率

等々力節子\*<sup>1</sup>, 亀谷 宏美\*<sup>1</sup>, 内藤 成弘\*<sup>1</sup>, 木村哲太郎\*<sup>1</sup>, 根井 大介\*<sup>1</sup>, 萩原 昌司\*<sup>1</sup>,  
柿原 芳輝\*<sup>2</sup>, 美濃部彩子\*<sup>3</sup>, 篠田 友希\*<sup>3</sup>, 水野 亮子\*<sup>3</sup>, 松倉 潮\*<sup>1</sup>, 川本 伸一\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (財) 日本穀物検定協会

\*<sup>3</sup> アサヒ飲料株式会社

食品中放射性セシウムの一般食品の新基準である100 Bq/kg 程度の大麦玄麦を焙煎し、標準的な方法で調製した麦茶について放射性セシウムの浸出割合を検討した。焙煎茶から浸出液への放射性セシウムの移行は、浸出時間120分で38%程度であった。浸出液は焙煎麦に対し約30倍量の水で希釈され、さらに移行率も50%を超えないため、麦茶の放射性セシウム濃度は、1.83 Bq/kg 程度であり、100 Bq/kg 程度 (138 Bq/kg) の玄麦を原料として使っても、飲料の基準の10 Bq/kg を大きく下回ることが予想される。

Investigation of extraction rate of radioactive cesium from barley to barley Tea

Setsuko Todoriki\*<sup>1</sup>, Hiromi Kameya\*<sup>1</sup>, Shigehiro Naito\*<sup>1</sup>, Keitaro Kimura\*<sup>1</sup>, Daisuke Nei\*<sup>1</sup>, Shoji Hagiwara\*<sup>1</sup>,  
Yoshiteru Kakahara\*<sup>2</sup>, Ayaka Minobe\*<sup>3</sup>, Yuki Shinoda\*<sup>3</sup>, Ryoko Mizuno\*<sup>3</sup>, Ushio Matsukura\*<sup>1</sup>, Shinichi Kawamoto\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Japan Grain Inspection Association

\*<sup>3</sup> Asahi Soft Drinks Co.Ltd.

## 中華麺の調理工程における放射性セシウムの動態解析

戸 真弓\*1, 内藤 成弘\*1, 佐々木朋子\*1, 明石 肇\*2, 等々力節子\*1, 松倉 潮\*1,  
川本 伸一\*1, 濱松 潮香\*1

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*2 株式会社日清製粉グループ本社

中華麺の調理工程での放射性セシウム動態に及ぼすかん水添加効果を, 本来のかん水添加中華麺 (かん水中華麺) とかん水の代わりに食塩を添加して調製した麺 (食塩中華麺) を用いて比較検討した。

(1) 麺から茹で液への放射性セシウムの移行率はかん水中華麺 (47%) が食塩中華麺 (67%) より有意に低く ( $p < 0.01$ ), かん水の使用が中華麺から茹で液への放射性セシウムの移行を抑制することが示された。

(2) かん水中華麺と食塩中華麺の変形率20, 50, 80, 95%の圧縮荷重値は, 生麺では20と95%において, 茹で麺では50, 80, 95%において, 前者が後者よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に高く, かん水中華麺がより硬い傾向にあることがわかった。以上のことから, 中華麺に含まれる放射性セシウムは調理工程によって低減されることが明らかとなるとともに, かん水の使用は麺の物性を硬くする方向へ変化させ, 茹で麺から茹で液への移行を抑制したものと考えられた。

## Effect of brine powder on dynamics of radioactive cesium in Chinese noodles during cooking

Mayumi Hachinohe\*1, Shigehiro Naito\*1, Tomoko Sasaki\*1, Hajime Akashi\*2, Setsuko Todoriki\*1, Ushio Matsukura\*1,  
Shinichi Kawamoto\*1, Shioka Hamamatsu\*1

\*1 National Food Research Institute, NARO  
\*2 NISSHIN SEIFUN GROUP INC.

## Electron-spin relaxation phenomena in irradiated saccharides detected by pulsed electron paramagnetic resonance spectroscopy

Kikuchi Masahiro\*1, Kameya Hiromi\*1, Shimoyama Yuhei\*1, Ukai Mitsuko\*2, \*3, Kobayashi Yasuhiko\*1

\*1 Japan Atomic Energy Agency  
\*2 National Food Research Institute, NARO  
\*3 Hokkaido University of Education

本研究ではX-バンドEPR分光法を用いて線照射された糖類におけるラジカル緩和時間を測定した。パルスEPR装置を用いて1 kGyから100 kGy照射した果糖の磁場掃引信号を測定すると, 線量によって3から4個のピークが得られた。一方, 非照射検体ではパルスエコー信号が観測できなかった。それぞれの照射検体からのサイドピークの緩和時間 (と) は, メインピークで測定された緩和時間より長かった。このことはサイドピークを示すラジカルが周辺環境と相互作用が少ないことを示している。数種の照射糖類の緩和時間測定から, 緩和時間は線量増加につれて減少するが, 緩和時間は照射に影響されないと考えられた。CW-EPRではメインピークに比べてサイドピークが小さいが, パルスEPRで測定すると, 1 kGyの試料でもサイドピークは明確に測定され, 100 kGyではメインピークと同じ程度の信号強度として測定された。このことは, 線照射によって誘起されたラジカルペアが極近傍に優先的に残存していることを示唆しており, ラジカル生成過程と関係があると考えられる。

## パルス電子常磁性共鳴分光法による照射糖類の電子スピン緩和現象の検出

菊地 正博\*1, 亀谷 宏美\*2, 下山 雄平\*1, 鷗飼 光子\*2, \*3, 小林 泰彦\*1

\*1 (独) 日本原子力研究開発機構  
\*2 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*3 北海道教育大学

日本調理科学会誌, 45, 35-39 (2012)

澱粉-モノアシルジグリセロール系における加熱生成ラジカルの解析

伊藤 友美\*1, 亀谷 宏美\*2, 鶴飼 光子\*1,\*2

\*1 北海道教育大学

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

モノアシルジグリセロール2種 (ジグリセリンモノオレエート (DO), ジグリセリンモノステアレート (DS)) 中に小麦澱粉を加えて加熱処理し, 電子スピン共鳴 (ESR) により分析した. 加熱はオープンエア条件の下, 150℃で0.5時間, 200℃で0.5時間, 200℃で1.0時間の処理をした. 試料のESRスペクトルは $g=2.005$ の1本線信号で構成され, 非常に強い異方性が確認された. 200℃1.0時間加熱した試料では, 加熱のみの試料に比べてラジカル量が減少し, 加熱処理することによりモノアシルジグリセロールにはラジカル生成抑制効果があることが示唆された.

Radical Production by Heat Treating Starch-Monoacyldiglycerol Systems

Tomomi Ito\*1, Hiromi Kameya\*2, Mitsuko Ukai\*1,\*2

\*1 Hokkaido University of Education

\*2 National Food Research Institute, NARO

Radiation Physics and Chemistry, 84, 232-234 (2013)

An ESR study of radiation induced radicals in glucose polymers

Hiromi Kameya\*1, Mitsuko Ukai\*1,\*2, Yuhei Shimoyama\*3

\*1 National Food Research Institute, NARO

\*2 Hokkaido University of Education

\*3 Japan AtomicEnergyAgency

ESRを使用して, 実測データと理論解析からセルロースとデンプンのグルコールポリマーの照射処理により新規に誘導されるラジカルの解析を行った. 照射前のスペクトルでは両方のグルコースポリマーで信号は観測されなかったが, ガンマ線照射処理により $g=2.0$ に一本線信号が観測された. さらに, セルロースのESRスペクトルでは $g=2.0$ の1本線信号に対称の位置に一对のサイド信号が観測された. サイド信号はデンプンでは観測されなかった. この結果から, 照射により誘導されたサイド信号は照射セルロース由来の信号であると結論した. 理論シミュレーションから, サイド信号は2つの不対なプロトンの超微細相互作用に由来するトリプレット信号であることが示された. セルロースラジカルはrigid limitもしくは静止状態ではなく, C-C結合とC-H結合の軸回転の分子運動をしていると結論した.

ESR法によるグルコースポリマー中の照射誘導ラジカルの研究

亀谷 宏美\*1, 鶴飼 光子\*1,\*2, 下山 雄平\*3

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 北海道教育大学

\*3 (独) 日本原子力研究開発機構

## Multiple free-radical scavenging capacity in serum

Shigeru Oowada\*<sup>1</sup>, Nobuyuki Endo\*<sup>2</sup>, Hiromi Kameya\*<sup>3</sup>, Masashi Shimmei\*<sup>4</sup>, Yashige Kotake\*<sup>5</sup>\*<sup>1</sup> Asao Clinic\*<sup>2</sup> The Wakasa Wan Energy Research Center\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>4</sup> Radical Research Inc.\*<sup>5</sup> Oklahoma Medical Research Foundation

複数のフリーラジカル（ヒドロキシルラジカル，スーパーオキシドラジカル，アルコキシルラジカル，アルキルペルオキシラジカル，メチルラジカル，一重項酸素）に対して抗酸化能力を決定する方法を開発した。この方法は、慢性腎臓病患者のコホートに適用した。それぞれのフリーラジカル種は共通の実験手順（ラジカル発生剤へのUV照射）で生成した。血清の抗酸化能を電子スピン共鳴スピントラップ法で定量した。腎臓病患者（N=45）の結果を健康な対照群（n=30）と比較した結果、疾患群において明らかに特徴的な変化があることをレーダーチャートを用いて証明した。病状による抗酸化能変化の原因は完全には解明されていないが、この結果は有用な診断ツールとなる可能性がある。

## 血清中のフリーラジカル抗酸化能マルチ評価法

大和田 茂\*<sup>1</sup>, 遠藤 伸之\*<sup>2</sup>, 亀谷 宏美\*<sup>3</sup>, 真明 正志\*<sup>4</sup>, 古武 弥生\*<sup>5</sup>\*<sup>1</sup> あさおクリニック\*<sup>2</sup> 若狭湾エネルギー研究所\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>4</sup> ラジカルリサーチ\*<sup>5</sup> オクラホマ医薬研究財団

## Pulse-ESRとCW-ESRによる照射黒コショウ中のラジカルの緩和時間解析

亀谷 宏美\*<sup>1</sup>, 菊地 正博\*<sup>2</sup>, 等々力節子\*<sup>1</sup>, 古田 雅一\*<sup>3</sup>, 小林 泰彦\*<sup>2</sup>, 原 英之\*<sup>4</sup>,  
下山 雄平\*<sup>2</sup>, 鶴飼 光子\*<sup>1, 5</sup>\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>2</sup> (独) 日本原子力研究開発機構\*<sup>3</sup> 大阪府立大学\*<sup>4</sup> プルカー・バイオスピン株式会社\*<sup>5</sup> 北海道教育大学

Pulse-ESRとCW-ESRによる照射黒コショウ中のラジカルの計測を試みた。Pulse-ESRとCW-ESRから得られた緩和時間（T1, T2）の比較を行った。pulse-ESRの実測値, CW-ESRによる計算値ともに, T1, T2を求めることができた。緩和時間はT1の値は照射処理による変化が少なかった。T2の値は, 照射によって増大した。Pulse-ESR実測値とCW-ESR計算値（T1, T2）は同様の傾向を示すことがわかった。

## Analysis of relaxation times of radicals in irradiated black pepper using pulse-ESR and CW-ESR

Hiromi Kameya\*<sup>1</sup>, Masahiro Kikuchi\*<sup>2</sup>, Setsuko Todoriki\*<sup>1</sup>, Masakazu Furuta\*<sup>3</sup>, Yasuhiko Kobayashi\*<sup>2</sup>, Hideyuki Hara\*<sup>4</sup>,  
Yuhei Shimoyama\*<sup>2</sup>, Mitsuko Ukai\*<sup>1, 5</sup>\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>2</sup> Japan Atomic Energy Agency\*<sup>3</sup> Osaka Prefecture University\*<sup>4</sup> Bruker BIOSPIN\*<sup>5</sup> Hokkaido University of Education

Environmental Toxicology and Pharmacology, 34 (3), 1014-1017 (2012)

Opposite effects of two trichothecene mycotoxins, deoxynivalenol and nivalenol, on the levels of macrophage inflammatory protein (MIP)-1alpha and MIP-1beta in HL60 cells

Hitoshi NAGASHIMA, Hiroyuki NAKAGAWA, Masayo KUSHIRO

National Food Research Institute, NARO

トリコテセン系カビ毒であるデオキシニバレノール (DON) とニバレノール (NIV) の毒性発現メカニズムを解明するため、両毒素がヒト前骨髄球性白血病細胞HL60におけるケモカインの分泌に与える影響を調べた。調べたのは抗造血作用を持つマクロファージ炎症タンパク質 (MIP) -1alphaとMIP-1betaである。DONの24時間暴露では、両ケモカインの分泌が顕著に誘導されていた。このことは、トリコテセン系カビ毒暴露で引き起こされる白血球減少症に、これらの抗造血性ケモカインの分泌誘導が関与している可能性を示している。これに対し、NIVの24時間処理は両ケモカインの分泌を減少させた。我々の発見は、DONとNIVは両ケモカインの分泌に対して正反対の影響を与えることを示しており、このことは両毒素の毒性発現メカニズムが明確に異なることを示している。

2種類のトリコテセン系カビ毒のデオキシニバレノールとニバレノールはHL60細胞におけるマクロファージ炎症タンパク質 (MIP) -1alphaとMIP-1betaの分泌量に正反対の影響を与える

長嶋 等, 中川 博之, 久城 真代

(独) 農研機構食品総合研究所

Mycotoxins, 62 (2), 77-82 (2012)

Distribution of nivalenol in milling fractions of severely Fusarium-infected Japanese soft winter wheat grains

Sharif Md. HOSSSEN\*<sup>1</sup>, Megumi YOSHIDA\*<sup>2</sup>, Hiroyuki NAKAGAWA\*<sup>1</sup>, Hitoshi NAGASHIMA\*<sup>1</sup>, Hiroshi OKADOME\*<sup>1</sup>, Takashi NAKAJIMA\*<sup>2, \*3</sup>, Masayo KUSHIRO\*<sup>1, \*3</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, NARO

\*<sup>3</sup> Headquarters, NARO

国産秋まき小麦の製粉過程におけるフザリウム属マイコトキシン・ニバレノールの動態を解析した。ニバレノール濃度が異なる2種類の小麦子実を用いてそれぞれ試験製粉を行い、6つの粉画分 (ブレイキ粉: 1B, 2B, 3B, ミドリングス粉: 1M, 2M, 3M) と2つの外皮画分 (大フスマと小フスマ) を得た。また可食部となる上質粉は1B, 1M, 2Bおよび2Mより、また末粉は3Bおよび3Mより作製した。上記4種類の試料 (上質粉, 末粉, 大フスマおよび小フスマ) についてHPLC-UV法によりニバレノール含量を分析した。その結果、ニバレノール濃度が異なる2種類の小麦子実試料ともに製粉画分におけるニバレノールの分布は類似のパターンを示した。

フザリウム属菌に劇感染した国産秋まき小麦の製粉画分におけるニバレノール分布

シャリフ Md. ホッセン\*<sup>1</sup>, 吉田めぐみ\*<sup>2</sup>, 中川 博之\*<sup>1</sup>, 長嶋 等\*<sup>1</sup>, 岡留 博司\*<sup>1</sup>, 中島 隆\*<sup>2, \*3</sup>, 久城 真代\*<sup>1, \*3</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構九州沖縄農業研究センター

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構本部

## 製麺および調理における国産軟質小麦品種中マイコトキシン・デオキシニバレノールの濃度変化

久城 真代\*<sup>1,4</sup>, タマウォン マナシカン\*<sup>1</sup>, シャリフ Md. ホッセン\*<sup>1</sup>, 小澤 徹\*<sup>2</sup>, 吉田めぐみ\*<sup>3</sup>,  
中川 博之\*<sup>1</sup>, 長嶋 等\*<sup>1</sup>, 岡留 博司\*<sup>1</sup>, 中島 隆\*<sup>3,4</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (地独) 北海道立総合研究機構 十勝農業試験場

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構九州沖縄農業研究センター

\*<sup>4</sup> (独) 農研機構本部

人工的にフザリウム属菌に感染させた国産小麦品種を用いて、フザリウム属菌産生カビ毒の一種であるデオキシニバレノールのうどん調理での残存率を解析した。国産軟質小麦主要3品種の原麦を製粉して調製された上質粉を製麺に供試し、15倍容の水で調理した。調理前の生麺ならびに調理後のゆで麺とゆで汁中のデオキシニバレノール濃度を試験室内で妥当性確認されたHPLC-UV法により分析した。分析値は、実質的な加工係数を算出するために上質粉の水分含量で補正した。その結果、上質粉から生麺を製作する段階ではデオキシニバレノール濃度変化が見られなかったのに対し、生麺から最終食品であるゆで麺にする段階では有意な減衰が見られ、実質的な調理加工係数は0.39から0.46であった。ゆで汁への高い移行率(43-59%)が認められ、本毒素の高い親水性が示された。本研究により、麺の加水調理は最終食品におけるデオキシニバレノール量を減らすのに有効であり、実質的な調理加工係数は0.5未満となることが示された。

Effects of noodle making and cooking on the levels of a mycotoxin deoxynivalenol in Japanese soft wheat varieties

Masayo KUSHIRO\*<sup>1,4</sup>, Manasikan THAMMAWONG\*<sup>1</sup>, Sharif Md. HOSSSEN\*<sup>1</sup>, Toru KOZAWA\*<sup>2</sup>, Megumi YOSHIDA\*<sup>3</sup>,  
Hiroyuki NAKAGAWA\*<sup>1</sup>, Hitoshi NAGASHIMA\*<sup>1</sup>, Hiroshi OKADOME\*<sup>1</sup>, Takashi NAKAJIMA\*<sup>3,4</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Hokkaido Research Organization Tokachi Agricultural Experiment Station

\*<sup>3</sup> NARO Kyushu Okinawa Region National Agricultural Research Center (NARO/KARC)

\*<sup>4</sup> Headquarters, NARO

## The use of LC-Orbitrap MS for the detection of Fusarium masked mycotoxins: the case of type A trichothecenes

Hiroyuki Nakagawa\*<sup>1</sup>, Shigeru Sakamoto\*<sup>2</sup>, Yuki Sago\*<sup>1</sup>, Masayo Kushiro\*<sup>1</sup>, Hitoshi Nagashima\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Thermofisher Scientific

市販のトウモロコシ粉末標準物質試料において、タイプAトリコテセン系カビ毒(T-2トキシンおよびHT-2トキシン)由来の「マスクドマイコトキシン」(カビ毒配糖体)を検出した。これらの新規配糖体は高分解能液体クロマトグラフィーオービトラップ質量分析法による精密質量の測定と、特徴的なイオンの検出とそのフラグメントパターンから、T-2トキシングルコシド(T2-Glc)およびHT-2トキシングルコシド(HT2-Glc)であると同定された。絶対的な立体構造の決定には至らなかったが、T-2トキシンの構造と各種配糖体について得られたフラグメントの特徴から、3位のOH基におけるグルコシル化が最も可能性が高いと思われた。さらに同じ試料においてデオキシニバレノール-3-グルコシド(DON-3G)と一緒に検出されたことから、この可能性は支持されている。この試料中におけるDON-3G/DONのモル比(0.059)に基づいた外挿から、T2-GlcおよびHT2-Glcの量はそれぞれ約24 µg/kg, 41 µg/kgであると推定された。

LC-Orbitrap MSによるフザリウムカビ毒由来マスクドマイコトキシンの検出：タイプAトリコテセン系カビ毒の場合

中川 博之\*<sup>1</sup>, 坂本 茂\*<sup>2</sup>, 佐合 由紀\*<sup>1</sup>, 久城 真代\*<sup>1</sup>, 長嶋 等\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> サーモフィッシャーサイエンティフィック

International Journal of Food Microbiology, 156 (3), 204-208 (2012)

Experimental infection of *Fusarium proliferatum* in *Oryza sativa* plants; fumonisin B1 production and survival rate in grains

Masayo KUSHIRO\*<sup>1</sup>, Hatsuo SAITOH\*<sup>2</sup>, Yoshitsugu SUGIURA\*<sup>3</sup>, Takayuki AOKI\*<sup>2</sup>, Shinichi KAWAMOTO\*<sup>1</sup>, Toyozo SATO\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Genetic Resources Center, National Institute of Agrobiological Sciences

\*<sup>3</sup> Kobe Institute of Health

*Fusarium proliferatum* はアスパラガスやトウモロコシの病原糸状菌であり、かび毒であるフモニシンを産生する。本菌はアジアの主食であるイネにしばしば着生し、イネ馬鹿苗病菌 (*Gibberella fujikuroi*) の近縁であるが、イネでの病原性の報告はほとんど無かった。本研究では、人工接種により、本菌がイネで褐変を引き起こすか否かを調査するとともに、フモニシン産生性、穀粒での生存率を解析した。人工接種は、本菌の分生子懸濁液を開花期のイネ植物体にスプレー接種することにより行った。その結果、褐変は茎、葉、穂に現れた。また、タンデム質量分析計により、穀粒から痕跡量～21 ng/gのフモニシンB1が検出された。さらに、6ヶ月保存後の穀粒から生存菌が回収されたことより、本菌はイネに高い親和性を持つことが示された。以上から、本菌はイネで病原性を持つ可能性があり、圃場での栽培段階においてイネ穀粒にフモニシンB1を蓄積しうることが示された。

*Fusarium proliferatum* 菌のイネへの人工感染：フモニシンB1産生と穀粒での生存率

久城 真代\*<sup>1</sup>, 齋藤 初雄\*<sup>2</sup>, 杉浦 義紹\*<sup>3</sup>, 青木 孝之\*<sup>2</sup>, 川本 伸一\*<sup>1</sup>, 佐藤 豊三\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (独) 生物資源研究所遺伝資源センター

\*<sup>3</sup> 神戸市環境保健研究所

Food Control, 28 (1), 143-146 (2012)

Effectiveness of gamma irradiation in the inactivation of histamine-producing bacteria

Daisuke NEI\*<sup>1</sup>, Susumu KAWASAKI\*<sup>1</sup>, Yasuhiro INATSU\*<sup>1</sup>, Kazutaka YAMAMOTO\*<sup>1</sup>, Masataka SATOMI\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency

ヒスタミンは食中毒の原因となり、ヒスタミン生産菌の制御は食中毒を防止するために重要となる。本研究では、ガンマ線によるヒスタミン生産菌の死滅効果を検討した。代表的なヒスタミン生産菌である *Morganella morganii* (JCM 1672), *Enterobacter aerogenes* (ATCC 43175) and *Raoultella planticola* (ATCC43176) を液体魚肉表面に接種したのち、0.5–4.0 kGyの範囲でガンマ線を照射した。これらのヒスタミン生産菌のD10は0.34–0.34 kGyであった。

ヒスタミン生産菌の死滅に及ぼすガンマ線の効果

根井 大介\*<sup>1</sup>, 川崎 晋\*<sup>1</sup>, 稲津 康弘\*<sup>1</sup>, 山本 和貴\*<sup>1</sup>, 里美 正隆\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (独) 水産総合研究センター

Journal of Food, Agriculture & Environment, 10 (3), 261-266 (2012)

Multiplex PCR detection of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157: H7, and *Staphylococcus aureus* in processed foods using [TA10] simultaneous growth broth

Susumu KAWASAKI\*<sup>1</sup>, Kaori KUSANO\*<sup>2</sup>, Ritsuko ARAI\*<sup>2</sup>, Toshihiro KOMEDA\*<sup>2</sup>, Naoko KAMISAKI-HORIKOSHI\*<sup>3</sup> AND Shinichi KAWAMOTO\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Central Laboratories for Frontier Technology, Kirin Holdings Company, Ltd.

\*<sup>3</sup> Research and Development Department, PRIMA Meat Packers Ltd.

加工食品において *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157: H7 and *Staphylococcus aureus* の PCR による多重検出法の開発を行った。本検出法は20時間の前培養、核酸抽出、PCR検出の3つのステップにより行われた。食品からの前培養には [TA10] 同時増殖培地を用いた。PCR検出の標的遺伝子には *Salmonella* には1.8-kb HindIII DNA fragmentの特異的配列、*L. monocytogenes* には hlyA, *E. coli* O157: H7には eaeA, *S. aureus* には femA を用いた。乳製品をはじめ13種類の食品に対して接種試験を行ったところ、いずれも検出感度は25 gあたり1-9CFUで検出可能であった。

[TA10] 同時増殖培地による加工食品からの *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157: H7, and *Staphylococcus aureus* の Multiplex PCR 検出

川崎 晋\*<sup>1</sup>, 草野 香里\*<sup>2</sup>, 新井 律子\*<sup>2</sup>, 米田 俊浩\*<sup>2</sup>, 堀越菜穂子\*<sup>3</sup>, 川本 伸一\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> キリンホールディングス (株)

\*<sup>3</sup> プリマハム基礎研究所

Food Science and Technology Research, 18, 705-712 (2012)

Bacterial contamination in retail foods purchased in Thailand

Chiraporn Ananchaipattana\*<sup>1</sup>, Yukie Hosotani\*<sup>3</sup>, Susumu Kawasaki\*<sup>3</sup>, Sirikhae Pongsawat\*<sup>1</sup>, Md Latiful Bari\*<sup>2</sup>, Seiichirou Isobe\*<sup>3</sup>, Yasuhiro Inatsu\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Rajamangala University of Technology

\*<sup>2</sup> University of Dhaka

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

2010年8月から2012年1月にタイにおいて肉51検体、魚介類37検体、野菜38検体、発酵食品11検体を収集し、食品の種類あるいは商品の販売形態と検出される細菌の種類あるいは衛生指標細菌の混入量との関連等につき検討を行った。品質劣化の原因となりうるシュードモナスや乳酸菌の汚染率も高く、この他にもグラム陰性・陽性の種々の細菌が分離された。屋台とオープンマーケットを比較すると、屋台の方が汚染率が有意に高く、これは衛生管理状況の悪さと、高温多湿な環境によるものと考えられた。

タイ市販食品の微生物混入

Chiraporn Ananchaipattana\*<sup>1</sup>, 細谷 幸恵\*<sup>3</sup>, 川崎 晋\*<sup>3</sup>, Sirikhae Pongsawat\*<sup>1</sup>, Md Latiful Bari\*<sup>2</sup>, 五十部誠一郎\*<sup>3</sup>, 稲津 康弘\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> ラジャマンガラ工科大学

\*<sup>2</sup> ダッカ大学

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Food Science and Technology Research, 18, 343-348 (2012)

Bacterial contamination of soybean curd (tofu) sold in Thailand

Chiraporn Ananchaipattana\*<sup>1</sup>, Yukie Hosotani\*<sup>3</sup>, Susumu Kawasaki\*<sup>3</sup>, Sirikhae Pongsawat\*<sup>1</sup>,  
Md Latiful Bari\*<sup>2</sup>, Seiichirou Isobe\*<sup>3</sup>, Yasuhiro Inatsu\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Rajamangala University of Technology

\*<sup>2</sup> University of Dhaka

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

2010年8月から2012年1月にタイにおいて豆腐133検体を収集し、食品の種類あるいは商品の販売形態と検出される細菌の種類あるいは衛生指標細菌の混入量との関連等につき検討を行った。また近年の多剤耐性菌問題をふまえ、分離された腸球菌およびサルモネラの抗生物質耐性スペクトルの測定も行った。糞便汚染の指標となる大腸菌の汚染率は約3割であったが、ペロ毒素生産性腸管出血性大腸菌(O157・O26およびO111)は検出されなかった。また腸球菌汚染率も6~8割と極めて高く、市販食品の糞便汚染の可能性が強く示唆された。この他、品質劣化の原因となりうるシュードモナスや乳酸菌の汚染率も高く、この他にもグラム陰性・陽性の種々の細菌が分離された。

タイ市販豆腐の細菌混入

Chiraporn Ananchaipattana\*<sup>1</sup>, 細谷 幸恵\*<sup>3</sup>, 川崎 晋\*<sup>3</sup>, Sirikhae Pongsawat\*<sup>1</sup>,  
Md Latiful Bari\*<sup>2</sup>, 五十部誠一郎\*<sup>3</sup>, 稲津 康弘\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> ラジャマンガラ工科大学

\*<sup>2</sup> ダッカ大学

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Foodborne Pathogens and Disease, 9, 835-840 (2012)

Prevalence of foodborne pathogens in retailed foods in Thailand

Chiraporn Ananchaipattana\*<sup>1</sup>, Yukie Hosotani\*<sup>3</sup>, Susumu Kawasaki\*<sup>3</sup>, Sirikhae Pongsawat\*<sup>1</sup>, Md Latiful Bari\*<sup>2</sup>,  
Seiichirou Isobe\*<sup>3</sup>, Yasuhiro Inatsu\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Rajamangala University of Technology

\*<sup>2</sup> University of Dhaka

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

2010年8月から2012年1月にタイにおいて肉51検体、魚介類37検体、野菜38検体、発酵食品11検体を収集し、食品の種類あるいは商品の販売形態と検出される細菌の種類あるいは衛生指標細菌の混入量との関連等につき検討を行った。また近年の多剤耐性菌問題をふまえ、分離された腸球菌およびサルモネラの抗生物質耐性スペクトルの測定も行った。糞便汚染の指標となる大腸菌の汚染率は肉類および魚介類で約7割、発酵食品が約5割、野菜約3割であったが、ペロ毒素生産性腸管出血性大腸菌(O157・O26およびO111)は検出されなかった。また腸球菌汚染率も6~8割と極めて高く、市販食品の糞便汚染の可能性が強く示唆された。肉類と魚介類のそれぞれ8および4割からサルモネラが検出され、その他の検体も4~9%がサルモネラ陽性であった。

タイ市販食品の食中毒菌の存在

Chiraporn Ananchaipattana\*<sup>1</sup>, 細谷 幸恵\*<sup>3</sup>, 川崎 晋\*<sup>3</sup>, Sirikhae Pongsawat\*<sup>1</sup>, Md Latiful Bari\*<sup>2</sup>,  
五十部誠一郎\*<sup>3</sup>, 稲津 康弘\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> ラジャマンガラ工科大学

\*<sup>2</sup> ダッカ大学

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Journal of Food Science and Engineering, 2, 293-300 (2012)

Prevalence of antibiotic resistant bacteria on Tomato surfaces and effectiveness of disinfectants in reducing the microbial load

Fauzia Ahmed Rupa\*<sup>1</sup>, Munawar Sultana\*<sup>1</sup>, Yasuhiro Inatsu\*<sup>2</sup>, Md. Latiful Bari\*<sup>1</sup> and Md. Anwar Hossain\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> University of Dhaka

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

バングラデシュで市販されるトマトには、3-4log CFU/gのサルモネラやリステリアが付着しているものが存在し、次亜塩素酸ナトリウム殺菌処理によって約2桁ほど生菌数が減少した。また多剤耐性を有するサルモネラや大腸菌が多数分離された。

トマト表面の抗生物質耐性菌の存在と表面殺菌効率

Fauzia Ahmed Rupa\*<sup>1</sup>, Munawar Sultana\*<sup>1</sup>, 稲津 康弘\*<sup>2</sup>, Md. Latiful Bari\*<sup>1</sup> and Md. Anwar Hossain\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> ダッカ大学

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

食品総合研究所報告 77, 45-49 (2013)

食品中の生菌数測定のための内部精度管理試験用試料の評価

細谷 幸恵, 川崎 晋, 根井 大介, 稲津 康弘

(独) 農研機構食品総合研究所

複数の食材マトリクスに濃度既知の市販凍結乾燥菌体を混入して作成した精度管理用試料について、内部精度管理試験を複数回実施することにより、細菌数測定の内部精度管理試験に用いることが可能なマトリクス食材と細菌の組み合わせについて検討を行った。同一試験室に所属するとみなされる8名が、大腸菌、大腸菌群（エンテロバクター）および一般細菌（黄色ブドウ球菌）の市販乾燥菌体を、それぞれ異なった4種類の食材に添加し、それら検体について生菌数の測定を行った。3回の試験の結果、いずれの細菌と食品の組み合わせについても著しい生菌数の差はみられず、Zスコアもおおむね-2.0~2.0の範囲に収まったことから、内部精度管理試験用の標準検体として使用可能であることが示唆された。

Evaluation of reference materials for microbiological internal quality control

Yukie Hosotani, Susumu Kawasaki, Daisuke Nei and Yasuhiro Inatsu

National Food Research Institute, NARO

食品総合研究所報告 77, 39-43 (2013)

MPN-RealTime PCRによる市販鶏肉中のCampylobacter jejuniの定量と分布

川崎 晋, 細谷 幸恵, 根井 大介, 稲津 康弘, 川本 伸一

(独) 農研機構食品総合研究所

RealTime PCRとMPN法を組み合わせた方法により、市販鶏肉中のCampylobacter jejuniの定量を試みた。また同時に一般生菌数・大腸菌群数・嫌気性菌数などの汚染指標菌数も同時に測定し、これらの結果とC. jejuniの汚染度との関連性を求めた。C. jejuniの定量範囲は0.04~31000 CFU/gであり、52検体中32検体（およそ62%）がC. jejuni陽性と得られた。この定量結果と汚染指標菌数や様々な平板で出現した集落数などとの関連性の有無を重回帰分析により求めたが、関連性の認められる因子を見出すことはできなかった。

Quantitative analysis of Campylobacter jejuni by MPN-RealTime PCR in retail chicken meats

Susumu Kawasaki, Yukie Hosotani, Daisuke Nei, Yasuhiro Inatsu and Shinichi Kawamoto

National Food Research Institute, NARO

都市有害生物管理, 2 (1), 17-20 (2012)

エタノールがヒラタチャタテ *Liposcelis bostrychophila* に及ぼす影響

木村 悟朗\*<sup>1</sup>, 佐々木 雄\*<sup>1</sup>, 宮ノ下明大\*<sup>2</sup>, 谷川 力\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> イカリ消毒株式会社

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

食品工場や医薬工場で大量発生するヒラタチャタテに対するエタノールの防除効果を明らかにするため、直接噴霧試験、残渣接触試験および浸漬試験により評価した。直接噴霧試験において、ヒラタチャタテの補正ノックアウト率は噴霧0.5時間後に13.8±5.8%で最も高かった。濾紙残渣接触試験期間中、本種のノックダウンは認められなかった。浸漬試験において、1秒以内以内の浸漬ではノックダウンせず、5秒以上浸漬した場合は全ての個体が速やかにノックダウンした。

Effects of ethanol on stored products pest, *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae)

Goro Kimura\*<sup>1</sup>, Yu Sasaki\*<sup>1</sup>, Akihiro Miyanoshita\*<sup>2</sup> and Tsutomu Tanikawa\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> IKARI Corporation

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

ペストロジー, 27 (1), 1-6 (2012)

水分がコクヌストモドキ *Tribolium castaneum* の越冬に及ぼす影響

今村 太郎, 宮ノ下明大

(独) 農研機構食品総合研究所

つくば市の食品総合研究所敷地内に設置したスチール製倉庫内において、水を与える条件と与えない条件でコクヌストモドキ成虫の越冬経過とその後の生存状況を調査した。30℃で成虫まで飼育したコクヌストモドキ成虫を用いて越冬の実験を行った。水を与えた場合と与えない場合で成虫の生存曲線に違いは見られなかった。1回目の越冬における生存率はいずれも10%以下であり、2回目の越冬における生存率はいずれも50%以上であった。繁殖は2回目の越冬の後にも見られた。最も長く生きた個体は3回目の越冬期直前まで生存した。

Effect of water on the overwintering of *Tribolium castaneum*

Taro Imamura, Akihiro Miyanoshita

National Food Research Institute, NARO

食品総合研究所研究報告, 77, 19-23 (2013)

精米工程が異なるコメにおけるコクゾウムシの選択性と産卵選好性

古井 聡, 今村 太郎, 宮ノ下明大

(独) 農研機構食品総合研究所

精米工程の異なる無洗米、白米、玄米について、コクゾウムシの選択性および産卵選好性を閉鎖系の試験で調べたところ、加害リスクは共に玄米>白米>無洗米の順であった。本試験の結果から、コクゾウムシの加害リスクは無洗米が低いことを明らかにした。

Selectivity and oviposition priority of the maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) for brown, polished and rinse-free rice

Satoshi Furui, Taro Imamura, Akihiro Miyanoshita

National Food Research Institute, NARO

Inorganic Chemistry, 51 (15), 8168-8176 (2012)

## Interaction between the heme and a G-quartet in a heme-DNA complex

Kaori Saito\*<sup>1</sup>, Hulin Tai\*<sup>1</sup>, Hikaru Hemmi\*<sup>2</sup>, Nagao Kobayashi\*<sup>3</sup>, Yasuhiko Yamamoto\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> Department of Chemistry, University of Tsukuba\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>3</sup> Department of Chemistry, Tohoku University

3価鉄を持つヘムとヒトテロメアの単一繰り返し配列 d (TTAGGG) からなる平行型グアニン四重鎖DNAとの複合体構造について、プロトンNMRにより解析を行った。その結果、ヘム (3価鉄) が3'末端の四重鎖DNAのGカルテット間でサンドイッチされることが分かった。従って、この複合体中のヘム (3価鉄) のネット+1チャージは、Gカルテットの8つのカルボニル酸素原子によって囲まれている。この複合体中でのヘム3価鉄とGカルテットの相互作用は、ヘムメチルプロトンシグナルの常磁性シフトに対するプロトン/重水素効果により証明された。また、ヘム3価鉄と8つのカルボニル酸素原子との相互作用が、ヘム3価鉄に対して対称性の高い、そして比較的強い強度の配位場を提供していることも明らかになった。この発見は、DNAとヘムの新規錯体の分子設計に有用である。

## ヘム-DNA複合体中でのヘムと四重鎖DNAとの相互作用

斎藤 香織\*<sup>1</sup>, 太 虎林\*<sup>1</sup>, 逸見 光\*<sup>2</sup>, 小林 長夫\*<sup>3</sup>, 山本 泰彦\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> 筑波大学\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>3</sup> 東北大学

FEBS Journal, 280 (1), 70-82 (2013)

NMR structure and dynamics of the C-terminal domain of R-type lectin from the earthworm *Lumbricus terrestris*Hikaru Hemmi\*<sup>1</sup>, Atsushi Kuno\*<sup>2</sup>, Jun Hirabayashi\*<sup>2</sup>\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>2</sup> Research Center for Medical Glycoscience, AIST

ミミズ由来R型レクチンのC末端ドメインは、分子内に2つの糖結合部位を持ち、この2つの糖結合部位の内、 $\alpha$ 結合部位は $\gamma$ 結合部位に比べ強い糖結合活性を示すことをすでに報告している。しかしながら、レクチン-糖複合体結晶構造において、2つの糖結合部位にほとんど違いが見られないことから、2つの糖結合部位の糖結合活性の違いについてのメカニズムは未だ不明である。従って、本研究において、そのメカニズムについてNMRを用いて解析した。その結果、NMRによる構造解析により、糖との結合により $\alpha$ 結合部位のみが構造変化を起こすこと、また、<sup>15</sup>N緩和測定により、 $\alpha$ 結合部位のみ糖との結合による遅い分子内運動への影響が見られることが判明した。これらの結果より、糖との結合による構造変化及び分子内運動への影響の違いが、2つの糖結合部位における糖結合活性の違いに関係することが分かった。

## ミミズ由来R型レクチンC末端ドメインのNMRによる立体構造及び分子内運動解析

逸見 光\*<sup>1</sup>, 久野 敦\*<sup>2</sup>, 平林 淳\*<sup>2</sup>\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>2</sup> 産総研糖鎖医工学研究センター

分析化学, 61 (9), 805-810 (2012)

元素分析計 - 同位体比質量分析計による有機物標準試料の炭素・窒素・酸素安定同位体比分析の試験所間比較

鈴木彌生子\*1, 力石 嘉人\*2, 山田 桂大\*3, 吉田 尚弘\*3

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 (独) 海洋研究開発機構

\*3 東京工業大学大学院

炭素・窒素・酸素安定同位体比について、有機化合物を用いた室間試験を実施した。炭素・窒素同位体比の室間差は、1.2‰と1.6‰となり、比較的正しく測定されている結果となったが、酸素同位体比については最大で7.4‰の室間差があることが分かり、これは今後の標準物質及び標準分析法の整備により改善されるべきものと考えられる。現在、有機物の安定同位体比測定用の標準物質を拡充・整備する国際的なプロジェクトが進行しており（日本では海洋研究開発機構が参加）、その成果も期待される。国内においても、今後の対策として、測定条件や測定値の補正方法の標準化、標準物質の整備、定期的な室間試験の実施を行いながら、分析法の信頼性を確保するとともに、プロトコルの作成を行うことが急務である。また、本試験は一般試薬を標品として実施したが、最終的にはマトリックス試料を用いた室間試験の実施も必要である。

Interlaboratory comparison of organic standard chemicals for carbon, nitrogen, and oxygen isotope ratios using EA-IRMS system

Yaeko Suzuki\*1, Yoshito Chikaraishi\*2, Keita Yamada\*3, Naohiro Yoshida\*3

\*1 National Food Research Institute, NARO

\*2 Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

\*3 Tokyo Institute of Technology

日本食品科学工学会誌, 60, 1-10 (2013)

炭素・窒素・酸素安定同位体比分析による国産（鳴門産・三陸産）・中国産および韓国産湯通し塩蔵ワカメの産地判別の可能性

鈴木彌生子\*1, 國分 敦子\*2, 絵面 智宏\*2, 中山 和美\*2

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 理研ビタミン株式会社

本研究では、三陸産（45検体）・鳴門産（64検体）・中国（54検体）・韓国（46検体）において産地の明確な湯通し塩蔵ワカメを浜単位で入手し、炭素・窒素・酸素安定同位体比を用いて、産地判別の可能性を検証した。鳴門産については、炭素・窒素同位体比とともに、個体内変動・季節変動・地域変動が小さく、全般的に値が安定した傾向が見られた。また、鳴門産の窒素同位体比は $10.7 \pm 1.1\%$ （平均値 $\pm$ 標準偏差）となり、三陸産（ $1.4 \pm 1.9\%$ ）・韓国産（ $0.5 \pm 1.6\%$ ）・中国産（ $3.0 \pm 2.5\%$ ）よりも有意に高い傾向が得られた。一部中国産については、炭素同位体比が低く、窒素同位体比が高くなる傾向が得られた。酸素同位体比は、韓国産が比較的高い値を示したが、日本・中国・韓国の平均値の差は2.1‰となり、地域差は小さかった。炭素・窒素同位体比の結果を用いて、鳴門産とその他（三陸・中国・韓国）の2群について判別分析を行った結果、判別関数を構築した試料について、正答率を計算すると、鳴門産は98.4%（64点中）、その他産は99.4%（145点中）となった。交差検証法を用いて判別関数の精度を検証した結果、96.8%の鳴門産が正しく分類された。

Tracing the Geographical Origin of blanched and salted Wakame (*Undaria pinnatifida*) Collected from Japan (Naruto and Sanriku), China, and South Korea, based on Stable Carbon, Nitrogen, and Oxygen Isotopic Compositions

Yaeko Suzuki\*1, Atsuko Kokubun\*2, Tomohiro Edura\*2, Kazumi Nakayama\*2

\*1 National Food Research Institute, NARO

\*2 Riken Vitamin Co., Ltd.

Analytical Sciences, 29, 143-146 (2013)

Characterization of Japanese polished rice by stable hydrogen isotope analysis of total fatty acids for tracing their regional origin

Yaeko SUZUKI\*1, \*2, Fumikazu AKAMATSU\*1, \*3, Rumiko NAKASHITA\*1, \*4, Takashi KORENAGA\*1

\*1 Tokyo Metropolitan University  
 \*2 National Food Research Institute, NARO  
 \*3 Public Works Research Institute  
 \*4 Forestry and Forest Products Research Institute

全脂肪酸の水素同位体比を用いた国産米の産地特定の可能性を検証した。国産米8試料（新潟・長野・島根・沖縄）について、生育水とともに収集し、コメについては、全脂肪酸の水素同位体比を測定した。生育水の水素同位体比と脂肪酸の水素同位体比の間には、正の相関が見出され、コメの脂肪酸の水素同位体比が生育水を主に反映すると考えられる。全国分布を見ていくと、沖縄県石垣島産が最も高く（-187‰）、長野県安曇野産が最も低い値（-207‰）を示した。更に、新潟県内（岩船・魚沼・佐渡・上越）においては、魚沼産が他地域に比べて低くなる特徴が得られた。

全脂肪酸の水素同位体比を用いた国産米の産地特定の可能性

鈴木彌生子\*1, \*2, 赤松 史一\*1, \*3, 中下留美子\*1, \*4, 伊永 隆史\*1

\*1 首都大学東京  
 \*2 (独) 農研機構食品総合研究所  
 \*3 土木研究所  
 \*4 森林総合研究所

信州大学農学部AFC報告, 10, 139-143 (2013)

塩尻市における牛舎周辺の捕獲ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) の食性解析

泉山 茂之\*1, 中下留美子\*2, 鈴木彌生子\*3, 岸元 良輔\*4, 瀧井 暁子\*1, 林 秀剛\*5

\*1 信州大学  
 \*2 (独) 森林総合研究所  
 \*3 (独) 農研機構食品総合研究所  
 \*4 長野県環境保全研究所  
 \*5 NPO信州クマ研

長野県塩尻市内の2か所の牛舎に出没し捕獲された3個体のツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) について、炭素・窒素安定同位体比解析による食性履歴の推定を行った。その結果、3個体すべてが実際に牛舎の家畜飼料に依存していた可能性があることが明らかとなった。牛舎周辺には民家もあることから、早急な対策が求められる。

Feeding habit analysis of an Asiatic black bear that intruded into beef cattle barns in Shiojiri by measuring carbon and nitrogen stable isotope ratios

Shigeyuki Izumiyama\*1, Rumiko Nakashita\*2, Yaeko Suzuki\*3, Ryousuke Kishimoto\*4, Akiko Takii\*1, Hidetake HAYASHI\*5

\*1 Shinshu University  
 \*2 Forestry and Forest Products Research Institute  
 \*3 National Food Research Institute, NARO  
 \*4 Nagano Environmental Conservation Research Institute  
 \*5 Shinshu Black Bear Research Group, NPO

信州大学農学部AFC報告, 10, 133-138 (2013)

山ノ内町におけるツキノワグマ人身事故の検証

泉山 茂之\*1, 岸元 良輔\*2, 中下留美子\*3, 鈴木彌生子\*4, 後藤 光章\*5, 林 秀剛\*5

\*1 信州大学  
\*2 長野県環境保全研究所  
\*3 (独) 森林総合研究所  
\*4 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*5 NPO 信州クマ研

2011年は、長野県でツキノワグマが大量出没した2006年および2010年と異なり、目撃件数・人身事故件数・捕獲数は平常年並であった。しかし、山ノ内町では10月に1頭のオスのツキノワグマが4人に被害を与えるという人身事故が発生した。人身事故をきちんと検証することは、被害軽減、防止に向けて必要不可欠である。そこで、今回の人身事故について聞き取り・現場検証・加害個体の年齢や安定同位体比による食性などを調査した。その結果、当該個体は山の自然の中で生活していたが、高齢になって体が弱り、河川に沿って人里まで下りてきた可能性が考えられる。その際に、偶然に散歩中の人と出会ってしまったために人身事故に至り、それをきっかけにパニック状態になって住宅地に入り込み、さらに被害を拡大してしまったと推測される。

An investigation of an accident that an Asiatic black bear attacked on humans in Yamanouchi town, Nagano

Shigeyuki Izumiyama\*1, Ryouyuke Kishimoto\*2, Rumiko Nakashita\*3, Yaeko Suzuki\*4, Mitsuaki Goto\*5, Hidetake HAYASHI\*5

\*1 Shinshu University  
\*2 Nagano Environmental Conservation Research Institute  
\*3 Forestry and Forest Products Research Institute  
\*4 National Food Research Institute, NARO  
\*5 Shinshu Black Bear Research Group, NPO

Food Science and Technology Research, 18 (2), 209-202 (2012)

Identification of material cultivar of green tea infusions by simple sequence repeat markers

Tomomi Ujihara\*1, Nobuyuki Hayashi\*2, Junichi Tanaka\*3

\* Kanaya Tea Research Station, National Institute of Vegetable and Tea Science (NIVTS),  
National Agriculture and Food Research Organization (NARO)  
\*2 Kanaya Tea Research Station, National Institute of Vegetable and Tea Science (NIVTS),  
National Agriculture and Food Research Organization (NARO), Current address: National Food Research Institute, NARO  
\*3 Makurazaki Tea Research Station, NIVTS, NARO, Current address: National Institute of Crop Science, NARO

近年、緑茶飲料の消費が拡大していることから、それらにおける原料品種識別法の開発が求められているが、緑茶飲料からのDNA単離、品種識別についての報告はなされていない。著者らはSSRマーカーを用いた緑茶浸出液の原料品種識別法を開発した。緑茶浸出液を凍結乾燥後イソプロピルアルコール沈殿、CTAB法によるDNA抽出、市販キットによる精製を経ることでDNAが単離される。単離したDNAを鋳型にいくつかのSSRマーカーフラグメントの増幅が可能であり、原料となった品種の新鮮葉とピークパターンが一致することを確認した。この方法で、単一品種を原料とする市販の緑茶飲料を分析したところ、原料品種の同定が可能であった。

Simple Sequence Repeat マーカーによる緑茶浸出液の原料品種の同定

氏原ともみ\*1, 林 宣之\*2, 田中 淳一\*3

\*1 (独) 農研機構野菜茶業研究所金谷茶業研究拠点  
\*2 (独) 農研機構野菜茶業研究所金谷茶業研究拠点, 現所属: (独) 農研機構食品総合研究所  
\*3 (独) 農研機構野菜茶業研究所枕崎茶業研究拠点, 現所属: (独) 農研機構作物研究所

Chemical Communications, 48, 6633-6635 (2012)

Construction of supramolecular helical nanofibers using renewable biomaterials: self-assembly of a cytidylic acid-appended bolaamphiphile in lemon juice

Rika Iwaura, Mayumi Ohnishi-Kameyama

National Food Research Institute, NARO

我々は、クエン酸を含むレモン果汁中で双頭型シチジル酸脂質の自己集合挙動を検討した。その結果、直径6~7 nm、長さ数百 nm ~5 μm、ピッチ30~40 nmの左巻きらせん構造をもつナノファイバーが生成することを見いだした。

再生可能なバイオマテリアルを利用した超分子ヘリカルナノファイバーの構築：  
レモン果汁中での双頭型シチジル酸脂質の自己集合

岩浦 里愛, 亀山真由美

(独) 農研機構食品総合研究所

Infection and Immunity, 80 (11) 3993-4003 (2013)

Capsular Polysaccharide of *Erysipelothrix rhusiopathiae*, the Causative Agent of Swine Erysipelas, and Its Modification with Phosphorylcholine

Fang Shi\*<sup>1</sup>, Tomoyuki Harada\*<sup>1, \*2</sup>, Yohsuke Ogawa\*<sup>1</sup>, Hiroshi Ono\*<sup>3</sup>, Mayumi Ohnishi-Kameyama\*<sup>3</sup>,  
Toru Miyamoto\*<sup>1</sup>, Masahiro Eguchi\*<sup>1</sup>, Yoshihiro Shimoji\*<sup>1, \*4</sup>

\*<sup>1</sup> National Institute of Animal Health, NARO

\*<sup>2</sup> University of Tokyo

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>4</sup> Tokyo University of Sciences

グラム陽性菌である豚丹毒菌 *Erysipelothrix rhusiopathiae* の莢膜は、その病原因子と考えられている。本研究では *E. rhusiopathiae* の Fujisawa 株を用い、遺伝学的解析及び莢膜多糖の構成糖分析を行った。ゲノム解析から、豚丹毒菌の莢膜多糖合成に関わるオペロンは、ホスホリルコリン (PCho) の取り込みや発現に関わるオペロンと隣接して存在し、それらは1本のmRNAにより転写されることがわかった。莢膜から熱水で抽出した画分のHPLC分析から、主要な構成糖は、ガラクトロン酸、ガラクトース、マンノース、グルコース、アラビノース、キシロース、N-アセチルグルコサミンであり、リボース、ラムノース、N-アセチルガラクトサミンも微量存在することが明らかになった。莢膜多糖にはPChoが含まれ、それらが菌体表層に共局在することが質量分析やNMR解析、免疫電顕解析により示された。PCho欠損株のマウスに対する病原性を調べた結果、豚丹毒菌の病原性が認められず、PChoが病原性に必須であることが明らかになった。

豚丹毒菌の病原性発現に関わる莢膜多糖とそのホスホリルコリン修飾

施 芳\*<sup>1</sup>, 原田 知享\*<sup>1, \*2</sup>, 小川 洋介\*<sup>1</sup>, 小野 裕嗣\*<sup>3</sup>, 亀山真由美\*<sup>3</sup>,  
宮本 亨\*<sup>1</sup>, 江口 正浩\*<sup>1</sup>, 下地 善弘\*<sup>1, \*4</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構動物衛生研究所

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>3</sup> 東京大学

\*<sup>4</sup> 東京理科大学

PLoS ONE, 8 (2), e56900 (2013)

Effects of lipooligosaccharide inner core truncation on bile resistance and chick colonization by *Campylobacter jejuni*

Taketoshi Iwata\*<sup>1</sup>, Kazuhiro Chiku\*<sup>2</sup>, Ken-ichi Amano\*<sup>3</sup>, Masahiro Kusumoto\*<sup>1</sup>, Mayumi Ohnishi-Kameyama\*<sup>2</sup>, Hiroshi Ono\*<sup>2</sup>, Masato Akiba\*<sup>1, \*4</sup>

\*<sup>1</sup> National Institute of Animal Health, NARO

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>3</sup> Akita University

\*<sup>4</sup> Osaka Prefecture University

カンピロバクターは代表的な食中毒起因菌で、鶏が主な保菌因と考えられている。本研究では、*Campylobacter jejuni*の外膜の主要構成成分であるリポオリゴ糖 (LOS) の鎖長の減少程度と、*C. jejuni*のNCTC 11168株と81-176株の胆汁耐性と鶏の腸管への定着性の関係を調べた。*C. jejuni*のLOSの糖鎖合成・転移に関与すると推定される遺伝子 hldE, hldD, waaCの破壊により、LOSのコアオリゴ糖鎖が短くなり、その鎖長の短縮程度に従って胆汁酸による損傷の程度が増加した。胆汁酸存在下鶏空腸内容抽出液中での培養で、野生株に菌数の減少は認められなかったのに対し、糖鎖が一定以上欠損した株では接種後12時間で検出限界以下となった。鶏腸管定着性の強い*C. jejuni* 11-164株の野生株、hldD破壊株および、その遺伝子相補株を比較したところ、hldD破壊株の鶏腸管定着性は野生株および相補株と比較して有意に低下していた。LOS糖鎖長が食中毒菌表面の親油性に影響を及ぼし、それにより*C. jejuni*の胆汁耐性や鶏腸管内での生残性および定着性が低下することが明らかになった。

*Campylobacter jejuni* のリポオリゴ糖内部コア領域短縮による胆汁耐性及び鶏の腸管定着性への影響

岩田 剛敏\*<sup>1</sup>, 知久 和寛\*<sup>2</sup>, 天野 憲一\*<sup>3</sup>, 楠本 正博\*<sup>1</sup>, 亀山真由美\*<sup>2</sup>, 小野 裕嗣\*<sup>2</sup>, 秋庭 正人\*<sup>1, \*4</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構動物衛生研究所

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>3</sup> 秋田大学

\*<sup>4</sup> 大阪府立大学

Food Research International 48, 374-379 (2012)

T2 distribution of boiled dry spaghetti measured by MRI and its internal structure observed by fluorescence microscopy.

Yasuyo Sekiyama\*<sup>1</sup>, Akemi K. Horigane\*<sup>1</sup>, Hiroshi Ono\*<sup>1</sup>, Kentaro Irie\*<sup>2</sup>, Tatsuro Maeda\*<sup>2</sup>, Mitsuru Yoshida\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Nisshin Foods Inc

食品の調理中・調理後の水分分布は、食品の品質を左右する大きな要因である。直径の異なるスパゲティ乾麺をゆで、MRIによりT2分布の変化を調べた。アル・デンテの状態にゆでたスパゲティを室温に放置すると、T2プロファイルに勾配変化点が認められた。蛍光顕微鏡画像との比較により、表面からの距離によるデンプンの糊化の程度の違いから麺線内に水分拡散速度の違いが生じ、それがT2プロファイルの勾配変化に反映されたと考えられた。

MRIによる茹でスパゲティ内部のT2緩和時間分布の解析

関山 恭代\*<sup>1</sup>, 堀金 明美\*<sup>1</sup>, 小野 裕嗣\*<sup>1</sup>, 入江謙太郎\*<sup>2</sup>, 前田 竜郎\*<sup>2</sup>, 吉田 充\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 日清フーズ

Food Additives and Contaminants, Part A 29, 1212-1218 (2012)

Monitoring of acrylamide concentrations in potato chips in Japan between 2006 and 2010

Yoshiki Tsukakoshi\*<sup>1</sup>, Hiroshi Ono\*<sup>1</sup>, Nobuyuki Kibune\*<sup>2</sup>, Satoshi Isagawa\*<sup>2</sup>, Kumiko Yamazaki\*<sup>2</sup>,  
Masatoshi Watai\*<sup>2</sup>, Mitsuru Yoshida\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Japan Food Research Laboratories

日本の市販のポテトチップ中のアクリルアミド濃度をキサントヒドロール誘導体ガスクロマトグラフ質量分析 (GC-MS) 法を用いて2006年8月から2010年6月の期間、モニタリングした。アクリルアミド濃度の季節および年次変動が決定された。ポテトチップスを全国隔月サンプリングは4レベルの設計を用いて行い、季節変動が検出され、アクリルアミド濃度の最大は8月であり、2月から6月の間は低かった。季節変動は、年次効果および/またはポテトチップの生産者が行った低減対策の結果、2008年8月以降は顕著でなかった。サンプリングの不確かさを時間、都市、およびロット間の変動に分離し、最大の変動が袋間差を含むロット間差であることが示された。

日本における2006~2007年の市販ポテトチップ中のアクリルアミド濃度モニタリング

塚越 芳樹\*<sup>1</sup>, 小野 裕嗣\*<sup>1</sup>, 木船 信行\*<sup>2</sup>, 伊佐川 聡\*<sup>2</sup>, 山崎久美子\*<sup>2</sup>, 渡井 正俊\*<sup>2</sup>, 吉田 充\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (一財) 日本食品分析センター

The Journal of Antibiotics, 66(4), 247-250 (2012)

Creation of novel reveromycin derivatives by alcohol-added fermentation

Toshihiko Nogawa\*<sup>1</sup>, Shunji Takahashi\*<sup>1</sup>, Yasuyo Sekiyama\*<sup>2</sup>, Hiroshi Takagi\*<sup>1</sup>, Masakazu Uramoto\*<sup>1</sup>,  
Hiroyuki Koshino\*<sup>1</sup>, Makoto Kawatani\*<sup>1</sup>, Takeshi Shimizu\*<sup>1</sup> and Hiroyuki Osada\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Chemical Biology Core Facility, RIKEN ASI

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

Reveromycin A (RM-A) は、6,6-スピロアセタール骨格を有する特徴的なポリケチド化合物であり、上皮成長因子によって誘導される細胞増殖を抑制する化合物として、放線菌 *Streptomyces reveromyceticus* SN-593 より単離された。標的分子はイソロイシル tRNA 合成酵素であり、破骨細胞選択的に低濃度でアポトーシスを誘導すること、腫瘍の骨転移を抑制することがわかっている。バイオプローブまたは医薬リード化合物として重要な化合物であり、RM 生合成機構の解明による誘導体創製手法の開発は重要課題である。我々は、ポリケチドの炭素骨格の生合成を検討する過程で、興味深いことに RM 生産菌の培養中に少量のアルコール (エタノールまたはメタノール) を加えることで、新規 RM 類縁体が蓄積することを見出した。

新規リベロマイシン誘導体の創製と活性評価

野川 俊彦\*<sup>1</sup>, 高橋 俊二\*<sup>1</sup>, 関山 恭代\*<sup>2</sup>, 高木 海\*<sup>1</sup>, 浦本 昌和\*<sup>1</sup>,  
越野 広雪\*<sup>1</sup>, 川谷 誠\*<sup>1</sup>, 清水 猛\*<sup>1</sup>, 長田 裕之\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 理研基幹研ケミカルバイオロジー

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Physical Chemistry Chemical Physics, 14 (22), 8097-8104 (2012)

The effect of metal cations on the nature of the first electronic transition of liquid water as studied by attenuated total reflection far-ultraviolet spectroscopy

Takeyoshi Goto\*<sup>1</sup>, Akifumi Ikehata\*<sup>1</sup>, Yusuke Morisawa\*<sup>2</sup>, Noboru Higashi\*<sup>3</sup>, Yukihiro Ozaki\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

\*<sup>3</sup> KURABO Industries Ltd.

減衰全反射遠紫外分光法を用いて液体水の第一電子遷移 ( $A \leftarrow X$ ) に対する金属イオンの影響について調べた。I, II, XIII 族の金属硝酸塩 1M 水溶液を比較したところ、 $A \leftarrow X$  吸収ピークは水和ギブスエネルギーの順序に相関し、純水のそれより高いエネルギーにシフトした。ただし、電荷密度の大きい  $H^+$ ,  $Li^+$ ,  $Be^{2+}$  では水の電子励起状態への影響によって水和ギブスエネルギーとの線形関係からの逸脱が観測された。量子化学計算により、水の  $A \leftarrow X$  遷移エネルギーは電荷密度の大きいイオンに水和するものほどスペクトル線幅が大きくなる傾向が示唆された。

減衰全反射遠紫外分光法による液体水の第一電子遷移に対する金属イオンの影響に関する研究

後藤 剛喜\*<sup>1</sup>, 池羽田晶文\*<sup>1</sup>, 森澤 勇介\*<sup>2</sup>, 東 昇\*<sup>3</sup>, 尾崎 幸洋\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 関西学院大学理工学部

\*<sup>3</sup> クラボウ技術研究所

Review of Scientific Instruments, 83(7), 073103 (2012)

Development of a time-resolved attenuated total reflectance spectrometer in far-ultraviolet region

Yusuke Morisawa\*<sup>1</sup>, Noboru Higashi\*<sup>2</sup>, Kyoko Takaba\*<sup>3</sup>, Naomi Kariyama\*<sup>2</sup>, Takeyoshi Goto\*<sup>4</sup>, Akifumi Ikehata\*<sup>4</sup>, Yukihiro Ozaki\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> School of Science and Engineering, Kinki University

\*<sup>2</sup> Kurabo Industries Ltd.

\*<sup>3</sup> School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

\*<sup>4</sup> National Food Research Institute, NARO

減衰全反射方式に基づき、遠紫外過渡吸収分光装置を開発した。連続的に液体試料をフローできる減衰全反射セルに対して Nd:YAG レーザー (266 nm) でポンプし、レーザー誘起 Xe ランプをスペクトル光源としてプローブを行う。40 ns の時間分解能で 170-185 nm の波長範囲を観測できる。180 nm 付近の  $\pi \rightarrow \pi^*$  遷移過程が既知であるフェノールおよびトリプトファン水溶液を用いて検証を行ったところ、吸光度の精度は  $10^{-4}$  abs であり、溶質濃度換算で  $10^{-3}$  mol/dm<sup>3</sup> 程度の検出能があることが確認された。

遠紫外領域用時間分解減衰全反射分光装置の開発

森澤 勇介\*<sup>1</sup>, 東 昇\*<sup>2</sup>, 高場 京子\*<sup>1</sup>, 荻山 直美\*<sup>2</sup>, 後藤 剛喜\*<sup>3</sup>, 池羽田晶文\*<sup>3</sup>, 尾崎 幸洋\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 近畿大学理工学部

\*<sup>2</sup> クラボウ技術研究所

\*<sup>3</sup> 関西学院大学理工学部

\*<sup>4</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Inorganic Chemistry, 51 (20), 10650-10656 (2012)

Effects of lanthanoid cations on the first electronic transition of liquid water studied using attenuated total reflection far-ultraviolet spectroscopy: ligand field splitting of lanthanoid hydrates in aqueous solutions

Takeyoshi Goto\*<sup>1</sup>, Akifumi Ikehata\*<sup>2</sup>, Yusuke Morisawa\*<sup>1</sup>, Noboru Higashi\*<sup>3</sup>, Yukihiro Ozaki\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University

\*<sup>3</sup> Kurabo Industries Ltd.

水溶液中の3価のランタノイドイオンが液体の水の第一電子遷移 ( $A \leftarrow X$ ) に及ぼす影響について減衰全反射遠紫外 (ATR-FUV) スペクトルから検討した。1M溶液 (Pmを除く) の結果について  $A \leftarrow X$  ピーク波長を比較したところ、4f軌道電子数に依存した明確な4グループ (La-Gd, Sm-Tb, Dy-Tm, Yb-Lu) に分類できた。 $A \leftarrow X$  ピーク波長の変化幅はランタノイドの水和エネルギーと基底三重項状態の配位子場分裂エネルギーと相関することが示唆された。

減衰全反射遠紫外分光法によるランタノイドイオンが液体水の第一電子遷移に及ぼす影響観察：水合ランタノイドの配位子場分裂

後藤 剛喜\*<sup>1</sup>, 池羽田晶文\*<sup>1</sup>, 森澤 勇介\*<sup>2</sup>, 東 昇\*<sup>3</sup>, 尾崎 幸洋\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 関西学院大学理工学部

\*<sup>3</sup> クラボウ技術研究所

分析化学, 61 (7), 591-603 (2012)

液体・固体用遠紫外分光法の開発とその分析化学への応用

森澤 勇介\*<sup>1</sup>, 立花 慎\*<sup>1</sup>, 泰永 愛佳\*<sup>1</sup>, 光岡 基樹\*<sup>1</sup>, 佐藤 春実\*<sup>1</sup>, 池羽田晶文\*<sup>2</sup>, 東 昇\*<sup>3</sup>, 尾崎 幸洋\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> 関西学院大学理工学部

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>3</sup> クラボウ技術研究所

遠紫外域 (120~200 nm) には様々な電子遷移による吸収バンドが観測されるので、この領域は基礎研究からも応用の立場からも非常に魅力的である。しかしながら、これまで遠紫外域における液体、固体試料のスペクトル測定は、それらの非常に強い吸収ピークを含めた吸収強度フルスケールの吸収バンドを観測できる装置がなかったため極めて限られるものであった。著者らは140~200 nmの領域で液体、固体試料のスペクトル測定を可能とする装置の開発に成功した。その装置は減衰全反射 (attenuated total reflection: ATR) 法を用いて吸収ピークも正確にスペクトルを観測することを可能とするものである。本総合論文では最初に遠紫外分光の基礎と特色について概説し、そのあと ATR 遠紫外分光器の開発とその分析化学への応用について述べる。最後に ATR 遠紫外分光器をさらに発展させた時間分解 ATR 遠紫外分光器の開発について解説する。

Development of Far-UV Spectroscopy for Liquid and Solid and Its Application to Analytical Chemistry

MORISAWA Yusuke\*<sup>1</sup>, TACHIBANA Shin\*<sup>1</sup>, YASUNAGA Manaka\*<sup>1</sup>, MITSUOKA Motoki\*<sup>1</sup>, SATO Harumi\*<sup>1</sup>, IKEHATA Akifumi\*<sup>2</sup>, HIGASHI Noboru\*<sup>3</sup>, OZAKI Yukihiro\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>3</sup> KURABO Industries Ltd.

NIR News, 23 (6), 13 (2012)

Feasibility of near infrared spectroscopy determination of haemoglobin-related blood levels of cattle: An in vitro study

Akifumi Ikehata\*<sup>1</sup>, Kunio Sashida\*<sup>2</sup>, Shanji Park\*<sup>2</sup>, Tsutomu Okura\*<sup>2</sup>, Yutaka Terada\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Soma Optics, Ltd.

\*<sup>3</sup> National Institute of Animal Health, NARO

ダニが媒介の放牧牛ピロプラズマ症に伴う貧血診断を迅速化するため、近赤外分光法による非侵襲ヘマトクリット診断を目指しているが、その前段階として採血管に採取した血液についてその実現可能性を確認した。ヘモグロビンに関する検査項目については検量モデルの構築が可能であり、また静脈血、動脈血の区別に関係なく830-1050 nmの波長範囲が特に有効であることを明らかにした。

近赤外分光法によるヘモグロビン関連血液成分測定の可能性：試験管内での研究

池羽田晶文\*<sup>1</sup>, 指田 邦夫\*<sup>2</sup>, 朴 善姫\*<sup>2</sup>, 大倉 力\*<sup>2</sup>, 寺田 裕\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 株式会社相馬光学

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構動物衛生研究所

.....  
NIR News, 24 (1), 15-16 (2013)

Near infrared observations on the hydrogen bonding water remaining in sesame seeds after roasting

Eun-young Kim\*<sup>1</sup>, Bo-yeon Kim\*<sup>1</sup>, Hee-do Seo\*<sup>1</sup>, Sung-wan Kim\*<sup>1</sup>, Akifumi Ikehata\*<sup>2</sup>, Masao Takayanagi\*<sup>3</sup>,  
Sumio Kawano\*<sup>4</sup>, Satoru Tsuchikawa\*<sup>4</sup>, Rae-kwang Cho\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Department of Agricultural Chemistry, Kyung-Pook National University

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>3</sup> Graduate School of Agriculture, Tokyo University Agriculture & Technology

\*<sup>4</sup> Faculty of Agriculture, Kagoshima University

\*<sup>5</sup> Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University

胡麻を300℃まで段階的に加熱し、その際の近赤外スペクトル変化を測定した。その結果、高温まで保持される水が存在することと、加熱によってアミノ酸残基の損傷が起こり、アミノ基に帰属されるピーク (2056 nm) の短波長シフトとして顕著に確認されることが明らかとなった。

加熱処理後の胡麻に残存する水分の近赤外分光観察

Eun-young Kim\*<sup>1</sup>, Bo-yeon Kim\*<sup>1</sup>, Hee-do Seo\*<sup>1</sup>, Sung-wan Kim\*<sup>1</sup>, 池羽田晶文\*<sup>2</sup>, 高柳 正夫\*<sup>3</sup>, 河野 澄夫\*<sup>4</sup>, 土川 寛\*<sup>4</sup>,  
趙 来光\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 慶北大学校農学研究科

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>3</sup> 東京農工大学農学研究科

\*<sup>4</sup> 鹿児島大学農学研究科

\*<sup>5</sup> 名古屋大学生命農学研究科

Macromolecules, 46 (3), 1041-1053 (2013)

Hydration states of poly (N-isopropylacrylamide) and poly (N,N-diethylacrylamide) and their monomer units  
in aqueous solutions with lower critical solution temperatures studied by infrared spectroscopy

Chihiro Hashimoto\*<sup>1</sup>, Akiyoshi Nagamoto\*<sup>2</sup>, Takashi Maruyama\*<sup>2</sup>, Naomi Kariyama\*<sup>3</sup>, Yuma Irisa\*<sup>3</sup>, Akifumi Ikehata\*<sup>4</sup>, Yukihiko Ozaki\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Department of Applied Chemistry and Biotechnology, Niihama National College of Technology

\*<sup>2</sup> Kohjin Co., Ltd.

\*<sup>3</sup> School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University

\*<sup>4</sup> National Food Research Institute, NARO

ドラッグデリバリーシステムや再生医療分野で利用される poly (N-isopropylacrylamide) (PNiPA) と poly (N,N-diethylacrylamide) (PdEA) の水和ランダムコイル-グロビュール転移について、赤外分光法を用いて調べた。さらに下限臨界温度を有するモノマーユニットである N-isopropylpropionamide と N,N-diethylpropylacrylamide の水またはシクロヘキサン溶液を利用し、上記高分子系と相図上での比較を行った。濃度変化スペクトルの解析から、アミド間の相互作用は N,N-dialkylamide (双極子相互作用) よりも N-alkylamide (C=O...H-N) の方が強いことが確認された。また PNiPA のアミド基についてはコイル状態においてなおすべてが C=O...H-N 水素結合であり、アルキル基周辺の水和度は PdEA と同等にもかかわらず、アミド基部分の水和は PNiPA の方が少なかった。アミド I と C-H バンドの解析から、加熱に伴うコイル-グロビュール転移は脱水和に起因することが明らかになった。

下限臨界温度を有する poly (N-isopropylacrylamide), poly (N,N-diethylacrylamide)  
およびそのモノマーユニット水溶液の赤外分光法による研究

橋本 千尋\*<sup>1</sup>, 永本 明元\*<sup>2</sup>, 丸山 学士\*<sup>2</sup>, 菊山 直美\*<sup>3</sup>, 入佐 勇摩\*<sup>3</sup>, 池羽田晶文\*<sup>4</sup>, 尾崎 幸洋\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> 新居浜工業高等専門学校生物応用化学科

\*<sup>2</sup> 株式会社興人

\*<sup>3</sup> 関西学院大学理工学部

\*<sup>4</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi) 54 (1), 75-82 (2013)

Inter-laboratory Study of an LC-MS/MS Method for Simultaneous Determination of Deoxynivalenol  
and Its Acetylated Derivatives, 3-Acetyl-deoxynivalenol and 15-Acetyl-deoxynivalenol in Wheat

Tomoya Yoshinari\*<sup>1</sup>, Toshitsugu Tanaka\*<sup>2</sup>, Eiichi Ishikuro\*<sup>3</sup>, Masakazu Horie\*<sup>4</sup>, Toshihiro Nagayama\*<sup>5</sup>,  
Masahiro Nakajima\*<sup>6</sup>, Shigehiro Naito\*<sup>7</sup>, Takahiro Ohnishi\*<sup>1</sup>, Yoshiko Sugita-Konishi\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Institute of Health Sciences

\*<sup>2</sup> Kobe Institute of Health

\*<sup>3</sup> Japan Scientific Feeds Association

\*<sup>4</sup> Otsuma Women's University

\*<sup>5</sup> Tokyo Metropolitan Institute of Public Health

\*<sup>6</sup> Nagoya City Public Health Research Institute

\*<sup>7</sup> National Food Research Institute, NARO

小麦中のデオキシニバレノール (DON), 3-アセチルデオキシニバレノール (3ADON) および15-アセチルデオキシニバレノール (15ADON) の LC-MS/MS を用いた同時分析法の共同試験を 9 機関で実施した。試料には添加試料3種 (10, 50, 150 μg/kg), 自然汚染小麦 1 種と無汚染小麦 1 種を用いた。DON, 3ADON および15ADON の回収率は 99~103%, 89~99% および 85~90% であった。また、いずれのカビ毒についても併行相対標準偏差は 15% 未満, 室間再現相対標準偏差は 30% 未満, HorRat 値は 0.4~1.2 の範囲であったことから、本法の有用性が示唆された。

小麦中のデオキシニバレノール, 3-アセチルデオキシニバレノール  
および15-アセチルデオキシニバレノールの LC-MS/MS による同時分析法の試験室間共同試験

吉成 知也\*<sup>1</sup>, 田中 敏嗣\*<sup>2</sup>, 石黒 瑛一\*<sup>3</sup>, 堀江 正一\*<sup>4</sup>, 永山 敏廣\*<sup>5</sup>,  
中島 正博\*<sup>6</sup>, 内藤 成弘\*<sup>7</sup>, 大西 貴弘\*<sup>1</sup>, 小西 良子\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 国立医薬品食品衛生研究所

\*<sup>2</sup> 神戸市環境保健研究所

\*<sup>3</sup> 日本科学飼料協会

\*<sup>4</sup> 大妻女子大学

\*<sup>5</sup> 東京都健康安全研究センター

\*<sup>6</sup> 名古屋市衛生研究所

\*<sup>7</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

食品総合研究所報告 77号, 69-77 (2013)

精米粉末中のカドミウム及び必須無機元素の2007年度技能試験結果

内藤 成弘, 進藤久美子, 安井 明美

(独) 農研機構食品総合研究所

(独) 農研機構食品総合研究所が実施した精米粉末中のカドミウム及び必須無機元素の2007年度技能試験の47参加試験室からの報告値を技能試験の国際ハーモナイズドプロトコルに従って解析した。水分、カドミウム及び9必須無機元素のすべての測定対象成分について|zスコア|>2の報告値が存在した。ナトリウム、カルシウム、リンは、報告値のばらつきが大きく、ハーモナイズドプロトコルに従っての付与値の決定はできず、これら3成分については、外れ値除去後の中央値又は均質性確認試験の20試料の分析値の平均値から参考値を決定した。|zスコア|>3の報告値を提出した18試験室のうち、10試験室は|zスコア|>3の報告値を複数の測定対象成分で提出していた。

Results of the proficiency testing program for determination of cadmium and essential inorganic elements in milled rice flour in 2007

Shigehiro Naito, Kumiko Shindoh, Akemi Yasui

National Food Research Institute, NARO

Journal of AOAC International, 95 (2), 508-516 (2012)

Comprehensive GMO detection using real-time PCR array: single-laboratory validation

Junichi MANO\*<sup>1</sup>, Mioko HARADA\*<sup>1</sup>, Reona TAKABATAKE\*<sup>1</sup>, Satoshi FURUI\*<sup>1</sup>, Kazumi KITTA\*<sup>1</sup>,  
Kosuke NAKAMURA\*<sup>2</sup>, Hiroshi AKIYAMA\*<sup>2</sup>, Reiko TESHIMA\*<sup>2</sup>, Hiromichi NORITAKE\*<sup>3</sup>, Shuko HATANNO\*<sup>4</sup>,  
Satoshi FUTO\*<sup>4</sup>, Yasutaka MINEGISHI\*<sup>5</sup>, Tayoshi IIZUKA\*<sup>6</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> National Institute of Health Sciences

\*<sup>3</sup> Food and Agricultural Materials Inspection Center

\*<sup>4</sup> Fasmac Co., Ltd.

\*<sup>5</sup> Nippon Gene Co., Ltd.

\*<sup>6</sup> Japan Inspection Association of Food and Food Industry Environment

遺伝子組換え農作物の網羅的検知を目的として、リアルタイムPCRアレイ法について開発を行っている。本分析法は、ゲノムDNAを農産物から抽出したのち、個別のGM系統、組換えDNAセグメント、種特異的DNA、各組換えDNAの供与生物等を標的とする多様な定性リアルタイムPCRによって96ウェルPCRプレート上で分析を行うものである。本稿では、リアルタイムPCRアレイ法を構成するDNA抽出法及び個別のリアルタイムPCRの単一試験室における妥当性確認を行ったので報告する。特定の植物試料に対するDNA抽出法を選び、DNAの収量、断片化の状態、PCR阻害の点で評価を行った。また、リアルタイムPCRについて、反応特異性と検知下限について評価を行った。いずれのDNA抽出法、リアルタイムPCRともに分析法としての性能は過去の報告にもとづく基準を満たした。

リアルタイムPCRアレイによる総合的な遺伝子組換え体の検知：単一研究室による妥当性確認

真野 潤一\*<sup>1</sup>, 原田美央子\*<sup>1</sup>, 高島令王奈\*<sup>1</sup>, 古井 聡\*<sup>1</sup>, 橋田 和美\*<sup>1</sup>,  
中村 公亮\*<sup>2</sup>, 穂山 浩\*<sup>2</sup>, 手島 玲子\*<sup>2</sup>, 則武 寛通\*<sup>3</sup>, 波田野修子\*<sup>4</sup>,  
布藤 聡\*<sup>4</sup>, 峯岸 恭孝\*<sup>5</sup>, 飯塚 太由\*<sup>6</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 国立医薬品食品衛生研究所

\*<sup>3</sup> (独) 農林水産消費安全技術センター

\*<sup>4</sup> 株式会社ファスマック

\*<sup>5</sup> 株式会社ニッポンジーン

\*<sup>6</sup> (財) 食品環境検査協会

Food Hygiene and Safety Science, 53 (4), 166-171 (2012)

Development and validation of event-specific quantitative PCR method for genetically modified maize MIR604

Junichi MANO\*<sup>1</sup>, Satoshi FURUI\*<sup>1</sup>, Kaori TAKASHIMA\*<sup>1</sup>, Tomohiro KOIWA\*<sup>2</sup>, Satoshi FUTO\*<sup>3</sup>, Yasutaka MINEGISHI\*<sup>4</sup>, Hiroshi AKIYAMA\*<sup>5</sup>, Reiko TESHIMA\*<sup>5</sup>, Takeyo KURASHIMA\*<sup>1</sup>, Reona TAKABATAKE\*<sup>1</sup>, Kazumi KITTA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO  
 \*<sup>2</sup> Food and Agricultural Materials Inspection Center  
 \*<sup>3</sup> Fasmac Co., Ltd.  
 \*<sup>4</sup> Nippon Gene Co., Ltd.  
 \*<sup>5</sup> National Institute of Health Sciences

遺伝子組換えトウモロコシ MIR604 系統は食品として流通しており、当該系統に対する定量検知法が食品表示を検証するために必要とされている。そこで、リアルタイム PCR を用いた MIR604 系統新規定量検知法の開発を試みた。まず、MIR604 系統及びトウモロコシ内在性のスターチシンターゼ IIb 遺伝子に対するリアルタイム PCR を設計した。続いて、MIR604 系統特異的 DNA 及び内在性 DNA のコピー数比から重量比の GM トウモロコシ混入率を算出するために必要となる内標比を決定した。最後に、分析法の妥当性を確認するため、MIR604 系統を 0.5、1.0、5.0、10.0% で含むブラインド試料を調製し、国際的にハーモナイズされたガイドラインに従って試験室間共同試験を実施した。開発した分析法の室間再現精度は、ブラインド試料の全ての混入濃度において 25% 以下であり、分析法の定量検知下限は ISO 24276 に基づいて 0.5% と決定された。以上の結果から、開発した分析法が実際の定量検査に適していることが確認された。

遺伝子組換えトウモロコシ MIR604 系統特異的定量 PCR 法の開発と妥当性確認

真野 潤一\*<sup>1</sup>, 古井 聡\*<sup>1</sup>, 高島かおり\*<sup>1</sup>, 小岩 智宏\*<sup>2</sup>, 布藤 聡\*<sup>3</sup>, 峯岸 恭孝\*<sup>4</sup>,  
 穂山 浩\*<sup>5</sup>, 手島 玲子\*<sup>5</sup>, 倉嶋たけ代\*<sup>1</sup>, 高島令王奈\*<sup>1</sup>, 橋田 和美\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所  
 \*<sup>2</sup> (独) 農林水産消費安全技術センター  
 \*<sup>3</sup> 株式会社ファスマック  
 \*<sup>4</sup> 株式会社ニッポンジーン  
 \*<sup>5</sup> 国立医薬品食品衛生研究所

Food Hygiene and Safety Science, 53 (4), 157-165 (2012)

Quantification and identification of genetically modified maize events in non-identity preserved maize samples in 2009 using an individual kernel detection system

Hiroshi AKIYAMA\*<sup>1</sup>, Yasutaka MINEGISHI\*<sup>2, 5</sup>, Daiki MAKIYAMA\*<sup>1</sup>, Junichi MANO\*<sup>3</sup>, Kozue SAKATA\*<sup>1</sup>, Kosuke NAKAMURA\*<sup>1</sup>, Akio NOGUCHI\*<sup>1</sup>, Reona TAKABATAKE\*<sup>3</sup>, Satoshi FUTO\*<sup>4</sup>, Kazunari KONDO\*<sup>1</sup>, Kazumi KITTA\*<sup>3</sup>, Yasuo KATO\*<sup>5</sup>, Reiko TESHIMA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Institute of Health Sciences  
 \*<sup>2</sup> Nippon Gene Co., Ltd.  
 \*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO  
 \*<sup>4</sup> Fasmac Co., Ltd.  
 \*<sup>5</sup> Toyama Prefectural University

2009年度の5検体の米国産不分別遺伝子組換えトウモロコシに関して、粒単位検出システムを用いて遺伝子組換えトウモロコシの混入率を算出した。遺伝子組換えと判断されたトウモロコシ粒に関しては、2種類の定性マルチプレックスPCR法、および部分的にリアルタイムPCRアレイ法を用いて系統分析を行った。5検体の平均混入率および標準偏差は、81.9% ± 2.8%であった。単一系統遺伝子組換えトウモロコシの平均混入率は46.9%で、スタック品種の平均混入率は35.0%であった。単一系統では、MON88017系統とNK603系統が主に検出され、スタック品種ではMON810系統とMON88017系統の掛け合わせ品種が主流であった。本研究は、粒単位の輸入トウモロコシ試料中の遺伝子組換えトウモロコシ系統に関して、示唆を与えるものである。

粒単位検出システムを用いた2009年度産遺伝子組換えトウモロコシ試料の遺伝子組換えトウモロコシ品種の定量と同定

穂山 浩\*<sup>1</sup>, 峯岸 恭孝\*<sup>2, 5</sup>, 牧山 太樹\*<sup>1</sup>, 真野 潤一\*<sup>3</sup>, 坂田こずえ\*<sup>1</sup>,  
 中村 公亮\*<sup>1</sup>, 野口 秋雄\*<sup>1</sup>, 高島令王奈\*<sup>3</sup>, 布藤 聡\*<sup>4</sup>, 近藤 一成\*<sup>1</sup>,  
 橋田 和美\*<sup>3</sup>, 加藤 康夫\*<sup>5</sup>, 手島 玲子\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 国立医薬品食品衛生研究所  
 \*<sup>2</sup> 株式会社ニッポンジーン  
 \*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所  
 \*<sup>4</sup> (株) ファスマック  
 \*<sup>5</sup> 富山県立大学

Food Chemistry, 136 (24), 895-901 (2012)

Application of a qualitative and quantitative real-time polymerase chain reaction method for detecting genetically modified papaya line 55-1 in papaya products

Kosuke NAKAMURA\*<sup>1</sup>, Hiroshi AKIYAMA\*<sup>1</sup>, Yuki TAKAHASHI\*<sup>1, \*2</sup>, Tomoko KOBAYASHI\*<sup>1</sup>, Akio NOGUCHI\*<sup>1</sup>, Kiyomi OHMORI\*<sup>3</sup>, Masaki KASAHARA\*<sup>4</sup>, Kazumi KITTA\*<sup>5</sup>, Hiroyuki NAKAZAWA\*<sup>2</sup>, Kazunari KONDO\*<sup>1</sup>, Reiko TESHIMA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Institute of Health Sciences

\*<sup>2</sup> Department of Analytical Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Hoshi University

\*<sup>3</sup> Chemistry Division, Kanagawa Prefectural Institute of Public Health

\*<sup>4</sup> Food and Agricultural Materials Inspection Center

\*<sup>5</sup> National Food Research Institute, NARO

パパイヤリングスポットウイルスの感染に対し抵抗性のある、遺伝子組換え (GM) パパイヤ55-1系統は国際的に流通している。多くの国においてGM食品の表示が義務づけられており、55-1系統を検知するための検査法も求められている。本研究においては、パパイヤ加工食品中の55-1系統の検知のため、系統特異的および構造特異的なリアルタイムPCR法の開発を行った。生果ではホモ接合型のSunUpおよびヘテロ接合型のRaibow品種それぞれにおいて、0.001%および0.01% (重量比)までnon-GMパパイヤで希釈しても定量可能であった。標準プラスミドを利用したところ、検知および定量下限はハプロイドゲノム250コピーであった。本法はパパイヤを主原料として含む8種類の加工品 (缶詰、漬物、ドライフルーツ、パパイヤ茶、ジャム、ピューレ、ジュース、冷凍菓子)において、55-1系統の定性検知に適用可能であった。

PCR法に基づく遺伝子組換えパパイヤ55-1系統に対する定性および定量検知法のパパイヤ加工品における適用

中村 公亮\*<sup>1</sup>, 穂山 浩\*<sup>1</sup>, 高橋 勇貴\*<sup>1, \*2</sup>, 小林 友子\*<sup>1</sup>, 野口 秋雄\*<sup>1</sup>, 大森 清美\*<sup>3</sup>, 笠原 正輝\*<sup>4</sup>, 橘田 和美\*<sup>5</sup>, 中澤 裕之\*<sup>2</sup>, 近藤 一成\*<sup>1</sup>, 手島 玲子\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 国立医薬品食品衛生研究所

\*<sup>2</sup> 星薬科大学薬品分析化学教室

\*<sup>3</sup> 神奈川県衛生研究所理科学部

\*<sup>4</sup> (独) 農林水産消費安全技術センター

\*<sup>5</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Food Hygiene and Safety Science, 53 (5) 203-210 (2012)

An endogenous reference gene of common and durum wheat for detection of genetically modified wheat

Shinjiro IMAI\*<sup>1</sup>, Keiko TANAKA\*<sup>1</sup>, Yasuyuki NISHITSUJI\*<sup>1</sup>, Yosuke KIKUCHI\*<sup>1</sup>, Yasuyuki MATSUOKA\*<sup>2</sup>, Shin-ichiro ARAMI\*<sup>2</sup>, Megumi SATO\*<sup>2</sup>, Hiroyuki HARAGUCHI\*<sup>2</sup>, Youichi KURIMOTO\*<sup>2</sup>, Junichi MANO\*<sup>3</sup>, Satoshi FURUI\*<sup>3</sup>, Kazumi KITTA\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Quality Assurance Division, Research Center for Basic Science Research and Development, Nisshin Seifun Group Inc.

\*<sup>2</sup> Central Laboratory, Nippon Flour Mills Co., Ltd.

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

将来的に流通が予想される遺伝子組換え (GM) コムギの検知法開発のため、prolin-rich protein (PRP) 遺伝子について普通コムギおよびデュラムコムギの種特異的内在性遺伝子としての評価を行った。リアルタイムPCR分析の結果、コムギDNAからのみ増副産物が得られ、PRP検知系はコムギに特異的であることが示された。評価に用いた全てのコムギ試料において増副産物強度およびCt値は極めて近い値を示し、PRP検知系が高い配列安定性を有することが示唆された。検知下限はハプロイドゲノム5コピーと見積もられた。普通コムギにおいてPRP領域は1ないし2コピー存在することが示された。また、標準プラスミドのコピー数とCt値の間に高い直線性が認められ、GMコムギの定量のための適切な検量線が得られることが示唆された。以上の結果から、PRP遺伝子はPCRに基づくGMコムギ検知において適切な種特異的内在性遺伝子であることを示した。

遺伝子組換えコムギ検知に有用な普通コムギおよびデュラムコムギの種特異的内在性遺伝子

今井伸二郎\*<sup>1</sup>, 田中 啓子\*<sup>1</sup>, 西辻 泰之\*<sup>1</sup>, 菊池 洋介\*<sup>1</sup>, 松岡 靖幸\*<sup>2</sup>, 荒見真一郎\*<sup>2</sup>, 佐藤 恵美\*<sup>2</sup>, 原口 浩幸\*<sup>2</sup>, 栗本 洋一\*<sup>2</sup>, 真野 潤一\*<sup>3</sup>, 古井 聡\*<sup>3</sup>, 橘田 和美\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> (株) 日清製粉グループ本社基礎研究所R&D品質保証本部

\*<sup>2</sup> 日本製粉 (株) 中央研究所

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Food Hygiene and Safety Science, 53 (5) 195-202 (2012)

Development of methods to distinguish between durum/common wheat and common wheat in blended flour using PCR

Yasuyuki MATSUOKA\*<sup>1</sup>, Shin-ichiro ARAMI\*<sup>1</sup>, Megumi SATO\*<sup>1</sup>, Hiroyuki HARAGUCHI\*<sup>1</sup>, Youichi KURIMOTO\*<sup>1</sup>,  
Shinjiro IMAI\*<sup>2</sup>, Keiko TANAKA\*<sup>2</sup>, Junichi MANO\*<sup>3</sup>, Satoshi FURUI\*<sup>3</sup>, Kazumi KITTA\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Central Laboratory, Nippon Flour Mills Co., Ltd.

\*<sup>2</sup> Quality Assurance Division, Research Center for Basic Science Research and Development, Nisshin Seifun Group Inc.

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

コムギA, B, Dゲノム上にコードされているスターチシンターゼII (SSII) の僅かな配列の差を利用して, デュラム/普通コムギと普通コムギを判別するPCR法に基づく手法を開発した. プライマー対SSII ex7-U/LはSSII-A, B, D上において保存されている領域を認識し, デュラム/普通コムギ特異的に114 bpの増副産物を生じた. 一方, プライマー対SSII-D 1769U/1889LはSSII-D上の特微的な配列を認識し, 121 bpの増副産物は普通コムギからのみ得られた. 本研究により開発されたPCRシステムは, コムギと他の穀物の混合粉末から, デュラム/普通コムギと普通コムギを検出可能であった. 従って, 上記2つのPCRシステムは穀類の混合粉末からデュラムおよび/あるいは普通コムギを検出することが可能であり, 適正な食品表示の確保に資することが示唆された.

PCRによるコムギ混合粉中のデュラム/普通コムギと普通コムギの識別法の開発

松岡 靖幸\*<sup>1</sup>, 荒見真一郎\*<sup>1</sup>, 佐藤 恵美\*<sup>1</sup>, 原口 浩幸\*<sup>1</sup>, 栗本 洋一\*<sup>1</sup>,  
今井伸二郎\*<sup>2</sup>, 田中 啓子\*<sup>2</sup>, 真野 潤一\*<sup>3</sup>, 古井 聡\*<sup>3</sup>, 橘田 和美\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> 日本製粉 (株) 中央研究所

\*<sup>2</sup> (株) 日清製粉グループ本社基礎研究所 R&D 品質保証本部

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Biological and Pharmaceutical Bulletin, 36 (1), 131-134 (2013)

Development and interlaboratory validation of quantitative polymerase chain reaction method for screening analysis of genetically modified soybeans

Reona TAKABATAKE\*<sup>1</sup>, Mari ONISHI\*<sup>2</sup>, Tomohiro KOIWA\*<sup>3</sup>, Satoshi FUTO\*<sup>2</sup>, Yasutaka MINEGISHI\*<sup>4</sup>,  
Hiroshi AKIYAMA\*<sup>5</sup>, Reiko TESHIMA\*<sup>5</sup>, Takeyo KURASHIMA\*<sup>1</sup>, Junichi MANO\*<sup>1</sup>, Satoshi FURUI\*<sup>1</sup>, Kazumi KITTA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> FASMAC Co., Ltd.

\*<sup>3</sup> Food and Agricultural Materials Inspection Center

\*<sup>4</sup> Nippon Gene Co., Ltd.

\*<sup>5</sup> National Institute of Health Sciences

3種類の遺伝子組換えゲイズRoundup Ready Soy (RRS), A2704-12およびMON89788に対する新規スクリーニング定量法を開発した. カリフラワーモザイクウイルス35Sプロモーター (P35S) は, RRS及びA2704-12には導入されているが, MON89788中には存在しないことから, P35S及びMON89788系統特異的領域を対象としたリアルタイムPCRによる定量法を設計した. GMO混入率をコピー数比から重量混合比に変換するための係数であるCf値を実験的に決定した. さらに, 分析法の真度と精度を, それぞれ偏差及び室間再現相対標準偏差によって評価した. 決定された室間再現相対標準偏差は25%以下となり, 本定量法は, 簡易な概算定量法として適当なものと考えられる.

遺伝子組換えゲイズのスクリーニング定量法の開発及び妥当性確認

高島令王奈\*<sup>1</sup>, 大西 真理\*<sup>2</sup>, 小岩 智宏\*<sup>3</sup>, 布藤 聡\*<sup>2</sup>, 峯岸 恭孝\*<sup>4</sup>,  
龜山 浩\*<sup>4</sup>, 手島 玲子\*<sup>5</sup>, 倉嶋たけ代\*<sup>1</sup>, 真野 潤一\*<sup>1</sup>, 古井 聡\*<sup>1</sup>, 橘田 和美\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (株) ファスマック

\*<sup>3</sup> (独) 農林水産消費安全技術センター

\*<sup>4</sup> (株) ニッポンジーン

\*<sup>5</sup> 国立医薬品食品衛生研究所

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 77 (1), 126-131 (2013)

Evaluation of extraction solutions for biochemical analyses of the proteins in rice grains

Gang-hua LANG, Yukari KAGIYA, Mayumi OHNISHI-KAMEYAMA, Kazumi KITTA

National Food Research Institute, NARO

イネ穀粒からのタンパク抽出における、抽出液の差異が及ぼす影響について検討した。塩可溶性タンパク質の抽出においては、Tris-HClを含む緩衝液 (pH8.0) により最も多量のタンパク質が抽出された。コメ主要アレルゲンについては多重免疫検出法を用いて分析した。電気泳動において、メインバンドと共に低分子のバンドが出現した $\alpha$ -グロブリンを除き、pH8.0の抽出液では他の主要アレルゲンで有意な抽出液依存性を示したものはなかった。総タンパク質については4種の異なる抽出液を検討した。グルテリン塩基性サブユニットの抽出はSDS依存的であり、SDSの添加でより多くの抽出が認められた。一方、 $\alpha$ -グロブリンおよび $\alpha$ -アミラーゼ/トリプシンインヒビターについては、SDSが添加されていない方がより多くのタンパク質が得られた。以上の結果から、イネ穀粒の塩可溶性タンパク質および全タンパク質の分析において比較可能なデータを得るためには、抽出液によりタンパク抽出効率に差異があることに留意すべきであることを結論づけた

イネ穀粒タンパク質の生化学分析における抽出液の評価

郎 剛華, 鍵屋ゆかり, 大西-亀山真由美, 橘田 和美

(独) 農研機構食品総合研究所

Food Hygiene and Safety Science, 54 (1), 25-30 (2013)

Development and validation of event-specific quantitative PCR method for genetically modified maize LY038

Junichi MANO\*<sup>1</sup>, Tomoko MASUBUCHI\*<sup>1</sup>, Shuko HATANO\*<sup>2</sup>, Satoshi FUTO\*<sup>2</sup>, Tomohiro KOIWA\*<sup>3</sup>,  
Yasutaka MINEGISHI\*<sup>4</sup>, Akio NOGUCHI\*<sup>5</sup>, Kazunari KONDO\*<sup>5</sup>, Hiroshi AKIYAMA\*<sup>5</sup>, Reiko TESHIMA\*<sup>5</sup>,  
Takeyo KURASHIMA\*<sup>1</sup>, Reona TAKABATAKE\*<sup>1</sup>, Kazumi KITTA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Fasmac Co., Ltd.

\*<sup>3</sup> Food and Agricultural Materials Inspection Center

\*<sup>4</sup> Nippon Gene Co., Ltd.

\*<sup>5</sup> National Institute of Health Sciences

遺伝子組換えトウモロコシLY038系統に対するリアルタイムPCRを用いた新規定量検知法の開発を行った。まず、LY038系統およびトウモロコシ内在性のスターチシンターゼIIb遺伝子を標的としてリアルタイムPCRを設計した。続いて、LY038系統特異的DNAおよび内在性DNAのコピー数比から重量比によるGMトウモロコシ混入率を算出するために必要となる内標比を決定した。最後に、分析法の妥当性を確認するため、LY038系統を0, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0%含むDNA溶液をブラインド試料として、国際的にハーモナイズされたガイドラインに従い、試験室間共同試験を実施した。開発した分析法の室間再現精度は、ブラインド試料の全ての混入濃度において25%以下であったことから、ISO 24276の定義に基づいて分析法の定量検知下限は0.5%と判断された。この結果から、開発した分析法が実際の定量検査に利用可能であることが確認された。

遺伝子組換えトウモロコシLY038系統特異的定量PCR法の開発と妥当性確認

真野 潤一\*<sup>1</sup>, 増渕 友子\*<sup>1</sup>, 波田野修子\*<sup>2</sup>, 布藤 聡\*<sup>2</sup>, 小岩 智宏\*<sup>3</sup>,  
峯岸 恭孝\*<sup>4</sup>, 野口 秋雄\*<sup>5</sup>, 近藤 一成\*<sup>5</sup>, 穂山 浩\*<sup>5</sup>, 手島 玲子\*<sup>5</sup>,  
倉嶋たけ代\*<sup>1</sup>, 高島令王奈\*<sup>1</sup>, 橘田和美\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 株式会社ファスマック

\*<sup>3</sup> (独) 農林水産消費安全技術センター

\*<sup>4</sup> 株式会社ニッポンジーン

\*<sup>5</sup> 国立医薬品食品衛生研究所

Food Control, 32 (2), 728-736 (2013)

A DNA extraction and purification method using an ion-exchange resin type kit for the detection of genetically modified papaya in processed papaya products

Kiyomi OHMORI\*<sup>1</sup>, Kosuke NAKAMURA\*<sup>2</sup>, Masaki KASAHARA\*<sup>3</sup>, Reona TAKABATAKE\*<sup>4</sup>, Kazumi KITTA\*<sup>4</sup>, Teruhisa FUJIMAKI\*<sup>1</sup>, Kazunari KONDO\*<sup>2</sup>, Reiko TESHIMA\*<sup>2</sup>, Hiroshi AKIYAMA\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Chemistry Division, Kanagawa Prefectural Institute of Public Health

\*<sup>2</sup> National Institute of Health Sciences

\*<sup>3</sup> Food and Agricultural Materials Inspection Center

\*<sup>4</sup> National Food Research Institute, NARO

パパイヤ加工品からのDNA抽出・精製法は、安全性承認された遺伝子組換え (GM) パパイヤの食品表示における規制、あるいは安全性未承認GMパパイヤの輸入規制の点から欠かせない。本研究では、乾燥品、缶詰、ジャム等のパパイヤ加工品からのDNA抽出法を検討した。乾燥パパイヤ及び缶詰パパイヤからのDNA抽出では、RNase、セルラーゼ及びプロテイナーゼKによる前処理が必要であった。ジャムからのDNA抽出には、 $\alpha$ -アミラーゼが不可欠であることが明らかとなった。また、イオン交換レジン (IER-100G) を用いた場合のDNA抽出量は、他の5種類の抽出法 (IER-20G, QIAamp DNA Stool Mini Kit, DNeasy Plant Maxi Kit, GM quicker 3 Kit, Wizard Cleanup Resin System) に比べて最も高かった。我々は、加工品からのGMパパイヤ検出に有用な抽出・精製法を開発した。

パパイヤ加工品からの遺伝子組換えパパイヤ検出のためのイオン交換レジン型キットを用いたDNA抽出・精製法

大森 清美\*<sup>1</sup>, 中村 公亮\*<sup>2</sup>, 笠原 正輝\*<sup>3</sup>, 高島令王奈\*<sup>4</sup>, 橘田 和美\*<sup>4</sup>,  
藤巻 照久\*<sup>1</sup>, 近藤 一成\*<sup>2</sup>, 手島 玲子\*<sup>2</sup>, 穂山 浩\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> 神奈川県衛生研究所理科学部

\*<sup>2</sup> 国立医薬品食品衛生研究所

\*<sup>3</sup> (独) 農林水産消費安全技術センター

\*<sup>4</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

JARQ (Japan Agricultural Research Quarterly) 46 (3), 215-220 (2012)

Study of the formation of trans fatty acids in model oils (triacylglycerols) and edible oils during the heating process

Wakako Tsuzuki

National Food Research Institute, NARO

これまでの疫学研究から、トランス脂肪酸の過剰摂取と心疾患との関連性が指摘されているが、トランス脂肪酸は、調理等の加熱によっても油脂中に微量ではあるが生成することが知られている。本研究においては、モデル油脂 (トリアシルグリセロール) や市販食用油脂を加熱して、トランス脂肪酸生成と加熱との関連性を調べた。1gのトリオレインを180℃で4時間加熱することにより、約2%のトランス脂肪酸が生成したが、ビタミンE等の抗酸化剤を添加すると、加熱中のトランス異性化が抑制された。6種類の市販食用油脂の同条件下での加熱では、オレイン酸のトランス型生成は、0.08-0.25%であり、トリオレインの加熱の場合よりも、トランス異性化が抑制されていた。これは、各食用油脂に含まれている抗酸化剤の影響であることが示唆された。

モデル油脂 (トリアシルグリセロール) や食用油脂の加熱によるトランス脂肪酸生成の研究

都築和香子

(独) 農研機構食品総合研究所

Journal of AOAC International, 95 (6), 352-356 (2012)

Inconsistencies in highly polar capillary gas chromatography column and necessity of column performance checks for trans fatty acid measurement

Wakako Tsuzuki

National Food Research Institute, NARO

トランス脂肪酸測定は、AOCSやJOCSの公定法が公開され、実際の測定に利用されている。これらの公定法で使用されるガスクロマトグラフィーのカラムは、60–100 mの長さの高極性カラムであるが、ロットにより脂肪酸メチルエステルの分離能にばらつきがあった。例えば、近年のSP-2560カラムは、公定法通りの測定を行うと、11c-20: 1脂肪酸と9t, 12c, 15c-18: 3脂肪酸を完全分離できていなかった。9t, 12c, 15c-18: 3脂肪酸は、食用油脂に含まれるトランス脂肪酸の主要なひとつであり、トランス脂肪酸含量を過小評価する原因になる。このようなカラムの場合、公定法よりも、カラム温度を5℃下げて測定することにより、トランス脂肪酸測定を正確に行うことができた。高極性カラムは、ロットによる分離能に差異があることから、トランス脂肪酸測定を行う場合には、標準物質を使用して、カラムの分離能を必ずチェックする必要がある。

高極性キャピラリーガスクロマトグラフィカラムの不安定性とトランス脂肪酸測定のためのカラム挙動検査の必要性

都築和香子

(独) 農研機構食品総合研究所

食品総合研究所報告, 77, 13-18 (2013)

Composition and Pepsin Digestibility of Proteins Extracted from Microground Particles in Cooked Bean Paste (Ann)

Michiko Momma

National Food Research Institute, NARO

いんげん豆はあん等、全粒で加熱加工し、菓子やパン等に利用されることが多い。いんげん豆を全粒加熱したとき、細胞由来の難消化性の粒子が形成されるとともにペプシン抵抗性のレグミン塩基性サブユニットが検出されなくなることが明らかとなっている。本報告では、凍結乾燥したあんをジェットミルで微粉砕し、内部に含有されるたんぱく質組成を調べた。あん粒子微粉砕物からはレグミン塩基性サブユニットを含む数種類以上のポリペプチドが抽出され、その組成はいんげん豆たんぱく質とは異なり、主要たんぱく質であるファゼオリンの含有量が低かった。あん粒子から抽出したたんぱく質のペプシン消化性を測定したところレグミンサブユニットに由来すると見られるポリペプチドが高いペプシン抵抗性を示した。以上のことから、いんげん豆を全粒で加工するとペプシン消化耐性たんぱく質を包含する粒子が形成されることが示された。

いんげん豆あん粒子中のたんぱく質組成ならびにそのペプシン消化耐性について

門間美千子

(独) 農研機構食品総合研究所

北陸作物学会報告, (47), 55-57 (2012)

製粉方法の異なる米粉におけるファリノグラフを用いた吸水挙動の比較

細井 淳\*1, 奥西 智哉\*2

\*1 長野県農業試験場

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

米粉(グルテンを含む)における吸水動態を、ファリノグラフを用いて解析した。サンプルに少量の色素粉末を混合し、所定の加水量にてミキシングし観察したところ、異なる製粉方法によって得られた米粉における特徴の違いを容易かつ明瞭に把握できた。気流湿式では滑らかな質感となり、呈色が均一で早かった。ピンミル式およびロールミル式では、ざらついた質感となり、極度に色の濃い部分が斑点状に呈色した。気流乾式では、粉状の質感となり、呈色した部分が他と比べて極端に少なく遅かった。これらの特徴は、ミキシング開始15~20秒程度で最も顕著にあらわれた。

Comparison water-absorbing farinograph property of rice flour prepared by different milling methods

Jun Hosoi\*1, Tomoya Okunishi\*2

\*1 Nagano Agricultural Experiment Station

\*2 National Food Research Institute, NARO

日本食品科学工学会誌, 59 (8), 409-413 (2012)

米粉パン製造の適正加水量決定方法

奥西 智哉\*1, 中村 健治\*2, 宮本 守\*3, 宮下 香苗\*1

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*2 日清製粉株式会社つくば穀物科学研究所  
\*3 日の本穀粉株式会社

米粉パンを製造するときの加水量決定方法を開発した。3つの機関で、加水量を変えた生地を作成し評価を行った結果は同様であったことから、適正加水量を得た。加水量を増やすにつれ、パン比容積も増大し、ある地点で頭打ちとなった。その直前が適正加水量であり、小麦粉での500 BUと同じ点であった。異なった粉碎法で得られた米粉を使用したり、米粉の割合を変えても、この点は同じで、400 BUのファリノグラフ最高粘度を示した。

Determination of Amount of Water for Making Rice Breads

Tomoya Okunishi\*1, Kenji Nakamura\*2, Mamoru Miyamoto\*3, Kanae Miyashita\*1

\*1 National Food Research Institute, NARO  
\*2 Cereal Science Research Center, Nisshin Flour Milling Inc.  
\*3 Hinomoto Cereals Flour Milling Co. Ltd.

日本食品科学工学会誌, 59 (9), 473-475 (2012)

少量試料による米粉生地の膨化測定

奥西 智哉\*1, 宮下 香苗\*1, 大江翔太郎\*2, 萬代 悠太\*2, 増村 威宏\*2, 黒田 昌治\*3

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*2 京都府立大学生命環境科学研究科  
\*3 (独) 農研機構中央農業総合研究センター北陸研究センター

米粉パン用途としての試料スクリーニング法を開発した。2.5 gの試料を用いてプラスチックチューブ内で発酵させることにより評価を行う。1%以上のグルテンが含まれる試料を検出でき、これは従来の方法より感度がよい。遺伝子組み換えイネの製パン性評価に利用が期待できる。

Small Scale Screening Method to Find Adequate Flour as Bread-making

Tomoya Okunishi\*1, Kanae Miyashita\*1, Shotaro Oe\*2, Yuta Mandai\*2, Takehiro Masumura\*2, Masaharu Kuroda\*3

\*1 National Food Research Institute, NARO  
\*2 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Kyoto Prefectural University  
\*3 Hokuriku Research Center, NARC, NARO

日本食品科学工学会誌, 59 (12), 616-620 (2012)

米粉パン中の米粉割合推定のための競合的PCR法の利用

岸根 雅宏, 奥西 智哉

(独) 農研機構食品総合研究所

米粉パンにおける米粉割合を推定するための手法として半定量的な競合的PCR法を検討した。コメとコムギの葉緑体ゲノムの共通配列部分で作製したPCRプライマーを用いることにより、両者が競合的に増幅する一方、サイズが異なる増幅断片が得られることからゲル電気泳動で区別・検出できる。異なるDNA抽出試料、鋳型DNA濃度およびPCRサイクルを用いた条件検討の結果、コメとコムギに由来する増幅産物の量比は、PCR条件にはほとんど影響を受けず、また0-50%の米粉パンの分析において米粉割合にほぼ比例することが明らかとなった。一方で、増幅産物の量比は、米粉パンに原料として用いるコメの品種によって20%程度変動し、また、市販パンの分析においてそのパン種によっても変動することが示唆された。これらの結果は、本手法が米粉パンにおける米粉使用割合を大まかにではあるが簡易に推定できることを示すと同時に、分析試料に適した対象試料（使用品種・パン種）を用いれば、より正確な定量が可能となることを示唆している。

Competitive PCR Method for Estimation of Rice Flour Content in Rice Bread

Masahiro Kishine, Tomoya Okunishi

National Food Research Institute, NARO

Journal of Applied Glycoscience, 59 (4), 139-144 (2012)

Improvement of the RT-CaCCO process for efficient glucose recovery from starch-rich whole-crop rice.

Junko Matsuki, Riki Shiroma, Masakazu Ike, Ken Tokuyasu

National Food Research Institute, NARO

澱粉含量が全乾物重の26.4%を占める稲地上部全体（ホールクropp）の微粉砕物にRT-CaCCO前処理（常温付近での水酸化カルシウム処理および二酸化炭素中和）を適用し、酵素糖化によるグルコースの回収を行った。澱粉含量の低い稲わらで最適化されたRT-CaCCO法の基本条件下では、ホールクropp粉砕物を原料とした際の澱粉の糖化率は39.6%にとどまったため、水酸化カルシウム濃度、温度処理条件、および澱粉分解酵素添加の効果を検討した。原料粉末の乾燥重量に対する水酸化カルシウム濃度30%（重量比）で、RT-CaCCO後の穏和な温度処理を施すのが、澱粉の糖化促進に有効であることを見いだした。また、液化型で未糊化澱粉の分解性が高いBacillus属の $\alpha$ -アミラーゼを添加することで、原料からの総グルコース回収量は理論量の79.8%に達し、澱粉糖化率としては87.0%となった。このように、澱粉含量の高いホールクroppにRT-CaCCO法を適用する場合、熱糊化の代用となる十分なアルカリ糊化と適切な酵素の組み合わせが重要となることが示された。

澱粉含量の高い稲ホールクroppから効率的にグルコースを回収するためのRT-CaCCO法の改良

松木 順子, 城間 力, 池 正和, 徳安 健

(独) 農研機構食品総合研究所

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 77 (1), 161-166 (2013)

Controlled preparation of cellulases with xylanolytic enzymes from *Trichoderma reesei* (*Hypocrea jecorina*) by continuous-feed cultivation using soluble sugars

Masakazu Ike, Jeung-yil Park, Mine Tabuse, Ken Tokuyasu

Carbohydrate Laboratory, Food Resource Division, National Food Research Institute, NARO

高いキシラン分解活性を含むセルラーゼ製剤の効率的生産システムを開発することを目的とした。グルコース/セロビオースと共に、キシロースやアラビノースを添加した際、*T. reesei* M3-1株はセルロース分解酵素とキシラン分解酵素の両方を十分量生産した。この結果より、キシロースやアラビノースがキシラン分解酵素生産のための良い誘導物質であることが明らかとなった。グルコース、キシロース、セロビオースを炭素源・誘導物質として、M3-1株の連続フィード培養による酵素生産を行ったところ、各糖質の組成や添加時期を調節することで、様々なレベルのキシラン分解活性を含むセルラーゼ製剤を得ることができた。この際、セルロース分解酵素の生産速度は同程度であった一方で、3種混合液添加時におけるキシラン分解活性の生産速度は、グルコース・セロビオースの2種混合液添加時と比較して、極めて高かった。各酵素の誘導物質の添加様式を調節しながら連続フィード培養を行うことで、高い酵素生産性を維持しつつ酵素組成の制御が可能となることから、多様な繊維質生物変換プロセスに対応したテイラー型酵素生産へと繋がるものと期待される。

可溶性炭素源を用いた *Trichoderma reesei* の連続フィード培養によるキシラン分解活性含有型セルラーゼ製剤の生産制御

池 正和, 朴 正一, 田伏 美峰, 徳安 健

(独) 農研機構食品総合研究所

## Rapid analysis of transgenic rice straw using near-infrared spectroscopy

Takefumi Hattori\*<sup>1</sup>, Shinya Murakami\*<sup>1</sup>, Mai Mukai\*<sup>1</sup>, Tatsuhiko Yamada\*<sup>2</sup>, Hirohiko Hirochika\*<sup>3</sup>, Masakazu Ike\*<sup>4</sup>, Ken Tokuyasu\*<sup>4</sup>, Shiro Suzuki\*<sup>1</sup>, Masahiro Sakamoto\*<sup>5</sup>, Toshiaki Umezawa\*<sup>1</sup>, \*<sup>6</sup>

- \*<sup>1</sup> Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University  
 \*<sup>2</sup> Forestry and Forest Products Research Institute  
 \*<sup>3</sup> National Institute of Agrobiological Science  
 \*<sup>4</sup> National Food Research Institute, NARO  
 \*<sup>5</sup> Graduate School of Agriculture, Kyoto University  
 \*<sup>6</sup> Institute of Sustainability Science, Kyoto University

リグニン合成系遺伝子の発現量を制御した組換えイネ (*Oryza sativa* cv. Nipponbare) のリグニン含有量、澱粉含有量及び繊維質の酵素糖化効率について、近赤外分光法を用いて迅速に予測するモデルを構築した。この予測モデルにより、多種多様な組換えイネから、酵素糖化率の高い有望な組換えイネを非破壊的に迅速に選抜することが可能となる。

## 近赤外分光法による形質転換イネの迅速解析

服部 武文\*<sup>1</sup>, 村上 真也\*<sup>1</sup>, 向井 まい\*<sup>1</sup>, 山田 竜彦\*<sup>2</sup>, 廣近 洋彦\*<sup>3</sup>, 池 正和\*<sup>4</sup>, 徳安 健\*<sup>4</sup>, 鈴木 史朗\*<sup>1</sup>, 坂本 正弘\*<sup>5</sup>, 梅澤 俊明\*<sup>1</sup>, \*<sup>6</sup>

- \*<sup>1</sup> 京大大学生存圏研究所  
 \*<sup>2</sup> (独) 森林総合研究所  
 \*<sup>3</sup> (独) 農業生物資源研究所  
 \*<sup>4</sup> (独) 農研機構食品総合研究所  
 \*<sup>5</sup> 京都大学農学部  
 \*<sup>6</sup> 京大大学生存基盤科学研究ユニット

## Readily-milled fraction of wet sugarcane bagasse as an advanced feedstock for monosaccharide production via the RT-CaCCO process

Riki Shiroma\*<sup>1</sup>, Jeung-Yil Park\*<sup>1</sup>, Mitsuhiro Arakane\*<sup>1</sup>, Shoko Ishikawa\*<sup>2</sup>, Yoshifumi Terajima\*<sup>3</sup>, Masakazu Ike\*<sup>1</sup>, Ken Tokuyasu\*<sup>1</sup>

- \*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO  
 \*<sup>2</sup> National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, NARO  
 \*<sup>3</sup> Japan International Research Center for Agricultural Sciences

湿潤サトウキビバガスの粉碎性が高い画分にRT-CaCCOプロセスを適用し酵素糖化に供した。搾汁直後の湿潤バガスをシャーケミルで粉碎し、高粉碎性画分 (RF) と低粉碎性画分 (HF) に分画した。RT-CaCCO法によるRFからの単糖回収率は、HFを基質とした時の値よりも1.03–1.21倍高くなっていた。また、RF/HF (湿重比) を2/8に分画した際には、RFからの六炭糖回収率は90.9%に達し、この値はシャーケミル分画前のバガスで得られた値の1.3倍となった。この結果は、本プロセスはRF画分からの効率的な単糖回収に適することを示唆する。比較的繊維性の高いHFについては、ボイラー燃料やパーティクルボード原料等に供することが可能となる。

サトウキビバガスの易粉碎画分は、RT-CaCCOプロセスによる単糖生産に適した先端原料となる

城間 力\*<sup>1</sup>, 朴 正一\*<sup>1</sup>, 荒金 光弘\*<sup>1</sup>, 石川 葉子\*<sup>2</sup>, 寺島 義文\*<sup>3</sup>, 池 正和\*<sup>1</sup>, 徳安 健\*<sup>1</sup>

- \*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所  
 \*<sup>2</sup> (独) 農研機構九州沖縄農業研究センター  
 \*<sup>3</sup> (独) 国際農林水産業研究センター

Bioresource Technology 132, 419-422 (2013)

Sequential incubation of *Candida shehatae* and ethanol-tolerant yeast cells for efficient ethanol production from a mixture of glucose, xylose and cellobiose

Di Guan, Yuan Li, Riki Shiroma, Masakazu Ike, Ken Tokuyasu

National Food Research Institute, NARO

非組換え酵母を用いて5% (w/v) グルコース, 4% (w/v) キシロースと5% (w/v) セロビオースを含む混合糖液を発酵しエタノール生産を行った. 本研究では, (1) カンジダ属酵母 *Candida shehatae* D45-6株と *Saccharomyces cerevisiae* の連続発酵, そして (2) D45-6株と *Brettanomyces bruxellensis* の連続発酵を行った. いずれの場合も, D45-6株でまず発酵し, グルコースとキシロースを利用した後, エタノール高度耐性酵母 *S. cerevisiae* 或いは *B. bruxellensis* を接種し, セロビオースの発酵を行った. *S. cerevisiae* を用いる際にはβ-グルコシダーゼを添加した. この実験では, エタノール濃度は5.6-5.8% (w/v), 糖の消費率は99%であった. 本研究では, 単糖の発酵段階にセロビオースからグルコースへの分解を制限し, グルコース濃度を低く抑えることにより, D45-6株におけるエタノール阻害が問題となる濃度を達する前に単糖を全部利用することができた.

カンジダ属酵母とエタノール高度耐性酵母の連続培養によるグルコース,  
キシロースとセロビオースの混合糖液からのエタノール生産

関 笛, 李 源, 城間 力, 池 正和, 徳安 健

(独) 農研機構食品総合研究所

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 76 (11), 2142-2145 (2012)

Heterologous expression of corn cystatin in soybean and effect on growth of the stink bug

Masao ISHIMOTO\*<sup>1</sup>, Masaharu KURODA\*<sup>2</sup>, Koh-ichi YOZA\*<sup>3</sup>, Keito NISHIZAWA\*<sup>1</sup>, Masayoshi TERAISHI\*<sup>4</sup>,  
Nobuo MIZUTANI\*<sup>5</sup>, Kenji ITO\*<sup>5</sup>, Seiichi MORIYA\*<sup>5</sup>

\*<sup>1</sup> National Institute of Agrobiological Sciences

\*<sup>2</sup> Hokuriku Research Center

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>4</sup> Graduate School of Agriculture, Kyoto University

\*<sup>5</sup> NARO Agricultural Research Center

ホソヘリカメムシ (*Riptortus clavatus*) はダイズに対する重大な害虫である. トウモロコシシスタチンはホソヘリカメムシの消化性シテインプロテアーゼを強力に阻害した. トウモロコシシスタチンをダイズ種子にヘテロガスに発現させたところ, 虫のプロテアーゼを阻害したが, その成育は阻害しなかった.

ダイズにおけるトウモロコシシスタチンのヘテロガスな発現とカメムシの成育に対する効果

石本 政男\*<sup>1</sup>, 黒田 昌治\*<sup>2</sup>, 奥座 宏一\*<sup>3</sup>, 西澤けいと\*<sup>1</sup>, 寺石 政義\*<sup>4</sup>,  
水谷 信夫\*<sup>5</sup>, 伊藤 賢治\*<sup>5</sup>, 守屋 成一\*<sup>5</sup>

\*<sup>1</sup> 農業生物資源研究所

\*<sup>2</sup> 農研機構中央農業総合研究センター 北陸研究センター

\*<sup>3</sup> 農研機構食品総合研究所

\*<sup>4</sup> 京都大学農学部

\*<sup>5</sup> 農研機構中央農業総合研究センター

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 76 (5), 875-882 (2012)

Effect of mixed micellar lipids on carotenoid uptake by human intestinal Caco-2 cells

Eiichi Kotake-Nara, Akihiko Nagao

National Food Research Institute, NARO

ヒト腸管Caco-2細胞によるβ-カロテン取込みに対する混合ミセル脂質の影響を検討した。リゾホスファチジルコリン (LPC) 存在下でモノアシルグリセロールは濃度依存的に取込みを促進した。高濃度オレイン酸はLPC非存在下で取込みを促進したが、存在下では促進しなかった。LPCは低濃度オレイン酸存在下で取込みを促進したが、高濃度ではその効果は小さかった。コレステロールはLPC存在下で取込みを減少させたが、高濃度オレイン酸存在化では減少しなかった。コレステロール関連受容体SR-B1は混合ミセル（高濃度オレイン酸存在下の場合を除く）からのβ-カロテン取込みに部分的に介在した。全取込みの約20%が能動輸送を介していた。LPCは受動輸送と能動輸送による取込み両方を促進した。このように、混合ミセル脂質は、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細胞によるカロテノイド取込みに対する混合ミセル脂質の影響

小竹-奈良英一, 長尾 明彦

(独) 農研機構食品総合研究所

食品総合研究所研究報告, 77, 51-61 (2013)

食品害虫サイトの長期間アクセス解析

曲山 幸生, 七里 与子, 宮ノ下明大, 今村 太郎, 古井 聡, 和田 有史, 増田 知尋

(独) 農研機構食品総合研究所

食品害虫サイトの改訂や食総研サイトの農研機構サイト統一様式の採用等の効果が一時的なものなのか、継続的なものなのかを確認するためには、長期間のアクセス解析が必要である。食品害虫サイトのアクセス解析に関して、これまでは短期間の解析のみをおこなってきたためその都度異なるアクセス解析ツールを採用し、データ間の比較ができなかった。今回は2008年4月から2012年10月までの4年6か月間のアクセス解析を改めておこなった。その結果、2010年11月に実施した食品害虫サイト大幅改訂の効果は現在も継続していると考えられた。したがって、しばらくは食品害虫サイトを大幅改訂する必要はないと結論できた。

このような長期アクセス解析データは食品害虫サイト利用者にも有用であると考えたので、2012年11月より一部のデータを食品害虫サイト上で公開している。また、本報告ではアクセス解析の方法について簡単に解説した。

A Long-Term Analysis of Access Trend to Food-Insect Site

Yukio Magariyama, Kumiko Shichiri, Akihiro Miyanoshta, Taro Imamura, Satoshi Furui, Yuji Wada and Tomohiro Masuda

National Food Research Institute, NARO

日本食品科学工学会誌, 59 (10), 533-537 (2012)

オニオンエキスの製造工程におけるフラボノイドとラジカル消去活性の変動

竹中真紀子\*1, 永谷 幸善\*2, 小野 裕嗣\*1, 七山 和子\*1, 五十部誠一郎\*1

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 井村屋シーズニング株式会社

タマネギを原料とした風味付け調味料であるオニオンエキスが高いラジカル消去活性を有していることに着目し、その変動特性を明らかにするために、オニオンエキスの製造工程におけるラジカル消去活性の変動、主要なフラボノイドの含有量および褐変度の変動を追跡した。製造工程のうち、タマネギ搾汁濃縮液を加熱する段階でラジカル消去活性および褐変度が上昇し、遊離糖および遊離アミノ酸の一部ならびに多くのフラボノイドは消失した。オニオンエキスのラジカル消去活性本体はメラノイジンであると考えられ、疎水性相互作用による固相抽出を用いたオニオンエキスの分画において、疎水性の高い画分がより高い褐変度およびラジカル消去活性を有する傾向が見られた。

Change in Flavonoids and Radical-scavenging Activity during Processing of Onion Extract

Makiko Takenaka\*1, Yukiyoshi Nagaya\*2, Hiroshi Ono\*1, Kazuko Nanayama\*1 and Seiichiro Isobe\*1

\*1 National Food Research Institute

\*2 Imuraya Seasoning

粉体工学会誌, 49 (12), 901-906 (2012)

米粉の粒子径分布構成範囲が粉体特性および製パン性に与える影響

岡部 繭子\*1, 岡留 博司\*2, 奥座 宏一\*2, 松木 順子\*2, 奥西 智哉\*2, 春日 重光\*1

\*1 信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

本研究では、平均粒子径の大きなサイクロンサンプルミル製粉米粉（平均粒子径162.1 μm）およびピンミル製粉米粉（平均粒子径289.5 μm）について、ふるい分けにより米粉の粒子径分布構成範囲をコントロールした場合の製パン性および粉体物性の特徴について調べた。その結果、以下のことが明らかとなった。1. どちらの製粉法とも、ふるい分けした米粉は圧縮度（1%水準）および損傷澱粉含量（5%水準）で平均粒子径と強い負の相関が認められた。2. パン体積の減少する平均粒子径は製粉方法により異なった。3. どちらの製粉方法の米粉でも、平均粒子径が同等で粒子径分布構成範囲が異なる場合、損傷澱粉含量、安息角、圧縮度およびスパチュラ角などの粉体物性に違いが見られたが、パン体積および比容積などの製パン性に相違はみられなかった。

Effect of Particle Size Distribution Range of Rice Flour on the Powder Characteristics and the Baking Quality of Rice Bread

Mayuko Okabe\*1, Hiroshi Okadome\*2, Koh-ichi Yoza\*2, Junko Matsuki\*2, Tomoya Okunishi\*2 and Shigemitsu Kasuga\*1

\*1 Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

\*2 National Food Research Institute, NARO

日本食品工学会誌, 13 (4), 127-136 (2012)

トウモロコシ澱粉の流動層造粒工程の解析－バイнда供給速度および噴霧圧が流動層含水率および顆粒の成長に及ぼす影響－

五月女 格\*1, 井上 孝司\*2, 片桐 孝夫\*2, 竹内 博一\*3, 津田 升子\*1, 竹中真紀子\*1,  
岡留 博司\*1, 五十部誠一郎\*1

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 株式会社ポッカコーポレーション 中央研究所

\*3 磐田ポッカ食品株式会社

粉末食品は微粉末の状態では、流動性および分散性が低く、計量・充填が難しく、また溶解時にランピング（ダマ）が発生しやすいため、粒子同士を結着させて径の大きな顆粒状に加工する造粒操作が広く行われている。造粒方法の一つである流動層造粒では粉末に水溶液バイндаを噴霧して粒子を結着させ顆粒を生成するが、顆粒の含水率増加は製品の品質変化や乾燥工程の長時間化の原因となる。本研究では好適なバイнда噴霧条件を得るため、トウモロコシ澱粉800 gおよびデキストリン200 gを原料として、バイнда供給速度（10-40 g/min）およびバイнда微粒化空気圧（0.05~0.25 MPa）が、流動層含水率および顆粒成長におよぼす影響について検討した。バイнда供給速度が速くなるにしたがい、造粒に寄与せず蒸発するバイндаの量は増加したが、そのバイнда供給量に対する比率は約60%から30%に減少した。流動層含水率に対するバイнда微粒化空気圧の影響はみられなかった。バイнда供給速度が速く噴霧圧が低い条件では少ないバイндаで顆粒が成長したが粗大粒が発生した。バイнда供給速度が遅い条件では球形で均一な顆粒が得られた。

Analysis of Fluidized Bed Granulation Process of Maize Starch - Effects of Binder Spraying Rate and Atomizing Pressure on Moisture Content of Fluidized Bed and Granule Growth -

Itaru SOTOMEI\*1, Takashi INOUE\*2, Takao KATAGIRI\*2, Hirokazu TAKEUCHI\*3,  
Masuko TSUDA\*1, Makiko TAKENAKA\*1, Hiroshi OKADOME\*1, Seiichiro ISOBE\*1

\*1 National Food Research Institute, NARO

\*2 Research & Development Department, Pokka Corporation

\*3 Iwata Pokka Foods Co., Ltd.

## Ultra-fine Pulverization of Rice: Effects on Hydration Properties and Enzymatic Hydrolysis

Md. Sharif HOSSEN\*<sup>1</sup>, Itaru SOTOME\*<sup>1</sup>, Makiko TAKENAKA\*<sup>1</sup>, Seiichiro ISOBE\*<sup>1, \*2</sup>, Mitsutoshi NAKAJIMA\*<sup>1, \*2</sup>,  
Naoto SHIMIZU\*<sup>3</sup> and Hiroshi OKADOME\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Graduate school of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

\*<sup>3</sup> Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

本研究では食品産業での米粉の新規用途を見出すことを目的とし、ジェットミルでマイクロサイズまで乾式粉碎した米粉の水和特性と酵素加水分解について調査した。その結果、平均粒径5 μm以下まで粉碎した超微粉碎米粉（白米および玄米）は粒度の粗い米粉（15~10 μm）よりも良好な分散性を示した。分散性は粒径が小さく、損傷澱粉の割合が大きいくほど増加した。また超微粉碎米粉は溶解性、膨張力、吸水性指標およびグルコース遊離量が最も高かった。平均粒径5 μm以下に乾式粉碎した米粉は損傷澱粉の割合が30%以上となり、エンタルピーの著しい低下を招き、結果的に粒度の粗い米粉とは全く異なる水和特性や酵素加水分解を示した。

## 米の超微粉碎；水和特性と酵素加水分解への影響

Md. シェリフ ホッセン\*<sup>1</sup>, 五月女 格\*<sup>1</sup>, 竹中真紀子\*<sup>1</sup>, 五十部誠一郎\*<sup>1, \*2</sup>, 中嶋 光敏\*<sup>1, \*2</sup>,  
清水 直人\*<sup>3</sup>, 岡留 博司\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 筑波大学

\*<sup>3</sup> 北海道大学

## 判別・定量のための蛍光指紋フィルタ設計法とその食品評価への適用－ヨーグルトのリボフラビン含量推定を例に－

葛 瑞樹\*<sup>1</sup>, 中内 茂樹\*<sup>2</sup>, 西野 顕\*<sup>2</sup>, 杉山 純一\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科

本研究では、2次元データである分光スペクトルを対象とした分光フィルタ設計法を応用し、かつそれを3次元データにも適用できるように拡張することにより、蛍光指紋の膨大な情報量を活かしつつ、計測波長条件数ごく少数に絞り、なおかつ高精度な定性・定量分析を行う蛍光指紋フィルタ設計法を提唱した。また本手法をYogurt multi-way fluorescence dataに適用したところ、計測波長条件数を元の225から18または22に減らしつつ、蛍光指紋解析の従来法であるPartial Least Squares Regressionよりも高精度にリボフラビン含量を推定可能であることが明らかとなった。今後は、本手法を蛍光指紋の新しい解析法として活用していくこと、また本手法に基づいて実際に干渉フィルタを設計し、簡易分光蛍光測定システムや蛍光指紋イメージングに応用していくことが期待される。

## A Novel Method for Designing Fluorescence Fingerprint Filters and Its Application to Discrimination and Quantification in Food Evaluation

Mizuki Tsuta\*<sup>1</sup>, Shigeki Nakauchi\*<sup>2</sup>, Ken Nishino\*<sup>2</sup>, Junichi Sugiyama\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 76 (2), 331-335 (2012)

Changes in the texture and viscoelastic properties of bread containing rice porridge during storage

Chia-Ling Tsai\*<sup>1</sup>, Junichi Sugiyama\*<sup>2</sup>, Mario Shibata\*<sup>2</sup>, Mito Kokawa\*<sup>1</sup>, Kaori Fujita\*<sup>2</sup>, Mizuki Tsuta\*<sup>2</sup>, Hiroshi Nabetani\*<sup>1, 2</sup>, Tetsuya Araki\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Department of Global Agricultural Sciences, The University of Tokyo

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

お粥入りパンの貯蔵中の粘弾性とテクスチャーの変化を明らかにすることを目的とした。小麦パン、15%米粉置換パン、15%お粥置換パンを作り、24時間、48時間、72時間、室温にて経過した時点で、TPA試験およびクリープ試験を行った。15%お粥置換パンは、他の2つのパンに比べて有意に比容積は高く、軟らかい値を示した。また、併せて他よりも少し粘着力のあるテクスチャーであり、お粥の添加により比容積の改善、貯蔵中における物性改善などが図れることが明らかになった。

貯蔵中におけるお粥パンのテクスチャーと粘弾性変化

Chia-Ling Tsai\*<sup>1</sup>, 杉山 純一\*<sup>2</sup>, 柴田真理朗\*<sup>2</sup>, 粉川 美踏\*<sup>1</sup>, 藤田かおり\*<sup>2</sup>, 蔦 瑞樹\*<sup>2</sup>, 鍋谷 浩志\*<sup>1, 2</sup>, 荒木 徹也\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

農業情報研究21 (1), 11-19 (2012)

蛍光指紋を利用したコムギ中のカビ毒の非破壊簡易検出法の開発

藤田かおり\*<sup>1</sup>, 杉山 純一\*<sup>1</sup>, 蔦 瑞樹\*<sup>1</sup>, 小澤 徹\*<sup>2</sup>, 柴田真理朗\*<sup>1</sup>, 吉村 正俊\*<sup>1</sup>, 粉川 美踏\*<sup>3</sup>, 久城 真代\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 北海道立総合研究機構十勝農業試験場

\*<sup>3</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科

予め赤かび病のカビ毒（デオキシニバレノール：DON）汚染が確認されている4段階の赤かび病汚染コムギ粒を対象に、蛍光指紋計測を利用した複数のカビ毒（ニバレノール：NIV、ゼアラレノン：ZON）の非破壊同時検出・定量法について検討を行った。化学分析よりNIVはすべて検出下限値以下（ND）、ZON濃度はND～0.71 ppmであり、赤かび病発生程度と各カビ毒の挙動は異なった。ZON濃度の推定では、バリデーション群で $R^2=0.974$ 、 $SEP=0.04$  ppmとなり、作成された推定式が堅牢であることが示された。得られたPLS回帰式の係数分布から、ZON濃度の回帰推定式が蛍光指紋に含まれるZON情報に基づき作成され、微小な蛍光情報を使って構築されることが示された。これにより、複数成分混在系において抽出などの処理を要さず簡易に汚染コムギ中のZONの濃度推定が可能であることが示唆された。

Nondestructive Method for Detection of Mycotoxins in Wheat

Kaori Fujita\*<sup>1</sup>, Junichi Sugiyama\*<sup>1</sup>, Mizuki Tsuta\*<sup>1</sup>, Toru Kozawa\*<sup>2</sup>, Mario Shibata\*<sup>1</sup>, Masatoshi Yoshimura\*<sup>1</sup>, Mito Kokawa\*<sup>3</sup> and Masayo Kushiro\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Hokkaidou Research Organization, Tokachi Agricultural Experiment Station

\*<sup>3</sup> Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

日本食品科学工学会誌59 (5), 220-224 (2012)

攪拌処理による高アミロース米のゲル物性の変化

柴田真理朗\*1, 杉山 純一\*1, 藤田かおり\*1, 葛 瑞樹\*1, 吉村 正俊\*1, 粉川 美踏\*2, 荒木 徹也\*2

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*2 東京大学大学院農学生命科学研究科

本研究では、お粥を攪拌することによって調製された高アミロース米のお粥ペーストのゲル物性の特徴を明らかにするために、5種類の米を用いて、お粥ペーストを調製し、その動的粘弾性とアミロース含量および経過時間の関係を調べた。

(1) お粥ペースト試料の貯蔵粘弾性 $G'$ および損失粘弾性 $G''$ はアミロース含量が高いほど大きな値を示し、また経過時間とともに増加する傾向を示した。

(2) 高アミロース米(夢十色, モミロマン)で調製したお粥ペースト試料は、 $\tan \delta$ が小さく、さらに殆ど経時変化しなかった。つまり、弾性の割合が高いため形のしっかりしたゲルを形成するとともに、ふるふる感のテクスチャーを保持することが明らかとなった。

今後は高アミロース米ペーストのゲル形成機構の解明および、上記の性質を利用して米由来の新しい食感の食品、さらには、食品の食感改良剤として利用が期待される。

Gel Property Changes in High-amylose Rice by Mechanical Mixing

Mario Shibata\*1, Junichi Sugiyama\*1, Kaori Fujita\*1, Mizuki Tsuta\*1, Masatoshi Yoshimura\*1, Mito Kokawa\*2 and Tetsuya Araki\*2

\*1 National Food Research Institute, NARO  
\*2 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

日本食品科学工学会誌, 59 (8), 387-393 (2012)

蛍光指紋計測によるマンゴアの産地判別

中村結花子\*1, 藤田かおり\*2, 杉山 純一\*2, 葛 瑞樹\*2, 柴田真理朗\*2, 吉村 正俊\*2,  
粉川 美踏\*1, 鍋谷 浩志\*2, 荒木 徹也\*1

\*1 東京大学大学院農学生命科学研究科  
\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

蛍光指紋による非破壊・非接触の産地判別技術を開発するため、台湾産・宮崎産・沖縄産マンゴアの果皮および果肉の蛍光指紋を計測した。正準判別分析を行い、蛍光指紋から産地を推定する判別基準を得た。

(1) バリデーションの誤判別率は、2010年度データのみを解析した場合は3.2~19.2%、2010年度および2011年度データを合わせて解析した場合は7.7~13.6%であった。

(2) 励起波長260~290 nm、蛍光波長340~360 nmの範囲にある波長条件が共通していることから、マンゴアの産地判別にはこの波長帯の蛍光情報が大きく寄与していると示唆された。

(3) 果皮を測定する場合において果肉の場合よりも低い誤判別率が得られたことから、果皮の方が果肉よりも判別に適していることが分かった。

以上より、蛍光指紋が実用的な産地判別技術として有効である可能性が示唆された。

Discrimination of the Geographic Origin of Mangoes Using Fluorescence Fingerprint

Yukako Nakamura\*1, Kaori Fujita\*2, Junichi Sugiyama\*2, Mizuki Tsuta\*2, Mario Shibata\*2, Masatoshi Yoshimura\*2,  
Mito Kokawa\*1, Hiroshi Nabetani\*2, Tetsuya Araki\*1

\*1 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo  
\*2 National Food Research Institute, NARO

日本食品科学工学会誌, 59 (10), 503-508 (2012)

アミロース含量の異なる米粥のパンの物性へ及ぼす影響

柴田真理朗\*1, 杉山 純一\*1, 藤田かおり\*1, 葛 瑞樹\*1, 吉村 正俊\*1, 粉川 美踏\*2, 荒木 徹也\*2

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*2 東京大学大学院農学生命科学研究科

様々なアミロース含量の米を用いて調製した米粥パンのローフの比容積およびクラムの粘弾性を計測し、アミロース含量との関係を調べた。

- (1) 中アミロース米粥パンが最も比容積が大きく、高アミロース米粥パンが最も小さかった。
- (2) 高アミロース米30%米粥パンを除いて、米粥パンは米粥非含有パンよりクラムの粘弾性が減少した。
- (3) 米のアミロース含量、および米の小麦粉との置換率という2つの要因によって得られる米粥パンの物性は、パン生地中の正味のアミロース含量という点で整理すると、3段階で変化した。

Effect of Amylose Content of Rice on the Physical Properties of Rice Porridge Bread

Mario Shibata\*1, Junichi Sugiyama\*1, Kaori Fujita\*1, Mizuki Tsuta\*1, Masatoshi Yoshimura\*1, Mito Kokawa\*2, Tetsuya Araki\*2

\*1 National Food Research Institute, NARO  
\*2 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

Meat Science 93 (3), 579-585 (2013)

Non-destructive evaluation of ATP content and plate count on pork meat surface by fluorescence spectros

Naomi Oto\*1, Seiichi Oshita\*1, Yoshio Makino\*1, Yoshinori Kawagoe\*1, Junichi Sugiyama\*2, Masatoshi Yoshimura\*2

\*1 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo  
\*2 National Food Research Institute, NARO

豚肉のATP量および生菌数の非破壊評価のための蛍光分光法の可能性を調査した。好氣的に15℃で3日間保存した豚肉表面において、ATP量と生菌数は高い相関を示したため、ATP量は清浄度モニタリングのパラメータたりうる。蛍光強度の励起蛍光マトリックスでは、トリプトファン(励起波長295 nmおよび蛍光波長335 nm)およびNADPH(励起波長335 nmおよび蛍光波長450 nm)の蛍光が観測された。両物質は微生物腐敗と関係し、微生物の増殖に伴ってトリプトファンおよびNADPHの蛍光が変化したため、蛍光によって肉の微生物腐敗が検出された。PLS回帰分析を適用することにより、良い決定係数(校正群R<sup>2</sup>=0.94~0.97, 検証群R<sup>2</sup>=0.84~0.88)で、ATP量および生菌数が推定された。潜在変数1のローディングは、トリプトファンおよびNADPHに関連する波長領域が推定において有力であることを示した。

蛍光指紋による豚肉表面のATP量と生菌数の非破壊評価

大戸 直美\*1, 大下 誠一\*1, 牧野 義雄\*1, 川越 義則\*1, 杉山 純一\*2, 吉村 正俊\*2

\*1 東京大学大学院農学生命科学研究科  
\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

Food and Bioprocess Technology, 6 (11), 3113-3123 (2012)

Development of a Quantitative Visualization Technique for Gluten in Dough Using Fluorescence Fingerprint Imaging

Mito Kokawa\*1, Junichi Sugiyama\*2, Mizuki Tsuta\*2, Masatoshi Yoshimura\*2, Kaori Fujita\*2, Mario Shibata\*2, Tetsuya Araki\*2, Hiroshi Nabetani\*1,\*2

\*1 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo  
\*2 National Food Research Institute, NARO

本研究では、パン生地中のグルテンと澱粉の分布を染色せずに、また、両者の存在比を考慮して可視化することを目的とした。ミキシング不足、適正ミキシング、ミキシング過剰の3段階のパン生地を用い、薄片試料を作製した。63の励起・蛍光波長の組み合わせで試料断面の蛍光画像を撮像し、各画素の蛍光指紋を得た。パン生地の各画素の蛍光指紋と純粋なグルテン及び澱粉の蛍光指紋とのコサイン類似度を計算し、パン生地中のグルテンと澱粉の割合を考慮しつつ、類似度に基づいて各画素の成分(グルテン、もしくは澱粉)を判断した。画素の大半は、グルテン、もしくは澱粉のどちらかに類似度が高かったが、一部にはグルテン・澱粉の両方との類似度が高いもの、逆にどちらも類似度が低いものがあった。上記の4通りの組み合わせに色を対応させ、各画素の類似度の値に応じて色をつけたところ、3段階の生地の画像には大きな違いが見られた。

蛍光指紋イメージングによるパン生地中のグルテンの定量可視化技術の開発

粉川 美踏\*1, 杉山 純一\*2, 葛 瑞樹\*2, 吉村 正俊\*2, 藤田かおり\*2, 柴田真理朗\*2, 荒木 徹也\*1, 鍋谷 浩志\*1,\*2

\*1 東京大学大学院農学生命科学研究科  
\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

Carbohydrate Polymers, 89 (4), 1138-1149 (2012)

Effect of sectioning and water on resin-embedded sections of corn starch granules to analyze inner structure

Kazumi Tsukamoto, Toshio Ohtani, Shigeru Sugiyama

National Food Research Institute, NARO

樹脂包埋切片及びトウモロコシデンプン顆粒の対のブロック表面は、澱粉粒の微細な内部構造を分析して、成果物を観察するために、原子間力顕微鏡 (AFM)、走査型電子顕微鏡を用いて観察した。しわがあるため、ナイフによって生じるせん断応力のデンプン面に形成した。切片化澱粉は等方的に水で展開し、年輪の間年輪やクラックがセクションのみ観察された。この結果から、成長リングが明らかに切片の乾燥時の収縮及び/又はリングの両縁の腐食を示したことが考えられた。さらに、多くの小さな粒子 (幅、 $\sim 30$  nm の、高さ数 nm) を明確に年輪が観察された。これらの粒子は、AFM 先端半径の影響を考慮した、アミロペクチン分子の単一のクラスタ ( $\sim 10$  nm 程度) とすることができる。

内部構造を分析するためにトウモロコシデンプン顆粒の樹脂包埋切片に切片化し、水の影響

塚本 和己, 大谷 敏郎, 杉山 滋

(独) 農研機構食品総合研究所

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 76 (12), 2261-2266 (2012)

Core histone charge and linker histone H1 effects on the chromatin structure of *Schizosaccharomyces pombe*

Eloise Prieto\*<sup>1</sup>, Kohji Hizume\*<sup>2</sup>, Toshiro Kobori\*<sup>3</sup>, Shige. H. Yoshimura\*<sup>1</sup>, Kunio Takeyasu\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Graduate School of Biostudies, Kyoto University

\*<sup>2</sup> Division of Microbial Genetics, Department of Cell Genetics, National Institute of Genetics

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

ヌクレオソームを構成するヒストンは真核生物の中で最もよく保存されたタンパク質であるが、酵母ではその配列が異なることが知られている。特に、分裂酵母のヒストンの末端部分はリジン残基が少なく、リンカーヒストンを含まないという特徴がある。そこで生化学的に再構成したクロマチンを原子間力顕微鏡によって観察することによって、これらがクロマチンの折り畳みに与える影響を解析した。再構成したヌクレオソームはヒトアセチル化クロマチンに類似した開いた構造を取るとともに、リンカーヒストンを加えて調整したヌクレオソームよりも細いファイバー様構造を呈した。これらの結果はコアヒストンの電荷が分裂酵母クロマチンの性質を決定づけ、ヌクレオソーム間相互作用に影響することが示唆された。

コアヒストンの電荷とリンカーヒストンが分裂酵母クロマチン構造に与える影響

エロイス・プリート\*<sup>1</sup>, 日詰 光治\*<sup>2</sup>, 小堀 俊郎\*<sup>3</sup>, 吉村 成弘\*<sup>1</sup>, 竹安 邦夫\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 京都大学大学院生命科学研究科

\*<sup>2</sup> 国立遺伝学研究所細胞遺伝研究系

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Bioresource Technology, 110, 239-244 (2012)

Evaluation of the life cycle of bioethanol produced from rice straws

Poritosh Roy\*<sup>1</sup>, Takahiro Orikasa\*<sup>2</sup>, Ken Tokuyasu\*<sup>1</sup>, Nobutaka Nakamura\*<sup>1</sup>, Takeo Shiina\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> School of Food, Agriculture and Environmental Sciences, Miyagi University

酵素糖化法による稲わらからのバイオエタノール生産について、ライフサイクルアセスメントを実施した。正味エネルギー消費、CO<sub>2</sub>排出量、生産コストを分析し、環境負荷の低減と経済性を評価した。'コシヒカリ'と'リーフスター'の2品種からの稲わらについて、3つの異なるエネルギーシナリオと投入エネルギー資源 (重油, LNG, 農産物残渣) に基づいて、解析を実施した。使用する原料とエネルギーシナリオによって、正味エネルギー消費、CO<sub>2</sub>排出量、生産コストは異なり、それぞれ、10.0-17.6 MJ/L, 0.5-1.6 kg/L, 84.9-144.3¥/L (1US\$ = 100¥) の範囲で変動した。エネルギーシナリオと使用するエネルギー源の変更は、CO<sub>2</sub>排出量とコストの低減にとどまらず、生産コストの変動リスクや投資リスクの低減にも効果をもたらすと考えられた。

稲わらからのバイオエタノール生産のLCA評価

ポリトッシュ・ロイ\*<sup>1</sup>, 折笠 貴寛\*<sup>2</sup>, 徳安 健\*<sup>1</sup>, 中村 宣貴\*<sup>1</sup>, 椎名 武夫\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 宮城大学食産業学部

日本LCA学会誌, 8 (1), 87-96 (2012)

エコキャンパスの構築に向けた宮城大学太白キャンパスの通勤通学に伴うCO<sub>2</sub>排出量の解析

折笠 貴寛\*1, 山田 直史\*1, 矢野 歳和\*1, 田川 彰男\*2, Poritosh ROY\*3, 椎名 武夫\*3

\*1 宮城大学食産業学部

\*2 千葉大学大学院園芸学研究所

\*3 (独) 農研機構食品総合研究所

宮城大学太白キャンパスにおける大学活動に伴うCO<sub>2</sub>排出量を解析し、通勤通学手段の変更など、具体的な対策を講じた場合のCO<sub>2</sub>排出量の削減効果を示した。また、アンケート調査結果を基に、環境教育の一環としてのエコキャンパス活動の在り方について検討した。その結果、具体的なCO<sub>2</sub>削減率のみを示したとしても、学生の環境に対する意識の向上効果は少ないことが分かった。学生の意識の向上のためには、エコキャンパス活動の認知度と当事者意識を向上させる取り組みの推進が不可欠であると考えられる。加えて、料金の割引やバスの運行本数の増加など、公共交通機関の利便性を向上させることや、車や原付での通学を一時的に制限するような措置の併用も必要となると考えられる。さらに、教職員自らがエコキャンパス活動に率先して取り組むことによって、大学全体としてエコキャンパスの構築に邁進する必要があると思われる。

Analysis of CO<sub>2</sub> emission of commuting to Taihaku Campus, Miyagi University for constructing eco-campus

Takahiro Orikasa\*1, Naofumi Yamada\*1, Toshikazu Yano\*1, Akio Tagawa\*2, Poritosh Roy\*3, Takeo Shiina\*3

\*1 School of Food, Agriculture and Environmental Sciences, Miyagi University

\*2 Graduate School of Horticulture, Chiba University

\*3 National Food Research Institute, NARO

Food Preservation Science, 38 (3), 159-167 (2012)

Ethylene production rate: A sensitive indicator for determining the occurrence of mechanical stress in tomato fruits

Manasikan Thammawong\*1, Hiroyuki Usuda\*2, Daisuke Nei\*1, Hitomi Umehara\*1, Nobutaka Nakamura\*1, Poritosh Roy\*1, Takaaki Satake\*3, Takeo Shiina\*1

\*1 National Food Research Institute, NARO

\*2 New Energy and Industrial Technology Development Organization

\*3 Graduate school of Life and Environment Sciences, University of Tsukuba

小さな落下衝撃が緑熟トマトの呼吸速度、エチレン生成速度に及ぼす影響について検討した。まず、収穫直後のエチレン生成速度が8.2 nmol/kg/h以下の果実では、48時間はクライマクテリックライズに至らないことを確認した。このスクリーニングをパスしたトマト果実を用いて、5 cmの高さからコンクリート床へ1, 3, 10回落下処理し、呼吸速度とエチレン生成速度の変化を評価した。エチレン生成速度は、1回のみ落下によっても上昇し、その程度は、呼吸速度のそれと比べて大きかった。落下処理前にエチレン作用阻害剤である1-MCPを処理した場合であっても、10回落下処理では、呼吸速度とエチレン生成速度の上昇は抑えられなかった。これらの結果と、落下処理した果実において目視による損傷が確認されなかったことから、エチレン生成は落下処理によるトマトの生理的変化を最も顕著に示す指標であると考えられた。

エチレン生成速度はトマトの物理ストレス応答の敏感な指標である

タンマウォン マナスイカン\*1, 白田 浩幸\*2, 根井 大介\*1, 梅原 仁美\*1, 佐竹 隆顕\*3, 中村 宣貴\*1, ロイ ポリトシュ\*1, 椎名 武夫\*1

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構

\*3 筑波大学大学院生命環境科学研究科

## コマツナの乾燥への遠赤外線の利用

岡本慎太郎\*1, 桑嶋 学人\*2, 菰田 俊一\*2, 齊藤順一郎\*3, 矢野 歳和\*1, 村松 良樹\*4,  
椎名 武夫\*5, 田川 彰男\*6, 折笠 貴寛\*2

- \*1 宮城大学大学院食産業学研究科  
\*2 宮城大学食産業学部  
\*3 東洋興産株式会社  
\*4 東京農業大学生物産業学部  
\*5 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*6 千葉大学大学院園芸学研究科

コマツナを遠赤外線乾燥および熱風乾燥した際の品質変化(色彩変化, L-アスコルビン酸,  $\beta$ -カロテンおよびルテイン含有量変化)および乾燥過程における消費エネルギー量について調査した。乾燥速度が同じ場合, 遠赤外線乾燥後のL-アスコルビン酸残存率は熱風乾燥後のそれと比較して, 有意 ( $p < 0.05$ ) に大となることが示された。色彩変化や $\beta$ -カロテンおよびルテイン含有量変化での遠赤外線乾燥による負の影響は見られなかった。消費電力量に関しても遠赤外線乾燥は熱風乾燥と比べて約16%少なくなることも示された。以上より, 遠赤外線乾燥は熱風乾燥よりも, コマツナ乾燥への適用は有効であることが示された。

## Application of Far-Infrared for Drying of Komatsuna

Shintaro Okamoto\*1, Gakuto Kuwajima\*2, Toshikazu Komoda\*2, Junichiro Saito\*3, Toshikazu Yano\*1, Yoshiki Muramatsu\*4,  
Takeo Shiina\*5, Akio Tagawa\*6, Takahiro Orikasa\*2

- \*1 Graduate School of Food, Agriculture and Environmental Science, Miyagi University  
\*2 School of Food, Agriculture and Environmental Science, Miyagi University  
\*3 Toyo Kosan, Co., Ltd.  
\*4 Faculty of Bio-industry, Tokyo University of Agriculture  
\*5 National Food Research Institute, NARO  
\*6 Graduate School of Horticulture, Chiba University

## Life cycle inventory analysis of leafy vegetables grown in two types of plant factories

Takeo Shiina\*1, Daiki Hosokawa\*1, Poritosh Roy\*1, Nobutaka Nakamura\*1, Manasikan Thammawong\*1, Takahiro Orikasa\*2

- \*1 National Food Research Institute, NARO  
\*2 School of Food, Agriculture and Environmental Sciences, Miyagi University

2種類の植物工場で生産された葉菜のライフサイクルアセスメントを実施し, 生産物kg当たりのCO<sub>2</sub>排出量を比較した。その結果, 完全制御型植物工場(PC-PF)で生産されたレタスでは6.4 kg CO<sub>2</sub>/kg, 太陽光併用型植物工場(HT-PF)で生産されたホウレンソウでは2.3 kg CO<sub>2</sub>/kgと算出された。全CO<sub>2</sub>排出量に占める照明と空調の割合が大きく, その比率は, PC-PFで90%, HT-PFで70%を占めた。以上より, 今回調査した植物工場におけるCO<sub>2</sub>排出については, 電力使用によるものが大部分を占めることが明らかとなった。

## 2種類の植物工場で生産された葉菜のライフサイクルアセスメント

椎名 武夫\*1, 細川 大貴\*1, ポリトッシュ・ロイ\*1, 中村 宣貴\*1, マナスイカン・タンマウオン\*1, 折笠 貴寛\*2

- \*1 (独) 農研機構食品総合研究所  
\*2 宮城大学食産業学部

Acta Horticulturae, 934 (1), 227-234 (2012)

Investigation of sugar and oxalic acid contents in bamboo shoots during storage under modified atmosphere packaging (MAP) condition

Manasikan Thammawong\*<sup>1</sup>, Daisuke Nei\*<sup>1</sup>, Poritosh Roy\*<sup>1</sup>, Nobutaka Nakamura\*<sup>1</sup>, Yuuichi Inoue\*<sup>2</sup>,  
Hidenobu Hamachi\*<sup>3</sup>, Shigeyuki Nonaka\*<sup>4</sup>, Takeo Shiina\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Yamaguchi Prefectural Forestry Guidance Institute

\*<sup>3</sup> Fukuoka Forest Research and Extension Center

\*<sup>4</sup> Fukuoka Special Forest Product Promotion Association

温度5℃および25℃, MA包装の有無の条件で貯蔵したタケノコについて, 貯蔵中の硬度, 糖含量, シュウ酸含量を測定した. 糖含量は, タケノコの軸方向の部位 (基部, 中央部, 先端部) によって異なり, ショ糖含量は先端部で高く, ブドウ糖, 果糖は部位による差は比較的小さかった. 25℃でMA包装したタケノコでは, ショ糖と全糖の顕著な蓄積が見られた. 一方, いずれの部位においても, 貯蔵中のシュウ酸含量の変化には, 有意差は認められなかった. 以上の結果から, タケノコの軸方向に, 部位に応じた糖の蓄積が見られることが分かった. また, MA包装は, ガス組成の変化によりタケノコの細胞レベルの代謝に影響を及ぼし, その結果, 糖の蓄積とシュウ酸含量の維持をもたらしたと考えられた. しかしながら, 保存中のタケノコの硬化は, MA包装によって抑制されなかった.

MA包装貯蔵中のタケノコの糖およびシュウ酸含量の変化

マナスイカン・タンマウオン\*<sup>1</sup>, 根井 大介\*<sup>1</sup>, ポリトッシュ・ロイ\*<sup>1</sup>, 中村 宣貴\*<sup>1</sup>, 井上 祐一\*<sup>2</sup>,  
濱地 秀展\*<sup>3</sup>, 野中 重之\*<sup>4</sup>, 椎名 武夫\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 山口県農林総合技術センター

\*<sup>3</sup> 福岡県森林林業技センター

\*<sup>4</sup> 福岡県特産林産振興会

Acta Horticulturae, 934 (2), 1223-1228 (2012)

Microwave application for blanching and drying of cooking tomato

Takahiro Orikasa\*<sup>1</sup>, Yasumasa Ando\*<sup>2</sup>, Takeo Shiina\*<sup>3</sup>, Itaru Sotome\*<sup>3</sup>, Seiichiro Isobe\*<sup>3</sup>, Toshikazu Yano\*<sup>1</sup>, Akio Tagawa\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> School of Food, Agricultural and Environmental Sciences, Miyagi University

\*<sup>2</sup> Graduate School of Horticulture, Chiba University

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

調理用トマトのブランチングと乾燥に対する, マイクロ波の適用性について検討した. 90℃の温湯あるいはマイクロ波照射 (100 W/g 乾物) によりブランチングを行い, 温度, 栄養成分, 表面色の変化を測定した. ブランチング処理後のトマトの乾燥速度は, マイクロ波照射処理により温湯処理より大きくなった. 乾燥後の試料の明度は, マイクロ波処理により顕著に上昇した. マイクロ波処理は, ブランチング時間の短縮, 栄養成分 (アスコルビン酸, リコペン) の維持, 色調の変化の抑制に効果が見られた. 以上の結果から, 調理用トマトのブランチングと乾燥へのマイクロ波の適用の有効性が示された.

調理用トマトのブランチングと乾燥に対するマイクロ波の適用

折笠 貴寛\*<sup>1</sup>, 安藤 泰雅\*<sup>2</sup>, 椎名 武夫\*<sup>3</sup>, 早乙女 格\*<sup>3</sup>, 五十部誠一郎\*<sup>3</sup>, 矢野 歳一\*<sup>1</sup>, 田川 彰男\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> 宮城大学食産業学部

\*<sup>2</sup> 千葉大学大学院園芸学研究科

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Letters in Applied Microbiology, 54 (3), 203-208 (2012)

Evaluation of thermal inactivation of *Escherichia coli* using microelectrode ion flux measurements with osmotic stress

Shige Koseki\*<sup>1, 2</sup>, Mark. L. Tamplin\*<sup>2</sup>, John. P. Bowman\*<sup>2</sup>, Tom. Ross\*<sup>2</sup> and Tom. A. McMeekin\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Tasmanian Institute of Agricultural Research, School of Agricultural Science, University of Tasmania

細胞膜イオン流束を計測するための微小電極を用いた手法によって、大腸菌の加熱による不活化過程について検討した。完全に不活化した大腸菌の場合には、法則性のあるイオン流束の変化は認められなくなるが、非致死的な状態ではイオン流束の変化を捉えることができた。さらに、計測途中で浸透圧ストレスを加えることで、生細胞の場合には、イオン流束に大きな変化が生じることを見出した。この手法によれば、培養法では生存検出ができない状態の細胞の生死判別を可能とする。

微小電極を用いたイオン流束計測による浸透圧ストレスを併用した大腸菌の加熱殺菌評価

小関 成樹\*<sup>1, 2</sup>, Mark. L. Tamplin\*<sup>2</sup>, John. P. Bowman\*<sup>2</sup>, Tom. Ross\*<sup>2</sup> and Tom. A. McMeekin\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> タスマニア大学農学部

Applied and Environmental Microbiology, 78 (17), 6103-6112 (2012)

Alternative approach to modeling bacterial lag time, using logistic regression as a function of time, temperature, pH, and sodium chloride concentration

Shige Koseki\*<sup>1</sup>, Junko Nonaka\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Nisshin Seifun Group, Inc.

細菌の増殖過程において、ラグタイムを予測は多様な要因が影響することから、決定論的に導出することは困難である。本研究ではラグタイムを確率論的に予測するための手法として、ラグタイムの解除に至るまでの時間の分布をロジスティック回帰分析を用いて数理モデル化した。構築したモデルをBaranyiモデルのラグタイム調製関数に置き換えて、各種の細菌増殖挙動をシミュレーションした結果、極めて良好に様々な食品中において細菌数の増殖過程を予測することができた。

時間、温度、pH、食塩濃度の関数とした細菌増殖過程におけるラグタイムの新規モデルの開発

小関 成樹\*<sup>1</sup>, 野中 純子\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 日清製粉グループ本社

Food Control, 29 (2), 416-421 (2012)

Alternative approaches to predicting microbial behaviour: A probabilistic modelling approach for microbial inactivation and a revised web-tool, the Microbial Responses Viewer

Shige Koseki

National Food Research Institute, NARO

食品の殺菌効果を従来式の速度論的なアプローチではなく、必要な殺菌強度をその成功確率に応じて確率論的に予測可能とする数理予測モデルを開発した。殺菌の経時変化パターンに関係なく、必要とする殺菌効果を容易に選定することを可能とした。さらに、微生物の増殖/非増殖に関する情報を網羅的に検索可能としているデータベースMRVの検索インターフェースを大幅に改善して、利用者が効率的に必要な情報を見出すことを可能とした。

微生物挙動のための新たな手法：確率論的な殺菌予測モデルとデータベースMRVの改良

小関 成樹

(独) 農研機構食品総合研究所

Food Preservation Science, 38 (5), 277-283 (2012)

The calmodulin-encoding gene BoCam1: A sensitive wound-responsive gene in cabbage

Manasikan Thammawong, Ilmi Ganga Namali Hewajulige, Tomoko Kaneta, Nobutaka Nakamura, Yasuhiro Ito, Takeo Shiina

National Food Research Institute, NARO

結球キャベツにおけるストレス応答の一端の解明を目指して、結球最外葉からコルクボーラーで切り出したディスク試料について処理後120分まで継続的に、植物のストレス応答において重要な役割を担っているカルモデュリン (Calmodulin: CaM), フォスホリパーゼD (Phospholipase D: PLD), ACC合成酵素 (1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase: ACS) をコードする BoCam1, BoCam2, BoPLD1, BoPLD2, BoACS2の各遺伝子の発現解析を行った。リアルタイム定量PCRによる解析の結果、キャベツのBoCam1の発現レベルは、切断処理によって著しく増大し、処理60分後には処理前に対して6.4倍に達した。また、BoCam2の発現レベルは、増大程度は大きくはないものの、処理60分後には処理前の1.6倍となった。一方、PLDをコードするBoPLD1の発現レベルは、処理前に比べて120分後に1.5倍に増大した。また、BoPLD2の発現レベルは、実験期間中ほぼ一定の状態を維持し、処理後の経過時間による差は見られなかった。他方、ACSをコードするBoACS2の発現レベルは、処理後15、30分後に一旦低下した後に増大し、120分後には処理前の1.6倍に達したものの、実験期間を通して大きな増大を示さなかった。以上の結果を総合すると、BoCam1は、調査したストレス関連遺伝子の中で切断損傷によるストレスに応答して、発現レベルを最も大きく増大させる遺伝子であることが明らかとなった。さらに、BoCam1は、切断損傷に対して極めて鋭敏に応答することに加えて、ストレス応答のシグナル伝達および、その後のさまざまな細胞応答に影響を与えることから、収穫後のキャベツの物理ストレスに関する研究において重要な遺伝子であることが明らかになった。

カルモデュリンをコードするBoCam1はキャベツの鋭敏な傷害応答遺伝子である

タンマウォン マナスイカン, ヘワジュリジ (ガンガナマリ) イルミ, 兼田 朋子, 中村 宣貴, 伊藤 康博, 椎名 武夫

(独) 農研機構食品総合研究所

日本食品保蔵科学会誌, 38 (5), 293-299, (2013)

処理方法がマイクロバブル生成特性およびオゾンガス溶解速度に及ぼす影響

中村 宣貴\*1, 梅原 仁美\*1, 松山 成江\*1, 川崎 保美\*2, 大原 浩樹\*2,  
松本 均\*2, タンマウォン・マナスイカン\*1, 許 晴怡\*1, 椎名 武夫\*1

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 (株) 明治 食機能科学研究所

マイクロバブル (以下, MB) 処理条件が, MBおよびMB水の特性に及ぼす影響を評価した。加圧溶解式のMB作製装置では, 吐出圧力0.05 MPaにおいて, 吐出圧力が高いほど気泡径が小さく, 気泡濃度の指標である濁度が高い傾向が見られた。オゾンガスを用いたMB処理において, 吐出圧力が溶存オゾン水の濃度に及ぼす影響について検討を行った結果, MB作製の最適条件である0.4 Mpaではなく, 0.2 MPaにおいて溶存オゾン濃度が最も高くなった。また, オゾン溶解速度は機械攪拌式のMB処理により大きく増加することが確認された。さらに, RO水と比べて, NaClもしくは界面活性剤の添加により, オゾン溶解速度は大きく, 平衡オゾン濃度は低くなること, クエン酸の添加では, オゾン溶解速度は同程度, 平衡オゾン濃度は高くなることが明らかとなった。以上の結果より, 利用目的に応じて適切なMB作製方法および条件を選択することが重要であることが示された。

The effect of microbubble (MB) treatment conditions on MB characteristics and ozone dissolution

NAKAMURA Nobutaka\*1, UMEHARA Hitomi\*1, MATSUYAMA Narie\*1, KAWASAKI Tomomi\*2, OHARA Hiroki\*2,  
MATSUMOTO Hitoshi\*2, THAMMAWONG Manasikan\*1, XU Qingyi\*1, SHIINA Takeo\*1

\*1 National Food Research Institute, NARO

\*2 Meiji Co., Ltd.

日本食品科学工学会誌, 59 (12), 611-615, (2012)

二酸化炭素マイクロバブルによるカシス飲料中のアントシアニンの安定化

川崎 保美\*1, 大原 浩樹\*1, 中村 宣貴\*2, 許 晴怡\*2, 松本 均\*1, 鐘ヶ江 穰\*1, 椎名 武夫\*2

\*1 株式会社明治

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

溶液中のアントシアニンは、酸化などの要因によって分解される。そこで我々は、カシス飲料を二酸化炭素マイクロバブル処理することによって溶存酸素濃度を低減し、アントシアニン安定化について検討した。加圧溶解方式により、カシス飲料を二酸化炭素マイクロバブル処理した。発生したバブルの気泡径は64  $\mu\text{m}$ であり、マイクロバブルが発生していることを確認した。一方、通常気泡処理によって発生したバブルの気泡径は562  $\mu\text{m}$ であった。溶存酸素濃度はマイクロバブル処理では急激に低下し、開始45分後に検出限界 (0.1 mg/L) 以下に達した。一方、通常気泡処理では開始270分後においても3 mg/Lであった。カシス飲料をビンに封入し、37°Cで28日間保存した。アントシアニン量を測定したところ、通常気泡処理やコントロールと比較して、マイクロバブル処理ではアントシアニン残存率は有意に高かった。この結果から、カシス飲料のマイクロバブル処理は、アントシアニンの安定化に有効であることが示唆された。

Stabilization of Anthocyanin in Blackcurrant Beverages Using CO<sub>2</sub> Microbubbles

Tomomi Kawasaki\*1, Hiroki Ohara\*1, Nobutaka Nakamura\*2, Qingyi Xu\*2, Hitoshi Matsumoto\*1, Minoru Kanegae\*1 and Takeo Shiina\*2

\*1 Food Science Research Laboratories, Meiji Co., Ltd.

\*2 National Food Research Institute, NARO

Journal of The Society of Agricultural Structures, Japan, 43 (4), 145-151 (2012)

Vacuum drying characteristics of kiwifruit and analysis of drying shrinkage

Takahiro Orikasa\*1, Long Wu\*2, \*3, Poritosh Roy\*2, \*4, Yoshiki Muramatsu\*5, Toshikazu Yano\*6, Takeo Shiina\*2, Akio Tagawa\*7

\*1 Faculty of Agriculture, Iwate University

\*2 National Food Research Institute, NARO

\*3 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

\*4 School of Engineering, University of Guelph

\*5 Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture

\*6 School of Food, Agriculture and Environmental Sciences, Miyagi University

\*7 Graduate School of Horticulture, Chiba University

約10 mm厚に成形したキウイフルーツスライスの真空乾燥特性と乾燥収縮について検討した。真空乾燥は1.33~2.00 kPaの減圧下、30~70°Cの5段階の温度条件下において行った。真空乾燥過程における試料収縮 (体積変化および表面積変化) について解析し、体積比は含水率の一次関数で、表面積比は含水率の指数関数で、それぞれ近似できることを明らかにした。収縮のデータを基に、キウイフルーツの真空乾燥特性について検討したところ、乾燥過程における含水率変化は、減率乾燥第1段においては指数モデル、減率乾燥第2段においてはPageモデルの適合性が良好であった。

キウイフルーツの真空乾燥特性と乾燥収縮の解析

折笠 貴寛\*1, 武 龍\*2, \*3, ロイ・ポリトシュ\*2, \*4, 村松 良樹\*5, 矢野 歳和\*6, 椎名 武夫\*2, 田川 彰男\*7

\*1 岩手大学農学部

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

\*3 (独) 産業技術総合研究所

\*4 ゲルフ大学工学部

\*5 東京農工大学生物産学学部

\*6 宮城大学食産学学部

\*7 千葉大学大学院園芸学研究科

日本包装学会誌, 21 (2), 125-132 (2012)

蓄積疲労を考慮した青果物のための新たな損傷予測理論の構築 (第1報) 繰り返し衝撃によるイチゴの損傷発生

北澤 裕明\*1, 佐藤 達雄\*2, 長谷川奈緒子\*1, 李 艶傑\*3, 石川 豊\*1

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センター

\*3 筑波大学大学院生命環境科学研究科

先行研究において著者らは、繰り返し衝撃による青果物の損傷発生をS-N曲線を用いて予測する手法を提案した。しかし、この手法では衝撃発生時におけるピーク加速度 (PAcc) と対になる速度変化 (Vc) を考慮しておらず、主として包装条件の違いに起因するVcの違いにより、衝撃1回当たりの損傷度 (D) が変化すること、およびそれによって損傷予測の精度が低下する可能性が考えられた。本研究では、PAccとVcの組み合わせによってDが実際に変化するのかどうかを、バック詰めされたイチゴ果実を用いて検証した。その結果、PAccとVcの組み合わせにより、イチゴ果実におけるDが様々に変化することが明らかとなり、Vcを考慮した繰り返し衝撃による損傷を予測するための新たなモデルを構築する必要性が示唆された。

Construction of a New Damage Estimation Theory for Fresh Produce with Consideration of Cumulative Fatigue I.  
Damage Occurrence in Strawberry Subjected to Repetitive Shock

Hiroaki Kitazawa\*1, Tatsuo Sato\*2, Naoko Hasegawa\*1, Yanjie Li\*3, Yutaka Ishikawa\*1

\*1 Food Engineering Division, National Food Research Institute, NARO

\*2 Field Science Center, the College of Agriculture, Ibaraki University

\*3 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Tsukuba University

日本食品保蔵科学会誌, 38 (3), 135-140 (2013)

オウトウ輸出時に荷物が受ける衝撃力と緩衝効果

石川 豊\*1, 北澤 裕明\*1, 高橋 和博\*2

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 山形県農業総合研究センター園芸試験場

オウトウの海外輸送を行う際の衝撃軽減効果について明らかにした。オウトウ500gを詰めたバック2つを入れた段ボール箱を3つ梱包した形状に比べて外装箱に2列5段、計10箱梱包した形状にすることで最下段の段ボールにおいて落下時の衝撃加速度をほぼ半分程度に軽減することが可能となり、実輸送時のオウトウ損傷程度も大きく改善できることが明らかとなった。発泡ウレタンシートを段ボール箱底面に配して緩衝効果を確認した。最下段の段ボールでは、5mm厚1枚で衝撃加速度を1/2.4~1/3.7にすることができ、2,3枚とシート枚数を増やすことでさらに衝撃を小さくできることが明らかとなった。しかし、上段の段ボール箱ではウレタンシートの緩衝効果は小さかった。

Reducing Shock to Cherry Cargoes during Export

Yutaka Ishikawa\*1, Hiroaki Kitazawa\*1, Kazuhiro Takahashi\*2

\*1 National Food Research Institute, NARO

\*2 Horticultural Institute, Yamagata Integrated Agricultural Research Center

Journal of Food, Agriculture & Environment, 10 (2), 156-160 (2012)

Assessment and prediction of repetitive impact damage to apple fruit using pressure- sensitive film technique

Fei Lu\*<sup>1</sup>, Yutaka Ishikawa\*<sup>2</sup>, Hiroaki Kitazawa\*<sup>2</sup>, Takaaki Satake\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Shenyang Agricultural University  
 \*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO  
 \*<sup>3</sup> University of Tsukuba

リンゴ果実を輸送取扱い中において、様々な振動、衝撃が加わることで、損傷が発生する可能性がある。感圧フィルムを用いてリンゴ輸送中に発生する衝撃圧力や振動をシミュレーションする。まず、単純な落下試験によって衝撃力と損傷の関係を測定した。衝撃試験として、リンゴは特定の回数、異なる高さから落下させた。損傷面積と損傷体積の両方が落下高さと同落下回数に比例して増加した。したがって、リンゴと衝突面との間の衝撃力及び圧力を評価し、リンゴ損傷を予測するための回帰モデルを作成した。損傷面積および体積を予測する回帰モデルの決定係数 (R<sup>2</sup>) は、それぞれ、0.97及び0.98であることが判明した。

感圧フィルムを用いたリンゴ果実への繰り返し衝撃の損傷評価及び予測

路 飛\*<sup>1</sup>, 石川 豊\*<sup>2</sup>, 北澤 裕明\*<sup>2</sup>, 佐竹 隆顕\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> 瀋陽農業大学  
 \*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所  
 \*<sup>3</sup> 筑波大学

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 76 (5), 1047-1050 (2012)

Effects of Various Asparagus Production Methods on Rutin and Protodioscin Contents in Spears and Cladophylls

Satoru Motoki\*<sup>1</sup>, Hiroaki Kitazawa\*<sup>2</sup>, Tomoo Maeda\*<sup>3</sup>, Takashi Suzuki\*<sup>4</sup>, Hideyuki Chiji\*<sup>5</sup>, Eiji Nishihara\*<sup>6</sup>, Yutaka Shinohara\*<sup>7</sup>

\*<sup>1</sup> Nagano Vegetable and Ornamental Crops Experiment Station  
 \*<sup>2</sup> Food Engineering Division, National Food Research Institute, NARO  
 \*<sup>3</sup> Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University  
 \*<sup>4</sup> Research Faculty Agriculture, Hokkaido University  
 \*<sup>5</sup> Faculty of Human Life Sciences, Fuji Women's University  
 \*<sup>6</sup> Faculty of Agriculture, Tottori University  
 \*<sup>7</sup> Graduate School of Horticulture, Chiba University

アスパラガスのルチンおよびプロトディオシン含量に及ぼす、栽培条件の影響を調査した。ルチンの集積は露地および人工環境下 (植物工場) においてグリーンアスパラガスとして栽培したものの擬葉で顕著であった。一方、ホワイトアスパラガスとして栽培したものは、ルチンの集積はみられず、遮光方法 (覆土および遮光フィルム) による影響も認められなかった。プロトディオシンの集積は、覆土によるホワイトアスパラガスで顕著であり、露地でグリーンアスパラガスとして栽培したものでは認められなかった。しかし、人工環境下でグリーンアスパラガスとして栽培した場合、擬葉にプロトディオシンが集積されることが明らかとなった。この理由は現時点では不明であるが、本結果はアスパラガスの擬葉からプロトディオシンを検出した恐らく初の事例であり、植物工場における機能性成分の生産に特化した栽培システムの構築に資するものと期待された。

数種の栽培方法がアスパラガスの若茎および擬葉におけるルチンとプロトディオシン含量に及ぼす影響

元木 悟\*<sup>1</sup>, 北澤 裕明\*<sup>2</sup>, 前田 智雄\*<sup>3</sup>, 鈴木 卓\*<sup>4</sup>, 知地 英征\*<sup>5</sup>, 西原 英治\*<sup>6</sup>, 篠原 温\*<sup>7</sup>

\*<sup>1</sup> 長野県野菜花き試験場  
 \*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所  
 \*<sup>3</sup> 弘前大学農学生命科学部  
 \*<sup>4</sup> 北海道大学大学院農学研究院  
 \*<sup>5</sup> 藤女子大学人間生活学部  
 \*<sup>6</sup> 鳥取大学農学部  
 \*<sup>7</sup> 千葉大学大学院園芸学研究所

HortScience, 47 (5), 599-602 (2012)

Rapid Rutin Accumulation during Spear Elongation In Asparagus

Satoru Motoki\*<sup>1</sup>, Hiroaki Kitazawa\*<sup>2</sup>, Tomonori Kawabata\*<sup>3</sup>, Hiroaki Sakai\*<sup>1</sup>, Ken-ichi Matsushima\*<sup>4</sup>, Yasunori Hamauzu\*<sup>4</sup>

\*<sup>1</sup> Nagano Vegetable and Ornamental Crops Experiment Station

\*<sup>2</sup> National Engineering Division, National Food Research Institute, NARO

\*<sup>3</sup> Faculty of Agriculture, Shinshu University

\*<sup>4</sup> Graduate School of Agriculture, Shinsyu University

アスパラガスは通常、30 cm前後の長さで収穫され、25 cm程度の長さに調整され出荷されている（規格品）。一方、アスパラガスの伸長は速く、収穫時期を逃したものは頭部が緩み、繊維化が進行し商品価値が低下するため、大半が廃棄されている（規格外品）。本研究では、規格外品の活用方法を見出すために、収穫長の違いが若茎頭部における、アスパラガスの代表的な機能性成分であるルチン含量に及ぼす影響を調査した。'UC157'を供試品種として8~64 cm長の若茎頭部におけるルチン含量を測定したところ、収穫長とこの部位におけるルチン含量には高い正の相関がみられ、規格外品のルチン含量は規格品よりも高いことが明らかとなった。この結果は、廃棄部位の機能性成分資源としての新たな利用価値の創出と、生産現場における廃棄物の削減につながるものと期待された。

アスパラガスの若茎伸長に伴うルチンの急速な集積

元木 悟\*<sup>1</sup>, 北澤 裕明\*<sup>2</sup>, 川畑 朋崇\*<sup>3</sup>, 酒井 浩晃\*<sup>1</sup>, 松島 憲一\*<sup>4</sup>, 濱渦康範\*<sup>4</sup>

\*<sup>1</sup> 長野県野菜花き試験場

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>3</sup> 信州大学農学部

\*<sup>4</sup> 信州大学大学院農学研究科

日本食品保蔵科学会誌, 39 (1), 25-30 (2013)

航空便と船便による果実輸出中に発生する衝撃比較

石川 豊\*<sup>1</sup>, 北澤 裕明\*<sup>1</sup>, 今野 勉\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 山形県農業総合研究センター園芸試験場

リンゴ、ナシ、モモ果実を台湾、香港、タイへ航空便および船便を使って輸出する際に発生する衝撃について調査を行った。航空便輸送の方が船便に比べて衝撃発生回数が多いことが明らかとなった。航空便の場合、衝撃発生は国内、輸出先でのトラック輸送時に多いものの、衝撃の大きさでは、空港内での荷物の取り扱い時に非常に大きな衝撃を受けることが明らかとなった。一方、船便の場合、船での輸送区間は、前後のトラック輸送に比べて衝撃発生回数は少なく、大きさも小さいことが明らかとなった。また、海外での輸送では、衝撃の発生回数が多いというだけでなく、発生する衝撃波の特性も国内輸送とは異なり、国内外での荷扱いの違いが明らかとなった。

Comparison of Shock during Fruit Export via Air and Marine Transportation

Yutaka Ishikawa\*<sup>1</sup>, Hiroaki Kitazawa\*<sup>1</sup>, Tsutomu Konno\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Horticultural Institute, Yamagata Integrated Agricultural Research Center

Food Science and Technology Research, 18 (4), 525-534 (2012)

Air Flow Visualization for Fresh Produce Packaging by CFD Analysis

Hiroaki Kitazawa\*<sup>1</sup>, Tatsuya Funaki\*<sup>2</sup>, Mitsuhiro Nakao\*<sup>3</sup>, Yasuhiko Ohshiro\*<sup>4</sup>, Masahiro Hiruta\*<sup>5</sup>, Yutaka Ishikawa\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Food Engineering Division, National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> National Metrology Institute of Japan, AIST

\*<sup>3</sup> Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

\*<sup>4</sup> Ibaraki Prefectural Government

\*<sup>5</sup> Industrial Technology Institute of Ibaraki Prefecture

青果物は通常、収穫後速やかに冷却されることが望ましい。一部の品目では包装容器に梱包された状態で予冷が行われるため、その包装容器には高い通風効率が求められる。本研究では、青果物包装容器における通風効率改善のための基礎的知見を得るため、イチゴ輸送用段ボール箱における通風状態を、数値流体力学 (CFD) を用いた数値計算により可視化した。段ボール箱における通気孔の数および位置は固定し、通気孔径と通気孔からの通風速度をそれぞれ数段階設定し、解析を行ったところ、現在流通しているイチゴ容器において、通気孔の大きさや通気速度を大きくしても流れがほとんど発生しない箇所が存在する可能性が明らかとなった。そのような空気の流れが小さな箇所の解消が、将来における包装容器改良の目標になると考えられた。

数値流体力学解析による青果物包装容器内の空気流れの可視化

北澤 裕明\*<sup>1</sup>, 船木 達也\*<sup>2</sup>, 中尾 光博\*<sup>3</sup>, 大城 靖彦\*<sup>4</sup>, 蛭田 政宏\*<sup>5</sup>, 石川 豊\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (独) 産業総合技術研究所

\*<sup>3</sup> 鹿児島大学大学院理工学研究科

\*<sup>4</sup> 茨城県庁

\*<sup>5</sup> 茨城県工業技術センター

Acta Horticulturae, 950, 117-124 (2012)

Improving the yield of the purple asparagus cultivar 'Purple Passion' by high density planting

Satoru Motoki\*<sup>1</sup>, Hiroaki Kitazawa\*<sup>2</sup>, Tomoo Maeda\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Nagano Vegetable and Ornamental Crops Experiment Station

\*<sup>2</sup> Food Engineering Division, National Food Research Institute, NARO

\*<sup>3</sup> Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University

近年、寒冷地を中心にムラサキアスパラガスの生産が増えつつある。しかし、その収量特性や品質に関する知見は少なく、生産安定および販売拡大のためには、それらを把握する必要がある。本研究では、'パープルパッション'を用いて、栽培条件の違いがムラサキアスパラガスの収量特性および内容成分に及ぼす影響を調査した。その結果、グリーンアスパラガスと比較し、ムラサキアスパラガスは栽培密度の増加に対しても若茎が細くなりにくいことが明らかとなり、栽植密度を高めることによって、グリーンアスパラガスと同程度の収量を維持できる可能性が考えられた。また、ムラサキアスパラガスのルチン含量は、グリーンアスパラガスと比較して高く、この点はムラサキアスパラガスの栽培および販売の拡大においてアピールポイントになるものと考えられた。

密植栽培によるムラサキアスパラガス 'パープルパッション' の収量改善

元木 悟\*<sup>1</sup>, 北澤 裕明\*<sup>2</sup>, 前田 智雄\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> 長野県野菜花き試験場

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>3</sup> 弘前大学農学生命科学部

日本食品保蔵科学会誌, 38 (5), 271-276 (2012)

品種および収穫時期の違いが長期どり栽培されたアスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) の破断応力およびルチン含量ならびにそれらの収穫後変化に及ぼす影響

元木 悟\*1, 北澤 裕明\*2, 酒井 浩晃\*1, 松島 憲一\*3, 瀧渦 康範\*3

\*1 長野県野菜花き試験場

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

\*3 信州大学大学院農学研究科

品種および収穫時期がアスパラガスの部位別の破断応力およびルチン含量, 収穫後の変化に及ぼす影響を調査した. 国内におけるアスパラガスの作付状況と育成地を考慮し供試品種は, 'UC157', 'NJ953', 'ガインリム' および 'パープルパッション' とした. 'UC157' は他の3品種と比較し, 収穫後の硬化が進行しやすかった. 夏秋どり・温度下降期においては 'NJ953' および 'ガインリム' において収穫後の硬化が認められた. ルチン含量は春どりにおいて最も高く, 夏秋どりでは大幅に減少した. また, 夏秋どりにおける 'パープルパッション' のルチン含量は他の3品種より有意に高かった. 以上の結果より, アスパラガスの破断応力およびルチン含量ならびにそれらの収穫後における変化の程度は, 品種や収穫時期により大きく異なることが明らかとなった.

Effect of Cultivar and Harvest Season on Rupture Stress and Rutin Content and Their Changes after Harvest of *Asparagus (Asparagus officinalis* L.) Cultivated Using the Long-term Harvest Production System

Satoru Motoki\*1, Hiroaki Kitazawa\*2, Hiroaki Sasaki\*1, Ken-ichi Matsushima\*3, Yasunori Hamauzu\*3

\*1 Nagano Vegetable and Ornamental Crops Experiment Station

\*2 Food Engineering Division, National Food Research Institute, NARO

\*3 Graduate School of Agriculture, Shinshu University

Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan, 43 (3), 89-96 (2012)

Effect of High-oxygen Packaging Compared with Perforation-mediated Modified Atmosphere Packaging on the Qualities of Fresh Shiitake Mushrooms (*Lentinus edodes*)

Yanjie Li\*1, Yutaka Ishikawa\*2, Hiroaki Kitazawa\*2, Takaaki Satake\*1

\*1 University of Tsukuba

\*2 National Food Research Institute, NARO

新鮮なシイタケは, 呼吸速度が速く, 収穫後の品質低下を起しやすいため, シイタケの品質保持期間を延長するために有効な包装技術の開発が求められている. 本研究では, 包装内を酸素100%で置換した高酸素包装 (HOP), 微細孔 (直径:  $234 \pm 26 \mu\text{m}$ ) を1袋あたり4 (P4), 8 (P8), 20 (P20) 個開けたMA包装 (PM-MAP) によりシイタケを包装し, 温度 $10^\circ\text{C}$ , 湿度90%条件下で8日間貯蔵し, 袋内ガス濃度, 表面色 ( $L^*$ ), 硬度, 可溶性固形物分, 質量損失および官能評価の変化を測定した. その結果, PM-MAP P20区は, 袋内酸素濃度は高く, 貯蔵4日目には大きな品質低下が見られ, 十分なMA効果は得られなかった. P4およびP8区は, 袋内が低酸素, 高二酸化炭素濃度となり, 貯蔵4日目までは十分な品質保持効果が見られた. しかし, 8日目にはP4区では袋内エタノール濃度が高くなり, P8区では褐変が進み, 十分な品質保持効果は得られなかった. 一方, HOP区はPM-MAPと比べて $L^*$ 値, 硬度および官能評価値で有意に差があり, 貯蔵8日後まで品質保持が可能であった.

高酸素包装および微細孔MA包によるシイタケの品質保持効果

李 艶傑\*1, 石川 豊\*2, 北澤 裕明\*2, 佐竹 隆顕\*1

\*1 筑波大学

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

Chemical Engineering & Technology, 35 (10), 1865-1871 (2012)

Microchannel emulsification using stainless-steel chips: oil droplet generation characteristics

Isao Kobayashi\*<sup>1</sup>, Yoshihiro Wada\*<sup>2</sup>, Yuko Hori\*<sup>1</sup>, Marcos A. Neves\*<sup>1, \*3</sup>, Kunihiko Uemura\*<sup>1</sup>, Mitsutoshi Nakajima\*<sup>1, \*3</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> EP Tech. Co., Ltd.

\*<sup>3</sup> Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

本研究では、ステンレス鋼 (SUS) 製かつクロスフロー型の平板溝型マイクロチャネル (MC) 乳化基板の開発を行った。また、SUS-MC 乳化基板を用いた液滴作製の基礎特性についても検討した。表面親水化処理を施した SUS-MC 乳化基板を用いた実験により、サイズが均一な油滴 (精製大豆油, シリコン油) が並列 MC とテラスから構成される MC アレイを介して安定的に作製されることが示された。均一サイズの油滴 (直径 350~550 μm) は、MC 内部における分散相流速が臨界値以下の領域において作製された。臨界分散相流速は界面張力の値に依存した。新たに開発した SUS-MC 乳化基板における均一サイズ液滴の最大生産速度は、時間当たり数 mL であった。また、液滴作製時の分散相の流動状態は、接触角の影響を考慮したキャピラリー数により説明可能であることも示した。

毎時リットル規模で均一サイズ微小液滴を大量製造するための大型マイクロチャネル乳化装置

小林 功\*<sup>1</sup>, 和田 芳弘\*<sup>2</sup>, 堀 祐子\*<sup>1</sup>, NEVES Marcos A.\*<sup>1, \*3</sup>, 植村 邦彦\*<sup>1</sup>, 中嶋 光敏\*<sup>1, \*3</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> イーピーテック

\*<sup>3</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科

Colloids and Surfaces A: Physicochemical and engineering aspects, 411, 50-59 (2012)

Influence of temperature on production of water-in-oil emulsions by microchannel emulsification

Katerina Burton Fujii\*<sup>1, \*2</sup>, Isao Kobayashi\*<sup>1</sup>, Marcos A. Neves\*<sup>1, \*2</sup>, Kunihiko Uemura\*<sup>1</sup>, Mitsutoshi Nakajima\*<sup>1, \*2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

本研究では、温度がマイクロチャネル乳化における W/O エマルション液滴の作製に与える影響について特性評価を行った。マイクロチャネル乳化による W/O エマルションの作製時の温度は、10℃~55℃の間で制御されたモジュールの中で行われた。W/O エマルションの作製は、疎水化処理を施したシリコン製マイクロチャネルアレイ (MS104) 基板を用いて行われた。いずれの乳化温度においても、液滴径分布が 5% 未満の単分散 W/O エマルションが安定的に作製可能であった。得られた微小油滴のサイズは、温度の増加につれてわずかに縮小する傾向にあった。また、チャネルからの最大液滴作製速度は温度に大いに依存し、55℃では 10℃の場合と比べて 4.5 倍の最大速度で均一サイズの微小油滴を作製可能であった。液滴作製時の分散相の流れは、接触角と乳化剤の吸着挙動の影響を考慮したキャピラリー数により説明可能であることも示した。

マイクロチャネル乳化による W/O 型エマルションの作製における温度の影響

BUTRON FUJII Katerina\*<sup>1, \*2</sup>, 小林 功\*<sup>1</sup>, Marcos A. Neves\*<sup>1, \*2</sup>, 植村 邦彦\*<sup>1</sup>, 中嶋光敏\*<sup>1, \*2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科

## Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects

The influence of polysaccharide on the stability of protein stabilized oil-in-water emulsion prepared by microchannel emulsification technique

Ai Mey Chuah<sup>\*1, \*2</sup>, Takashi Kuroiwa<sup>\*2, \*3</sup>, Isao Kobayashi<sup>\*2</sup>, Mitsutoshi Nakajima<sup>\*2, \*4</sup><sup>\*1</sup> Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba<sup>\*2</sup> National Food Research Institute, NARO<sup>\*3</sup> Faculty of Engineering, Tokyo City University<sup>\*4</sup> Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

$\beta$ -ラクトグロブリン ( $\beta$ -lg) によって安定化された単分散水中油滴型 (O/W) エマルションの安定性に対するカルボキシメチルセルロース (CMC) の影響について研究した。23,348個のマイクロチャンネル (MC) を有する親水的な非対称貫通型マイクロチャンネルシリコンチップを使用し、液滴径および液滴径の変動係数がそれぞれ29.6  $\mu\text{m}$  および9%の単分散O/Wエマルションが得られた。エマルションの安定性はCMC/ $\beta$ -lg比、pHおよび加熱条件により変化した。エマルション液滴は、中間的なCMC/ $\beta$ -lg比 (0.02-0.25) において凝集を起こしやすかったが、高いCMC/ $\beta$ -lg比 (>0.5) では比較的安定であった。CMCを添加した系とは対照的に、 $\beta$ -lgの等電点付近のpHでは、 $\beta$ -lgで安定化されたエマルションは加熱および長期保存後に不安定化する傾向が認められた。

マイクロチャンネル乳化により調製したタンパク質で安定化されたエマルションの安定性に対する多糖添加の影響

Ai Mey Chuah<sup>\*1, \*2</sup>, 黒岩 崇<sup>\*2, \*3</sup>, 小林 功<sup>\*2</sup>, 中嶋 光敏<sup>\*2, \*4</sup><sup>\*1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科<sup>\*2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所<sup>\*3</sup> 東京都市大学工学部<sup>\*4</sup> 筑波大学生命環境系

Colloids and Surfaces A: Physicochemical and engineering aspects, doi: 10.1016/j.colsurfa.2012.10.035

Influence of electrolyte concentration on microchannel oil-in-water emulsification using differently charged surfactants

Isao Kobayashi<sup>\*1</sup>, Yanru Zhang<sup>\*1, \*2</sup>, Marcos A. Neves<sup>\*1, \*2</sup>, Yuko Hori<sup>\*1</sup>, Kunihiro Uemura<sup>\*1</sup>, Mitsutoshi Nakajima<sup>\*1, \*2</sup><sup>\*1</sup> National Food Research Institute, NARO<sup>\*2</sup> Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

本研究では、非対称貫通孔型MCアレイを用いた水中油滴 (O/W) エマルションの作製において、塩濃度が液滴作製に与える影響等について検討した。本研究で使用したシリコン製のMCアレイ基板 (WMS1-3) の表面サイズは2.4 cm四方であり、約2.2万本の非対称貫通孔型MC (チャンネル直径: 17  $\mu\text{m}$ ) が基板中央部に加工されている。微小油滴の作製は、親水化処理を施した非対称貫通孔型MCアレイを介して分散相 (精製大豆油) を連続相中 (塩濃度が異なる乳化剤水溶液) に圧入させて行った。変動係数が5%未満の単分散O/Wエマルションは、塩濃度が閾値よりも低い場合に作製されることがわかった。この閾値は、イオン性乳化剤の方が低くなる傾向にあった。この結果は、イオン性乳化剤の場合では、塩添加によって基板表面と乳化剤分子の間に作用する静電的反発力が大幅に低下することに起因するものと考えられる。

電荷が異なる乳化剤を用いたマイクロチャンネルO/W乳化における電解質濃度の影響

小林 功<sup>\*1</sup>, 張 晏如<sup>\*1, \*2</sup>, NEVES Marcos A.<sup>\*1, \*2</sup>, 堀 祐子<sup>\*1</sup>, 植村 邦彦<sup>\*1</sup>, 中嶋光敏<sup>\*1, \*2</sup><sup>\*1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所<sup>\*2</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科

Journal of Food and Drug Analysis, 20 (S1), 184-188 (2012)

Nanotechnology for bioactives delivery systems

Marcos A. Neves<sup>\*1, \*2</sup>, Isao Kobayashi<sup>\*2</sup>, Mitsutoshi Nakajima<sup>\*1, \*2</sup><sup>\*1</sup> Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba<sup>\*2</sup> National Food Research Institute, NARO

本論文では、食品素材のマイクロ・ナノ加工による分散系の作製に関する研究について報告した。高機能な食品マイクロ・ナノ分散系は、生理活性成分送達システムへの応用が期待されている。本研究において、抗酸化食品素材を含むマイクロ・ナノ分散系は、トップダウン法を利用して作製された。抗酸化食品素材には、 $\beta$ -カロテンが用いられた。ナノ分散系に関しては、高压乳化と液中乾燥を併用することにより、平均粒径が50 nm程度の $\beta$ -カロテンナノ分散系を作製することができた。また、平板溝型・貫通孔型マイクロチャンネル乳化を用いることにより、サイズが均一な植物微小油滴を作製することができた。

生理活性物質送達システムのためのナノテクノロジー

NEVES Marcos A.<sup>\*1, \*2</sup>, 小林 功<sup>\*2</sup>, 中嶋 光敏<sup>\*1, \*2</sup><sup>\*1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科<sup>\*2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Green Processing and Synthesis, 1 (4), 355-362 (2012)

Large microchannel emulsification device for mass production of uniformly sized droplets on a liter scale per hour

Isao Kobayashi\*1, Marcos A. Neves\*1, \*2, Yoshihiro Wada\*3, Kunihiko Uemura\*1, Mitsutoshi Nakajima\*1, \*2

\*1 National Food Research Institute, NARO

\*2 Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

\*3 EP Tech. Co., Ltd.

本論文では、新たに開発した大型マイクロチャンネル (MC) 乳化装置を用いた毎時リットル規模での単分散エマルジョン液滴の大量製造について報告した。本研究で開発したシリコン製の大型MCアレイ基板の表面サイズは4 cm四方であり、約2.5万本の非対称貫通孔型MC (チャンネル直径: 17  $\mu\text{m}$ ) が基板中央部に加工されている。MC乳化実験は、貫通孔型MCを介して分散相 (テトラデカン) を連続相 (2.0wt% Tween 20水溶液) 領域中に圧入して行った。この時製造された微小油滴の平均液滴直径と変動係数は、それぞれ約87  $\mu\text{m}$  と2%未満であった。製造された単分散微小油滴のサイズとサイズ分布は、本研究で適用した分散相の流量速度の影響を受けなかった。本研究より、単分散エマルジョン液滴を毎時リットル規模 (最大1.4 L/h) の分散相流量速度で大量製造できることが示された。

毎時リットル規模で均一サイズ微小液滴を大量製造するための大型マイクロチャンネル乳化装置

KHALID Nauman\*1, \*2, 小林 功\*1, NEVES Marcos A.\*1, \*3, 植村 邦彦\*1, 中嶋 光敏\*1, \*3

\*1 (独) 農研機構食品総合研究所

\*2 筑波大学大学院生命環境科学研究科

\*3 イービーテック

Chemistry &amp; Biodiversity, 9 (11), 2453-2472 (2012)

Efficient preparation of giant vesicles as biomimetic compartment systems with high entrapment yields for biomacromolecules

Takashi Kuroiwa\*1, \*2, \*3, Ryoji Fujita\*1, \*2, Isao Kobayashi\*2, Kunihiko Uemura\*2, Mitsutoshi Nakajima\*1, Seigo Sato\*1, Peter Walde\*4, Sosaku Ichikawa\*1

\*1 Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

\*2 National Food Research Institute, NARO

\*3 Faculty of Engineering, Tokyo City University

\*4 Department of Materials, ETH Zürich

「脂質被覆水滴水和法」により、カルセイン、 $\alpha$ -キモトリプシン、蛍光標識されたアルブミンおよびデキストランを内部水相に高効率で封入したリン脂質ジャイアントベシクルの懸濁液をミリリットルスケールで調製した。得られたベシクルの平均粒径はおよそ7-11  $\mu\text{m}$ 程度であった。内包率は内包物質の化学構造や作製手順の詳細な条件により変化し、上記内包物質に対して20-50%の内包率が得られた。「脂質被覆水滴水和法」は多段階のプロセスからなる。すなわち、i) マイクロチャンネル乳化法による油中水滴型エマルジョンの作製、ii) エマルジョン水滴の凍結、およびiii) 界面活性剤・油相溶媒の除去とベシクル構成脂質・水溶液への置換、というプロセスを経る。酵素の内包化を目的とする場合は、酵素の触媒活性を保持することは重要である。モデル酵素として $\alpha$ -キモトリプシンを使用した場合、ベシクルに内包された $\alpha$ -キモトリプシンは高い活性を保持しており、脂質膜透過性基質をベシクル外部に添加することで加水分解反応を触媒することができた。さらに、カルセインを蛍光プローブとして、内包物質の漏出を引き起こす操作プロセスについて検討、最適化を行った。

生体高分子を高効率で内包する生体模倣型コンパートメントシステムとしてのジャイアントベシクルの効率的作製

黒岩 崇\*1, \*2, \*3, 藤田 亮治\*1, \*2, 小林 功\*2, 植村 邦彦\*2, 中嶋 光敏\*1, 佐藤 誠吾\*1, Peter Walde\*4, 市川 創作\*1

\*1 筑波大学生命環境系

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

\*3 東京都市大学工学部

\*4 スイス連邦工科大学チューリヒ校材料学科

European Journal of Lipid Science and Technology, 115 (2), 224-231 (2013)

Preparation and characterization of highly stable argan oil-in-water emulsions using microchannel emulsification

Abdelilah El-Abbassi\*<sup>1, \*2</sup>, Marcos A. Neves\*<sup>1</sup>, Isao Kobayashi\*<sup>3</sup>, Abdellatif Hafidi\*<sup>2</sup>, Mitsutoshi Nakajima\*<sup>1, \*3</sup>

\*<sup>1</sup> Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

\*<sup>2</sup> Faculty of Sciences Semilalia, Cadi Ayyad University

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

本研究では、マイクロチャネルを利用した高安定な水中アルガン油滴 (O/W) 型エマルションの作製と特性評価を目的とした。我々は、マイクロチャネル乳化における温度と乳化剤の種類の影響について検討した。また、作製されたO/Wエマルションの高温下での保存安定性についても検討した。乳化剤の種類の影響に関しては、Tween 20を用いた時に単分散O/Wエマルションが安定的に作製された。Tween 20によって安定化された単分散アルガン油滴 (変動係数4%未満) は、マイクロチャネル乳化時の温度が70℃以下の場合において作製された。乳化時の温度が使用した乳化剤の曇点より高い温度 (80℃以上) の場合には、液滴作製が不安定になり、多分散エマルションが作製された。

マイクロチャネル乳化を用いた高安定水中アルガン油滴型エマルションの作製と特性評価

EL-ABBASSI Abdelilah\*<sup>1, \*2</sup>, NEVES Marcos A.\*<sup>1</sup>, 小林 功\*<sup>3</sup>, HAFIDI Abdellatif\*<sup>1</sup>, 中嶋 光敏\*<sup>1, \*3</sup>

\*<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科

\*<sup>2</sup> モロッコ国Cadi Ayyad大学

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Food Science and Technology Research, 18 (3), 357-362 (2012)

Inactivation of *Lactobacillus brevis* in liquid egg white by radio-frequency flash heating

Kunihiko Uemura, Chieko Takahashi, Isao Kobayashi

National Food Research Institute, NARO

短波帯瞬間加熱 (RF-FH) による卵白液の殺菌を行った。RF-FHにより60℃で2.4秒の処理を行ったところ、卵白液に添加した乳酸菌および大腸菌を3対数オーダー以上失活し、従来加熱の54℃で29.5分間加熱したものと同等の殺菌効果であった。また、卵白の加工特性として、RF-FHおよび従来加熱した卵白を用いて泡立ちについて比較した。従来加熱では加熱時間が長くなるにつれて泡の強度が低下したが、RF-FH処理を行ったものは強度の低下が認められなかった。

短波帯瞬間加熱による液卵白中の乳酸菌の殺菌

植村 邦彦, 高橋千栄子, 小林 功

(独) 農研機構食品総合研究所

LWT-Food Science and Technology, 51 (2), 448-454 (2013)

Preparation and characterization of water-in-oil emulsions loaded with high concentration of L-ascorbic acid

Nauman Khalid\*<sup>1, \*2</sup>, Isao Kobayashi\*<sup>1</sup>, Marcos A. Neves\*<sup>1, \*3</sup>, Kunihiko Uemura\*<sup>1</sup>, Mitsutoshi Nakajima\*<sup>1, \*3</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Graduate School of Agricultural and Life Science, The University of Tokyo

\*<sup>3</sup> Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

本研究では、L-アスコルビン酸を高濃度で含有した分散相 (水溶液) を用いた油中水滴 (W/O) エマルションを作製した。W/Oエマルションの連続相には、親油性乳化剤を添加したモリंगा油および精製大豆油を用いた。分散相の体積分率は30 vol%に固定した。W/Oエマルションの作製は、高速回転型ホモジナイザーを利用して行った。作製されたW/Oエマルションの平均液滴径と変動係数は、それぞれ2~3 μmと13~22%であった。作製直後のW/Oエマルション中におけるL-アスコルビン酸保持率は90%程度であった。作製されたL-アスコルビン酸高含有W/Oエマルションは、室温または冷却下で30日間保存後も安定であった。30日間保存後のW/Oエマルション中におけるL-アスコルビン酸保持率は、常温保存時と冷却保存時でそれぞれ30%と50%程度であった。また、保存中におけるW/Oエマルションに内包されたL-アスコルビン酸の保持率は、バルク中のL-アスコルビン酸の保持率よりも大幅に高いことが示された。

L-アスコルビン酸高含有W/Oエマルションの作製と特性評価

KHALID Nauman\*<sup>1, \*2</sup>, 小林 功\*<sup>1</sup>, NEVES Marcos A.\*<sup>1, \*3</sup>, 植村 邦彦\*<sup>1</sup>, 中嶋 光敏\*<sup>1, \*3</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 東京大学農学生命科学研究科

\*<sup>3</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科

Carbohydrate Polymers, 93 (2), 473-477 (2012)

Cloning of inulin fructotransferase (DFAIII-producing) gene from *Arthrobacter* sp. L68-1

Kazutomo Haraguchi

National Food Research Institute, NARO

*Arthrobacter* sp. L68-1が生産するDFAIIIオリゴ糖合成酵素をクローン化し、遺伝子の塩基配列を決定した。この遺伝子は32アミノ酸残基からなるシグナルペプチドをコードしていた。また親株で作られる成熟酵素は410アミノ酸残基からなると推察された。遺伝子の塩基配列の解析結果から酵素の分子量は43.7 kDaと計算された。クローン化された遺伝子を大腸菌の宿主ベクター系で発現させた。このクローン化酵素を固定化した。調製された固定化酵素は10回の繰り返し使用を行ったあとも、活性の低下はほとんどみられなかった。

*Arthrobacter* sp. L68-1のDFAIIIオリゴ糖合成酵素遺伝子のクローニング

原口 和朋

(独)農研機構食品総合研究所

Bioresource Technology, 123, 695-698 (2012)

Ethanol production by repeated-batch simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of alkali-treated rice straw using immobilized *Saccharomyces cerevisiae* cells

Itsuki WATANABE\*<sup>1</sup>, Naoki MIYATA\*<sup>2</sup>, Akira ANDO\*<sup>1</sup>, Riki SHIROMA\*<sup>1</sup>, Ken TOKUYASU\*<sup>1</sup> AND Toshihide NAKAMURA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Kansai Paint Co., Ltd.

固定化酵母を用いたアルカリ処理稲わらの繰り返し回分同時糖化発酵法を開発した。*Saccharomyces cerevisiae*の菌体を光硬化性樹脂で固定化し、担体の再利用とエタノール生産性について評価した。20%稲わらの回分発酵においては、固定化酵母のエタノール生産性は固定化していない酵母と比較してやや低い傾向であった。しかし、固定化酵母による繰り返し回分発酵では、良好なエタノール生産性を示し、担体の再利用においても安定的にエタノールを生産することができた。

固定化*Saccharomyces cerevisiae*を用いたアルカリ処理稲わらの繰り返し回分同時糖化発酵によるエタノール生産

渡邊 樹\*<sup>1</sup>, 宮田 直紀\*<sup>2</sup>, 安藤 聡\*<sup>1</sup>, 城間 力\*<sup>1</sup>, 徳安 健\*<sup>1</sup>, 中村 敏英\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独)農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 関西ペイント株式会社

Journal of Bioscience and Bioengineering, 114 (6), 648-651 (2012)

Identification of an acetate-tolerant strain of *Saccharomyces cerevisiae* and characterization by gene expression analysis

Yutaka HAITANI\*<sup>1</sup>, Koichi TANAKA\*<sup>1</sup>, Mami YAMAMOTO\*<sup>2</sup>, Toshihide NAKAMURA\*<sup>2</sup>, Akira ANDO\*<sup>2</sup>, Jun OGAWA\*<sup>1</sup> AND Jun SHIMA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Kyoto University

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

*Saccharomyces cerevisiae* 酢酸耐性株を分離するために、大量保存株の酢酸耐性を調べた。その結果、*S. cerevisiae* ATCC 38555が高い酢酸耐性を有していることを見出した。DNAマイクロアレイ解析の結果、酢酸耐性株ではAft1やHaa1に発現制御されている遺伝子群の発現が上昇していることが明らかとなった。

*Saccharomyces cerevisiae* 酢酸耐性株の分離と遺伝子発現解析による特性評価

灰谷 豊\*<sup>1</sup>, 田中 晃一\*<sup>1</sup>, 山本 まみ\*<sup>2</sup>, 中村 敏英\*<sup>2</sup>, 安藤 聡\*<sup>2</sup>, 小川 順\*<sup>1</sup>, 島 純\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 京都大学

\*<sup>2</sup> (独)農研機構食品総合研究所

SpringerPlus, 1: 27 (2012)

Isolation of a novel strain of *Candida shehatae* for ethanol production at elevated temperature

Ayumi TANIMURA\*1, Toshihide NAKAMURA\*2, Itsuki WATANABE\*2, Jun OGAWA\*1, AND Jun SHIMA\*1

\*1 Kyoto University

\*2 National Food Research Institute, NARO

効率的にバイオエタノールを生産するためには、グルコースやキシロースを高温条件で発酵することが重要である。我々は既存株よりも優れた高温耐性を有する五炭糖発酵性酵母 ATY839株を分離した。ATY839株は37℃でも発酵することができ、種同定の結果、*Candida shehatae* に属する酵母であった。ATY839株は37℃でアルカリ前処理した稲わらの同時糖化発酵も可能であった。

高温条件下でのエタノール生産に適した *Candida shehatae* 新規株の分離

谷村あゆみ\*1, 中村 敏英\*2, 渡邊 樹\*2, 小川 順\*1, 島 純\*1

\*1 京都大学

\*2 (独) 農研機構食品総合研究所

Journal of the Institute of Brewing, 118 (2) 179-185 (2012)

Overexpression of vacuolar H<sup>+</sup>-ATPase-related genes in bottom-fermenting yeast enhances ethanol tolerance and fermentation rates during high-gravity fermentation

Sonoko HASEGAWA\*1, Tomoo OGATA\*2, Koichi TANAKA\*1, Akira ANDO\*3, Hiroshi TAKAGI\*4 AND Jun SHIMA\*1

\*1 Kyoto University

\*2 Asahi Breweries Ltd.

\*3 National Food Research Institute, NARO

\*4 Nara Institute of Science and Technology

液胞型プロトンATPアーゼはストレス耐性において重要である。液胞型プロトンATPアーゼ関連遺伝子であるDBF2, VMA41, RAV2を下面発酵酵母で過剰発現させるとエタノール耐性が向上し、高糖条件での発酵速度も向上した。特にDBF2過剰発現株は高いエタノール耐性を示した。液胞型プロトンATPアーゼの活性を強化することで高密度発酵を効率化できることが示唆された。

*Saccharomyces cerevisiae* 酢酸耐性株の分離と遺伝子発現解析による特性評価

長谷川園子\*1, 尾形 智夫\*2, 田中 晃一\*1, 安藤 聡\*3, 高木 博史\*4, 島 純\*1

\*1 京都大学

\*2 アサヒビール株式会社

\*3 (独) 農研機構食品総合研究所

\*4 奈良先端科学技術大学院大学

Structural elucidation of dextran degradation mechanism by *Streptococcus mutans* dextranase belonging to glycoside hydrolase family 66

Nobuhiro Suzuki\*<sup>1</sup>, Young-Min Kim\*<sup>1, \*2, \*3</sup>, Zui Fujimoto\*<sup>1</sup>, Mitsuru Momma\*<sup>1</sup>, Masayuki Okuyama\*<sup>2</sup>,  
Haruhide Mori\*<sup>2</sup>, Kazumi Funane\*<sup>3</sup> and Atsuo Kimura\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Biomolecular Research Unit, National Institute of Agrobiological Sciences

\*<sup>2</sup> Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

\*<sup>3</sup> Applied Microbiology Division, National Food Research Institute, NARO

デキストラナーゼはデキストランの $\alpha$ -1, 6結合を加水分解する。*Streptococcus mutans*由来のデキストラナーゼ (SmDex) はグリコシドヒドロラーゼファミリー66 (GH66) に属し、少なくとも5つの領域から成り、様々な鎖長のイソマルトオリゴ糖を生成する。N末端とC末端の非保存領域を除去したSmDexのGln-100~Ile-732断片を1.6Åの分解能で測定し、本酵素は3つのドメイン構造を含むことが明らかになった。ドメインNはイムノグロブリン様 $\beta$ サンドウィッチ構造、ドメインAは( $\beta/\alpha$ ) 8-barrel構造を持つ触媒モジュール、ドメインCは $\beta$ サンドウィッチ構造を含むグリークキーモチーフであった。酵素/イソマルトトリオース複合体では触媒クレフトに4つのグルコース分子が結合しており、サブサイト-4~-1の存在が示された。自殺基質である4', 5'-epoxypentyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside複合体ではAsp-385残基にエポキシド環が共有結合していた。構造解析によりAsp-385が求核触媒、Glu-453が酸塩基触媒であり、リテイニング酵素であることが示された。本研究は、GH66ファミリー酵素において最初に構造化学的に触媒反応機構を解明したものである。

グリコシドヒドロラーゼファミリー66に属する *Streptococcus mutans* 由来デキストラナーゼにおけるデキストラン分解メカニズムの構造化学的解明

鈴木 喜大\*<sup>1</sup>, キム・ヨンミン\*<sup>1, \*2, \*3</sup>, 藤本 瑞\*<sup>1</sup>, 門間 充\*<sup>1</sup>, 奥山 正幸\*<sup>3</sup>,  
森 春英\*<sup>3</sup>, 舟根 和美\*<sup>2</sup>, 木村 淳夫\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農業生物研究所生体分子研究ユニット

\*<sup>2</sup> 北海道大学大学院農学研究科応用分子生物学分野

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

## Novel dextranase catalyzing cycloisomaltooligosaccharide-formation and identification of catalytic amino acids and their functions using chemical rescue approach

Young-Min Kim\*<sup>1</sup>, Yoshiaki Kiso\*<sup>1</sup>, Tomoe Muraki\*<sup>1</sup>, Min-Sun Kang\*<sup>1</sup>, Hiroyuki Nakai\*<sup>1</sup>, Wataru Saburi\*<sup>1</sup>, Weeranuch Lang\*<sup>1</sup>,  
Hee-Kwon Kang\*<sup>1</sup>, Masayuki Okuyama\*<sup>1</sup>, Haruhide Mori\*<sup>1</sup>, Ryuichiro Suzuki\*<sup>2</sup>, Kazumi Funane\*<sup>2</sup>, Nobuhiro Suzuki\*<sup>3</sup>,  
Mitsuru Momma\*<sup>3</sup>, Zui Fujimoto\*<sup>3</sup>, Tetsuya Oguma\*<sup>4</sup>, Mikihiro Kobayashi\*<sup>5</sup>, Doman Kim\*<sup>6</sup>, and Atsuo Kimura\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>3</sup> National Institute of Agrobiological Sciences

\*<sup>4</sup> Noda Institute for Scientific Research

\*<sup>5</sup> Department of Food and Health Science, Jissenn Women's University

\*<sup>6</sup> School of Biological Sciences and Technology, Chonnam National University

*Paenibacillus* sp. 株由来の新規エンドデキストラナーゼ (PsDex) は、デキストランを基質として、主としてイソマルトテトラオース、および少量の環状イソマルトオリゴ糖を生成した。PsDexは1,696アミノ酸残基から成り、グリコシドヒドロラーゼファミリー (GH) 66に属し、長い介在配列 (632残基; Thr451-Val1082) を有する。PsDexの (Ala39-Ser1304) 部分は同じGH66に属する環状イソマルトオリゴ糖グルカノトランスフェラーゼ (CITase) の (Pro32-Ala755) に35%の相同性があった。PsDexの (Val837-Met932) と CITase の (Tyr404-Tyr492) は糖結合モジュール35に似ており、これはCI生産能の無いエンドデキストラナーゼ (Dex) には存在しない。GH66酵素は以下の3種類: (i) デキストラン加水分解活性のみを有するDex (ii) 主として加水分解を触媒し、僅かに環状化活性を示すDex (iii) CI生産活性が主で弱い加水分解活性を示すCITaseに分類されると考えられる。C末端を削除したPsDex (Ala39-Ser1304) は野生型酵素の50%のPsDex活性を示し、C末端の392残基は加水分解活性に関与しないことが示唆された。GH66酵素は4つの保存された酸性アミノ酸残基 (PsDexではAsp189, Asp340, Glu412, and Asp1254) を有し、これらが触媒残基の候補と考えられた。これらアミノ酸置換変異体を作製したところ、D1254Nは36%活性が残存していたが、他の変異体の活性は1/1500~1/40,000に低下した。D189A, D340GおよびE412Q変異体について $\alpha$ -イソマルトシルフルオリドおよびアジ化ナトリウムを用いてケミカルレスキューを行い、Asp340は求核触媒残基でGlu412は酸塩基触媒残基であることが示唆された。D189Aはアジ化ナトリウム存在下で、 $\alpha$ -イソマルトシルフルオリドから低分子デキストランを生産した。

*Bacteroides thetaiotaomicron* VPI-5482株由来のグリコシドヒドロラーゼファミリー66相同体はデキストラン分解と環状化反応を触媒する

キム・ヨンミン\*<sup>1</sup>, 山本 英治\*<sup>1</sup>, カン・ミンスン\*<sup>1</sup>, 中井 博之\*<sup>1</sup>, 佐分 利亘\*<sup>1</sup>, 奥山 正幸\*<sup>1</sup>, 森 春英\*<sup>1</sup>,  
舟根 和美\*<sup>2</sup>, 門間 充\*<sup>3</sup>, 藤本 瑞\*<sup>3</sup>, 小熊 哲哉\*<sup>4</sup>, 小林 幹彦\*<sup>5</sup>, キム・ドマン\*<sup>6</sup>, 木村 淳夫\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 北海道大学大学院農学研究科応用分子生物学分野

\*<sup>2</sup> (独) 農業生物研究所生体分子研究ユニット

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>4</sup> 公益財団法人野田産業科学研究所

\*<sup>5</sup> 実践女子大学生生活科学部

\*<sup>6</sup> 全南大校

Biochimica et Biophysica Acta, 1824 (7), 919-924 (2012)

Biochemical characterization and analysis of catalytic Asp and Glu residues of a novel  
cycloisomaltooligosaccharide glucanotransferase from *Paenibacillus* sp. 598K

Ryuichiro Suzuki\*<sup>1</sup>, Kazue Terasawa\*<sup>1</sup>, Keitarou Kimura\*<sup>1</sup>, Zui Fujimoto\*<sup>2</sup>, Mitsuru Momma\*<sup>2</sup>, Mikihiko Kobayashi\*<sup>3</sup>,  
Atsuo Kimura\*<sup>4</sup>, Kazumi Funane\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Applied Microbiology Division, National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Biomolecular Research Unit, National Institute of Agrobiological Sciences

\*<sup>3</sup> Department of Food and Health Science, Jissen Women's University

\*<sup>4</sup> Division of Applied Bioscience, Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

環状イソマルトオリゴ糖グルカノトランスフェラーゼ (CITase; EC 2.4.1.248) は、グリコシドヒドロラーゼファミリー66に属する酵素で、分子内転移反応により様々な重合度の環状イソマルトオリゴ糖 (CI, サイクロデキストラン) を生産する。これまでに研究されている CITase は、*Bacillus circulans* T-3040由来の酵素 (CITase-T3040) のみであるが、本研究で、*Paenibacillus* sp. 598K株由来の CITase (CITase-598K) を見出し、組換え酵素の諸性質を明らかにした。CITase-T3040は環状イソマルトオクタオース (CI-8) が主生成物なのに対し、CITase-598Kは環状イソマルトヘプタオース (CI-7) を主として生産した。CITase-598Kの耐熱性は50℃で CITase-T3040より10℃高く、 $k_{cat}/K_M$ 値は  $19.4 \text{ s}^{-1} \text{ mM}^{-1}$ と、約2倍高かった。いずれのCITaseも基質の最小単位はイソマルトテトラオースであった。CITase-598Kの触媒残基は Asp144, Asp269, および Glu341と推定された。

*Paenibacillus* sp. 598K 株由来新規環状イソマルトオリゴ糖グルカノトランスフェラーゼの生化学的性質と  
触媒アスパラギン酸およびグルタミン酸残基の検索

鈴木龍一郎\*<sup>1</sup>, 寺沢 和恵\*<sup>1</sup>, 木村啓太郎\*<sup>1</sup>, 藤本 瑞\*<sup>2</sup>, 門間 充\*<sup>2</sup>, 小林 幹彦\*<sup>3</sup>, 木村 淳夫\*<sup>4</sup>, 舟根 和美\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (独) 農業生物研究所生体分子研究ユニット

\*<sup>3</sup> 実践女子大学生生活科学部

\*<sup>4</sup> 北海道大学大学院農学研究科応用分子生物学分野

FEBS Journal, 279 (17), 3185-3191 (2012)

*Bacteroides thetaiotaomicron* VPI-5482 glycoside hydrolase family 66 homolog catalyzes dextranolytic and cyclization reactions

Young-Min Kim\*<sup>1,2</sup>, Eiji Yamamoto\*<sup>1</sup>, Min-Sun Kang\*<sup>1</sup>, Hiroyuki Nakai\*<sup>1</sup>, Wataru Saburi\*<sup>1</sup>, Masayuki Okuyama\*<sup>1</sup>,  
Haruhide Mori\*<sup>1</sup>, Kazumi Funane\*<sup>3</sup>, Mitsuru Momma\*<sup>4</sup>, Zui Fujimoto\*<sup>4</sup>, Mikihiko Kobayashi\*<sup>5</sup>, Doman Kim\*<sup>6</sup> and Atsuo Kimura\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

\*<sup>2</sup> Infection Control Material Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>4</sup> National Institute of Agrobiological Sciences

\*<sup>5</sup> Department of Food and Health Science, Jissenn Women's University

\*<sup>6</sup> School of Biological Sciences and Technology, Chonnam National University

*Bacteroides thetaiotaomicron* VPI-5482株は環状イソマルトオリゴ糖グルカノトランスフェラーゼ (BT3087) と見られるグリコサイドハイドロラーゼファミリー66 (GH66) に属するタンパクをコードした遺伝子を有する。組換えBT3087は、デキストランを基質としてグルコース重合度4個以上のイソマルトオリゴ糖を生成した。また、本酵素は反応初期に高分子の環状イソマルトオリゴ糖を生成した。GH66ファミリーは、(a) エンド型デキストラナーゼ、(b) 弱い環状イソマルトオリゴ糖グルカノトランスフェラーゼ活性を有するデキストラナーゼ、(c) 環状イソマルトオリゴ糖グルカノトランスフェラーゼの3種類のタイプに分類できると考えられる。

*Bacteroides thetaiotaomicron* VPI-5482株由来のグリコシドヒドロラーゼファミリー66相同体は  
デキストラン分解と環状化反応を触媒する

キム・ヨンミン\*<sup>1,2</sup>, 山本 英治\*<sup>1</sup>, カン・ミンスン\*<sup>1</sup>, 中井 博之\*<sup>1</sup>, 佐分 利亘\*<sup>1</sup>, 奥山 正幸\*<sup>1</sup>, 森 春英\*<sup>1</sup>,  
舟根 和美\*<sup>3</sup>, 門間 充\*<sup>4</sup>, 藤本 瑞\*<sup>4</sup>, 小林 幹彦\*<sup>5</sup>, キム・ドマン\*<sup>6</sup>, 木村 淳夫\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 北海道大学大学院農学研究科応用分子生物学分野

\*<sup>2</sup> KRIBB, 大韓民国

\*<sup>3</sup> (独) 農業生物研究所生体分子研究ユニット

\*<sup>4</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>5</sup> 実践女子大学生生活科学部

\*<sup>6</sup> 全南大学校大韓民国

Dynamics of radioactive cesium ( $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) during the milling of contaminated Japanese wheat cultivars and during the cooking of udon noodle made from wheat flour

KEITAROU KIMURA\*<sup>1</sup>, HIROMI KAMEYA\*<sup>1</sup>, DAISUKE NEI\*<sup>1</sup>, YOSITERU KAKIHARA\*<sup>2</sup>, SHOJI HAGIWARA\*<sup>1</sup>, HIROSHI OKADOME\*<sup>1</sup>, KATSUO TANJI\*<sup>3</sup>, SETSUKO TODORIKI\*<sup>1</sup>, USHIO MATSUKURA\*<sup>1</sup>, SHINICHI KAWAMOTO\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Japan Grain Inspection Association

\*<sup>3</sup> Fukushima Agricultural Technology Centre

平成23年度産の製麺用小麦品種（フクアカリ、キヌアズマ）の玄麦を用いて、製粉時及びうどん調理時における放射性セシウム（ $^{134}\text{Cs}$  +  $^{137}\text{Cs}$ ）の挙動を調べ、加工係数（Processing factor, PF：加工後の濃度/加工前の濃度）を求めた。

均質化した様々な濃度の放射性セシウム（36.6-772 Bq/kg dry wt）を含む玄麦をビュラーテストミルで製粉し、プレーキ粉（1B, 2B, 3B）とミドリング粉（1M, 2M, 3M）、及び大ぶすま（bran）、小ぶすま（shorts）の8画分を得た。ゲルマニウム半導体検出器（CANBERRA GC2020-7500 SL-2002CSL）で各画分の重量当たりの放射性セシウム濃度を測定したところ、大ぶすまが最も高い濃度を示し、玄麦の値の2.3-2.5倍となった（PF=2.3-2.5）。小ぶすまは玄麦とほぼ同等の値を示し、小麦粉画分のPF値は0.5以下だった。

食用として用いられる60%粉（1B, 2B, 1M, 2Mの混合粉）のPF値は、 $0.40 \pm 0.048$ であり、一方、家畜用飼料として使われる大ぶすまと小ぶすま混合物のPF値は $2.07 \pm 0.232$ であった。60%粉から定法に従って作ったうどん調理において、ゆで過程で生麺の放射性セシウムが大幅に低減し、70%以上がゆで液中へ移行した。ゆで麺の生麺に対するPF値は0.19となった。

小麦の製粉・うどん調理時における放射性セシウムの挙動

木村啓太郎\*<sup>1</sup>, 亀谷 宏美\*<sup>1</sup>, 根井 大介\*<sup>1</sup>, 柿原 芳輝\*<sup>2</sup>, 萩原 昌司\*<sup>1</sup>,  
岡留 博司\*<sup>1</sup>, 丹治 克男\*<sup>3</sup>, 等々力節子\*<sup>1</sup>, 松倉 潮\*<sup>1</sup>, 川本 伸一\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (財) 日本穀物検定協会

\*<sup>3</sup> 福島県農業総合センター

Production of lactic acid from xylose and wheat straw by *Rhizopus oryzae*

Katsuchi SAITO\*<sup>1,2</sup>, Yasuhiro HASA\*<sup>2</sup>, Hideyuki ABE\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> National Agricultural Research Center for Hokkaido Region, NARO

セルロース系バイオマスの利活用技術の開発に向け、キシロース発酵能及び乳酸生成能を有する *Rhizopus oryzae* を活用したキシロース及び麦稈の発酵技術の開発を目指し検討を行った。試験に供した *R. oryzae* 56株の中で、*R. oryzae* NBRC 5378株がキシロースから最も多くの8.9 g/lの乳酸を生産した。本菌を用い麦稈微粉碎物の発酵試験を行った結果、セルラーゼ、ヘミセルラーゼを併用した並行複発酵により麦稈中のセルロース・ヘミセルロース換算で収率0.23 g/gの乳酸を生産した。

*Rhizopus oryzae* によるキシロース及び麦稈からの乳酸生産

齋藤 勝一\*<sup>1,2</sup>, 波佐 康弘\*<sup>2</sup>, 阿部 英幸\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構北海道農業研究センター

Journal of Bioscience and Bioengineering, 115 (6), 654-657 (2013)

Development of a rifampicin-resistant *Bacillus subtilis* strain for natto-fermentation showing enhanced exoenzyme production

Yuji Kubo\*<sup>1</sup>, Takashi Inaoka\*<sup>2</sup>, Tsuyoshi Hachiya\*<sup>3,4</sup>, Masayuki Miyake\*<sup>3</sup>, Sumitaka Hase\*<sup>3</sup>,  
Rikio Nakagawa\*<sup>1</sup>, Kazumi Funane\*<sup>2</sup>, Keitarou Kimura\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Industrial Technology Institute of Ibaraki Prefecture

\*<sup>2</sup> Division of Applied Microbiology, National Food Research Institute, NARO

\*<sup>3</sup> Department of Biosciences and Informatics, Keio University

\*<sup>4</sup> Iwate Medical Megabank Organization, Iwate Medical University

納豆菌の菌体外分解酵素の生産能力をリファンピシン耐性を指標とした選抜によって増強した。選抜した株のプロテオーム解析とサイモグラフ分析から、セルロース分解酵素とプロテアーゼの生産量増加およびレバンシューラーゼの発現抑制が認められた。選抜株はRNAポリメラーゼβサブユニット遺伝子にS487Lの変異を持っていた。

菌体外分解酵素生産が増強されたリファンピシン耐性納豆菌の開発

久保 雄司\*<sup>1</sup>, 稲岡 隆\*<sup>2</sup>, 八谷 剛史\*<sup>3,4</sup>, 三宅 雅之\*<sup>3</sup>, 長谷 純崇\*<sup>3</sup>, 中川 力夫\*<sup>1</sup>, 舟根 和美\*<sup>2</sup>, 木村啓太郎\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> 茨城県工業技術センター

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>3</sup> 慶應義塾大学理工学部

\*<sup>4</sup> いわて東北メディカル・メガバンク機構

World Journal of Microbiology & Biotechnology, 28 (8), 2643-2650 (2012)

Comparison of expression and enzymatic properties of *Aspergillus oryzae* lysine aminopeptidases ApsA and ApsB

Junichiro Marui\*<sup>1</sup>, Mayumi Matsushita-Morita\*<sup>1</sup>, Sawaki Tada\*<sup>1</sup>, Ryota Hattori\*<sup>1</sup>, Satoshi Suzuki\*<sup>1</sup>, Hitoshi Amano\*<sup>2</sup>,  
Hiroki Ishida\*<sup>3</sup>, Youhei Yamagata\*<sup>4</sup>, Michio Takeuchi\*<sup>4</sup>, Ken-Ichi Kusumoto\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Amano Enzyme Inc.

\*<sup>3</sup> Gekkeikan Sake Co., Ltd.

\*<sup>4</sup> Department of Applied Molecular Biology and Biochemistry, Tokyo University of Agriculture and Technology

ファミリー M1 アミノペプチダーゼをコードする *apsA* と *apsB* を工業用糸状菌 *Aspergillus oryzae* に見出した。 *apsB* 遺伝子は培地中における窒素源あるいは炭素源の飢餓にตอบสนองして転写量が2.5倍に上向き調節された。一方、 *apsA* の上向き調節は *apsB* ほど顕著ではなかった。コードされる両酵素をバクテリアで発現、精製を行い酵素学的性質を解明した結果、いずれも亜鉛結合モチーフを有するファミリー M1 アミノペプチダーゼの報告と同様の活性阻害様式を示した。また、両酵素は必須アミノ酸であるリジンをペプチドアミノ末端から遊離し、ペプチド基質を用いた反応試験では *ApsB* は *ApsA* よりも基質特異性が広い一方、 *ApsB* はペプチド鎖が短くなるにつれて反応性が低くなった。

*Aspergillus oryzae* のリジンアミノペプチダーゼ *AspA* と *AspB* の遺伝子発現と酵素学的性質の比較

丸井淳一郎\*<sup>1</sup>, 松下 (森田) 真由美\*<sup>1</sup>, 多田 功生\*<sup>1</sup>, 服部 領太\*<sup>1</sup>, 鈴木 聡\*<sup>1</sup>, 天野 仁\*<sup>2</sup>,  
石田 博樹\*<sup>3</sup>, 山形 洋平\*<sup>4</sup>, 竹内 道雄\*<sup>4</sup>, 楠本 憲一\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 天野エンザイム株式会社

\*<sup>3</sup> 月桂冠株式会社

\*<sup>4</sup> 東京農工大学大学院共生科学技術研究院

Applied and Environmental Microbiology, 78 (22), 8154-8157 (2012)

Serine-type carboxypeptidase KexA of *Aspergillus oryzae* has broader substrate specificity than *Saccharomyces cerevisiae* Kex1 and is required for normal hyphal growth and conidiation

Hiroto Morita<sup>\*1</sup>, Sayako Tomita<sup>\*1</sup>, Hiroshi Maeda<sup>\*1</sup>, Ayako Okamoto<sup>\*1</sup>, Yohei Yamagata<sup>\*1</sup>, Ken-Ichi Kusumoto<sup>\*2</sup>, Hitoshi Amano<sup>\*3</sup>, Hiroki Ishida<sup>\*4</sup>, Micho Takeuchi<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Applied Molecular Biology and Biochemistry, Tokyo University of Agriculture and Technology

<sup>\*2</sup> National Food Research Institute, NARO

<sup>\*3</sup> Amano Enzyme Inc.

<sup>\*4</sup> Gekkeikan Sake Co., Ltd.

*Aspergillus oryzae* は出芽酵母 KEX1 のオルソログである kexA 遺伝子を有している。KexA タンパク質の部分的な欠失型タンパク質はセリン型カルボキシペプチダーゼ活性を示し、Kex1 プロテアーゼよりもいくぶん広い基質特異性を示した。さらに、著者らの結果から、KexA は *A. oryzae* の正常な生育に必要であり、菌糸分岐に関わっていた。

*Aspergillus oryzae* のセリン型カルボキシペプチダーゼ KexA は、出芽酵母 KexA よりも広い基質特異性を有し、正常な菌糸成長と胞子形成に必要である

森田 寛人<sup>\*1</sup>, 富田沙耶子<sup>\*1</sup>, 前田 浩<sup>\*1</sup>, 岡本 綾子<sup>\*1</sup>, 山形 洋平<sup>\*1</sup>, 楠本 憲一<sup>\*2</sup>, 天野 仁<sup>\*3</sup>, 石田 博樹<sup>\*4</sup>, 竹内 道雄<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 東京農工大学大学院共生科学技術研究院

<sup>\*2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

<sup>\*3</sup> 天野エンザイム株式会社

<sup>\*4</sup> 月桂冠株式会社

食品総合研究所研究報告77, 33-38 (2013)

*Aspergillus oryzae* 菌体内グルタチオンに対する環境ストレスの影響

服部 領太, 鈴木 聡, 楠本 憲一

(独) 農研機構食品総合研究所

グルタチオンは生体内に存在するトリペプチドであり、様々なストレス耐性に関与していることが知られている。本研究では醸造用麹菌である *Aspergillus oryzae* RIB40 のフィルター培養条件下における細胞内グルタチオン含有量の経時的変化を測定した。分生子接種後 2-3 日で細胞内グルタチオン量が最大となり、4 日目には低下した。また、最少培地での培養を 2 日間行った後、環境ストレスとして設定した、酸化ストレス区 (過酸化水素添加培地)、重金属ストレス区 (カドミウム添加培地)、飢餓ストレス区 (窒素源欠乏培地) での培養を継続して行った。グルタチオン含有量の変動を調べたところ、対照区と比較して酸化ストレス区では変化は見られなかったが、重金属ストレス区では一時的な上昇が見られた。また、飢餓ストレス区ではグルタチオン含有量は総じて減少していた。このことから、*A. oryzae* において細胞内グルタチオン量は環境ストレスの影響を受けることが示唆された。

The effect of environmental stresses on intracellular glutathione levels of *Aspergillus oryzae*

Ryota Hattori, Satoshi Suzuki, Ken-Ichi Kusumoto

National Food Research Institute, NARO

食品総合研究所研究報告77, 63-68 (2013)

麹菌の分生子形成における光応答

鈴木 聡, 楠本 憲一

(独) 農研機構食品総合研究所

麹菌 *Aspergillus oryzae* は我が国伝統醸造産業のみならず酵素産業にも重要な産業微生物である。我々は *A. oryzae* の分生子形成における光応答を検討し、*A. oryzae* が暗培養で多数の分生子を形成し、光は分生子形成を阻害することが明らかとなった。

Response to light in conidiation of *Aspergillus oryzae*

Satoshi Suzuki, Kenichi Kusumoto

National Food Research Institute, NARO

Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60, 9519-9527 (2012)

Comprehensive gene expression analysis of type B trichothecenes

Tadahiro Suzuki, Yumiko iwahashi

National Food Research Institute, NARO

酵母細胞の多剤耐性遺伝子PDR5欠損株を用いてタイプBトリコテセン系マイコトキシンの曝露生育試験を実施したところ、酵母細胞はDON, 15ADON, 及びFusXに強い感受性を示した。また、マイコトキシンの曝露2時間後のサンプルからRNAを抽出し、マイクロアレイによる網羅的遺伝子発現解析を実施したところ、強い感受性を示したマイコトキシンの条件下では細胞質とミトコンドリアのそれぞれに局在するリボソーム合成遺伝子群に顕著な遺伝子発現の変化が検出された。また、ミトコンドリアのシトクロムC放出を示唆する遺伝子発現の変化も検出され、これらのマイコトキシンはミトコンドリアの呼吸活性を著しく阻害することによって細胞死を誘発していることが示唆された。

タイプBトリコテセンの網羅的遺伝子発現解析

鈴木 忠宏, 岩橋由美子

(独) 農研機構食品総合研究所

Mycotoxin Research 169, 1620-1632 (2013)

Regulation of metabolic products and gene expression in *Fusarium asiaticum* by agmatine addition.

Suzuki Tadahiro, Kim Yon-gun, Yoshioka Hifumi and Iwahashi Yumiko

National Food Research Institute, NARO

アグマチンを添加した*F. asiaticum*について、代謝産物をCE-TOF MSを用い、遺伝子発現はDNAマイクロアレイを用いて解析した。アグマチンを添加して培養した菌体からは、無添加菌体では検出されなかったグリオキシル酸が検出された。同時にグリオキシル酸サイクルに関する遺伝子群の発現も上昇していた。また4-aminobutyrate (GABA)も増加しており、デオキシニバレノールの生産調節に関与している可能性が見いだされた。

アグマチン添加時の *Fusarium asiaticum* の代謝産物と遺伝子の発現制御

鈴木 忠宏, キムヨンギョン, 吉岡ひふみ, 岩橋由美子

(独) 農研機構食品総合研究所

Applied Biochemistry and Biotechnology 169 (5), 1620-1632 (2013)

RNA preparation of *Saccharomyces cerevisiae* using the digestion method may give misleading results

Suzuki Tadahiro, Iwahashi Yumiko

National Food Research Institute, NARO

酵母細胞の細胞壁破碎処理には物理・化学的破碎法に加え、酵素処理法が存在する。しかし、細胞壁溶解の間、酵母細胞は生存しており、細胞内応答に影響があるものと考えられるが、未だ酵素処理法を採用するRNA抽出キットが販売されているため、DNAマイクロアレイにより、細胞壁溶解処理が引き起こす遺伝子発現への影響を調べた。その結果、RNAポリメラーゼ等の翻訳関連遺伝子は発現制御遺伝子に変化が生じていた。また、酸化ストレスの指標としてSODタンパク質を観察したところ、酵素処理によって実際にSODタンパク質の活性が上昇していることが観察された。このため、核酸抽出には酵素抽出法を採用すべきでないことを報告した。

酵母細胞のRNA調整に酵素溶解法を用いることによって不正確な結果が生み出される

鈴木 忠宏, 岩橋由美子

(独) 農研機構食品総合研究所

Fungal Genetics and Biology 49 (9), 744-754, (2012)

Production of M-/GM-group aflatoxins catalyzed by the OrdA enzyme in aflatoxin biosynthesis

Kimiko Yabe\*<sup>1</sup>, Naomi Chihaya\*<sup>1</sup>, Hidemi Hatabayashi\*<sup>1</sup>, Masako Kito\*<sup>1</sup>, Sachiko Hoshino\*<sup>1</sup>, Hongmei Zeng\*<sup>1</sup>,  
Jingjing Cai\*<sup>1</sup>, Hiromitsu Nakajima\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Faculty of Agriculture, Tottori University

アフラトキシン (AF) 生産カビは、メジャー AF (AFB1, AFB2, AFG1, AFG2) 以外に、これらが水酸化されたマイナー AF (AFM1, AFM2, AFGM1, AFGM2) を生産するものがある。これらマイナー AF の合成経路を解明するために、aspartoxin のフィーディング実験及び酵素反応を行ったところ、AFM1 及び AFGM1 の生産が観察された。また、aspartoxin は AFB1・AFG1 の前駆体である OMST が、AFB1・AFG1 生産に係わる OrdA 酵素によって水酸化されて生じることが明らかになった。一方、AFB1 から AFM1 は生産されなかった。さらに、AFB1・A 合成経路中 OMST の次に位置する前駆体 11-hydroxy-OMST (HOMST) から AFM1 の生産が観察された。以上のことから、AF 生産カビは 8 種類すべての AF 誘導体の生産能力を潜在的に有し、OrdA 酵素が AF の最終的な運命を決定していることが明らかとなった。

アフラトキシン合成において OrdA 酵素が触媒する M-/GM- グループアフラトキシンの生産

矢部希見子\*<sup>1</sup>, 千早 直美\*<sup>1</sup>, 畑林 秀美\*<sup>1</sup>, 紀藤 雅子\*<sup>1</sup>, 星野 幸子\*<sup>1</sup>, Hongmei Zeng\*<sup>1</sup>, Jingjing Cai\*<sup>1</sup>, 中島 廣光\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 鳥取大学農学部

Biochemical Journal, 444 (3), 437-443 (2012)

A glycosynthase derived from an inverting GH19 chitinase from the moss *Bryum coronatum*

Takayuki Ohnuma\*<sup>1</sup>, Tatsuya Fukuda\*<sup>1</sup>, Satoshi Dozen\*<sup>1</sup>, Yuji Honda\*<sup>2</sup>, Motomitsu Kitaoka\*<sup>3</sup>, Tamo Fukamizo\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Department of Advanced Bioscience, Kinki University

\*<sup>2</sup> Department of Food Science, Ishikawa Prefectural University

\*<sup>3</sup> National Food Research Institute, NARO

BcChi-A は、地衣類の一つである *Bryum coronatum* 由来のキチナーゼであり、キチンを反転型反応機構で加水分解するエンド型酵素である。野生型酵素を  $\alpha$ - (GlcNAc) 2-F と反応させると、Hehre resynthesis-hydrolysis により、(GlcNAc) 2 とフッ化水素に分解する。BcChi-A をグライコシターゼに変換するため、Honda らの方法 [(2006) J. Biol. Chem. 281, 1426-1431; (2008) Glycobiology 18, 325-330] に従い、触媒水分子を固定している Ser102 および触媒塩基として作用する Glu70 に変異を導入することにより S102A, S102C, S102D, S102G, S102H, S102T, E70G および E70Q を調整した。S102T 以外の変異酵素では (GlcNAc) 6 加水分解活性が検出不能になった。S102A, S102C, S102G および E70G は  $\alpha$ - (GlcNAc) 2-F および (GlcNAc) 2 から (GlcNAc) 4 を生成した。S102A が最も高いグライコシターゼ活性を示した。本報告がアミノ糖に関するフッ化糖をドナーとしたグライコシターゼの初めての報告である。

地衣類 *Bryum coronatum* 由来 GH19 反転型キチナーゼのグライコシターゼ化

大沼 貴之\*<sup>1</sup>, 福田 達也\*<sup>1</sup>, 道善 聡\*<sup>1</sup>, 本多 裕司\*<sup>2</sup>, 北岡 本光\*<sup>3</sup>, 深溝 慶\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 近畿大学農学部バイオサイエンス学科

\*<sup>2</sup> 石川県立大学食品科学科

\*<sup>3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

The Journal of Biological Chemistry, 287 (20), 16709-16719 (2012)

1, 3-1, 4- $\alpha$ -L-Fucosyltransferase that specifically introduces Lewis a/x antigens into type-1/2 chains

Haruko Sakurama\*<sup>1</sup>, Shinya Fushinobu\*<sup>2</sup>, Masafumi Hidaka\*<sup>2</sup>, Erina Yoshida\*<sup>1</sup>, Yuji Honda\*<sup>1</sup>, Hisashi Ashida\*<sup>3</sup>,  
Motomitsu Kitaoka\*<sup>4</sup>, Hidehiko Kumagai\*<sup>1</sup>, Kenji Yamamoto\*<sup>1</sup>, Takane Katayama\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Research Institute for Bioresources and Biotechnology, Ishikawa Prefectural University

\*<sup>2</sup> Department of Biotechnology, The University of Tokyo

\*<sup>3</sup> Graduate School of Biostudies, Kyoto University

\*<sup>4</sup> National Food Research Institute, NARO

複合糖質の非還元末端に結合する $\alpha$ -L-フコシル基は、ルイス型やABO型血液型抗原を形成し、種々の生化学的現象に関わる。糖鎖機能を明らかにするためにはこれらの合成法を確立することが重要である。しかしながら部位特異的 $\alpha$ -L-フコシル化反応は合成化学者および酵素学者双方にとって難題であった。筆者らはタイプI/II糖鎖からルイス a/x 抗原を特異的に生成する1, 3-1, 4- $\alpha$ -L-フコシターゼについて報告する。本変異酵素は二糖構造 (Gal $\beta$ 1-3/4GlcNAc) のGlcNAc残基に対して $\alpha$ - (1, 4/3) -結合でL-フコシル基を導入する。親酵素のX線結晶構造解析の結果から、GH29に属する1, 3-1, 4- $\alpha$ -L-フコシターゼ (EC 3.2.1.111) と $\alpha$ -L-フコシターゼ (EC 3.2.1.51) の活性中心の構造の差異を見いだした。本研究で作出したグライコシターゼは不安定な複合糖質にルイス a/x エピトープを付与させる有力なツールとなる。

タイプI/II糖鎖からルイス a/x 抗原を特異的に生成する1, 3-1, 4- $\alpha$ -L-フコシターゼ

櫻間 晴子\*<sup>1</sup>, 伏信 進矢\*<sup>2</sup>, 日高 将文\*<sup>2</sup>, 吉田永史奈\*<sup>1</sup>, 本多 裕司\*<sup>1</sup>, 芦田 久\*<sup>3</sup>,  
北岡 本光\*<sup>4</sup>, 熊谷 英彦\*<sup>1</sup>, 山本 憲二\*<sup>1</sup>, 片山 高嶺\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 石川県立大学生物資源工学研究所

\*<sup>2</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科

\*<sup>3</sup> 京都大学大学院生命科学研究科

\*<sup>4</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Carbohydrate Research, 360, 25-30 (2012)

Identification of *Bacillus selenitireducens* MLS10 maltose phosphorylase possessing synthetic ability for branched  $\alpha$ -D-glucosyl trisaccharides

Takanori Nihira\*<sup>1</sup>, Yuka Saito\*<sup>1</sup>, Motomitsu Kitaoka\*<sup>2</sup>, Ken'ichi Otsubo\*<sup>1</sup>, Hiroyuki Nakai\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Faculty of Agriculture, Niigata University

\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

我々は、*Bacillus selenitireducens* MLS10由来の糖加水分解酵素ファミリー-65に属する反転型マルトースホスホリラーゼ (Bsel2056) が、 $\beta$ -グルコース 1 リン酸をドナーとした逆反応において、種々の $\alpha$ -グルコシル二糖や三糖を合成できることを見いだした。Bsel2056はグルコサミン、N-アセチルグルコサミン、2-デオキシグルコース、マンノースなどのグルコース 2 位の誘導体をアクセプターとして認識し、1, 4- $\alpha$ -グルコシル二糖を生成した。また、コージビオース及びソホロースをアクセプターとすると、マルトース還元末端の 2 位にそれぞれ $\alpha$ 及び $\beta$ -グルコシル基が結合した分岐三糖を生成した。これらの結果は、本酵素がアクセプターであるグルコース残基の二位に高い置換を許容することを示している。

分岐 $\alpha$ グルコ三糖生成活性を持つ*Bacillus selenitireducens* MLS10由来マルトースホスホリラーゼ

仁平 高則\*<sup>1</sup>, 斉藤 由華\*<sup>1</sup>, 北岡 本光\*<sup>2</sup>, 大坪 研一\*<sup>1</sup>, 中井 博之\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 新潟大学農学部

\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Carbohydrate Research, 361, 46-54 (2012)

Characterization of a laminaribiose phosphorylase from *Acholeplasma laidlawii* PG-8A and production of 1,3- $\beta$ -D-glucosyl disaccharides

Takanori Nihira<sup>\*1</sup>, Yuka Saito<sup>\*1</sup>, Motomitsu Kitaoka<sup>\*2</sup>, Mamoru Nishimoto<sup>\*2</sup>, Ken'ichi Otsubo<sup>\*1</sup>, Hiroyuki Nakai<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Faculty of Agriculture, Niigata University

<sup>\*2</sup> National Food Research Institute, NARO

我々は *Acholeplasma laidlawii* PG-8A 由来糖加水分解酵素ファミリー94ホモログタンパク (ACL0729) がラミナリビオースホスホリラーゼ (EC 2.4.1.31) であることを同定した。大腸菌から調製した組換えACL0729は、シーケンシャル機構でラミナリビオースをアノマー反転型加リン酸分解しグルコースと $\alpha$ -グルコース 1リン酸を生成した。ラミナリトリオースは良い基質ではなかった。加リン酸分解反応は可逆的であり、C-3及びC4エカトリアル水酸基を持つ種々の単糖をアクセプターとして1,3- $\beta$ -グルコシル二糖の調製が可能であった。本酵素は他のグルコ二糖ホスホリラーゼと比較して強い拮抗基質阻害を示した。

*Acholeplasma laidlawii* PG-8A 由来ラミナリビオースホスホリラーゼの性質決定および1,3- $\beta$ -グルコシル二糖の合成

仁平 高則<sup>\*1</sup>, 斉藤 由華<sup>\*1</sup>, 北岡 本光<sup>\*2</sup>, 西本 完<sup>\*2</sup>, 大坪 研一<sup>\*1</sup>, 中井 博之<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 新潟大学農学部

<sup>\*2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Anaerobe, 19, 50-57 (2013)

In vitro comparative evaluation of the impact of lacto-N-biose I, a major building block of human milk oligosaccharides, on the fecal microbiota of formula-fed infants

Takumi Satoh<sup>\*1</sup>, Toshitaka Odamaki<sup>\*1</sup>, Makiko Namura<sup>\*2</sup>, Takashi Shimizu<sup>\*2</sup>, Keiji Iwatsuki<sup>\*1</sup>, Motomitsu Kitaoka<sup>\*3</sup>, Mamoru Nishimoto<sup>\*3</sup>, and Jin-zhong Xiao<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Food Science and Technology Institute, Morinaga Milk Industry Co., Ltd.

<sup>\*2</sup> Nutritional Science Laboratory, Morinaga Milk Industry Co., Ltd.

<sup>\*3</sup> National Food Research Institute, NARO

ラクト-N-ビオースI (LNB) はビフィズス菌の選択的増殖因子として作用すると考えられている。我々は以前乳児腸管の主要ビフィズス菌種は一般的にLNBを資化できることを報告した。本研究では、in vitro培養システムによりLNBと他のオリゴ糖との作用の違いについて検討することを目的とした。人工乳栄養乳児の糞便サンプルを1%の各種の糖(LNB, ラクチュロース, ラフィノース, GOS, MOS)を唯一の炭素源とした培地に摂取し、嫌氣的に培養を行った。LNBは他のオリゴ糖と同様に総ビフィズス菌数を有意に増加させた。中でも他のオリゴ糖とは異なり *Bifidobacterium bifidum* 増加が顕著であった。また、LNBを炭素源としたときは他のオリゴ糖と比較して乳酸量の低下および酢酸量の増加が確認された。LNBは乳児の腸内細菌叢改善効果があり、プレバイオティクスとしての乳児食品添加物としての有用性が示唆された。

ヒトミルクオリゴ糖主要構成単位であるラクト-N-ビオースIのin vitro培養による人工乳栄養乳児糞便微生物叢に与える影響評価

佐藤 拓海<sup>\*1</sup>, 小田巻俊孝<sup>\*1</sup>, 名村真理子<sup>\*2</sup>, 清水 隆司<sup>\*2</sup>, 岩附 慧二<sup>\*1</sup>, 北岡 本光<sup>\*3</sup>,  
西本 完<sup>\*3</sup>, 清水 金忠<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 森永乳業株式会社食品基盤研究所

<sup>\*2</sup> 森永乳業株式会社栄養科学研究所

<sup>\*3</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

Microbiology 158 (8), 2213-2224 (2012)

Heterologous expression of a plant RelA-SpoT homologue results in increased stress tolerance in *Saccharomyces cerevisiae* by accumulation of the bacterial alarmone ppGpp.

Kozo Ochi<sup>\*1</sup>, Tomoyasu Nishizawa<sup>\*2</sup>, Takashi Inaoka<sup>\*2</sup>, Akiyo Yamada<sup>\*3</sup>, Kohsuke Hashimoto<sup>\*1</sup>, Takeshi Hosaka<sup>\*4</sup>, Susumu Okamoto<sup>\*2</sup>, and Yoshihiro Ozeki<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> Hiroshima Institute of Technology

<sup>\*2</sup> National Food Research Institute, NARO

<sup>\*3</sup> Tokyo University of Agriculture and Technology

<sup>\*4</sup> Shinshu University

好塩性植物 *Suaeda japonica* 由来の relA-spoT ホモログ (Sj-RSH) を酵母において発現させた結果、ppGpp が蓄積し、浸透圧やエタノール、過酸化水素、高温、凍結といった様々なストレスに対して耐性を強めた。バクテリアにおける ppGpp の蓄積とは異なり、ppGpp は定常期ではなく増殖期初期に蓄積し、栄養源の枯渇は ppGpp の低下をもたらしたことから、ppGpp を合成する Sj-RSH 活性は栄養源の枯渇に依存しないことを示唆している。ppGpp の蓄積は細胞質画分でのみ起こり、ミトコンドリア画分には無いことから酵母細胞内では、おそらくリボソーム非依存的に ppGpp が合成されていると考えられる。バクテリアのイノシン 1 リン酸 (IMP) 脱水素酵素とは違って、酵母の IMP 脱水素酵素は ppGpp に非感受性であった。マイクロアレイ解析の結果、ppGpp の蓄積はストレス応答遺伝子を含む遺伝子発現に著しい変化を引き起こすことがわかった。

植物由来 RelA-SpoT ホモログの酵母における発現はバクテリアのアラーモン ppGpp の蓄積によりストレス耐性を増大させる

越智 幸三<sup>\*1</sup>, 西沢 智康<sup>\*2</sup>, 稲岡 隆史<sup>\*2</sup>, 山田 晃世<sup>\*3</sup>, 橋本 広祐<sup>\*1</sup>, 保坂 毅<sup>\*4</sup>, 岡本 晋<sup>\*2</sup>, 小関 良宏<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 広島工業大学

<sup>\*2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

<sup>\*3</sup> 東京農工大学

<sup>\*4</sup> 信州大学

Journal of Bacteriology 194 (20), 5632-5637 (2012)

Undecaprenyl pyrophosphate involvement in susceptibility of *Bacillus subtilis* to rare earth elements

Takashi Inaoka<sup>\*1</sup> and Kozo Ochi<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> National Food Research Institute, NARO

<sup>\*2</sup> Hiroshima Institute of Technology

希土類元素の一種であるスカンジウムは弱い抗菌活性を有している。我々は枯草菌におけるスカンジウム耐性変異を同定したところ、ウンデカブレニル 2 リン酸合成酵素遺伝子 (uppS) 内に変異を発見した。この変異は細胞壁合成阻害剤であるバシトラシンに対する耐性も付与するほか、アミラーゼ生産をも増強することがわかった。野生型の uppS 遺伝子の過剰発現はスカンジウムとバシトラシンに対する感受性を増大させた。さらに、ウンデカブレニル 2 リン酸脱リン酸化酵素の欠損株は試験した希土類元素全てにおいて感受性が増大した。これらの結果はウンデカブレニル 2 リン酸の蓄積が希土類元素感受性を増大させることを示唆している。

ウンデカブレニル 2 リン酸は枯草菌の希土類元素感受性に関与する

稲岡 隆史<sup>\*1</sup>, 越智 幸三<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

<sup>\*2</sup> 広島工業大学

Identification of the actinorhodin monomer and its related compound from a deletion mutant  
of the actVA-ORF4 gene of *Streptomyces coelicolor* A3 (2)

Takaaki TAGUCHI\*<sup>1</sup>, Takayuki EBIHARA\*<sup>1</sup>, Atsushi FURUKAWA\*<sup>1</sup>, Yumiko HIDAKA\*<sup>1</sup>, Ryuji ARIGA\*<sup>1</sup>,  
Susumu OKAMOTO\*<sup>2</sup>, Koji ICHINOSE\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Research Institute of Pharmaceutical Sciences, Musashino University  
\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

*Streptomyces coelicolor* A3 (2) の生産するアクチノロージン (actinorhodin, ACT) は、benzoisochromanone系抗生物質に属する芳香族ポリケチド化合物であり、同じ分子がC-C結合により二量体化した特異な構造を有する。今回、我々は、本化合物の合成に関与するactVA-ORF4遺伝子の欠失株がジヒドロカラファンギン (dihydrokalafungin, DHK) の誘導体を培地中に蓄積することを見いだした。各種機器分析の結果、その構造をACTの単量体に相当する8-hydroxy-DHKであると決定した。さらには、本欠失株の培養液中には還元された構造を有する8-hydroxy-DHK誘導体も微量蓄積することを確認した。これらの結果は、ActVA-ORF4タンパク質がACT単量体の二量体化に重要な働きをしていることを示している。

放線菌 *Streptomyces coelicolor* A3(2) の actVA-ORF4 遺伝子欠失株からのアクチノロージン単量体  
およびその関連化合物の単離・構造決定

田口 貴章\*<sup>1</sup>, 海老原貴之\*<sup>1</sup>, 古川 敦史\*<sup>1</sup>, 日高裕美子\*<sup>1</sup>, 有賀 竜治\*<sup>1</sup>, 岡本 晋\*<sup>2</sup>, 市瀬 浩志\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 武蔵野大学  
\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

A Large-Scale Identification of Direct Targets of the Tomato MADS Box Transcription Factor  
RIPENING INHIBITOR Reveals the Regulation of Fruit Ripening

Masaki Fujisawa, Toshitsugu Nakano, Yoko Shima, Yasuhiro Ito

National Food Research Institute, NARO

果実は成熟期に色や硬さが劇的に変化し、食に適した状態になるが、そのメカニズムは複雑で不明な部分が多い。トマトのMADS box型転写因子RINは、その変異株で果実の成熟が著しく抑制されることから、最上位の制御因子であると考えられている。そこで、トマト全遺伝子プロモーター解析用のマイクロアレイを用いたクロマチン免疫沈降 (ChIP-chip)、および発現アレイ解析によるRIN標的遺伝子の大規模な同定を行った。その結果、RINがプロモーター等に結合し、かつ果実成熟期にRIN依存的に発現変動している標的遺伝子241個を同定した。これらは、カロテノイド合成やエチレン合成等、様々な代謝・制御経路から見つかっており、RINの広範な成熟過程への関与が示唆された。一方エチレン阻害剤を用いた解析から、RINの成熟期の発現上昇へのエチレンの関与が判明し、RINとエチレン信号伝達系の連携による成熟制御の新たな仕組みを示した。

トマト MADS box 型転写因子 RIN 標的遺伝子の大規模同定に基づく成熟制御機構の解明

藤澤 雅樹, 嶋 羊子, 中野 年継, 伊藤 康博

(独) 農研機構食品総合研究所

The Journal of Biological Chemistry, 287 (17), 14069-14077 (2012)

Structural and biochemical characterization of glycoside hydrolase family 79  $\beta$ -glucuronidase from *Acidobacterium capsulatum*

Mari Michikawa\*<sup>1</sup>, Hitomi Ichinose\*<sup>1</sup>, Mitsuru Momma\*<sup>2</sup>, Peter Biely\*<sup>3</sup>, Seino Jongkees\*<sup>4</sup>, Makoto Yoshida\*<sup>5</sup>,  
Toshihisa Kotake\*<sup>6</sup>, Yoichi Tsumuraya\*<sup>6</sup>, Stephen G. Withers\*<sup>4</sup>, Zui Fujimoto\*<sup>2</sup> and Satoshi Kaneko\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> National Institute of Agrobiological Sciences

\*<sup>3</sup> Institute of Chemistry, Slovak Academy of Sciences

\*<sup>4</sup> Department of Chemistry, University of British Columbia

\*<sup>5</sup> Department of Environmental and Natural Resource Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

\*<sup>6</sup> Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

我々はアシドバクテリウム カプスラーツム由来糖加水分解酵素ファミリー79 $\beta$ -グルクロニダーゼの立体構造を初めて明らかにした。反応生産物である $\beta$ -D-グルクロン酸または2-フルオログルクロニル反応中間体との結合構造を示した。本酵素は触媒機能を有する ( $\beta/\alpha$ ) 8-バレルドメインと機能不明なイレギュラーなグリークキーモチーフで構成されていた。本酵素は $\beta$ -グルクロニダーゼ活性を示し、非常に微弱な $\beta$ -グルコシダーゼ、 $\beta$ -キシロシダーゼ活性を有していたが、変異体酵素を使った解析により、173番目のグルタミン酸 (酸-塩基触媒) と287番目のグルタミン酸 (求核触媒) が活性中心となり、アノマー保持型の反応メカニズムであること、45番目のグルタミン酸、243番目とのチロシン、292番目のチロシンから294番目のグリシンまでのループ、334番目のチロシンが触媒ポケットを形成し、基質の構造を識別していることが明らかとなった。

アシドバクテリウム カプスラーツム由来糖加水分解酵素ファミリー79 $\beta$ -グルクロニダーゼの構造と生化学的解析

路川 真理\*<sup>1</sup>, 一ノ瀬仁美\*<sup>1</sup>, 門間 充\*<sup>2</sup>, ピーター・ビエリー\*<sup>3</sup>, セイノ・ジョンキース\*<sup>4</sup>, 吉田 誠\*<sup>5</sup>,  
小竹 敬久\*<sup>6</sup>, 円谷 陽一\*<sup>6</sup>, ステファン・ウィザース\*<sup>4</sup>, 藤本 瑞\*<sup>2</sup>, 金子 哲\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> (独) 農業生物資源研究所

\*<sup>3</sup> スロバキア科学アカデミー化学研究所

\*<sup>4</sup> プリテイッシュコロンビア大学

\*<sup>5</sup> 東京農工大学

\*<sup>6</sup> 埼玉大学

Applied and Environmental Microbiology, 78 (22), 7939-7945 (2012)

Characterization of an endo-processive type xyloglucanase having  $\beta$ -1,4-glucan binding module and an endo-type xyloglucanase from *Streptomyces avermitilis*

Hitomi Ichinose\*<sup>1</sup>, Yuko Araki\*<sup>2</sup>, Mari Michikawa\*<sup>1</sup>, Koichi Harazono\*<sup>3</sup>, Katsuro Yaoi\*<sup>4</sup>, Shuichi Karita\*<sup>2</sup> and Satoshi Kaneko\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO

\*<sup>2</sup> Graduate School of Bioresources, Mie University

\*<sup>3</sup> Research & Development Center, Nagase & Company, Limited

\*<sup>4</sup> Bioproduction Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

私たちはストレプトマイセス エバミティリス NBRC14893より2種類の糖加水分解酵素ファミリー74に分類される遺伝子である sav\_1856および sav\_2574をクローニングし、得られた組換え酵素の特性を解析した。sav\_1856遺伝子がコードする SaGH74Aは触媒ドメインの他にC末端に糖結合モジュールファミリー2に分類されるドメインを有していたが、sav\_2574遺伝子がコードする SaGH74Bは触媒ドメインのみで構成されていた。SaGH74AとSaGH74Bは分子量92 kDaと78 kDaのタンパクとして正常に発現し、キシログルカナナーゼの性質を有していた。SaGH74Aは60°C、pH5.5、SaGH74Bは55°C、pH6.0に反応の至適があり、SaGH74AはpH4.5から9.0の範囲、SaGH74BはpH6.0から6.5の範囲で安定であった。タマリンド由来キシログルカンの反応生成物の解析により、SaGH74Aはエンドプロセスティブ、SaGH74Bは典型的なエンド型酵素であることが示された。また、SaGH74AのC末端に存在する糖結合モジュールは、ヒドロキシエチルセルロース、大麦グルカン、キシログルカンなどの $\beta$ -1,4-結合したグルカンを含む水溶性多糖類に結合することが示された。

ストレプトマイセス エバミティリス由来 $\beta$ -1,4-グルカン結合ドメインを有する  
エンドプロセスティブタイプのキシログルカナナーゼとエンドタイプのキシログルカナナーゼの特性解析

一ノ瀬仁美\*<sup>1</sup>, 荒木 裕子\*<sup>2</sup>, 路川 真理\*<sup>1</sup>, 原園 幸一\*<sup>3</sup>, 矢追 克郎\*<sup>4</sup>, 菊田 修一\*<sup>2</sup>, 金子 哲\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所

\*<sup>2</sup> 三重大学

\*<sup>3</sup> 長瀬産業 (株)

\*<sup>4</sup> (独) 産業技術総合研究所

Molecular cloning and characterization of D-xylose isomerase from a novel actinobacteria, *Thermobifida fusca* MBL10003Takafumi Kasumi\*<sup>1</sup>, Sumiko Mori\*<sup>2</sup>, Satoshi Kaneko\*<sup>2</sup> and Yoshiyuki Koyama\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> Laboratory of Enzymology and Molecular Biology, Department of Chemistry and Life Science, Nihon University\*<sup>2</sup> National Food Research Institute, NARO

新規に単離された放線菌サーモビフィダ フスカ MBL10003株由来D-キシロースイソメラーゼの遺伝子クローニングと特性解析を行った。セルロース資化性細菌であるサーモビフィダ フスカ XY株のD-キシロースイソメラーゼ遺伝子と MBL10003株由来の酵素では1アミノ酸が異なっていた。構造遺伝子 (xylA) は387個のアミノ酸からなる推定分子量43,900のポリペプチドをコードしており、翻訳されたアミノ酸配列はストレプトマイセス、アクチノプラネス、アルスロバクター種由来の該当酵素と高い相同性を示した。本酵素の至適温度とpHはそれぞれ75℃と10であり、75℃以下、pH4から12の間で安定であった。他の既知のキシロースイソメラーゼとは異なり、本酵素はグルコースとキシロースに対して非常に似たKm値を示し、それぞれ264および274 mMであったがkcatは大きく異なり、その結果としてキシロースに対するkcat/Kmがグルコースに比べ18倍大きくなっていた。また二価の金属イオンが活性化に必須であるが、特にマグネシウムが最も効果的な活性化因子であり、コバルトがマグネシウムの共活性化因子として機能した。

## 新規放線菌サーモビフィダ フスカ MBL10003株由来D-キシロースイソメラーゼの遺伝子クローニングと特性解析

春見 隆文\*<sup>1</sup>, 森 澄子\*<sup>2</sup>, 金子 哲\*<sup>2</sup>, 小山 善幸\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> 日本大学\*<sup>2</sup> (独) 農研機構食品総合研究所Characterization of a  $\alpha$ -L-rhamnosidase from *Streptomyces avermitilis*Hitomi Ichinose\*<sup>1</sup>, Zui Fujimoto\*<sup>2</sup>, Satoshi Kaneko\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> National Food Research Institute, NARO\*<sup>2</sup> National Institute of Agrobiological Sciences

ストレプトマイセス エバミティリスより推定 $\alpha$ -L-ラムノシダーゼ遺伝子をクローニングし、発現させた。組換え酵素は、p-ニトロフェニル $\alpha$ -L-ラムノシド、ナリンギン、ルチン、ヘスペリジンなどのシトラスフラボノイド、およびアラビノガラクトナンタンパク質であるアラビアガムからL-ラムノースを遊離した。どの金属イオンも酵素活性には影響を示さなかったが、カルシウムイオンによりアラビアガムからのL-ラムノース生産量が増加した。

ストレプトマイセス エバミティリス由来 $\alpha$ -L-ラムノシダーゼの特性一ノ瀬仁美\*<sup>1</sup>, 藤本 瑞\*<sup>2</sup>, 金子 哲\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>2</sup> (独) 農業生物資源研究所Ethanol production from high cellulose concentration by the basidiomycete fungus *Flammulina velutipes*Tomoko Maehara\*<sup>1</sup>, Hitomi Ichinose\*<sup>1</sup>, Takanori Furukawa\*<sup>2</sup>, Wataru Ogasawara\*<sup>2</sup>, Koji Takabatake\*<sup>3</sup>, Satoshi Kaneko\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> Food Biotechnology Division, National Food Research Institute, NARO\*<sup>2</sup> Department of Bioengineering, Nagaoka University of Technology\*<sup>3</sup> Forest Institute, Toyama Prefectural Agricultural, Forestry, and Fisheries Research Center

エノキタケによる高濃度原料からのエタノール生産性を評価した。エノキタケは15% (w/v) のD-グルコース、D-フルクトース、D-マンノース、スクロース、マルトース、セロビオースより40から60 g/Lのエタノールを生成し、セロビオースを原料とした際に最も変換率が高く83%であった。また、我々はサトウキビバガス由来セルロース (SCBC) を原料としたエノキタケによる直接エタノール生産を試みた。15% (w/v) のSCBCは市販のセルラーゼでは20%ほどしか加水分解されないが、エノキタケは少量の市販セルラーゼを要するもの $\beta$ -グルコシダーゼ、セロビオハイドrolラーゼ、セルラーゼを生産し、15% (w/v) のSCBCからかなりの量のエタノールを生産することができた。バイオマス1gに対して9mgの市販セルラーゼを添加した場合、1gのセルロースから0.36gのエタノールが生産された (変換効率は69.6%に相当)。これらの結果はエノキタケが連結バイオプロセスによるリグノセルロース系バイオマスからのエタノール生産に有用であることを示唆している。

## エノキタケを用いた高濃度セルロースからのエタノール生産

前原 智子\*<sup>1</sup>, 一ノ瀬仁美\*<sup>1</sup>, 古川 隆紀\*<sup>2</sup>, 小笠原 渉\*<sup>2</sup>, 高島 幸司\*<sup>3</sup>, 金子 哲\*<sup>1</sup>\*<sup>1</sup> (独) 農研機構食品総合研究所\*<sup>2</sup> 長岡技術科学大学\*<sup>3</sup> 富山県農林水産総合技術センター 森林研究所

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、研究ノートは原稿枚数は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の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<sup>1)2)</sup>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A4判とし、縦長に置き、上下左右に各3cm程度の余白を設け、11ポイント程度の字の大きさを26字×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)表紙、(2)英文要旨およびその和訳、(3)本文、(4)表、(5)図(写真を含む)、(6)図(写真を含む)の説明原稿とする。

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 投稿方法

論文の投稿はオンライン投稿システムの指示に従い行う。(URL: <http://www.editorialmanager.com/nskkk/>)

## 4 表紙

**4.1** 表紙には**4.5**の例のように、和文で欄外見出し、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、共著者の氏名の右肩に「<sup>1</sup>」「<sup>2</sup>」「<sup>3</sup>」を付け、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、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)」としメールアドレスを記載する。

## 4.5 表紙記載例

〔欄外見出し〕

食品・他：麹菌および鶏卵の量と魚醤油の品質

醤油麹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<sup>†</sup>

食品花子<sup>1</sup>、深海潜太<sup>2</sup>、水産勝尾<sup>2\*</sup>、  
畜産育雄<sup>3</sup>、農業宮子<sup>3</sup>

<sup>1</sup>独立行政法人機能食材研究所

<sup>2</sup>太平洋大学農林水産学系

<sup>3</sup>全国県農業畜産試験場

キーワード：5語以内

.....〔脚注〕.....

<sup>1</sup>〒929-0808 能登県いしる市薄口台4-5-67

<sup>2</sup>〒288-9999 西南県南総市黒潮岬3-2-1

<sup>3</sup>〒123-4567 全国県風見鶏市大豆が丘5432-10

\*連絡先 (Corresponding author), [abcd@efg.hi.jk](mailto: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<sup>1</sup>, Senta Fukami<sup>2</sup>, Katsuo Suisan<sup>2\*</sup>, Ikuo Chikusan<sup>3</sup> and Eiko Nogyo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Functional Food Stuff Institute, 4-5-67 Usukuchidai, Ishiru, Noto 929-0808

<sup>2</sup>Institution of Agriculture, Forestry and Fisheries, Taiheiyou University, 3-2-1 Kuroshiomisaki, Nansou, Seinan 288-9999

<sup>3</sup>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。記述に当たっては「謝辞」という字句は用いない）、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、亜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とする。

〔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** 引用文献番号は引用順に通し番号とし，本文中の該当箇所に「<sup>1)2)</sup>」，「<sup>1)~3)</sup>」，「<sup>1)2)~4)6)</sup>」のように上付きで指示する．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** 本文原稿は欄外にページ番号をつける．

**6.2.15** 各ページには行番号をつける．

## 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** 図・写真と表はコンピュータ画面上でも審査可能な鮮明なものとする．

また，これらは印刷時により解像度の高いものと差し替えることが可能である．カラー印刷も可能であるが，印刷費用は著者が負担する．カラー印刷料金については付表 1 による．

### 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．

## 8 掲載料

掲載料は付表 2 による

## 9 別刷

別刷の注文は「別刷注文書」によって行う．

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	$\rho$	
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	$\eta, \mu$	
(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	$\alpha$	
(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	$\Pi$	
(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	$\epsilon$	
抵抗	resistance	$R$	
抵抗率	resistivity	$\rho$	
(6) 電磁放射			

波長	wavelength	$\lambda$
放射エネルギー	radiant energy	$Q$
透過率	transmittance, transmission factor	$\tau$
吸光率	absorptance, absorption factor	$\alpha, R$
吸光度 (常用対数) (decadic)	absorbance	$A$
吸光係数, 吸収係数	absorption coefficient	$\epsilon$
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ない. 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<sup>-1</sup>で示す. / は決して 2 回以上使用しない.

[例] m/s,  $\frac{m}{s}$ , m·s<sup>-1</sup>

J/(K·mol) または J·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup>	デシ	d	10	デカ	da
10 <sup>-2</sup>	センチ	c	10 <sup>2</sup>	ヘクト	h
10 <sup>-3</sup>	ミリ	m	10 <sup>3</sup>	キロ	k
10 <sup>-6</sup>	マイクロ	$\mu$	10 <sup>6</sup>	メガ	M
10 <sup>-9</sup>	ナノ	n	10 <sup>9</sup>	ギガ	G
10 <sup>-12</sup>	ピコ	p	10 <sup>12</sup>	テラ	T
10 <sup>-15</sup>	フェムト	f	10 <sup>15</sup>	ペタ	P
10 <sup>-18</sup>	アット	a	10 <sup>18</sup>	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)	$\mu\text{m}$
	ナノメートル (nano meter)	nm
面積	平方メートル (square meter)	$\text{m}^2$
	アール (are)	a
	ヘクタール (hectare) } (土地面積に限定)	ha
体積	立方メートル (cubic meter)	$\text{m}^3$
	リットル (liter), ( $\text{dm}^3$ )	l, L
	キロリットル (kiloliter), ( $\text{m}^3$ )	kl, kL
	ミリリットル (milliliter), ( $\text{cm}^3$ )	ml, mL
	マイクロリットル (microliter), ( $\text{mm}^3$ )	$\mu\text{l}$ , $\mu\text{L}$
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
	秒 (second)*	s
	分 (minute), (60s)	min
	時 (hour), (3600s)	h
	日 (day), (86400s)	d
周波数	ヘルツ (hertz)**, ( $\text{s}^{-1}$ )	Hz
	メガヘルツ (megahertz)	MHz
回転数	回毎分 (revolutions per minute)	rpm
	重量	
	キログラム (kilogram)*	kg
	グラム (gram)	g
	ミリグラム (milligram)	mg
物質	マイクログラム (microgram)	$\mu\text{g}$
	トン (ton), (Mg)	t
	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……1L の溶液の中に含まれる溶質のモル数)	mol/l, mol/L	
(規定濃度 N は用いない)		
パーセント (percent) … (溶液中の 2 つの量の比)×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 100mL 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 } (何の比率か明示する)	ppm	
parts per billion }	ppb	
parts per trillion }	ppt	

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・熱	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)* 摂氏 (Celsius), ( $0^\circ\text{C} = 273.15\text{K}$ )	K °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), ( $\text{V} \cdot \text{A}^{-1}$ )**	$\Omega$
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) ナノメートル (nanometer)	$\mu\text{m}$ nm
放射能, 放射線	ベクレル (becquerel, 放射性核種の放射能)**, ( $\text{s}^{-1}$ ) グレイ (gray, 吸収線量)**, ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} (= \text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$ ) カウント毎分 (counts per minute) シーベルト (sievert; 線量当量)**	Bq Gy cpm 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 $101.325 \times 10^8$ 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 $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ と書く.
- 3.5** 数学的演算子 (d,  $\Delta$  など) および数学的定数 (e,  $\pi$ , 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

和文雑誌名は原則として略さない. 欧文雑誌の略名は原則として最近の国際規格の ISO 4, およびそれに準拠して ISSN 国際センターが作成する目録マニュアル「ISSN Manual. Cataloguing Part」と略語表「List of Title Word Abbreviations」(<http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>) に従う. 略記形が不明の場合は, 略記せずに完全誌名を記述する.

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

巻数はボールド体で書く. 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 - 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 - 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，日本食品科学工学会誌，**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麴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 雑誌略名例

ボールド部分のみ残し，イタリックの部分は略す。単語の途中で略した場合はピリオドを打つ。

**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**

#### 4.10 引用 URL

データベースやホームページなどは更新・削除され，参照できなくなる恐れがあるので，引用はできるだけ避ける。

引用する際には、引用 URL 番号は引用順に通し番号とし、本文中の該当箇所に、「<sup>[i]ii)</sup>」, 「<sup>[i]~iii)</sup>」, 「<sup>[i]ii)~iv)vi)</sup>」のように上付きで指示する。「文献」の次に「引用 URL」と書き、URL をまとめて書く。なお、該当する情報を入手した年月日を括弧内に記入する。

#### 記載例

#### 引用 URL

- i) <http://www.jsfst.or.jp/journal/index.html> (2008. 9. 3)

#### 【付記 5】 印刷上の活字の指示

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。

$\Gamma, \Delta, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \mu, \Pi, \pi, \Sigma, \Omega$

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	・	′	″	∞	*
+	-	†	‡	‡	Φ
		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 60 000 円	・2頁以上で表裏印刷とならない場合、 追加1頁当たり 30 000 円 ・表裏印刷となる場合は、1枚2頁で 2×60 000 円
2色カラー印刷 1頁 40 000 円	・2頁以上で表裏印刷とならない場合、 追加1頁当たり 20 000 円 ・表裏印刷となる場合は、1枚×2頁で 2×40 000 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

フル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

2色カラー頁を含む別刷りの場合は、1部につき 30 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78号

平成26年3月 印刷 平成26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 大谷敏郎

(〒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下さい。

