



### 三浦 洋先生の御逝去を悼む

当学会元会長、顧問でおられます 三浦 洋 先生が平成28年10月25日に逝去されました。享年96歳でありました。

三浦先生は、昭和19年3月に東京帝国大学農学部農芸化学科を卒業、食糧庁食糧研究所に入所されて以来、農林水産省食品総合研究所園芸部長、同省農林水産省技術会議事務局研究管理官、同省食品総合研究所所長を経て、昭和56年4月に実践女子大学教授、平成元年には同大学家政学部長に就任、平成3年3月に同大学を定年退職されました。政府機関の各種審議会の委員を務められるとともに、学術活動では（社）日本食品工業学会（現（公社）日本食品科学工学会）会長（その後顧問）、また、（社）菓子総合技術センター（現、（一社）菓子・食品新素材技術センター）理事長、（財）日本醤油検査協会（現（一財）日本醤油技術センター）理事長、（社）（現一社）日本果汁協会技術部会長の他、食品品質保持技術研究会会長、（公財）飯島記念食品科学振興財団評議員会長等の各種食品産業の技術関連団体の要職を歴任されてきました。こうした経歴は、先生の学術と産業の連携における造詣の深さによるものであり、常に学術研究とそれを活かす産業を重視した証しでもあります。

本学会では理事として学会運営に参画していただき、平成4年には会長に御就任頂き、学会の発展に御尽力頂きました。特に会員の加入促進にはことの他熱意を示されるとともにわが国の食品保蔵科学研究分野の発展に大きく貢献され、現在の学会の礎を築かれたのであります。

先生のお仕事は、農林水産省でのご研究で始まり、大学での人材育成、食品産業団体や食品産業センターへのご指導と、まさに産学官の各分野で大きなご功績を残されました。

特に果物を中心とした園芸産物の利用研究には特筆すべきものがあり、「果実とその加工」（1988、建帛社）は当該分野のバイブルとして広く活用されております。先生は産業界の実状把握のため、時折地域に向いて視察や勉強を繰り返されていたというエピソードも伺っております。学会の理事会においても、とかく閉鎖的になりがちな雰囲気の中、常に改革や行動の重要性について発言され、的確でかつ厳しさを感じさせられる一方で、懇親会場等では、ユーモアに富んだお話でその場を和ませ、いつも明るく盛り上げて頂く貴重な先生であったことは、先生の人柄を如実に物語っているものと思います。顧問になられた後も学会の大会に時折お顔を出されており、この度の訃報に接し残念極まりないところですが、今後の本会の行く末を天国から温かく見守っていただくことを心から祈念し、謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

（日本食品保蔵科学会会長 高井陸雄）

#### ご略歴

昭和19年 3月 東京帝国大学農学部農芸化学科卒業  
昭和25年 9月 食糧庁食糧研究所入所  
昭和42年 6月 農林水産省食糧研究所 園芸食品部長  
昭和44年 4月 農林水産省農林水産技術会議事務局研究管理官  
昭和47年12月 農林水産省食品総合研究所 企画連絡室長  
昭和54年 4月 農林水産省食品総合研究所 所長  
昭和56年 4月 実践女子大学家政学部教授  
平成元年 4月 実践女子大学家政学部長  
平成 3年 3月 実践女子大学定年退職 実践女子大学名誉教授  
平成28年10月25日 逝去 享年96歳

#### 学術活動

平成 2年～ 3年 (社)日本食品工業会 (現 (公社)日本食品科学工学会) 会長  
平成 4年～28年 (公社)日本食品科学工学会 (組織変更前も含む) 顧問  
平成元年～ 4年 日本食品保蔵科学会理事  
平成 4年～ 9年 日本食品保蔵科学会会長  
平成 9年～28年 日本食品保蔵科学会顧問

#### 受賞

平成 5年 (公社)日本食品科学工学会 功労賞  
平成10年 日本食品保蔵科学会 小原哲二郎記念功績賞

(本追悼文のお写真は、先生の奥様であります三浦せい子様より提供されたものであります)

# 日本食品保蔵科学会誌

VOL. 43 NO. 1

---

会 長	高井 陸雄	副 会 長	太田 英明	小宮山美弘	早坂 薫
編集委員長	太田 英明				
編 集 委 員	稲熊 隆博	井上 茂孝	今堀 義洋	恩田 匠	竹永 章生
	古庄 律	松田 茂樹	宮本 敬久		

---

<報 文>

食品に利用する‘へしこ糠’の特性 ..... (3)  
 /牧 慎也・滝本祐也・田中貴道  
 秋廣高志・鶴永陽子・松本敏一

<報 文> (英文)

品種比較に基づいた水ナス果実の品質並びに加工特性 ..... (9)  
 /橘田浩二・松島さゆり・下川陽大  
 執行正義・板村裕之・山内直樹

<技術報告>

セイヨウカボチャのテクスチャーに及ぼす成分の近赤外分光法による非破壊評価 ..... (17)  
 /鮫島陽人・溝留克俊・徳永太藏・桑鶴紀充

<技術報告> (英文)

衝撃によるブドウの脱粒を防止するための包装方法の提案 ..... (23)  
 /北澤裕明・明石秀也・長谷川奈緒子・永田雅靖

<総 説>

分子間相互作用に基づく乳タンパク質の製パン性改良機序の解明 ..... (29)  
 /岡 大貴

<情 報>

高度な衛生管理・品質管理基準を満たす開放型食品加工試作施設の設計と運用 ..... (35)  
 /柚木崎千鶴子

<文献抄録> ..... (43)

<本会記事> ..... (44)

## Food Preservation Science

## CONTENTS OF VOL. 43 NO. 1 (2017)

## &lt;Article&gt; (Japanese)

- Characteristics of Rice Bran after 'Heshiko' Processing  
 MAKI Shinya, TAKIMOTO Yuya, TANAKA Takamichi,  
 AKIHIRO Takashi, TSURUNAGA Yoko and MATSUMOTO Toshikazu ..... (3)

## &lt;Article&gt; (English)

- Characteristics of Quality and Processing of Mizu-nasu (*Solanum melongena* L.)  
 Eggplant Fruit Based on a Varietal Comparison  
 KITSUDA Koji, MATSUSHIMA Sayuri, SHIMOKAWA Akihiro,  
 SHIGYO Masayoshi, ITAMURA Hiroyuki and YAMAUCHI Naoki ..... (9)

## &lt;Technical Report&gt; (Japanese)

- Nondestructive Determination of Components on Texture  
 of Squash Fruit (*Cucurbita maxima* Duch.) using Near Infrared Spectroscopy  
 SAMESHIMA Yoto, MITSUDOME Katsuyoshi,  
 TOKUNAGA Taizou and KUWAZURU Norimitsu ..... (17)

## &lt;Technical Report&gt; (English)

- Proposal for an Efficient Packaging System for Preventing Shock-Induced Berry Drop  
 in Grapes during Transportation and Handling  
 KITAZAWA Hiroaki, AKASHI Shuya, HASEGAWA Naoko and NAGATA Masayasu ..... (23)

## &lt;Review&gt; (Japanese)

- Clarification of the Baking Quality Improved Mechanism  
 of Milk Protein based on the Intermolecular Interaction  
 OKA Daiki ..... (29)

## &lt;Information&gt; (Japanese)

- Architectural Plan and Operation of Open Laboratory  
 for Food Processing with High Hygiene and Quality Control  
 YUKIZAKI Chizuko ..... (35)

## 食品に利用する‘へしこ糠’の特性

牧 慎也<sup>\*1§</sup>・滝本祐也<sup>\*1</sup>・田中貴道<sup>\*2</sup>  
秋廣高志<sup>\*3</sup>・鶴永陽子<sup>\*4</sup>・松本敏一<sup>\*3</sup>

\* 1 長岡技術科学大学技術研究院技術科学イノベーション専攻

\* 2 榑トキワ

\* 3 島根大学生物資源科学部

\* 4 島根大学教育学部

### Characteristics of Rice Bran after ‘Heshiko’ Processing

MAKI Shinya<sup>\*1§</sup>, TAKIMOTO Yuya<sup>\*1</sup>, TANAKA Takamichi<sup>\*2</sup>,  
AKIHIRO Takashi<sup>\*3</sup>, TSURUNAGA Yoko<sup>\*4</sup> and MATSUMOTO Toshikazu<sup>\*3</sup>

\* 1 *Department of Science of Technology Innovation, Nagaoka University of Technology, Nagaoka, Niigata 940-2188*

\* 2 *Tokiwa, Kami, Hyogo 669-6553*

\* 3 *Faculty of Life and Environment Science, Shimane University, Matsue, Shimane 690-8504*

\* 4 *Faculty of Education, Shimane University, Matsue, Shimane 690-8504*

To determine the extractive components of ‘Heshiko’ rice bran, a kind of fermented seafood, flesh mackerel was pickled in rice bran mixture and then evaluated after six months of fermentation. During the fermentation period, taurine and vitamin A were transferred from the mackerel into the rice bran since rice bran mixture does not have these compounds. Vitamin B levels in the ‘Heshiko’ rice bran increased, while vitamin E levels remained unchanged and were the same as compared to the rice bran mixture. Throughout the fermentation process, levels of most of the free amino acids were significantly increased. Notably, histidine was converted into histamine by microorganisms; however, the histamine levels present in ‘Heshiko’ rice bran were under the possible allergic reaction level threshold. The increased levels and profiles of organic acids and amino acids suggested that these components might contribute to the characteristic taste of ‘Heshiko’ rice bran.

(Received Jul. 4, 2016; Accepted Dec. 5, 2016)

**Key words** : *mackerel in salted rice-bran paste (Heshiko), rice-bran, organic acid, free amino acid, vitamin*  
へしこ, 米糠, 有機酸, 遊離アミノ酸, ビタミン

‘へしこ’は山陰地方から北陸地方にかけての日本海側での伝統発酵食品である。マサバに塩を振り、米ぬかを主成分として樽に漬け込み6か月以上発酵熟成させると完成である。‘へしこ’の研究は食物史、製造方法、発酵・熟成などがある<sup>1),2)</sup>。米糠の炭水化物を利用した微生物の発酵作用により生成する有機酸とタンパク質分解酵素の作用により生成する大量のペプチドや遊離アミノ酸が呈味に大きく寄与することが知られている<sup>3),4)</sup>。‘へしこ’の熱水抽出エキスには、血圧上昇を抑制する作用<sup>5)</sup>、血中コレステロール濃度を低下させる作用<sup>6)</sup>があることが示唆されている。

玄米を精米する過程において発生する‘米糠’は玄米重量の10%にあたる<sup>7)</sup>。‘米糠’は白米を生産する際の副産物であるが、皮脂腺賦活、紫外線吸収、酸化防止作用をもつ医薬品として認められている $\gamma$ -オリザノール、ラジカル消去能と活性酸素消去能を有するフェラル酸など多くの機能性化合物を含んでおり、新たな工業的な利用法の検討が行われている<sup>8)</sup>。

漬け込んだ‘へしこ糠’は有効利用されず、ほとんど廃棄されている。‘へしこ糠’を食してみると食味は非常によいことから豊富な有機酸・遊離アミノ酸などが‘へしこ’から浸出されていると考えられる。米糠に含

\* 1 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1

§ Corresponding author, E-mail: [maki@vos.nagaokaut.ac.jp](mailto:maki@vos.nagaokaut.ac.jp)

\* 2 〒669-6553 兵庫県美方郡香美町香住区三谷735

\* 3 〒690-8504 島根県松江市西川津町1060

\* 4 〒690-8504 島根県松江市西川津町1060

有しているビタミンなどの有効成分と‘へしこ’から浸出している様々な機能性成分が多く存在すると推察される。‘へしこ糠’から抽出された成分は血圧を下げる効果があることが報告されているが<sup>9)</sup>、‘へしこ糠’の食品利用に関する報告は少ない。

本報では‘へしこ糠’をふりかけへの食品に利用することを想定し、水溶性ビタミン、脂溶性ビタミン、有機酸、遊離アミノ酸の特性を明らかにした。

## 実験方法

### (1) ‘へしこ’の製造方法

サバ (*Scomber scombrus*) 120匹を用いた。平均体長は38cm、平均重量は600gであった。サバから内臓、鰓を除去し、水洗除去した。背開きにしたサバの全面に魚体に対して重量比30%の食塩を撒布して、魚体重量の30%の米糠を、魚体腹腔部詰め込み、魚体表面にも‘米糠’をまぶし7日間塩漬けた。70ℓ容器に隙間のないように敷き詰め、‘米糠’を加え魚体を覆い、魚体と米糠の層が交互に重なるようにして120匹を漬け込んだ。魚体表面にまぶすときなどに使用した発酵開始前の試料を‘米糠’とし、重石をして兵庫県美方郡香美町で10か月以上、発酵・熟成させた後、得られた‘へしこ糠’を材料に用いた (Fig. 1)。試料は各種分析を行うまで、冷凍庫で凍結保存を行った。

### (2) 一般成分の分析

水分含量は5gの試料を105℃で5時間、常圧加熱乾燥して、乾燥前後の重量の減少量から算出した。灰分は5gの試料を105℃で5時間乾燥させた後、600℃で2時間灰化し、試料を冷却し、残存物の重量から算出した。タンパク質含量は0.5gの試料を用いてケルダール法により、ケルダール窒素量 (TKN) を測定し、窒素・タンパク質換算係数6.25を乗じて算出した。脂質含有量は

2.0gの試料にクロロホルム-メタノール混液 (2:1 = v/v) を用いて脂質を抽出し、溶媒を留去させて残存物の重量から算出した。

炭水化物含量はこれら成分の分析結果から差し引き法により求めた<sup>4)</sup>。

### (3) 有機酸の分析

試料0.5g (FW) にMiliQ水5mlを加えVortexにて5分間攪拌した。pH 9~10に調製後、80℃、15分間加温した。室温で冷却後、MiliQ水で10mlにメスアップし、遠心分離 (10,000rpm, 10min, 4℃) した。上清をポアサイズ0.45μmセルロース混合エステルタイプメンブレンフィルター (アドバンテック東洋) でろ過後、20μlを高速液体クロマトグラフィー (日立ハイテクノロジー社 LaChrom Elite L-2000システム) により定量した。陽イオン交換樹脂を充填したHPLCカラム (GL-C610H-S, 7.8-id×300-mm, 日立ハイテクノロジー社) を用い、イオン排除モードで分離した。0.1%リン酸水溶液 (和光純薬 特級) を移動相として、0.5ml/minの流量を用い、210nmの吸光度、カラム温度は55℃とした<sup>10)</sup>。

### (4) 水溶性ビタミンの分析

試料2gに、0.1N硫酸を加えた後、30分間、100℃で加温した。30分後、50℃以下まで冷却した。4M酢酸ナトリウム溶液を1ml加え、pHを4.5に合わせた。50mg酸性ホスファターゼ (和光純薬 ビタミンB<sub>1</sub>・B<sub>2</sub>定量用) を加え、恒温器にて40℃で5時間酵素処理を行った。酵素処理後、MQ水で液量を50mlに定容し、遠心分離 (3,000rpm, 10℃, 10分間) した<sup>9)</sup>。上清をポアサイズ0.45μmセルロース混合エステルタイプメンブレンフィルター (アドバンテック東洋) でろ過後、20μlを高速液体クロマトグラフィー (日立ハイテクノロジー社 LaChrom Elite L-2000システム) により定量した。移動相は0.2%リン酸 (5mMヘキサンスルホン酸ナトリウム含有) を



Fig. 1 Production of ‘Heshiko rice bran’

- A: Fill the fish abdominal cavity with the rice bran mixture, as well as the fish’s surface.  
 B: The fish layers with rice bran have to overlap alternately.  
 C: The fermentation process takes place for more than 10 months at ambient temperature.

A液とし、B液としてアセトニトリルを用い、グラジエント条件について0分ではB液5%とし、30分後にB液が20%になるようにリニアグラジエントとした。カラム温度は40℃とし、流速は0.4ml/min、260nmの吸光度から水溶性ビタミンを定量した<sup>11)</sup>。

### (5) 脂溶性ビタミンの分析

試料0.5gに1%NaCl水溶液を1ml加えた。Vortexにて1分間攪拌後、3%ピロガロール/エタノール溶液を7ml加え、次いで60%KOH (w/v) を1ml加えた。70℃の水浴中で30分間遠心管を加温し、10分ごとに攪拌した。30分の加温後、速やかに室温まで水冷却し1%NaClを15ml、酢酸エチル-n-ヘキサン混液 (1:9, v/v) を15ml加え5分間Vortexした。遠心分離 (10℃, 2,000rpmで5分間) し、上層を回収した。下層にはさらに酢酸エチル-n-ヘキサン混液を15ml加え、同様に振とう抽出を行った。さらにもう一度抽出を行い、計3回の抽出液をナス型フラスコに集めた。抽出液をロータリーエヴァポレーターで10分間溶媒留去し、残留物を5mlのメタノールを加え溶解させた<sup>11)</sup>。上清をポアサイズ0.45μmセルロース混合エステルタイプメンブレンフィルター (アドバンテック東洋) でろ過後、20μlを高速液体クロマトグラフィー (日立ハイテクノロジー社 LaChrom Elite L-2000システム) により定量した。HPLCカラム (LaChrom C184.6mm-i.d.×250mm 日立ハイテクノロジー社) を用いた。移動相はアセトニトリル:メタノール (60:40, v/v) で、流速は1ml/min、カラム温度は40℃とし、325nm (レチノール), 265nm (エルゴカルシフェロール, コレカルシフェロール), 280nm ( $\alpha$ -トコフェロール) の吸光度から脂溶性ビタミンを定量した<sup>14)</sup>。

### (6) 遊離アミノ酸の分析

試料0.5gに、8%トリクロロ酢酸水溶液を5ml加えた。Vortexにて10分間攪拌後、遠心分離 (10,000rpm, 20min, 4℃) した。上清をポアサイズ0.45μmセルロース混合エステルタイプメンブレンフィルター (アドバンテック東洋) でろ過後、1mlの試料に対して0.5mlのジエチルエーテルを加え、Vortexにて10分間攪拌、遠心分離 (10,000rpm, 20min, 4℃) した。上清を取り除き、0.5mlのジエチルエーテルを加え、Vortexにて10分間攪拌後、遠心分離 (10,000rpm, 20min, 4℃) した。これを凍結乾燥後、200μlの超純水に懸濁した。この前処理済み試料をAccQ-Tag Ultra Derivatization Kit (Waters社) を用いて誘導化し、超高速液体クロマトグラフィーおよび質量分析器 (UPLC-Xevo TQ MS, Waters社) を用いて分析を行った<sup>15)</sup>。

## 実験結果および考察

### (1) 一般成分分析

‘へしこ糠’の一般成分分析を行った (Table 1)。日本食品標準成分表<sup>16)</sup>によれば、‘米糠’の一般成分は水分含量10.3%、脂質19.6%、タンパク質10.7%、灰分

**Table 1** ‘Heshiko rice bran’ approximate composition (g/100g F.W.)

	‘Heshiko rice bran’
Moisture	57.9±0.8
Protein	8.3±0.5
Lipid	14.7±1.3
Ash	13.3±0.7
Carbohydrate	5.8±0.7

Mean±SE (n=3)

7.9%、炭水化物48.8%とされている。‘へしこ糠’の炭水化物含量は‘米糠’に比べて、8分の1の極めて低い値を示した。‘へしこ糠’の水分含量は57.9%であり、‘米糠’と比較して5倍量含まれていた。発酵過程で魚体水分が‘米糠’に浸出してきたと示唆された。

### (2) 有機酸分析

有機酸分析を行った結果、‘へしこ糠’には、酒石酸、n-吉草酸、イソ酪酸は含有していなかったが、リンゴ酸、コハク酸は‘米糠’含有量に比べると10倍量含有していた。クエン酸、酢酸および乳酸は‘米糠’には含まれていないが、‘へしこ糠’のみ含まれていることが示された (Table 2)。発酵過程で、乳酸菌が繁殖することにより乳酸が増加したと考えられ、乳酸発酵も行われていることが示唆された<sup>4)</sup>。

### (3) 水溶性ビタミン分析

‘米糠’に豊富に含まれる水溶性ビタミンB<sub>1</sub>の分析を行った結果、‘へしこ糠’では11.3mgと‘米糠’の4倍多く含まれていることが示された (Fig. 2)。<sup>4)</sup> ‘へしこ’は乳酸菌の発酵によって得られる発酵食品の一つであり、乳酸菌には水溶性ビタミンを生産する種が存在する<sup>17)</sup>。小麦、野菜や香辛料などの植物とヨーグルトを用いてつくられる発酵食品のタルハナでは乳酸菌や酵母菌などの作用により、ビタミンB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、ナイアシン、B<sub>6</sub>、葉酸が増加する<sup>18)</sup>。‘米糠’に含まれるビタミンB<sub>1</sub>に加え、発酵過程の乳酸菌の働きによってビタミンB<sub>1</sub>が増加したことが推察された。偏食およびアルコール摂取量が多い傾向にある食生活の人は、ビタミンB<sub>1</sub>不足のために脚気や

**Table 2** Organic acid profile between ‘Heshiko rice bran’ and ‘rice bran’ (mg/100g F.W.)

organic acid	‘Heshiko rice bran’	‘rice bran’
Lactic acid	2408.5±195.1	0
Acetic acid	146.32±4.9	0
Citric acid	324.0±9.6	0
Malic acid	1032.3±74.5	90.0±10.7
Succinic acid	2020.8±321.6	245.0±39.0

Mean±SE (n=3)

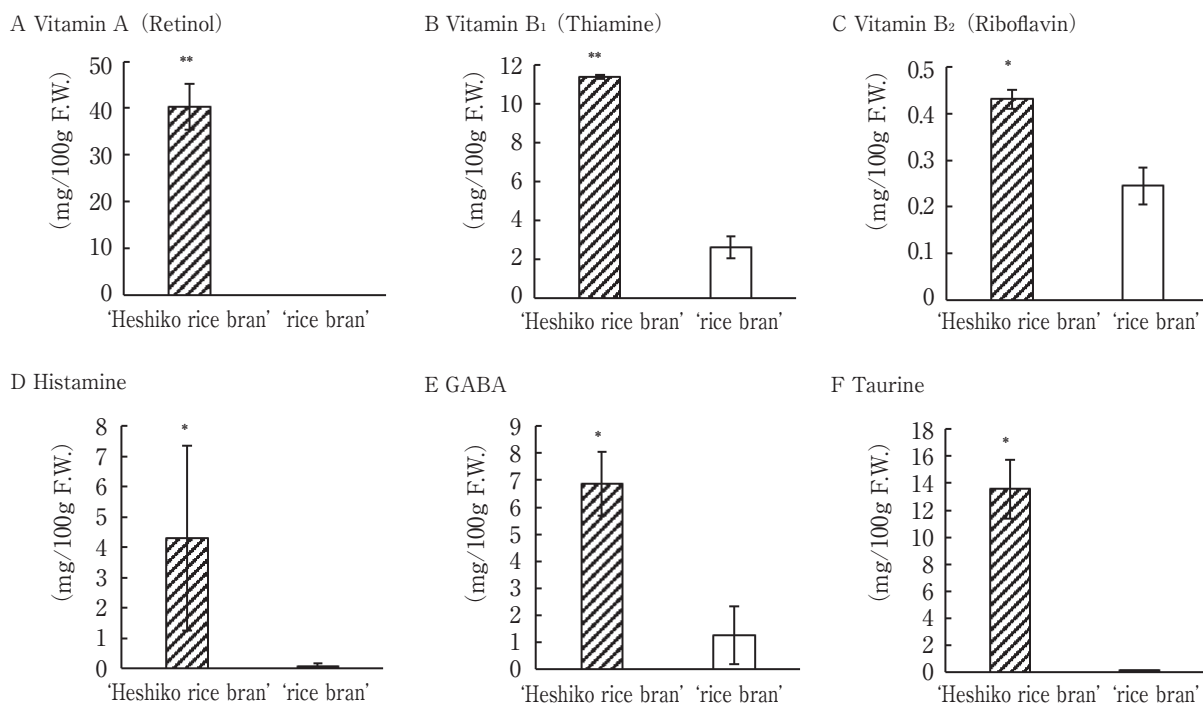


Fig. 2 Free amino acid and vitamin levels between 'Heshiko rice bran' and 'rice bran mixture'

Vertical bars indicate standard error (n=3) of means. \*\*\*\* and \*\*\* indicate a significant difference at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$  by Student's t-test, respectively.

乳酸アシドーシスを発症することがある<sup>19)</sup>。

ビタミンB<sub>1</sub>をほとんど含有していない白米<sup>20)</sup>に'へしこ糠'ふりかけをまぶして食べることにより、炭水化物をエネルギーに変換するビタミンB<sub>1</sub>を摂取できる可能性が示された。

#### (4) 脂溶性ビタミン分析

'米糠'にはビタミンA(レチノール)はほとんど含まれていないが、'へしこ糠'では40 $\mu$ g含まれていることが示された(Fig.2)。原料であるサバが熟成されていくときに魚体に含まれているビタミンAが浸出してきたと考えられた。抗酸化機能をもつビタミンE( $\alpha$ -トコフェロール)を分析した結果、'米糠'に含まれている値(2.0mg/100g)<sup>8),21)</sup>と'へしこ糠'の値(2.2mg/100g)の変化はほぼないことが示された。魚体に多く含まれているビタミンD(エルゴカルシフェロール:VD<sub>2</sub>, コレカルシフェロール:VD<sub>3</sub>)を分析した結果、'へしこ糠'に含有されていないことが示された。

#### (5) 遊離アミノ酸分析

'へしこ糠'に浸出している遊離アミノ酸含有量の測定を行った(Fig.3)。「へしこ」を発酵させる過程において、魚肉に含まれるうま味を有するアミノ酸であるGluや、甘みを有するAlaなど<sup>22)</sup>が'へしこ糠'で顕著に増加していることから、魚肉からアミノ酸成分が'へしこ糠'に浸出してきたことにより、「へしこ糠」の独特の呈味に寄与していると考えられる。

'へしこ糠'に浸出してきたヒスチジンが微生物によ

りヒスタミンに代謝され、アレルギー様食中毒を引き起こす可能性があるか調べた。原料サバ魚体に含まれているヒスチジンは485mg/100gであったが<sup>4)</sup>、発酵終了時(7か月後)の'へしこ'では12.2mg/100gと減少することが報告されている<sup>4)</sup>。魚体の筋肉中に存在するhistidase(EC4.3.1.3)の作用により、発酵過程において、原料魚中のヒスチジンは減少し、魚肉の自己消化と細菌の作用により様々なアミノ酸が増加すると報告されている<sup>23),24)</sup>。「米糠」では0.7mg/100gであったヒスチジンが、発酵工程終了時の'へしこ糠'には3.3mg/100g浸出してきたことが示された。

発酵過程中に'へしこ糠'に浸出したヒスチジンはヒスタミン生成菌によりヒスタミンになることが知られている<sup>24)</sup>。「米糠」ではヒスタミンは検出限界以下であり含まれていない。発酵開始日が違った様々な'へしこ糠'を測定した結果、1.5mg/100g(n=3)とごく少量ヒスタミンを含有していたが、顕著な含有量の差異は示さなかった。食品中のヒスタミンは、一般的には100mg/100gの量を超えると顔面、特に口の周りが赤くなり、じんましん、頭痛、おう吐、下痢などの症状があらわれるアレルギー様食中毒を引き起こすことが知られているが<sup>25),26)</sup>、「へしこ糠」にはアレルギー様食中毒を引き起こす量のヒスタミンは含まれていないことが示された。

タウリンは魚介類、特に海産無脊椎動物に特に多量に含まれている成分で、アミノ酸の一種である。カルボン酸ではなくスルホン酸を分子内にもつため、タンパク質



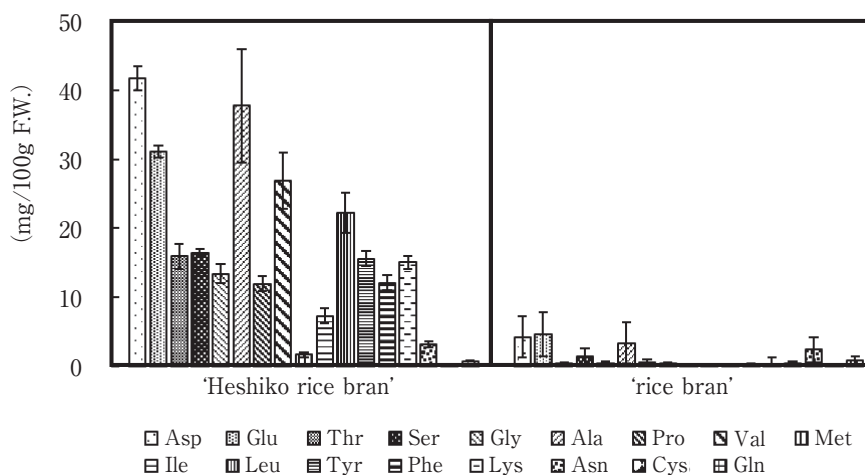


Fig. 3 Free amino acid levels between ‘Heshiko rice bran’ and ‘rice bran mixture’

Vertical bars indicate standard error (n=3) of means.

の結合様式であるペプチド結合ができず、遊離のまま存在している。タウリンは通常の抗酸化剤では消去されにくい次亜塩素酸などの活性酸素種の消去活性，あるいは血圧やコレステロールの低下作用が顕著であることが報告されている<sup>27)</sup>。タウリンについて ‘へしこ糠’ と ‘米糠’ を比較した。‘米糠’ では検出限界以下であったが，‘へしこ糠’ では3.7mg/100 g タウリンが含むれていた。原料のマサバを発酵することにより ‘へしこ糠’ に浸出してきたと考えられる。

遊離アミノ酸については，Asp，タウリンのように ‘米糠’ には存在しない成分が浸出してきたように，様々なアミノ酸も ‘米糠’ の値に比べて，大きく増加してきた。マサバのへしこ製造過程において，魚肉中の遊離アミノ酸はGlu, Ile, Lys, Asp, Alaの増加が著しく，Phe, Val, Leu, Tyr, Glyも増加すると報告されているが<sup>4)</sup>，‘へしこ糠’ でも同様にAsp, Glu, Ala, Val, Leuなどの増加が顕著であった (Fig. 3)。

‘へしこ’ 発酵過程において，乳酸などの有機酸が産生されていることから，乳酸発酵などによりビタミンB<sub>1</sub>が産生されていることが示唆された。魚肉より遊離したビタミンA，アミノ酸，ペプチド，タウリンが浸出してきたと考えられ，食味がある ‘へしこ糠’ を食品として利用できる可能性が示された。青魚でしばしば課題になるヒスタミンについては，アレルギー様食中毒を引き起こす量は ‘へしこ糠’ には含有されていないことが示されたが，注意する必要性はある。

ふりかけを試作したところ，市販されているふりかけと同様の食味をもっていた。フリーズドライにより ‘へしこ糠’ を乾燥することにより，‘米糠’ のもつ機能性とへしこの機能性を併せもつ商品化も十分可能と考えられる。今後はふりかけ工程の加工法を検討する必要性がある。

謝 辞 本研究は平成25年度ひょうご農商工連携ファンド事業の研究助成によって行われた。

#### 文 献

- 1) 山本 巖：へしこ考 (竹下印刷所，福井)，pp.1～33 (2005)
- 2) 赤羽義章：サバの伝統食品 (吉中禮二編：若狭のおさかな) (福井県立大学県民双書V，福井)，pp.105～123 (2007)
- 3) 伊藤光史・赤羽義章：マサバへしこ一般成分ならびにエキス成分の比較，日本水産学会誌，**65**，878～885 (1999)
- 4) 伊藤光史・赤羽義章：マサバへしこ製造中の一般成分ならびにエキス成分の変化，日本水産学会誌，**66**，1051～1058 (2000)
- 5) ITOU, K. and AKAHANE, Y.: Antihypertensive effect of heshiko, a fermented mackerel product, on spontaneously hypertensive rats, *Fish. Sci.*, **70**，1121～1129 (2004)
- 6) ITOU, K. and AKAHANE, Y.: Effect of extract from heshiko, a fermented mackerel product, on cholesterol metabolism in Wistar rats, *Fish. Sci.*, **75**，241～248 (2009)
- 7) 大坪研一：2.1米の形態 (竹生新治郎監修：米の科学) (朝倉書店，東京)，pp.13～18 (1995)
- 8) 谷口久次・橋本博之・細田朝夫・米谷 俊・築野卓夫・安達修二：米糠含有成分の機能性とその向上，日本食品科学工学会誌，**59**，301～318 (2012)
- 9) ITOU, K.: Hypotensive Effect of Rice Bran Discarded after Heshiko Processing, *Food science and technology research*, **18**，99～105 (2012)
- 10) 天川映子・大西和夫・西島基弘・坂井千三：高速液

- 体クロマトグラフィーによる食品中の有機酸分析法,  
食衛誌, **29**, 267~272 (1988)
- 11) ARELLA, F., LAHELY, S., BOURGUIGNON, J. B.  
and HASSELMANN, C.: Liquid chromatographic  
determination of vitamins B1 and B2 in foods. A  
collaborative study, *Food Chemistry*, **56**, 81~86  
(1996)
- 12) VIDOVIĆ S., STOJANOVIĆ B., VELJKOVIĆ, J., PRAŽIĆ-  
ARSIĆ L., ROGLIĆ, G. and MANOJLOVIĆ D.:  
Simultaneous determination of some water-soluble  
vitamins and preservatives in multivitamin syrup  
by validated stability-indicating high-performance  
liquid chromatography method, *Journal of  
Chromatography A*, **1202**, 155~162 (2008)
- 13) 氏家 隆・武山哲茂・近藤あゆみ・廣江玲子・森  
光昭: 酢酸エチル・ヘキササン抽出-HPLCによる食品  
中トコフェロールの定量, ビタミン, **65**, 393~397  
(1991)
- 14) LOPEZ-CERVANTES, J., SANCHEZ-MACHADO, D. I. and  
RIOS-VAZQUEZ, N. J.: High-performance liquid  
chromatography method for the simultaneous  
quantification of retinol,  $\alpha$ -tocopherol, and  
cholesterol in shrimp waste hydrolysate, *Journal of  
Chromatography A*, **1105**, 135~139 (2006)
- 15) MATSUMOTO, T., AKIHIRO, T., MAKI, S., MOCHIDA,  
K., KITAGAWA, M., TANAKA, D., YAMAMOTO, S. and  
NIINO, T.: Genetic stability assessment of wasabi  
plant regenerated from long-term cryopreserved  
shoot tips using morphological, biochemical and  
molecular analysis, *CryoLetters*, **34**, 128~36 (2012)
- 16) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会:  
7訂日本食品標準成分表(全国官報販売協同組合)  
(2015)
- 17) 上西寛司・瀬戸泰幸: 乳酸菌の生理機能とその要因,  
日本調理科学会誌, **46**, 129~133 (2013)
- 18) CERTEL, M., ERBAŞ, M., USLU, M. K. and ERBAŞ,  
M. O.: Effects of fermentation time and storage  
on the water-soluble vitamin contents of tarhana,  
*Journal of the Science of Food and Agriculture*, **87**,  
1215~1218 (2007)
- 19) 橋詰直孝: ビタミンB<sub>1</sub>欠乏症と血中ビタミンB<sub>1</sub>値の  
標準化, *Japanese Journal of Clinical Chemistry*, **26**,  
210~214 (1997)
- 20) HOUSTON, D. F., HOUSTON, D. F. and KOHLER, G. O.:  
Nutritional properties of rice (National Academy of  
Science, Washington D. C.), p. 17 (1970)
- 21) 春野涼子・赤羽義章・大泉 徹: マサバを原料とす  
るへしこ及びなれずしの製造過程における脂質酸化の  
進行と抗酸化活性の変化, 日本水産学会誌, **77**, 674  
~681 (2011)
- 22) 村田道代・安藤正史・坂口守彦: 魚肉の鮮度とおい  
しさ, 日本食品科学工学会誌, **42**, 462~468 (1995)
- 23) SHEWAN, J. M. and JONES, N. R.: Chemical  
changes occurring in cod muscle during chill  
storage and their possible use as objective indices  
of quality, *J. Sci. Food Agric.*, **8**, 491~498 (1957)
- 24) 和田 俊・小泉千秋: いわし糠漬け製造工程中にお  
けるヒスタミンの消長, 日水誌, **52**, 1035~1038  
(1986)
- 25) SAKAGUCHI, M., MURATA, M. and KAWAI, A.:  
Changes in free amino acid contents in juvenile  
mackerel *Scomber japonicus* muscel during ice  
storage, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 323~329  
(1984)
- 26) KAN, K., USHIYAMA, H., SHINDO, T. and Saito, K.:  
Outbreak of histamine poisoning due to ingestion  
of broiled sardine, *Tokyo Eiken Nenpo* (Ann. Rep.  
Tokyo) **52**, 163~166 (2001)
- 27) 鈴木平光・和田 俊・三浦理代: 水産食品栄養学-  
基礎からヒトへ(技報堂出版, 東京)(2004)  
(平成28年7月4日受付, 平成28年12月5日受理)

# Characteristics of Quality and Processing of Mizu-nasu (*Solanum melongena* L.) Eggplant Fruit Based on a Varietal Comparison

KITSUDA Koji<sup>\*1,\*4</sup>, MATSUSHIMA Sayuri<sup>\*2</sup>, SHIMOKAWA Akihiro<sup>\*2</sup>,  
SHIGYO Masayoshi<sup>\*2</sup>, ITAMURA Hiroyuki<sup>\*3</sup> and YAMAUCHI Naoki<sup>\*2,§</sup>

\* 1 The United Graduate School of Agricultural Science, Tottori University, 4-101 Koyama-Minami, Tottori 680-8553

\* 2 Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, 1677-1 Yoshida, Yamaguchi 753-8515

\* 3 Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue, Shimane 690-8504

\* 4 Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture, 442 Shakudo, Habikino, Osaka 583-0862

Eggplant is a frequently eaten vegetable in Japan. A number of cultivars adapted for particular climatic environments have been developed in various regions of Japan. The Mizu-nasu eggplant, the fruit of which is mostly used to produce salted pickles, has been cultivated in the Senshu District in Osaka over time. We compared its chemical components with those of several cultivars (Torikai, Chikuyo, Kurowashi, Senryo-2, Masumi, and Shiro-nasu) that vary in shape, appearance, and additional properties to clarify the quality characteristics of Mizu-nasu. Senryo-2, Chikuyo, and Kurowashi had higher anthocyanin contents than those of Mizu-nasu and Torikai. The peel of every cultivar contained chlorophyll; however, the content was highest in Senryo-2. The polyphenol content in the peel was highest in Kurowashi. Polyphenol oxidase (PPO) activity was highest in Shiro-nasu and lowest in Mizu-nasu. In addition, the degree of browning was highest in Shiro-nasu and lowest in Mizu-nasu. These results indicate that Mizu-nasu fruit could be suitable for processing as salted pickles due to low levels of polyphenol and PPO activity as compared to the other cultivars.

(Received Sep. 5, 2016 ; Accepted Nov. 30, 2016)

**Key words :** eggplant, quality characteristics, polyphenol, polyphenol oxidase, browning

ナス, 品質特性, ポリフェノール, ポリフェノール酸化酵素, 褐変

Eggplant, a vegetable with a high annual consumption in Japan, has been designated as one of 14 major vegetables in Japan, and its production is promoted by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. Eggplants, including ornamentals, have been bred and cultivated for more than 1,200 years across all areas of Japan. Several eggplant cultivars have been adapted for specific climatic environments in various regions. Therefore, unique cultivars of various shapes, e.g., round, egg-shaped, oblong, long, and very long, and with various peel colors, such as purple, green, and white, have been cultivated<sup>1)</sup>.

Mizu-nasu, which has been cultivated for at least 100 years in the Senshu region, Osaka Prefecture, Japan, has a round, purple fruit with a smooth and shiny peel. Most of the harvested fruit are used to

produce salted pickles, which are very popular throughout Japan. NAKAMURA *et al.*<sup>2)</sup> investigated differences in fruit characteristics among several Mizu-nasu strains. However, the quality characteristics of Mizu-nasu fruit in comparison with different varieties are not clear.

Eggplant fruits contain some principal nutrients, such as lipids and proteins, but abundant polyphenol compounds, such as anthocyanin and chlorogenic acid, which are known as functional components<sup>3)</sup>. In addition to the functional effects, these compounds exhibit antimutagenic activity. In an analysis of 25 vegetables, AZUMA *et al.*<sup>4)</sup> found that antioxidative activity is higher in the extract of eggplant than in the extracts of other vegetables, except Jew's mallow (*Corchorus olitorius* L.) and perilla (*Perilla ocymoides* L.). Moreover, the contents of functional

§ Corresponding author, E-mail: yamauchi@yamaguchi-u.ac.jp

Part of this paper was presented at the 62nd annual meeting of the Japan Association of Food Preservation Scientists, 2013.

substances, including antioxidants, vary according to the cultivar and/or growing season, especially the former. It is thought that the contents of functional substances could differ among eggplant cultivars.

In contrast, polyphenol compounds are known to cause browning when eggplant fruit is cut during processing<sup>5)</sup> or stored at a low temperature<sup>6)</sup>. Polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase, especially the former, are involved in the browning process. Varietal differences in chlorogenic acid, a main polyphenol in eggplant fruit<sup>7)</sup>, have been reported previously, but the relationships between polyphenol levels, PPO activity, and browning are not clear for eggplant cultivars. Accordingly, it is necessary to clarify the polyphenol compounds and PPO activity in the tissues of fruits that brown easily.

In this study, we compared several components of multiple eggplant varieties to clarify the quality characteristics of Mizu-nasu fruit. Varietal differences in the occurrence of browning during processing were also determined.

## Materials and Methods

### 1. Plant materials

To harvest the fruits of seven cultivars in autumn, eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars Mizu-nasu, Torikai, Chikuyo, Kurowashi, Senryo-2, Masumi, and Shiro-nasu were sown in horticultural medium on July 12, 2012. The seedlings were grown for 2 months and then transplanted in the field in a plastic-film greenhouse at the Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture, Japan. Slow-release fertilizer (N:P:K = 12:10:11) was applied to all plants. After anthesis, 300 mg l<sup>-1</sup> *p*-chlorophenoxyacetic acid was sprayed on each flower for parthenocarpy. Mizu-nasu fruit, which were grown to a marketable size in November, were harvested at 36 days after anthesis. Likewise, Torikai was harvested at 29 days, Chikuyo at 38 days, Kurowashi at 41 days, Senryo-2 at 35 days, Masumi at 41 days, and Shiro-nasu at 36 days after anthesis. Additionally, to harvest eggplant fruit in the summer, Mizu-nasu was also cultivated from February to July, 2012 and harvested at 23 days after anthesis.

After harvesting, the length, weight, volume, moisture content, texture, and chemical components of fruit were measured. All analyses were performed using triplicate samples.

### 2. Assays of specific gravity, moisture content, and texture

The specific gravity was measured as the ratio of the weight to the volume of each fruit. An aliquot of the fruit was dried in an air oven at 105°C to determine the moisture content. The texture of the fruit peel was evaluated by the cylinder penetration test using a texturometer (Instron 5542). The peel tissue was laid on the stage, and then a crosshead equipped with a cylinder of 5 mm in diameter was operated at a rate of 20 mm min<sup>-1</sup>. The maximum force needed to penetrate the peel tissue was determined.

### 3. Anthocyanin assay

Fruit peels (2.5 g, 3 mm in thickness) were placed in 20 ml of 5 % formic acid overnight and anthocyanin pigments were extracted. After extraction, the peel tissues were further homogenized with 5 % formic acid using a mortar and pestle. The extract was filtered through one layer of Miracloth (CALBIOCHEM), and the filtrate was centrifuged at 15,000 × *g* for 10 min. The anthocyanin content in the supernatant was determined spectrophotometrically at 525 nm using purified nasunin (delphinidin-3-(*p*-coumaroylrutinoside)-5-glucoside) as a standard.

To determine the major anthocyanin in the peel, the extract was filtered through a 0.45- $\mu$ m filter (ADVANTEC) and then analyzed by HPLC. Anthocyanins were analyzed by HPLC using a Hitachi L-2130 pump with an automated gradient controller and a Hitachi L-2450 diode array detector. Pigments were separated on a LiChrospher C18 column (Merck), 4 × 250 mm, using two solvents, i. e., solvent A, methanol, and solvent B, 5 % formic acid (A: 15 % → 60 % for 25 min), in a gradient. The flow rate was 1.0 ml min<sup>-1</sup>, and the injection volume was 100  $\mu$ l. The identification of anthocyanins was based on the retention time and the visible absorption spectra. Nasunin and commercially available delphinidin-3-rutinoside<sup>8)</sup> were used as standards.

### 4. Assays of polyphenol and chlorophyll

Peels, including flesh (3 mm in thickness), or whole fruits were used for the polyphenol assay. Each 2.5-g sample was dipped in 37.5 ml of 74 % ethanol in a water bath at 80°C for 15 min, homogenized in 70 % ethanol, and filtered under reduced pressure. The extract was stored at -20°C until analysis. The polyphenol content was

determined according to the Folin – Ciocalteu method<sup>9</sup>. The standard curve was plotted using chlorogenic acid. For the chlorophyll assay, the peel, including flesh (3 mm in thickness), was used. The sample was placed in 20 ml of *N, N*-dimethylformamide in a refrigerator overnight. The supernatant was determined spectrophotometrically at 647 nm and 664 nm according to the methods of MORAN<sup>10</sup>.

### 5. Enzyme assay

Thirteen grams of flesh tissue were homogenized in 67 ml of cold acetone containing 2 g of PVPP and 66 mg of sodium ascorbate to inhibit the oxidation of polyphenol compounds. The homogenate was filtered through filter paper (ADVANTEC), and the residue was washed twice with cold acetone. Subsequently, 10 ml of diethyl ether was added to remove the acetone. The residues were completely dried and stored at  $-80^{\circ}\text{C}$  until analysis.

The acetone powder (0.3g) from flesh tissues was suspended in 20 ml of 0.1 M phosphate buffer (pH 6.0). The mixture was stirred for 1 h at  $0^{\circ}\text{C}$  and filtered using two layers of Miracloth. The filtrate was then centrifuged at  $15,000 \times g$  at  $4^{\circ}\text{C}$  for 15 min. The supernatant was passed through a PD-10 Column (GE Healthcare) and the eluent was used for the enzyme assay.

PPO activity was measured using chlorogenic acid as the substrate, according to the methods of LUH and PHITHAKPOL<sup>11</sup>. The reaction mixture consisted of 2.0 ml of 0.1 M phosphate buffer (pH 6.0), 0.2 ml of 5 mM chlorogenic acid, and 0.2 ml of enzyme solution. Activity was determined spectrophotometrically by measuring the increase in absorbance at 420 nm at  $25^{\circ}\text{C}$ . One unit of activity was defined as an increase in absorbance. The enzyme protein content was measured based on Bradford's method<sup>12</sup>.

### 6. Degree of browning

Five grams of flesh were homogenized with 50 ml of distilled water for 1 min. The homogenate was filtered through two layers of Miracloth, and the filtrate was centrifuged at  $20,000 \times g$  at  $4^{\circ}\text{C}$  for 5 min. The supernatant was held at  $30^{\circ}\text{C}$  for 15 min in a water bath, and the increase in absorbance at 420 nm was measured.

### 7. Statistical analyses

Data were analyzed statistically using an analysis of variance (ANOVA), and significant differences in means were determined at  $P < 0.05$  using Tukey's multiple range tests implemented in SPSS ver.11.0J (SPSS Inc.). Significant differences are indicated by different letters in the same column. Pearson's correlation coefficient analysis was performed using R (ver.3.3.0 for Windows ; R Foundation for Statistical Computing).

## Results and Discussion

### 1. Morphological characteristics of eggplant cultivars

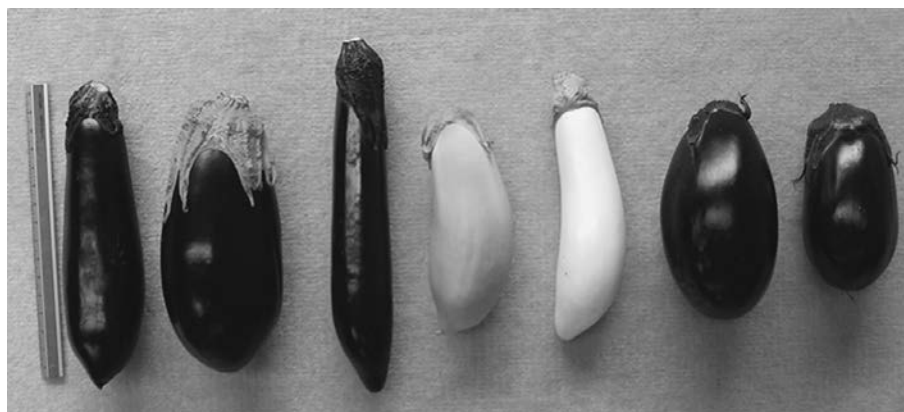
The main morphological and physicochemical characteristics of the fruit of the seven eggplant cultivars are summarized in Table 1. Fig. 1 shows the appearance of the eggplant fruits at harvest. As is evident in Fig. 1 and Table 1, the peels of the Mizu-nasu, Torikai, Senryo-2, Kurowashi, and Chikuyo fruit was dark purple. The peel of the Masumi fruit was green, and that of Shiro-nasu was white; the fruit of these cultivars had no purple pigments. The fruits of Chikuyo, Senryo-2, and Shiro-nasu were long, while those of Mizu-nasu and Torikai were short, indicating that the former cultivars were slightly elongated and the other two cultivars were rounded.

The specific gravity of Mizu-nasu was significantly higher than those of the other six cultivars. The

**Table 1** Morphological characteristics of eggplant fruit

Cultivar	Peel color	Fruit length (mm)	Fruit weight (g)	Fruit volume (ml)	Specific gravity	Moisture content (%)	Texture (N)
Mizu-nasu	Dark purple	98a	153ab	206ab	0.741a	95.2a	8.6a
Torikai	Dark purple	93a	117bc	191ab	0.613b	94.4ab	16.3a
Chikuyo	Dark purple	194d	93c	148ad	0.634b	94.5ab	10.4a
Kurowashi	Dark purple	120abc	172a	273bc	0.630bc	94.2ab	16.4a
Senryo-2	Dark purple	152b	97c	157ad	0.622bc	94.0ab	13.0a
Masumi	Green	132abc	100c	148ad	0.675bc	94.3b	18.2a
Shiro-nasu	White	156bcd	72c	107d	0.676c	92.5c	12.8a

Different letters in the same column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )



**Fig. 1** Phenotypic characteristics of eggplant fruit at harvest for Senryo-2, Kurowashi, Chikuyo, Masumi, Shiro-nasu, Torikai, and Mizu-nasu, from left to right

**Table 2** Chemical and biochemical characteristics of eggplant fruit

Cultivar	Anthocyanin content in the peel ( $\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$ )	Polyphenol content* in the peel ( $\text{mg g}^{-1}\text{FW}$ )	Polyphenol content* in the whole fruit ( $\text{mg g}^{-1}\text{FW}$ )	Chlorophyll content in the peel ( $\mu\text{g g}^{-1}\text{FW}$ )	Polyphenol oxidase activity** in the flesh (Units $\text{mg}^{-1}\text{protein}$ )
Mizu-nasu	1.45a	2.21ab	1.73a	26.1ab	0.19a
Torikai	1.50a	2.18ab	1.73a	19.7c	0.36abc
Chikuyo	2.83b	2.51a	1.52ab	20.5cd	0.26ab
Kurowashi	2.41b	3.81c	2.25c	29.0ab	0.33ab
Senryo-2	3.44c	3.17d	1.75a	30.8a	0.32ab
Masumi	N. D.	1.81b	1.28b	25.3bd	0.43bc
Shiro-nasu	N. D.	2.45a	2.71d	5.0e	0.51c

Different letters in the same column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

\*: Chlorogenic acid equivalent

\*\* : One unit of enzyme activity was the change of 0.1 in absorbance

specific gravities of Torikai, Chikuyo, Kurowashi, and Senryo-2 were lower than those of the other cultivars. The moisture content of Mizu-nasu was also higher than those of the other cultivars, whereas that of Shiro-nasu was significantly lower. GOTO *et al.*<sup>13)</sup> reported that the intercellular space of the Senryo-2 fruit was larger than that of Chikuyo, followed, in order, by Mizu-nasu and Kurowashi. We found that the specific gravity was lowest in Senryo-2, followed, in order, by Chikuyo and Mizu-nasu. With the exception of Kurowashi, this pattern suggests that the size of the intercellular space, which provides a path for gas molecules, is related to the specific gravity. Accordingly, the specific gravity of Mizu-nasu fruit, whose intercellular space was smaller than those of the other cultivars, was highest among the cultivars. Moreover, there was no statistically significant difference in texture among the seven cultivars.

In summary, the Mizu-nasu fruit was round with a dark purple peel. The flesh is expected to be softer and more compact than that of the other cultivars owing to the high specific gravity and moisture content.

## 2. Chemical and biochemical components of eggplant cultivars

Table 2 shows the chemical components of the eggplant fruits. The anthocyanin contents of Senryo-2, Chikuyo, and Kurowashi, especially Senryo-2, were significantly higher than those of Mizu-nasu and Torikai. Senryo-2 fruits, in particular, had the highest content, i.e.,  $3.44 \mu\text{mol g}^{-1}$  fresh weight (FW). No anthocyanins were detected in the peels of Masumi and Shiro-nasu.

Nasunin, delphinidin-3-(*p*-coumaroylrutinoside)-5-glucoside, is a major anthocyanin of eggplants and produces a purple peel color<sup>14),15)</sup>. The anthocyanin contents in the eggplant peels are summarized in

**Table 3** Identification of anthocyanins\* extracted from the peel of eggplant fruit

Cultivar	Retention time (min.)	$\lambda_{\max}$
Mizu-nasu	16.36	535
Torikai	16.03	535
Chikuyo	16.19	535
Kurowashi	11.81	529
Senryo-2	16.22	535
Nasunin	16.48	535
Delphinidin-3-rutinoside	11.76	529

\*Maximum peak of absorbance at 525nm, each cultivar

Table 3. Nasunin was detected as a major anthocyanin in Mizu-nasu, Torikai, Chikuyo, and Senryo-2, whereas delphinidin-3-rutinoside was detected as a major anthocyanin in Kurowashi by HPLC.

The polyphenol content in the peel was higher in Kurowashi (3.81 mg g<sup>-1</sup> FW) and Senryo-2 (3.17 mg g<sup>-1</sup> FW) than in the other cultivars (1.81~2.51 mg g<sup>-1</sup> FW). The polyphenol content in the whole fruit, however, was highest in Shiro-nasu (2.71 mg g<sup>-1</sup> FW), suggesting that the polyphenol compounds are more abundant in the flesh tissue than in the peel tissue in Shiro-nasu. In the Kurowashi fruit, the polyphenol content in the whole fruit was also higher than that in other cultivars, except Shiro-nasu, suggesting that the polyphenol compounds are contained in the flesh tissue as well as the peel. Additionally, in five cultivars in which anthocyanins were present, polyphenol contents in the peels were higher than those in the whole fruit. In contrast, the polyphenol content in both the peel and the whole fruit were very similar in Masumi and Shiro-nasu, which lacked anthocyanins.

Only Masumi fruit were green, due to the chlorophyll level in the peel. However, in Senryo-2 (30.8  $\mu\text{g g}^{-1}$  FW), Kurowashi (29.0  $\mu\text{g g}^{-1}$  FW), and Mizu-nasu (26.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ FW), especially Senryo-2, the chlorophyll contents was higher than those of other eggplant fruit. Additionally, all of the eggplant cultivars whose surface colors were purple and white had chlorophyll pigments in the peel tissue. Moreover, the chlorophyll a/b ratio was almost two in all of the eggplant cultivars (data not shown).

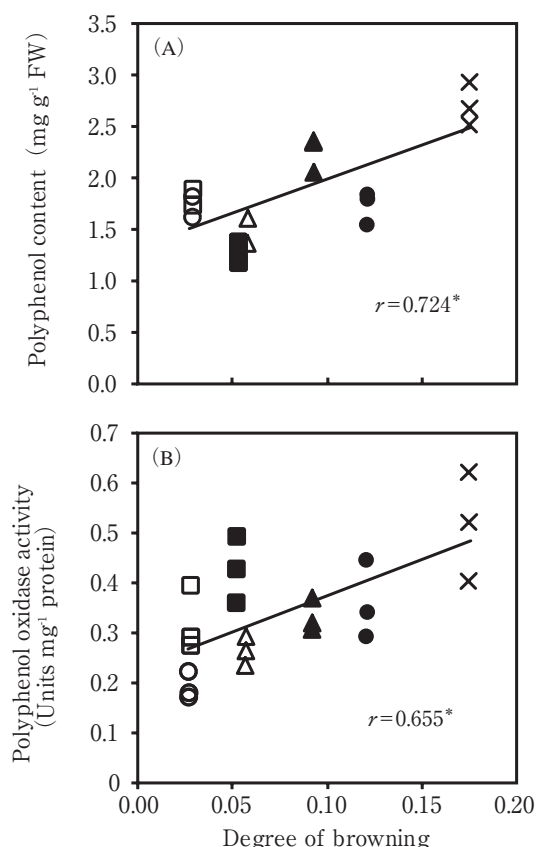
PPO activity was highest in Shiro-nasu (0.51 Units mg<sup>-1</sup> protein) and lowest in Mizu-nasu (0.19 Units mg<sup>-1</sup> protein). As is clearly shown in Table 2, the PPO activity of Mizu-nasu was low, and the

polyphenol content was also low as compared to those of other cultivars. Most Mizu-nasu fruit are processed as salted pickles after harvest. HORIE and ANDO<sup>16)</sup> indicated that the browning of salted pickles of Mizu-nasu fruit is of little concern owing to the low chlorogenic acid content, which is a substrate for browning. It is thought that in Mizu-nasu fruit, browning during processing could be suppressed owing to low polyphenol levels and PPO activity. Furthermore, using Mizu-nasu fruit, the quality characteristics were compared between the summer and autumn harvests (data not shown). There were almost no differences in specific gravity, moisture content, anthocyanin content, and chlorophyll content between the summer and autumn. Only the polyphenol content of the peel in fruit harvested in autumn, i.e., 2.21 mg g<sup>-1</sup> FW, was significantly higher than that in fruit harvested in the summer (1.66 mg g<sup>-1</sup> FW). This difference could be explained by differences in the period and temperature during fruit development.

### 3. Varietal differences in the occurrence of browning during processing

In eggplant fruit, flesh browning, which involves both polyphenol and PPO activity, is known to be a major problem during processing<sup>5)</sup> and low-temperature storage<sup>6)</sup>. In Shiro-nasu, Torikai, and Kurowashi, particularly Shiro-nasu, the degree of browning was high. In contrast, low browning was observed in Mizu-nasu, Senryo-2, Masumi, and Chikuyo, especially Mizu-nasu (data not shown). Furthermore, as shown in Fig. 2, we detected a correlation between the degree of browning and the polyphenol content or between the degree of browning and PPO activity for the seven cultivars.

The correlation coefficient for the relationship between polyphenol content and the degree of browning was 0.724 (n=21), which was statistically significant according to the Pearson's correlation test ( $P < 0.05$ ). Additionally, the correlation coefficient for the relationship between PPO activity and the degree of browning was 0.655 (n=21), and this was also statistically significant according to the Pearson's correlation test ( $P < 0.05$ ). In general, eggplant browning was attributed to polyphenol and PPO activity. Shiro-nasu, in which extensive browning was observed, had high polyphenol levels and PPO activity, while Mizu-nasu, in which only slight browning was observed, had low levels. Thus, eggplant cultivars with both high levels of



**Fig. 2** Correlation between the degree of browning and polyphenol content (A) or polyphenol oxidase activity (B) of the seven cultivars

\* indicates statistically significant by Pearson correlation test ( $P < 0.05$ )

○: Mizu-nasu, ●: Torikai, △: Chikuyo, ▲: Kurowashi, □: Senryo-2, ■: Masumi, ×: Shiro-nasu, respectively

polyphenol and high PPO activity brown easily during processing. According to BARBAGALLO *et al.*<sup>17)</sup>, calcium citrate or ascorbate treatment inhibits the browning of eggplant cut into cubes. While such treatments effectively inhibited browning, consumers do not prefer using any food additives in processing. Accordingly, a cultivar that resists browning, such as Mizu-nasu, may be beneficial for processing.

In conclusion, Mizu-nasu fruit could be suitable for processing, e.g., to produce salted pickles, owing to its low level of browning and compact flesh.

**Acknowledgement** The authors thank Professor Fumio Hashimoto, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, for kindly supplying us with nasunin.

### References

- 1) MORI, T., UMEDA, T., HONDA, T., ZUSHI, K., WAJIMA, T. and MATSUZOE, N.: Varietal differences in the chlorogenic acid, anthocyanin,

soluble sugar, organic acid, and amino acid concentrations of eggplant fruit, *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **88**, 657~663 (2013)

- 2) NAKAMURA, T., MORISHITA, M., HARA, T. and INNO, Y.: Differences of fruit characteristic on eggplant c. v. 'Mizu-nasu', *Bull. Osaka Agr. For. Res. Ctr.*, **34**, 1 ~ 5 (1998) (In Japanese with English summary)
- 3) TATEYAMA, C. and IGARASHI, K.: Anthocyanin and Chlorogenic acid contents of some selected eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars, and the radical scavenging activities of their extracts, *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, **53**, 218~224 (2006) (In Japanese with English summary)
- 4) AZUMA, K., IPOUSHI, K., ITO, H., HIGASHIO, H. and TERAO, J.: Evaluation of antioxidative activity of vegetable extracts in linoleic acid emulsion and phospholipid bilayers, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **79**, 2010~2016 (1999)
- 5) MISHRA, B. B., GAUTAM, S. and SHARMA, A.: Browning of fresh-cut eggplant: Impact of cutting and storage, *Postharvest Biology and Technology*, **67**, 44~51 (2012)
- 6) ABE, K., CHACHIN, K. and OGATA, K.: Chilling injury in eggplant fruits II. The effects of maturation and harvesting season on pitting injury and browning of seeds and pulp during storage, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **45**, 307 ~ 312 (1976) (In Japanese with English summary)
- 7) ROBERTO, L. S., MARTA, F., GIANLUCA, F., ANTONIETTA, D'A., GIUSEPPE, L. R., PELLEGRINO, C. and GIUSEPPE, M.: Cooking influence on physico-chemical fruit characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.), *Food Chemistry*, **194**, 835 ~ 842 (2016)
- 8) UMEDA, T., MIYAZAKI, H., YAMAMOTO, A., YATOMI, M., YAMAGUCHI, M. and MATSUZOE, N.: Relation of Anthocyanin in Skin of Eggplant Fruits to Light Environment, *Journal of Society of High Technology in Agriculture*, **18**, 193~199 (2006) (In Japanese with English summary)
- 9) ISO 14502-1: Determination of substances characteristic of green and black tea - Part 1: content of totalpolyphenols in tea - Colorimetric method using Folin Ciocalteu reagent (2015)
- 10) MORAN, R.: Formula for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N-dimethylformamide, *Plant Physiol.*, **69**, 1376 ~ 1381 (1982)



- 11) LUH, B. S. and PHITHAKPOL, B.: Characteristics of polyphenoloxidase related to browning in cling peaches, *J. Food Sci.*, **37**, 264~275 (1972)
- 12) BRADFORD, M. M.: A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Anal. Biochem.*, **72**, 248~254 (1976)
- 13) GOTO, H., NISHIMOTO, T., YAOBU, Y. and YONEDA, H.: Varietal difference in tissue structure of eggplant, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **6** (1), 400 (2007) (In Japanese)
- 14) IGARASHI, K., YOSHIDA, T. and SUZUKI, E.: Antioxidative Activity of Nasunin in Chouja-nasu (Little Eggplant, *Solanum melongena* L. 'Chouja'), *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **40**, 138~143 (1993)
- 15) NODA, Y., KANEYUKI, T., IGARASHI, K., MORI, A. and PACKER, L.: Antioxidant activity of nasunin, an anthocyanin in eggplant, *Research Communications in Molecular Pathology and Pharmacology*, **102**, 175~187 (1998)
- 16) HORIE, H. and ANDO, A.: Eating-quality characteristics of eight eggplant cultivars, *Bulletin of the national institute of vegetable and tea science*, **13**, 9~18 (2014) (In Japanese with English summary)
- 17) BARBAGALLO, R. N., CHISARI, M. and CAPUTA, G.: Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'Birgah' eggplants, *Postharvest Biology and Technology*, **73**, 107~114 (2012)

### 品種比較に基づいた水ナス果実の 品質並びに加工特性

橋田浩二<sup>\*1,\*4</sup>・松島さゆり<sup>\*2</sup>・下川陽大<sup>\*2</sup>

執行正義<sup>\*2</sup>・板村裕之<sup>\*3</sup>・山内直樹<sup>\*2</sup>

\* 1 鳥取大学大学院連合農学研究科  
(〒680-8553 鳥取県鳥取市湖山町南4-101)

\* 2 山口大学農学部  
(〒753-8515 山口県山口市吉田1677-1)

\* 3 鳥根大学生物資源科学部  
(〒690-8504 鳥根県松江市西川津町1060)

\* 4 大阪府立環境農林水産総合研究所  
(〒583-0862 大阪府羽曳野市尺度442)

ナスは年間消費量が高い野菜のひとつであり、これまで日本国内の気候に適応して、多くの品種が栽培されてきた。大阪府泉州地域では‘水ナス’が栽培されており、加工に適した品種として漬物製造に用いられている。しかしながら、その品質特性に関する詳細な研究は行われていないことから、本研究では、他品種と比較することで水ナスの品質特性を調査した。水ナスは、他品種に比べ比重は有意に高く、水分含量が最も高かった。果皮のポリフェノール含量はくろわしが最も高く、水ナスは低含量であった。アントシアニン含量は水ナス、鳥飼よりも千両2号、筑陽、くろわしで高含量を示した。また、アントシアニンの同定を行い、水ナス、鳥飼、筑陽、千両2号ではナスニンが含まれ、一方、くろわしではデルフィニジン-3-ルチノシドが含まれていた。すべての品種の果皮にはクロロフィルが含まれており、その含量は千両2号が最も高く、水ナスは7品種中3番目に高かった。次に、夏と秋に収穫した果実を用い、季節の相違による成分への影響を調査したところ、果皮のポリフェノール含量が夏収穫で有意に低いことを除いて季節間差はほとんどみられなかった。さらに、切断加工に伴う褐変の発生程度は水ナスが最も低かった。これはポリフェノール含量とPPO活性とが低いことに因っているものと推察された。以上の結果より、水ナスは果肉が緻密で、切断による褐変も生じにくいという品質特性を示し、漬物等への加工に適した品種であると考えられた。

(平成28年9月5日受付, 平成28年11月30日受理)

## セイヨウカボチャのテクスチャーに及ぼす成分の 近赤外分光法による非破壊評価

鮫島陽人<sup>\*1§</sup>・満留克俊<sup>\*2</sup>・徳永太藏<sup>\*3</sup>・桑鶴紀充<sup>\*4</sup>

\*1 鹿児島県大隅加工技術研究センター

\*2 鹿児島県農業開発総合センター大隅支場

\*3 鹿児島県農業開発総合センター

\*4 鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場

### Nondestructive Determination of Components on Texture of Squash Fruit (*Cucurbita maxima* Duch.) using Near Infrared Spectroscopy

SAMESHIMA Yoto<sup>\*1§</sup>, MITSUDOME Katsuyoshi<sup>\*2</sup>,  
TOKUNAGA Taizou<sup>\*3</sup> and KUWAZURU Norimitsu<sup>\*4</sup>

\*1 *Kagoshima Prefectural Osumi Food Technology Development Center,*  
4938, Hosoyamada, Kushira-cho, Kanoya-shi, Kagoshima 893-1601

\*2 *Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development Osumi Branch,*  
4938, Hosoyamada, Kushira-cho, Kanoya-shi, Kagoshima 893-1601

\*3 *Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development,*  
2200, Oono, Kinpou-cho, Minamisatsuma-shi, Kagoshima 899-3401

\*4 *Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development Tokunoshima Branch,*  
2092, Omonawa, Isen-cho, Oshima-gun, Kagoshima 891-8114

Components, that affected the mealy texture of squash fruit (*Cucurbita maxima* Duch.), were measured non-destructively using near infrared spectroscopy, and changes during storage were investigated. The texture of squash fruit was evaluated by measuring the firmness of steamed squash fruit mesocarp. Thus, the delimiting firmness was determined to be 1.6 N, which distinguished mealiness or stickiness. A strong positive correlation coefficient of 0.92 was found between dry matter content and fruit firmness.

The dry matter content of squash fruit was measured non-destructively by near infrared spectroscopy, and a calibration model was determined, for practical use. When the dry matter content of squash fruit measured non-destructively at harvest-time was over 19 %, a mealy texture was confirmed. In addition, if the dry matter content of squash fruits measured non-destructively before storage was more than 25 % or 30 %, the fruits could maintain firmness for approximately 30 or 60 days, respectively. The results suggest the possibility of maintaining the mealy texture in squash fruits after 30 storage days in fruit that has a dry matter content above 25 % at harvest-time.

(Received Jun. 13, 2016; Accepted Dec. 5, 2016)

**Key words** : *squash fruit, near infrared spectroscopy, nondestructive determination, dry matter content, texture*  
カボチャ, 近赤外分光法, 非破壊評価, 乾物含量, テクスチャー

日本で流通しているカボチャは、セイヨウカボチャ、ニホンカボチャそしてペポカボチャがあるが、主流はセイヨウカボチャであり、そのカボチャの粉質感（ほくほくとした食感）は、品質を評価する上で重要な要因であ

る。カボチャを貯蔵すると、その粉質感が徐々に失われて粘質感を強く感じるようになることが経験的に知られている。この現象について、筆者らは、カボチャを2か月までの短期間貯蔵すると、その粉質感が急激に低下し

\*1 〒893-1601 鹿児島県鹿屋市串良町細山田4938

§ Corresponding autor, E-mail: sameshima-yoto@pref.kagoshima.lg.jp

\*2 〒893-1601 鹿児島県鹿屋市串良町細山田4938

\*3 〒899-3401 鹿児島県南さつま市金峰町大野2200

\*4 〒891-8114 鹿児島県大島郡伊仙町面縄2092

て、しっとりとした粘質の食感に変化するが、それ以上の長期間貯蔵になると、歯ごたえが全く無くなり、どろどろとした食感になって、商品性が失われることを明らかにした<sup>1)</sup>。貯蔵前に粉質感の強い果実を選別できると、貯蔵後も果実硬度を保持した果実が得られる可能性がある。

青果物の内容成分を非破壊的に選別する方法として、近赤外分光法が開発されており、タマネギの乾物含量<sup>2)</sup>やモモの糖度<sup>3)</sup>およびミカンの糖度<sup>4)</sup>などにおいて研究されている。カボチャについても、乾物率を近赤外分光法で非破壊評価し、収穫適期の判定に利用しようとする研究<sup>5)</sup>があるが、カボチャの貯蔵特性の解明に近赤外分光法を応用した研究はない。

そこで、本研究ではカボチャの食感に関する成分・特性の解明に取り組み、その成分の近赤外分光法による非破壊計測の可能性評価、並びにその成分・特性の貯蔵中の変動について検討した。

## 実験方法

### 1. カボチャの食感と果実硬度の関係

(1) 材料 鹿児島県農業開発総合センター園芸作物部野菜研究室圃場にて栽培されたセイヨウカボチャ (*Cucurbita maxima* Duch.) ‘えびす’を供試した。

1) 食感の官能検査用：2007年11月26日(開花日から収穫日までの平均成熟日数55日)に収穫した果実20果を、5, 10, 15および20℃で30日間貯蔵したものを用いた。試料の調製方法をFig.1に示した。果梗部から十字型に4分割し、果梗部側と花痕部側の両端を切除し、さらに種子および胎座を除去して、高さ約5cm、幅約10cmのカット片にした。カット片を30分間蒸煮し、十分に冷却した後、1cm厚にスライスして、食感の官能検査用に供試した。

2) 果実硬度の測定用：平均成熟日数を35, 45, 55および65日に設定し、それぞれ2007年11月7日, 11月14日, 11月26日および12月4日に収穫した果実117果を用いた。カット片を30分間蒸煮し、25℃まで冷却した後、1cm厚にスライスして3個の切片を調製して、硬度測定用に供試した。

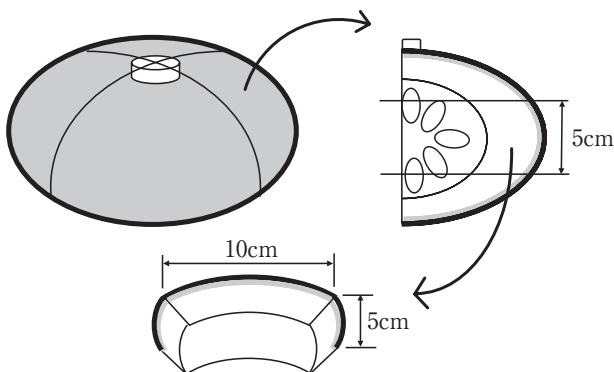


Fig. 1 A schematic of sample preparation procedure

### (2) 方法

1) 食感の官能検査：食感の評価は当所職員パネラー3名で実施した。食感について、1：粘質, 2：わずかに粘質, 3：わずかに粉質, 4：粉質に区分して評価した。3名の評価のうち、意見が分かれた場合は多数決とした。

2) 果実硬度の測定：果実硬度は食品物性試験機(クリープメータRE-3305型, 株山電製)を用いて測定した。試料の中果皮部について、直径5mm円柱状のプランジャーを用いて移動速度5mm/secで圧縮試験を行った。試料のひずみ量が初期厚さの80%になるまで圧縮した。圧縮時に描かれる曲線の第1ピークの高さ(荷重)を果実硬度とした(Fig.2)。1つのカット片につき3個の切片を調製し、切片の中果皮中央部を1回ずつ圧縮して果実硬度を求めた。3個の切片の平均値をもって果実硬度とした。

### 2. 近赤外分析法によるカボチャ内容成分の非破壊測定

(1) 材料 鹿児島県農業開発総合センター園芸作物部野菜研究室圃場にて栽培されたセイヨウカボチャ (*Cucurbita maxima* Duch.) ‘えびす’を供試した。2008年12月1日(平均成熟日数53日), 12月8日(同59日)および12月15日(同67日)に、それぞれ約30果ずつ収穫し、合計91果を供試した。また、2009年6月10日(平均成熟日数27日)および7月6日(同53日)にそれぞれ30果ずつ, 6月22日(同38日)および7月1日(同47日)にそれぞれ40果ずつ収穫し、合計140果を供試した。

### (2) 方法

1) 近赤外吸収スペクトルの測定：近赤外吸収スペクトルの測定には、携帯型近赤外分光光度計(株クボタ製, フルーツセレクター, K-BA100)(以後フルーツセレクターという。)を用いた。測定条件は、光源35W、蓄積時間500msおよび平均回数10とした。近赤外吸収スペク

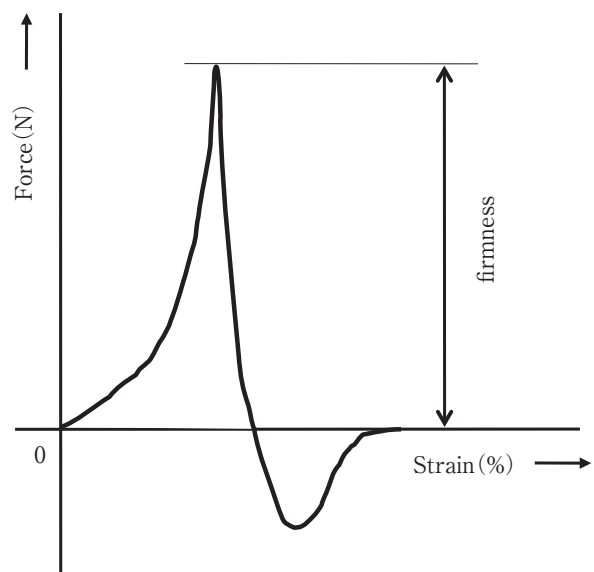


Fig. 2 A typical force-strain curve of the steamed squash fruit mesocarp

トルの測定部位は果実の赤道部1か所とした。500～1,000nmの波長域について、2nmごとに近赤外吸収スペクトルを測定した。

2) 内容成分の測定：フルーツセクターで測定した果実赤道部5cm×5cm幅の部位を採取し、外果皮、胎座および種子を除いて得られた中果皮を細断して試料とした。

乾物含量の測定には、迅速水分測定器（ブラベンダー社製、MT-E）を用いた。試料10gをステンレス製蒸発皿に計量し、105℃で2時間30分乾燥して、乾燥直後に重量を自動計測した。乾燥前後の重量変化から乾物含量を算出した。

デンプン含量の測定は常法<sup>6)</sup>を一部改変して行った。すなわち、細断した試料5gをホモジナイズし、80%エタノールで可溶性糖を抽出後、残渣を水酸化ナトリウムで加水分解し、さらにグルコアミラーゼで酵素分解して、3,5-ジニトロサリチル酸を用いて還元糖を定量した。定量値に0.9を乗じてデンプン含量とした（DNS法）<sup>7)</sup>。

3) 検量モデルの作成：検量モデル作成用試料の2次微分スペクトルを説明変数に、乾物含量またはデンプン含量を目的変数にして、重回帰分析（変数増減法）により相関が強い波長を自動選択して、検量モデルを作成した。なお、重回帰分析には統計解析ソフトウェア（SPSS 16.0）を用いた。

3. 貯蔵前の乾物含量予測値ごとに比較した貯蔵中の果実硬度的変化

(1) 材 料 鹿児島県農業開発総合センター園芸作物部野菜研究室圃場にて栽培されたセイヨウカボチャ (*Cucurbita maxima* Duch.) ‘えびす’を供試した。

2010年12月1日（平均成熟日数55日）に収穫した果実90果を用いた。フルーツセクターにより非破壊的に測定した乾物含量により、低乾物区：15%以上20%未満、中低乾物区：20%以上25%未満、中高乾物区：25%以上

30%未満、高乾物区：30%以上の4グループに20果ずつ分別した。なお、乾物含量による分別に用いたフルーツセクターの検量モデルは、前項の試験で作成したものとした。貯蔵前のサンプルとして各実験区から5果ずつ抽出し、乾物含量および果実硬度の測定を行った。貯蔵用のサンプルは、コンテナに入れ、蒸散した水分がこもらないようにコンテナ上部に新聞紙を被せ、温度10℃下で保管した。29, 65, および90日後に各実験区5果ずつ抽出して、乾物含量および硬度を測定した。

(2) 乾物含量および果実硬度の測定 乾物含量は2. - (2) - 2)の方法、および果実硬度は1. - (2) - 2)の方法で測定した。

実験結果および考察

1. カボチャの果実硬度的の違いが食感に及ぼす影響

蒸した中果皮の食感と果実硬度的の関係性をFig. 3に示した。カボチャの粉質感は、果実硬度的が大きいくほど強く感じる傾向にあった。わずかに粘質であった果実の最大硬度的が1.54Nであったので、粉質感が得られる果実硬度的の閾値を、それよりも少し大きい1.6Nとした。以上の結果より、粉質感は果実硬度的で評価できることが明らかになった。

果実硬度的に関与する内容成分について測定し、果実硬度和との関係を調査した。

まず、果実の固形分総量である乾物含量と果実硬度的の関係をFig. 4に示した。乾物含量と果実硬度和の間には相関係数0.92の強い正の相関がみられた。収穫直後において乾物含量が少ない果実は、果実硬度的が低くなる傾向がみられ、特に乾物含量が17%を下回ると、果実硬度的が1.6Nより低下して粘質に感じる果実が多くみられた。

続いて、果実の主要な成分であるデンプン含量と果実硬度的の関係をFig. 5に示した。デンプン含量と果実硬度和の間には相関係数0.94の強い正の相関がみられた。収穫直後においてデンプン含量が少ない果実は、果実硬度的

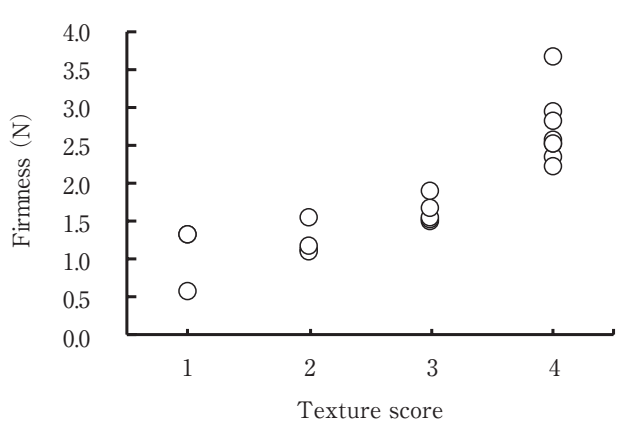


Fig. 3 Relationships between texture and firmness of steamed squash fruit mesocarp

1 : sticky texture, 2 : slightly sticky texture, 3 : slightly mealy texture, 4 : mealy texture.

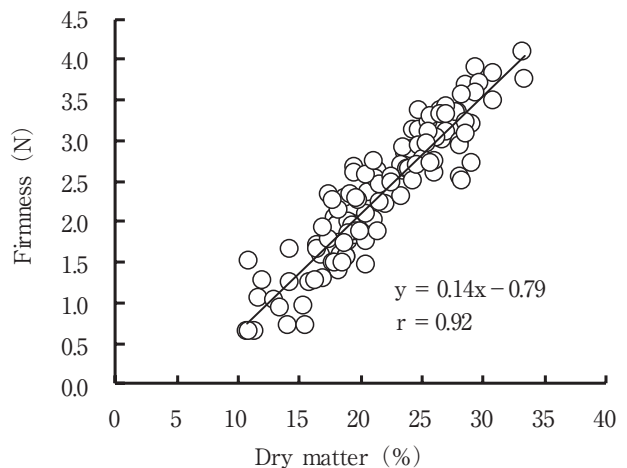
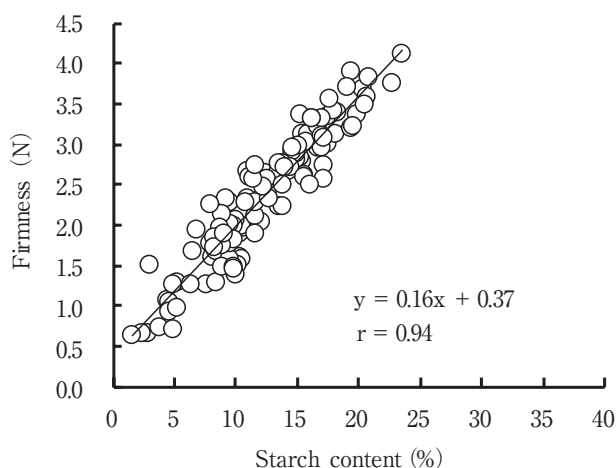


Fig. 4 Relationships between dry matter of squash fruit mesocarp and firmness of steamed squash fruit mesocarp



**Fig. 5** Relationships between starch content of squash fruit mesocarp and firmness of steamed squash fruit mesocarp

が低くなる傾向がみられ、特にデンプン含量が8%を下回ると、果実硬度が1.6Nより低下して粘質に感じる果実が多くみられた。長尾ら<sup>8)</sup>や筆者ら<sup>1)</sup>は、収穫直後のカボチャ果実は粉質感が強いが、貯蔵により粘質感が高まることを示し、内容成分については貯蔵により水分含量と糖含量が増加して、デンプン含量が減少することを明らかにしている。また、高橋ら<sup>9)</sup>は、ニホンカボチャの品種‘はやと’は水分含量が多く、かつ、デンプン含量が少ないため、蒸し物および煮物において、ホクホクさがなかったと示している。本研究はセイヨウカボチャで、かつ、貯蔵を行っていない果実での比較ではあるが、前述の研究と同じく、乾物含量やデンプン含量が少ない果実ほど、高い粘質性を示した。

果実硬度は物性値であるため、近赤外分光法により直

接測定はできないが、乾物含量と果実硬度には相関係数0.92の強い正の相関、あるいはデンプン含量と果実硬度には相関係数0.94の強い正の相関がみられた。これらの結果より、近赤外分光法で乾物含量、デンプン含量を測定することで、果実硬度を間接的に非破壊で推定できることが示唆された。

## 2. 近赤外分析法によるカボチャ内容成分の非破壊測定

検量モデルの開発に用いた果実内容成分の統計値をTable 1に示した。乾物含量とデンプン含量の検量モデルには、作成用および評価用試料として、それぞれ100果以上を供試した。

2次微分スペクトルを用いたカボチャ内容成分の検量モデル作成時の重回帰結果をTable 2に示した。検量モデルの評価はRPD法<sup>10)</sup>を用いた。RPD値はその値が高い程精度がよいことを示す。5~10では品質管理に適應できる精度であり、2.5~5では育種試験での選抜に十分な精度である。乾物含量用の検量モデルの決定係数( $R^2$ )は0.95、検量モデル作成時の標準誤差(SEC)は1.49%、検量モデル評価時の標準誤差(SEP)は1.33%、およびRPD値が3.4となり、実用に適應できる検量モデルが得られた。一方、デンプン含量用の検量モデルの $R^2$ は0.87、SECは2.14%、SEPは2.16%、およびRPD値が1.8となり、乾物含量よりも精度が劣った。

検量モデルの波長について、乾物含量とデンプン含量共に第1波長854nm、第4波長に900~902nmが選択された。

Birthら<sup>2)</sup>は、906nm付近が炭水化物の吸収であることを明らかにしている。また、Miyamotoら<sup>11)</sup>は840~855nmの範囲は光路長を補償する波長であると報告している。これらの波長が乾物含量およびデンプン含量の検量モデルの構築に大きく影響していると考えられた。

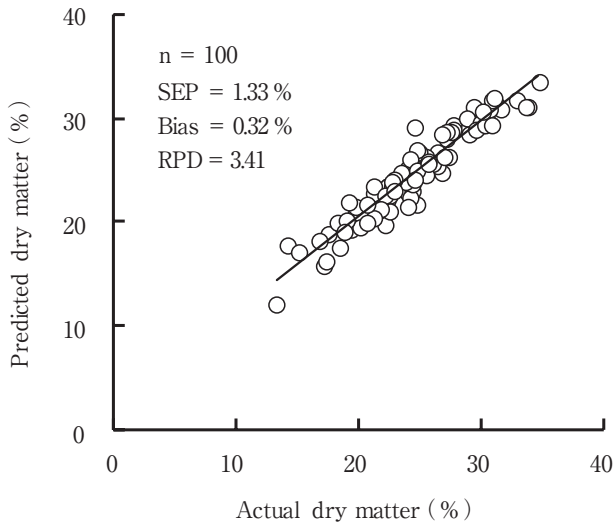
**Table 1** Statistical characteristics of calibration and validation sample sets of squash fruit used to develop calibration equations

Items	Dry matter		Starch	
	Calibration set	Validation set	Calibration set	Validation set
No. of sample	131	100	111	100
Range	9.4 - 36.3	13.2 - 34.6	2.1 - 26.8	6.0 - 22.6
Mean value	24.2	24.4	14.0	14.0
Standard deviation	6.39	4.53	5.90	3.87
Used units	weight % (flesh weight basis)		weight % (flesh weight basis)	

**Table 2** Results for calibration and validation of dry matter and starch contents of squash fruit using normalized 2nd derivative spectra

contents	Wavelength selected (nm)								$R^2$	SEC (%)	SEP (%)	Bias	RPD
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$	$\lambda_8$					
Dry matter	854	884	804	902	846	758	732	986	0.95	1.49	1.33	0.32	3.4
Starch	854	884	842	900					0.87	2.14	2.16	0.61	1.8





**Fig. 6** Scatter plots of actual dry matter versus NIR (near infrared spectroscopy) predicted dry matter just after harvest

収穫直後の果実の乾物含量の実測値と近赤外分光法による予測値との散布図をFig. 6に示した。統計上、推定値の95%信頼区間が推定値 $\pm 2\sigma$  ( $\sigma$ : 標準誤差=SEP/ $\sqrt{2}$ <sup>12)</sup>)を考慮すると、果実の食感が粉質か粘質かを区分する乾物含量17%に標準誤差の $\sqrt{2}$ 倍を加算した乾物含量19%が粉質の果実を選別する際の目標値になると考えられる。乾物含量の近赤外分光法による測定によって、収穫直後の果実の乾物含量による分類が可能になると判断された。

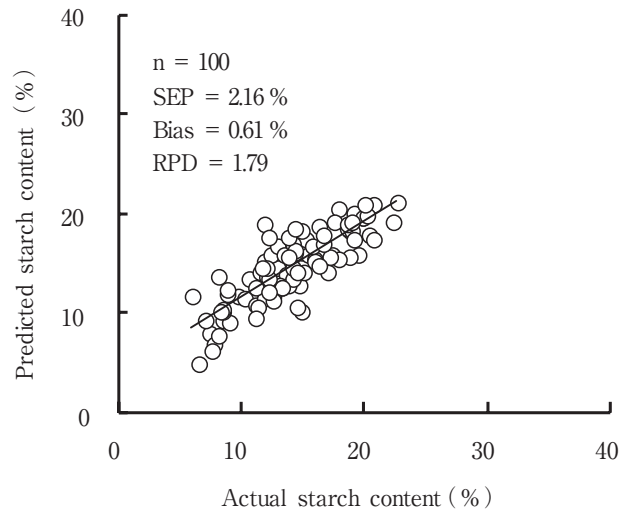
収穫直後の果実のデンプン含量の実測値と近赤外分光法による予測値との散布図をFig. 7に示した。デンプン含量の分布は、乾物含量に比べてややばらつく傾向がみられた。粉質と粘質を分けるデンプン含量8%に、標準誤差の $\sqrt{2}$ 倍加算するとデンプン含量が11%になり、粉質の果実を選別する際の目標値になると考えられる。

### 3. 貯蔵前の乾物含量予測値ごとに比較した貯蔵中の果実硬度の変化

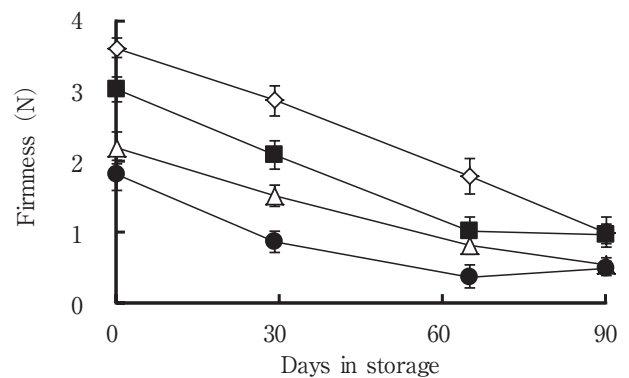
貯蔵中の果実硬度の変化を貯蔵前の果実の乾物含量(近赤外分光法による予測値)ごとにFig. 8に示した。

貯蔵直前において、乾物含量が高いほど果実硬度が高い傾向にあった。低乾物区の乾物含量20%未満の果実では、果実硬度の平均値が1.8Nと、粉質と粘質を分ける境目の果実硬度1.6Nを上回った。しかし、5果実中2果の果実硬度が1.5Nより低下していた。中低乾物区の乾物含量20%以上の果実では、5果実全てが果実硬度1.6Nを上回っていた。Fig. 4とFig. 6から考察したとおり、果実硬度1.6N以上の果実のみを抽出するためには、近赤外分光法を用いて乾物含量19%を上回る果実を選別する必要があることがわかった。

貯蔵後29日になると、低乾物区の果実硬度の平均値が0.9N、中低乾物区の果実硬度の平均値が1.5Nと、粉質と粘質を分ける境目の果実硬度1.6Nよりも低下した。



**Fig. 7** Scatter plots of actual starch content versus NIR (near infrared spectroscopy) predicted starch content just after harvest



**Fig. 8** Changes in firmness during storage of squash fruits having different levels of dry matter after harvest

●Low (15% or more and less than 20%), △Medium low (20% or more and less than 25%), ■Medium high (25% or more and less than 30%), ◇High (30% over). Vertical bars indicate standard error ( $n = 5$ ).

したがって、乾物含量25%未満の果実では、果実硬度1.6N以上を保ちながら29日間貯蔵するのは難しいと判断された。中高乾物区の果実硬度の平均値は2.1N、高乾物区の果実硬度の平均値は2.9Nであり、これらの区は果実硬度1.6N以上を保っていた。

貯蔵後65日になると、低乾物区の果実硬度は0.4Nになった。中低乾物区および中高乾物区の果実硬度は、それぞれ0.8N、1.0Nと、粉質と粘質を分ける境目の果実硬度1.6Nよりも低下した。高乾物区の果実では、果実硬度の平均値が1.8Nであり、貯蔵65日を経過しても概ね果実硬度1.6N以上を保持できると考えられた。

貯蔵90日になると、低乾物区および中低乾物区の果実硬度の平均値が0.5N付近になった。中高乾物区および高乾物区の果実硬度の平均値は1.0N前後となった。ほ

ほ全ての果実が粘質になっており、果実硬度1.6N以上を保持したままでの90日間の貯蔵は困難であると推定された。

貯蔵後も果実硬度1.6N以上を保持するためには、貯蔵前の近赤外分光法による非破壊測定 of 乾物含量が25%以上の果実を選別する必要があること、また、果実硬度1.6N以上を保持できる貯蔵限界期間は、乾物含量25%以上の果実では概ね30日間、および乾物含量30%以上の果実では概ね60日間であることが明らかになった。

### 要 約

セイヨウカボチャの粉質感に関与する成分を明らかにし、その成分の近赤外分光法による非破壊計測を行って、貯蔵中の変動を調査した。

1. カボチャの粉質感は果実硬度を測定することで評価ができ、粉質と粘質を分ける境界の果実硬度は1.6Nであると判断された。
2. 乾物含量と果実硬度との間には相関係数0.92の強い正の相関がみられた。また、デンプン含量と果実硬度との間には相関係数0.94の強い正の相関がみられた。
3. 乾物含量用の検量モデルの決定係数 ( $R^2$ ) は0.95、RPD値は3.4となり、実用に適応できる検量モデルが得られた。一方、デンプン含量用の検量モデルの $R^2$ は0.87、RPD値は1.8となり、乾物含量よりも精度が劣った。
4. 収穫直後において、果実が粉質感を有するには、近赤外分光法を用いて非破壊的に測定した乾物含量が19%を上回る必要があることがわかった。
5. 貯蔵後も果実硬度1.6N以上を保持するためには、貯蔵前の乾物含量がある一定値以上必要であることが明らかになった。乾物含量25%以上の果実では概ね30日間、および乾物含量30%以上の果実では概ね60日間、果実硬度1.6N以上を保持できた。

**謝 辞** 本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」で実施した。

本研究をとりまとめるにあたり、終始ご指導を賜りました鹿児島大学農学部・河野澄夫特任教授に厚く御礼申し上げます。

### 文 献

- 1) 鮫島陽人・満留克俊・徳永太藏・桑鶴紀充：低温貯蔵がカボチャ果実の品質に及ぼす影響，日食保蔵誌，**41** (2)，59～64 (2015)
- 2) BIRTH, G. S., DULL, G. G., RENFORE, W. T. and KAYS, S. J.: Nondestructive Spectrophotometric Determination of Dry Matter in Onions, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **110** (2), 297～303 (1985)
- 3) KAWANO, S. WATANABE H. and IWAMOTO M.: Determination of Sugar Content in Intact Peaches by Near Infrared Spectroscopy with Fiber Optics in Interactance Mode, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **61** (2), 445～451 (1992)
- 4) KAWANO, S. FUJIWARA T. and IWAMOTO M.: Nondestructive Determination of Sugar Content in Satsuma Mandarin using Near Infrared (NIR) Transmittance, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **62** (2), 465～470 (1993)
- 5) 長尾明宣・森本 進：近赤外分光法によるカボチャ果実の非破壊品質評価，日本土壤肥料学会講演要旨集，**49**，232 (2003)
- 6) 作物分析法委員会編：栽培植物分析測定法（養賢堂，東京），p.299 (1983)
- 7) HOSTETTLER, F., BOREL E. and DEUEL. H.: Über die Reduktion der 3, 5-Dinitrosalicylsäure durch Zucker, *Helv. Chim. Acta.*, **34**, 2132～2139 (1951)
- 8) 長尾明宣・印東照彦・土肥 紘：カボチャの収穫後の品質に及ぼすキュアリング条件と貯蔵温度の影響，園学雑，**60** (1)，175～181 (1991)
- 9) 高橋敦子・伊藤喜誠・奥嶋佐知子・吉田企世子：カボチャの品種による果肉成分の違いが食味に及ぼす影響，日本調理科学会誌，**30** (3)，232～238 (1997)
- 10) WILLIAMS P. C. and SOBERING D. C.: Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds, *J. Near Infrared Spectrosc.*, **1**, 25～32 (1993)
- 11) MIYAMOTO, K. and KITANO, Y.: Non-destructive determination of sugar content in satsuma mandarin fruit by near infrared transmittance spectroscopy, *J. Near Infrared Spectrosc.*, **3**, 227～237 (1995)
- 12) HRUSCHKA W. R.: Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food industries (American Association of Cereal Chemists, Inc.), p.41 (1987)  
(平成28年6月13日受付，平成28年12月5日受理)

# Proposal for an Efficient Packaging System for Preventing Shock-Induced Berry Drop in Grapes during Transportation and Handling

KITAZAWA Hiroaki<sup>\*1§</sup>, AKASHI Shuya<sup>\*2</sup>,  
HASEGAWA Naoko<sup>\*1</sup> and NAGATA Masayasu<sup>\*1</sup>

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

\* 2 *Horticultural Experiment Station of Yamagata Integrated Agricultural Research Center,  
423, Shima-Minami, Sagae, Yamagata 991-0043*

In order to develop a packaging system for grape berries that would prevent them from falling owing to shocks caused during transportation and handling, we investigated the effects of the direction of the shock on the occurrence of berry drop. To verify this, we conducted a drop test by using a conventional corrugated fiberboard box employed for transporting grapes in Japan. The results of the drop test suggested that attenuation of the shock from the bottom of the box was necessary to prevent the grape berries from dropping. Our results also suggested that in order to reduce the occurrence of berry drop further, free spaces inside the box needed to be reduced. Based on these findings, we designed a packaging system that not only attenuates the shock from the bottom of the box, but also adapts to the different shapes of individual grapes. This was achieved by stacking several sheets of the cushioning material inside the corrugated fiberboard box. The results of the drop test obtained using the above-mentioned packaging system confirmed that this setup was effective in preventing the shock-induced dropping of grape berries. The study also revealed that it was indeed effective to attenuate the impact caused by the shocks, especially those emanating from the bottom and the side walls of the box during transportation and handling.

(Received Aug. 18, 2016 ; Accepted Nov. 21, 2016)

**Key words** : *cushion packaging, drop test, shock direction, transportation*  
緩衝包装, 落下試験, 衝撃方向, 輸送

Grape berries sometimes drop off from the pedicel after the harvest. This phenomenon is called “berry drop”. Berry drop causes a reduction in the commercial value of the grapes, which is why it is important to prevent it. Several studies have established physiological<sup>1)</sup> and microbiological<sup>2)</sup> factors responsible for berry drop in grapes after the harvest. Other studies have concluded that vibration is an important physical factor contributing to berry drop<sup>3),4)</sup>.

Previously, we analyzed the effect of shock on soft fruits such as cherries<sup>5)</sup>, strawberries<sup>6)</sup> and tree-ripened mangoes<sup>7)</sup> during transportation, and concluded that shock is a contributing factor towards fruit damage. Thus, in case of grapes too, it was suggested that shock may be an important factor causing berry drop during transportation and

handling. However, till date very few studies have investigated the correlation between the impact of shock and the subsequent occurrence of berry drop.

Earlier studies attempting to analyze the impact of shock occurring during handling and transportation of packaged products showed that shock can not only be experienced in the vertical but also in the horizontal direction.<sup>8),9)</sup> By means of drop tests for packaged grapes, we investigated the effect of shock direction on berry drop.

Finally, we developed a packaging method to protect the grape bunches from suffering berry drop caused by shock. TAKANO *et al.*<sup>4)</sup> suggested that the rate of berry drop in grapes due to vibrations reduced, when the free space inside the packaging box was also reduced maximally. Therefore, we examined a cushioned layout that

---

§ Corresponding author, E-mail : ktz@affrc.go.jp



adapted itself according to the size and shape of the grape bunches.

## Materials and Methods

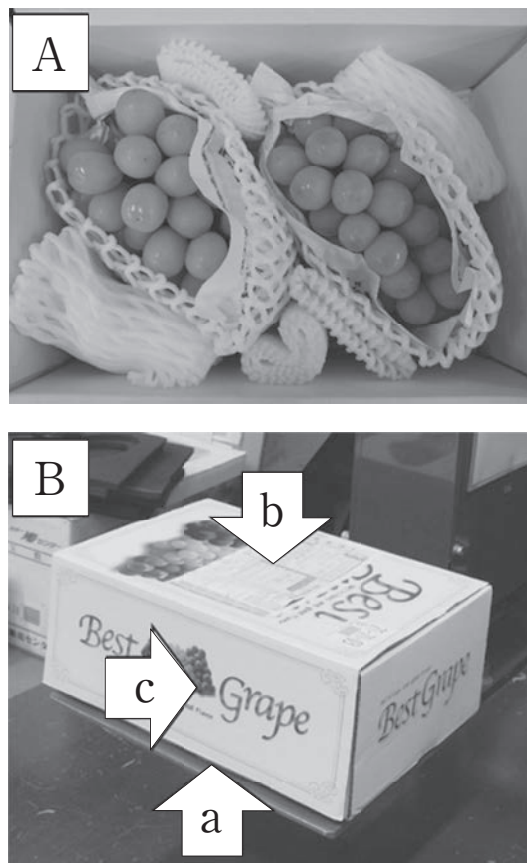
### 1. Grape cultivar used for the drop test

All experiments were carried out with the grape cultivar ‘Shine Muscat’ (*Vitis labruscana* Bailey × *Vitis vinifera* L.). This cultivar has a strong flavor, large berry size, crisp flesh texture, high soluble solid content, low acidity, and berries with edible skin<sup>10</sup>. Owing to these factors, ‘Shine Muscat’ is getting increasingly popular in Japan as well as its neighboring regions. The grape clusters were harvested in the orchard of the Horticultural Experiment Station of Yamagata Integrated Agricultural Research Center (Sagae, Yamagata, Japan) on 9<sup>th</sup> October 2015. The number of berries per bunch and the average weight were calculated to be  $43.9 \pm 7.0$  and  $646.9 \pm 88.0$  g respectively.

The grapes were wrapped in paper bags, and placed in a chamber maintained at 0.5°C temperature and 90% relative humidity for 12–53 days. After the completion of the storage period, they were enveloped in a 4-mm thick polyethylene (PE) foam net and transported from the above mentioned facility to the Food Research Institute, NARO (Tsukuba, Ibaraki, Japan) in a corrugated fiberboard box, containing a sheet of PE foam net (thickness, 5 mm) on the base of the box. The grapes were transferred to a chamber maintained at 10°C temperature and 90% relative humidity for one day. Thereafter, the grapes were selected on the basis of uniformity in size, color, and absence of defects or mechanical damage. These were then subjected to the drop tests as detailed below.

### 2. Conditions for packaging and drop test

A sheet of foam net which was made from the same material as described above in sub-section 1 was laid inside a corrugated fiberboard box. The interior dimensions of the box were  $\sim 210 \times 310 \times 115$  mm. Each bunch of grape was put in a paper bag and enveloped in the same foam net as described above in sub-section 1. Two such bunches were placed in the box (Fig. 1A). The empty spaces inside the box were filled with foam nets. The same foam net sheet that was used for lining the bottom, was also used to fill the free space at the top of the box. The opening of the box was then covered with corrugated fiberboard material same as that of the box itself. The total weight of



**Fig. 1** Figure showing (A) Inner and (B) Outer view of the packaging system used for the drop test

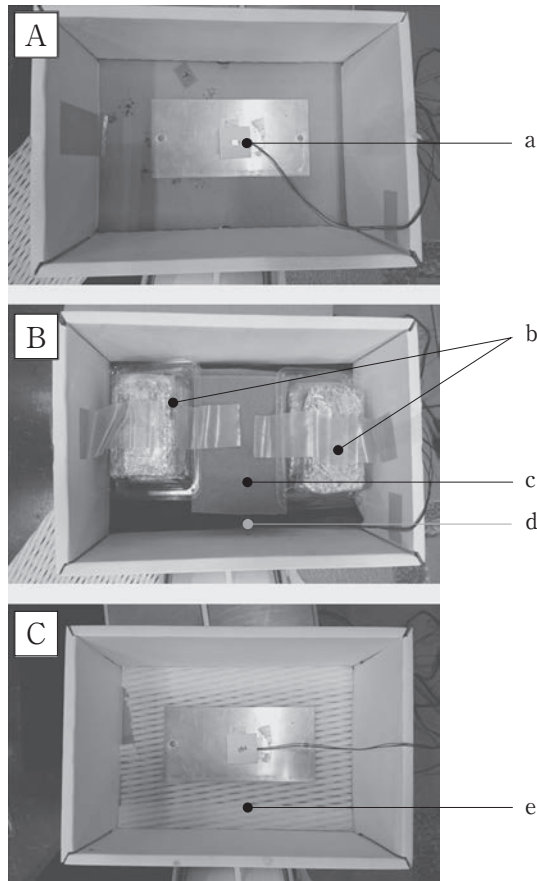
Where the direction of delivering the shock is represented along the (a) bottom, (b) top, and (c) side walls of the box.

the box including the two grape bunches and the cushioning material was approximately 1.5 kg. This type of packaging represents the conventional system for transporting grapes in Japan. This was therefore, used as the control setup.

The box which contained two bunches of grapes was dropped once, perpendicularly on the dropping surface by a drop tester (DTS-50, Shinyei Testing Machinery Co. Ltd., Tsukuba, Japan). The drop height was set to 0.6 m according to JIS Z 0200<sup>11</sup>, which is the Japanese test standard for freight packaging. The shock incurred due to the drop was delivered to the bottom, top, and side walls of the box (Fig. 1B). For assessing the shock incurred along the top and side walls, the box was placed upside down or sideways respectively, on a shock testing table. Tests were carried out in 3–4 replicates per drop condition.

### 3. Measurement of shock acceleration

A three-dimensional accelerometer (2366W, Showa



**Fig. 2** Setup of the acceleration pick-up and the dummy sample to adjust the weight for the drop test

Figure showing (A) Acceleration pick-up attached on the inner side of the bottom of the box, (B) fixed clay blocks in the box, and (C) acceleration pick-up attached on the foam net sheet, where a-e represent (a) acceleration pick-up, (b) clay blocks, (c) two sheets of urethane foam to fix the clay blocks, sheet of (d) urethane foam, and (e) foam net.

Sokki Co. Ltd., k Tokyo, Japan ; size,  $8.0 \times 7.0 \times 5.5$  mm ; weight, 1.2 g), fixed on an aluminum plate with a plastic socket, was attached to the bottom surface of the box from the inside by using a double-sided tape (Fig. 2A). For performing the measurement, clay blocks (total weight,  $\sim 1.3$  kg) were placed in the plastic trays, instead of the two bunches of grapes (Fig. 2B). The box was then dropped from a height of 0.6 m and the value of shock acceleration was measured. The experimental conditions for measuring the acceleration pickup were as follows : sampling rate,  $10 \mu\text{s}$  ; data, 8000 points ; filter mode, automatic ; trigger level, 2.8% ; pre-trigger, 30%. These conditions were set using a shock measurement and analysis system (SMH-12, Shinyei Testing Machinery Co. Ltd.), connected to

the accelerometer, along with the shock vibration analysis software (SMS-500 M, Shinyei Testing Machinery Co. Ltd.). The box did not drop completely perpendicular to the surface of impact, as the center of gravity of the box and its geometric center did not always coincide perfectly. Thus, the values of shock acceleration in the horizontal (right-left), horizontal (front-back), and vertical directions were calculated automatically by the software. Shock acceleration on the foam net was measured to evaluate its cushioning potential at the bottom of the box from the inside. In this case, the accelerometer was attached to the surface of the foam net (Fig. 2C). Each drop test was carried out eight times, so as to ensure a high degree of replicability.

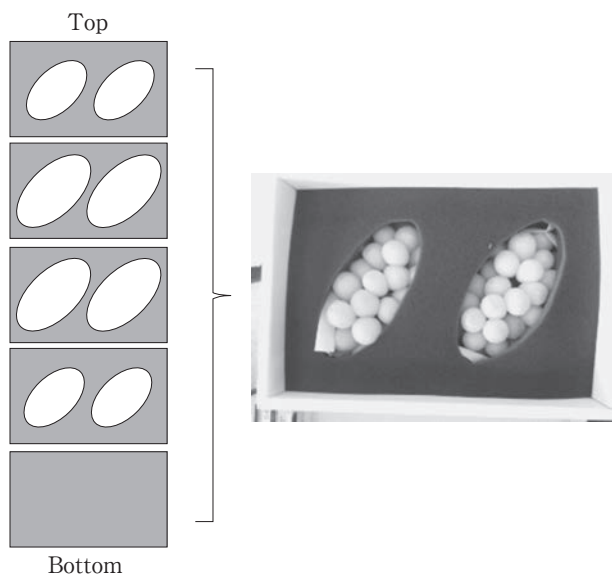
#### 4. Calculation of the rate of berry drop

The box was opened immediately after landing on being dropped. First, the number of berries that had detached from the pedicel (left berries, LB) was determined. Second, we counted the number of berries that were still attached to the pedicel (no left berries, NLB). Finally, we calculated the rate of berry drop (RBD) (%) by using the following formula :

$$\text{RBD} = [\text{LB} / (\text{LB} + \text{NLB})] \times 100 \quad \dots \dots \dots (1)$$

#### 5. Design of alternative packaging to prevent berry drop

We prepared the cushioning sheets by using 10-mm thick urethane foam, having a density of approximately  $0.027 \text{ g cm}^{-3}$  and a pair of holes of different sizes. Four sheets, each bearing a pair of holes, were stacked on top of one another. Next, two bunches of grapes were wrapped in paper bags and placed inside the two holes, which were formed as a result of stacking the sheets (Fig. 3)<sup>12)</sup>. The paper bags were identical to those described in sub-section 1. The sheets along with the grapes were packed in the box described in sub-section 1 and 2. We hypothesize, that this packaging system represents an improvement over the previous one. At the same time, the combination of sheets could be varied, according to the differences in the size and shape of the individual grape bunches. Additionally, instead of the foam net, a sheet of urethane foam, without holes and possessing the same physical properties as that of the sheet with the pair of holes, was laid out at the bottom of the corrugated fiberboard box. In order to evaluate the ability to attenuate shock, by the sheet of urethane



**Fig. 3** Proposed improved packaging system for preventing grapes from berry drop<sup>12)</sup>

Figure showing different combinations of the sheets with two holes, which can be used to adjust to the difference in the size and shape of the grape bunches.

foam lining the bottom of the box, we measured the shock acceleration on the surface of the sheet using the same method as described above in sub-section 3. The drop test conditions and the evaluation method for determining berry drop remained the same as described in sub-section 1-3.

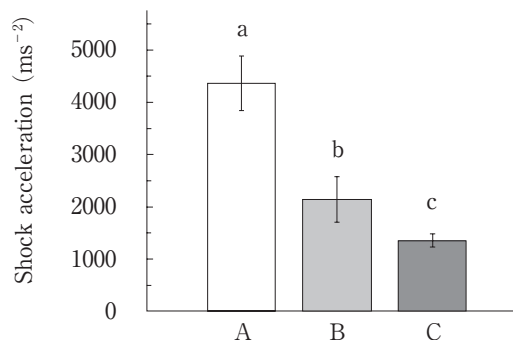
## Results and Discussion

### 1. Attenuation of the drop shock caused by cushioning sheets placed at the bottom of the box

Without any cushioning sheets present, the value of shock acceleration near the bottom of the box was  $4361 \text{ ms}^{-2}$  (Fig. 4). In contrast, the magnitude of shock acceleration was attenuated upon using the foam net and urethane foam sheet ( $2144.8 \text{ ms}^{-2}$  and  $1353.4 \text{ ms}^{-2}$ , respectively). Thus, it was evident that the sheet of urethane foam was more effective in attenuating the drop shock, followed by the foam net sheet.

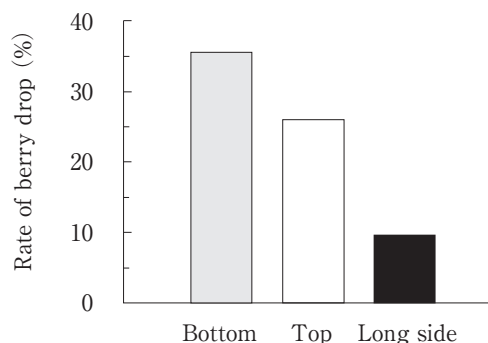
### 2. Effect of the direction of the shock on the rate of berry drop

Bruised and / or crushed berries were not observed under any condition. Using equation (1), the rate of berry drop for the control setup, where the shock was delivered to the bottom, top, and side walls of box was 36%, 26%, and 10% respectively. The rate was highest when the shock



**Fig. 4** Attenuation of the drop shock by cushioning sheets placed near the bottom of the box

Figure showing shock acceleration (A) without the cushioning sheet, (B) with the foam net sheet, and (C) with the urethane foam sheet; where a, b, and c represent significant differences according to Welch's *t*-test with Bonferroni correction (Family wise error rate,  $\alpha = 0.05$ ; number of replicates,  $n = 8$ ).



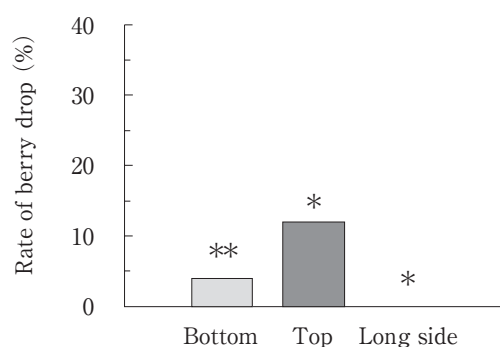
**Fig. 5** Figure showing the rate of berry drop (%) varying according to the direction of the shock in conventional packaging (control setup)

Each value represents the mean of 3-4 replicates. Error bars have been omitted because each datum is shown as a percentage.

was delivered to the bottom of the box (Fig. 5). It was suggested that the reason for the differences in berry drop rates after changing the direction of the shock (bottom and top), was due to the difference in the direction of the opening of each foam net. The foam net could not offer adequate cushioning, when the shock was applied to the bottom of the packaging. The results indicated that attenuating the shock from the bottom of the packaging was necessary to prevent the grape bunches from suffering berry drop.

### 3. Evaluation of the performance of the proposed packaging

Bruised and / or crushed berries were not observed under any conditions, including the control



**Fig. 6** Figure showing the rate of berry drop (%) varying according to the direction of the shock in improved packaging

Welch's *t*-test performed by comparing the values for the direction of the shock applied with that of the control set up, suggested significant differences between data at  $p < 0.01$  (indicated as '\*\*') and  $p < 0.05$  (indicated as '\*'). Each value represents the mean of 3–4 replicates.

Error bars have been omitted because each datum is shown as a percentage.

set up. Using equation (1), the rate of berry drop for the improved packaging, when the shock was applied to the bottom, top, and side walls of box was 4%, 12%, and 0% respectively. In each case, the rate of berry drop was lesser than that for the control setup (Fig. 6).

The result of the shock acceleration measurement (Fig. 4) showed that the sheet of urethane foam offered a higher attenuation of shock than the foam net sheet. Thus, it can be concluded that the suggested improved packaging is effective in attenuating the shock from the bottom as well as from the sides of the box. In this packaging design, the same foam net that was used in the control setup was used as a filling material for the empty space near the top of the box, resulting in lesser attenuation of the shock from the top, compared to that from the other two sides.

In this study, we assumed a single shock as the sole factor causing berry drop in grapes. However, it has been previously reported that repetitive shocks result in post-harvest damage of fruits.<sup>7),13)</sup> Considering the above results, our future work will focus on evaluating the ability of our proposed packaging system in preventing berry drop owing to repetitive shocks, under actual or simulated transportation and handling conditions.

### Conclusion

The results of our drop tests suggested, that in

order to prevent the grape bunches from suffering berry drop, attenuation of the shock delivered from the bottom of the packaging was necessary. Our results also suggested that the free space inside the packaging needs to be filled, so as to minimize berry drop. Moreover, cushioned packaging, which adapts itself to the differences in the shape of the individual grape bunches should be used. In the light of these findings, our proposed setup using stacked cushioning sheets is considered to be an effective packaging system against berry drop in grapes, caused by shocks during transportation and handling.

**Acknowledgement** This study was supported by the Scheme to Revitalize Agriculture and Fisheries in Disaster Areas through Deploying Highly Advanced Technology from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan.

### References

- 1) ZOFFOLI, J.P., LATORRE, B.A. and NARANJO, P.: Preharvest Applications of Growth Regulators and Their Effect on Postharvest Quality of Table Grapes during Cold Storage, *Postharvest Biol. Technol.*, **51**, 183~192 (2009)
- 2) MOYLS, A.L., SHOLBERG, P.L. and GAUNCE, A.P.: Modified-atmosphere Packaging of Grapes and Strawberries Fumigated with Acetic Acid, *HortScience*, **31**, 414~416 (1996)
- 3) FISCHER, D., CRAIG, W.L., WATADA, A.E., DOUGLAS, W. and ASHBY, B.H.: Simulated In-Transit Vibration Damage to Packaged Fresh Market Grapes and Strawberries, *Appl. Eng. Agric.*, **8**, 363~366 (1992)
- 4) TAKANO, K., ONO, T., UNO, T. and SHIGETA, M.: Prevention of Berry Drop through Transportation of 'Pione' Grapes, *Bull. Okayama. Pref. Agric. Exp. Stn.*, **14**, 49~54 (1996) (in Japanese)
- 5) ISHIKAWA, Y., KITAZAWA, H. and SHINA, T.: Vibration and Shock Analysis of Fruit and Vegetables Transport - Cherry Transport from Yamagata to Taipei-, *Japan Agric. Res. Quat.*, **43**, 129~135 (2009)
- 6) KITAZAWA, H., ISHIKAWA, Y., LU, F., HU, Y., NAKAMURA, N. and SHINA, T.: Analysis of Shock during Strawberry Transport and Damage Estimation, *Hort. Res. (Japan)*, **9**, 221~227 (2010) (in Japanese with English abstract)
- 7) NAKANISHI, Y., NAKAMURA, N., HASEGAWA, N.,

- INAMORI, H., OGAWA, Y. and KITAZAWA, H. : Evaluation and Estimation of Damage to Tree-Ripened 'Irwin' Mangos from Repetitive Shock during Transportation, *Tropic. Agric. Develop.*, **59**, 112~117 (2015)
- 8) RODRIGUEZ, H., SINGH, S.P. and BURGESS, G. : Study of Lateral Shocks Observed during Fork Truck and Pallet Jack Operations for the Handling of Palletized Loads, *Packag. Technol. Sci.*, **7**, 205~211 (1994)
- 9) LU, F., ISHIKAWA, Y., SHIINA, T. and SATAKE, T. : Analysis of Shock and Vibration in Truck Transport in Japan, *Packag. Technol. Sci.*, **21**, 479~489 (2008)
- 10) MATSUMOTO, H. and IKOMA, Y. : Effect of Postharvest Temperature on the Muscat Flavor and Aroma Volatile Content in the Berries of 'Shine Muscat' (*Vitis labruscana* Bailey × *V. vinifera* L.), *Postharvest Biol. Technol.*, **112**, 256~265 (2016)
- 11) JIS Z0200: Packaging-Complete, Filled Transport Packages-General Rules for the Compilation of Performance Test Schedules, Japan Industrial Standards Committee (2013) (in Japanese)
- 12) KITAZAWA, H. : Kompou-you Kanshou-zai (A cushioning material for packaging), Under application for design registration in Japan (No. 2016-005278) (2016)
- 13) 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)

### 衝撃によるブドウの脱粒を 防止するための包装方法の提案

北澤裕明\*1・明石秀也\*2

長谷川奈緒子\*1・永田雅靖\*1

\*1 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合  
研究機構食品研究部門

(〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12)

\*2 山形県農業総合研究センター園芸試験場

(〒991-0043 山形県寒河江市島南423)

ブドウの輸送時の衝撃に起因する脱粒を防止可能な包装方法を提案するために、日本のブドウ輸送において通常使用されている段ボール箱を用いた包装形態を対象として、落下方向の違いが衝撃による脱粒発生に及ぼす影響について調査した。落下試験の結果から、衝撃による脱粒を防止するためには、箱底方向からの衝撃に対する緩衝性能を高めておく必要があること、および箱内の隙間を極力減らすことが重要であることが示唆された。これらの結果に基づき、異なる大きさの貫通穴を開けたシート状の緩衝材を段ボール箱内に積層し、形成された穴内に果房を梱包することによる、個々の果房の形状に柔軟に対応可能な包装方法を提案した。落下試験の結果から、提案した包装方法がブドウの衝撃による脱粒に対する防止効果を有していることを実証した。また、この包装方法は、段ボール箱の底面および長側面からの衝撃に対して高い脱粒防止性能を有していた。

(平成28年8月18日受付, 平成28年11月21日受理)



# 分子間相互作用に基づく乳タンパク質の製パン性改良機序の解明

平成28年度日本食品保蔵科学会奨励賞

岡 大 貴\*§

\* 東京農業大学応用生物科学部食品加工技術センター

## Clarification of the Baking Quality Improved Mechanism of Milk Protein based on the Intermolecular Interaction

OKA Daiki\*§

\* Food Processing Center, Faculty of Applied Bioscience, Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502

**Key words** :  $\beta$ -lactoglobulin,  $\alpha$ -casein,  $\omega$ -gliadin, gluten, hydrophobic interaction

$\beta$ -ラクトグロブリン,  $\alpha$ -カゼイン,  $\omega$ -グリアジン, グルテン, 疎水性相互作用

### 1. はじめに

脱脂乳および脱脂粉乳は、乳製品のみならず、製菓・製パンの副原料として広く用いられている。製パンにおいては脱脂粉乳の添加によって、ミルクフレーバーによる風味の向上、乳糖による焼き色の良色化、小麦粉中に少ない必須アミノ酸を補うことによるアミノ酸スコアの向上など、様々な効果が知られている<sup>1)</sup>。

脱脂粉乳は、その製造過程において殺菌や噴霧乾燥などの熱処理を受ける。低度加熱脱脂粉乳の添加によってパンは硬く比容積が小さくなる<sup>2),3)</sup>。一方、高度加熱脱脂粉乳では、製パン性の低下は発生しない<sup>4)</sup>。このため、製パンにおいては一般に高度加熱脱脂粉乳が用いられている。MIYAMOTOら<sup>5)</sup>は、乳タンパク質の加熱変性度と製パン性の関係について報告しているが、なぜパンの比容積や物性に変化が生じるのか、その機序の詳細は未だ不明である。

そこで、乳タンパク質と小麦粉タンパク質における分子間相互作用ならびにグルテン形成に及ぼす影響を解析し、未加熱脱脂乳による製パン性低下の要因ならびに脱脂乳の加熱による製パン性回復の機序を解明することを目的とした。

### 2. 製パン性に影響を与える乳タンパク質分子の特定

#### (1) 加熱による乳タンパク質の熱変性について

乳タンパク質は、 $\alpha$ -ラクトアルブミン ( $\alpha$ -La) および

$\beta$ -ラクトグロブリン ( $\beta$ -Lg) のホエータンパク質と $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\kappa$ -カゼイン (CN) で形成されるカゼインミセルに大別される。加熱により製パン性の低下が抑制されることから、これら乳タンパク質の熱変性が製パン性への影響に起因していることが推察された。そこで、未加熱および加熱脱脂乳 (80°C, 30分間) を2D-PAGE (Blue-Native-PAGE/SDS-PAGE) に供し、乳タンパク質の熱挙動を解析した。一次元目のBlue Native-PAGE (T=3~12%) において、加熱脱脂乳は1,200kDa以上の高分子

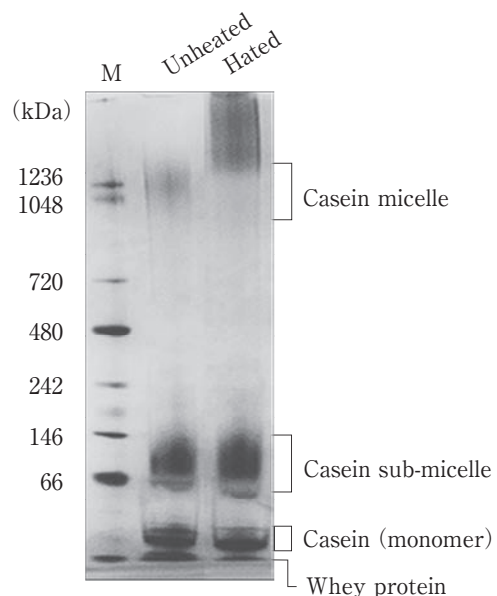


図1 Blue Native-PAGEによる加熱の挙動解析

\* 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

§ Corresponding author, E-mail: d3oka@nodai.ac.jp

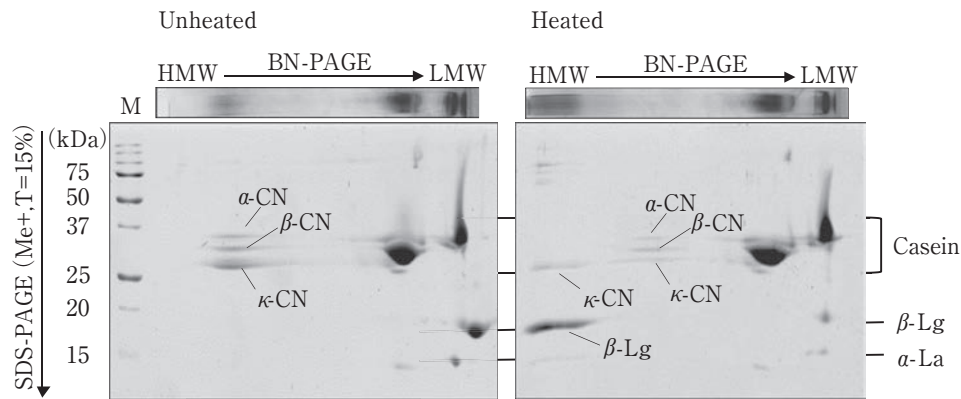


図2 2D-PAGE (Blue Native-PAGE/SDS-PAGE) による加熱脱脂乳の挙動解析

表1 β-ラクトグロブリン添加の製パン性について

		β-Lg		β-Lg /κ-CN Mixture	
		Unheated	Heated	Unheated	Heated
Loaf volume (%)	100.0 ± 3.5	80.2 ± 5.3*	79.1 ± 6.0*	79.4 ± 2.3*	105.4 ± 4.3
Hardness (%)	100.0 ± 19.1	215.7 ± 19.0*	196.5 ± 22.5*	210.4 ± 10.8*	86.0 ± 5.0

無添加 (Control) を100とした時の相対値で表した。Fisherの最小有意差法により5%水準で無添加と比較し有意差あり (\*).

量域に特異的なタンパク質の存在が確認された (図1)。次に、二次元目をSDS-PAGE (T=15%, Me<sup>+</sup>) にて泳動したところ、加熱脱脂乳では、1,200kDa以上の高分子量域にκ-CNおよびβ-Lgのバンドが確認され、カゼインミセルに含まれるκ-CN量が減少していた (図2)。本結果より、カゼインミセル表面を被覆しているκ-CNはβ-LgとSS結合することでカゼインミセルから脱離することが明らかになった<sup>6)</sup>。

乳タンパク質の加熱変性度はホエータンパク質の不溶化が指標であることから、β-Lgが脱脂乳添加による製パン性低下に大きく関与していること、また、β-Lgがκ-CNと加熱複合体を形成することにより、同低下が抑制されることが推察された。

### (2) 製パン性に与える乳タンパク質の影響

脱脂乳の加熱によりκ-CNと複合体を形成するβ-Lgが製パン性に影響を与えることが示唆されたため、ASCHAFEBURGら<sup>7)</sup>の方法に従い分画したβ-Lgを生地に添加した結果、大きく製パン性が低下した (表1)。一方、β-LgとIGARASHIら<sup>8)</sup>の方法に従い分画したκ-CNをそれぞれ混合加熱 (80℃, 30分) し同様に試験したところ、製パン性が回復した。

本結果から、β-Lgがκ-CNと加熱により複合体を形成することで、β-Lgの製パン性低下作用が消失したことから、未加熱および低度加熱脱脂乳の製パン性低下因子はβ-Lgであることを明らかにした<sup>9)</sup>。

## 3. β-Lgがグルテン形成に与える影響要因

### (1) グリアジンの溶解挙動の変化

β-Lgがグルテン形成に影響を与える要因について検

討した。β-Lgを添加した小麦粉生地を純水 (S1), 50mM トリス-塩酸緩衝液 (pH7.8, S2), 50%プロパノール溶液 (S3), 0.1M酢酸溶液 (S4) および1%SDS溶液 (S5) にて順次抽出分画し、得られた各可溶性画分をSDS-PAGE (T=15%, Me<sup>+</sup>) に供した。その結果、β-Lgを添加することでS1画分の55kDa付近に無添加 (図3A) にはみられない明瞭なタンパク質バンドが確認された (図3B)。一方、β-Lgとκ-CNの複合体を添加した場合では、そのバンドは僅かであった (図3C)。さらに、グリアジン抗体を用いたウエスタンブロット法にて解析したところ、55kDa付近のタンパク質はグリアジンであることを確認した (図3b)。一方、β-Lgとκ-CNの加熱複合体ではS1画分への溶出が抑制された (図3c)。55kDa付近のタンパク質のN末端アミノ酸配列を決定しDDBJのFASTAにて相同性検索を行ったところ、omega-5gliadin from *Triticum aestivum* と85%の相同性を示した (図4)。

グリアジンは、α, β, γおよびω-グリアジンにより構成されているが、ω-グリアジンはβ-Lgと結合しグリアジン会合体から脱離すること、β-Lgがκ-CNと複合体を形成することでω-グリアジンとの結合が阻害され、その脱離が抑制されることが明らかになった<sup>10)</sup>。

### (2) β-Lgと各グリアジンの分子間相互作用

α, β, γ, ω-グリアジンそれぞれに対してβ-Lgを作用させ、β-Lg抗体を用いたファーウェスタンブロット法にて相互作用解析を行ったところ、ω-グリアジンに対してのみ陽性反応がみられた (図5)。

ω-グリアジンは、各グリアジンの中で唯一システイン残基がなく<sup>11),12)</sup>、疎水性度が最も低い<sup>13)</sup>。また、β-Lgは

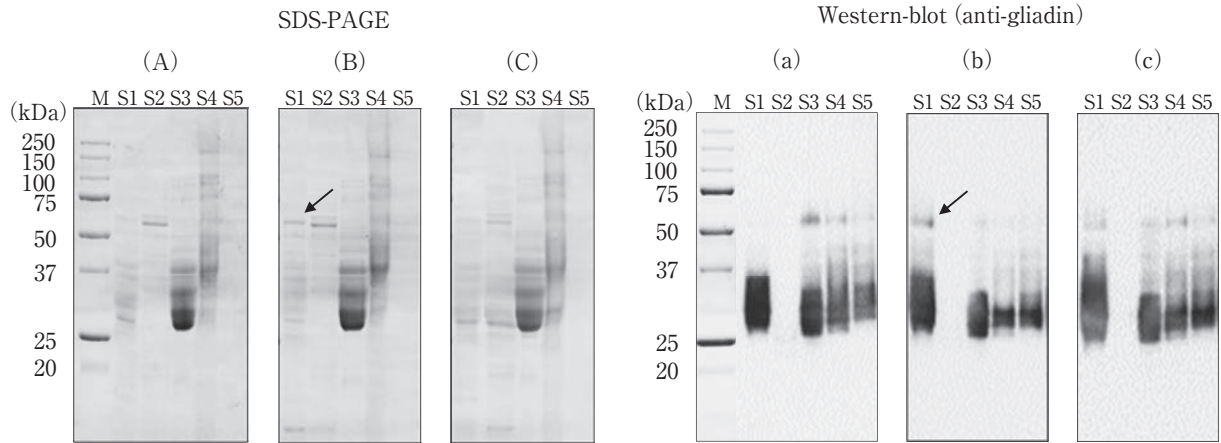


図3 SDS-PAGEおよびグリアジン抗体を用いたウェスタンブロット法によるグリアジンの溶解挙動解析

(A.a), 無添加; (B.b),  $\beta$ -Lg添加; (C.c),  $\beta$ -Lgと $\kappa$ -CNの複合体添加; S1, 水溶性画分; S2, トリス緩衝液画分; S3, プロパノール画分; S4, 酢酸画分; S5, SDS画分



図4 55kDaタンパク質および $\omega$ -グリアジンのアミノ酸配列

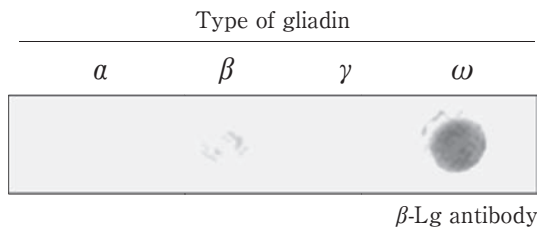


図5 ファーウェスタンブロット法による $\beta$ -ラクトグロブリンと各グリアジンの相互作用解析

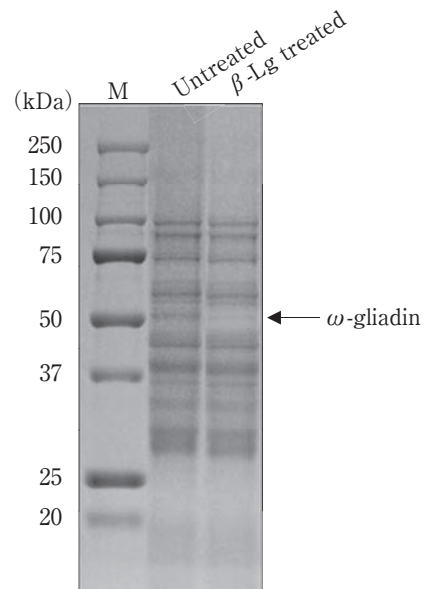


図6 SDS-PAGEによる $\omega$ -グリアジンの除去確認

レチノール結合タンパク質と同様に親油性物質と水溶性複合体を形成することが知られている<sup>14)</sup>。このことから、 $\omega$ -グリアジンは $\beta$ -Lgに特異的に結合し脱離することが示唆された。また、 $\beta$ -Lgは $\kappa$ -CNと加熱複合体を形成すると、 $\omega$ -グリアジンに対する挙動が変化することが推察された。

#### 4. グルテン形成に影響を与えるグリアジンの分子間相互作用

##### (1) $\omega$ -グリアジンの脱離によるグリアジンの性状変化

$\omega$ -グリアジンの脱離によってグリアジンの性質が変化し、製パン性に影響を与えることが推察された。そこで、グリアジンに $\beta$ -Lgを作用させ $\omega$ -グリアジンの一部を脱離・除去させたグリアジン(図6)について物性測定および表面疎水性度を測定したところ、同処理によってグリアジンは硬く粘りが低い値を示すとともに有意に表面疎水性度が高い値を示した(表2)。さらに、動的光散

乱測定器(DynaPro, wyatt)にて70%エタノール溶液分散系におけるグリアジン会合体の粒子径分布を測定したところ、 $\omega$ -グリアジンの脱離によって分布が大粒子側にシフトし(図7)、粒子径が大きくなった(表2)<sup>15)</sup>。

$\omega$ -グリアジンは疎水性度が低い<sup>13)</sup>ことから、 $\omega$ -グリアジンの脱離によって、グリアジンの表面疎水性度が高くなり、グリアジン分子間の疎水性相互作用が強まることでグリアジン会合体が大きくなることが示唆された。

##### (2) $\omega$ -グリアジンの脱離が製パン性に与える影響

前述の結果、 $\beta$ -Lgによる製パン性の低下作用は $\omega$ -グリアジンの脱離によって惹起されることが推察されたため、 $\omega$ -グリアジンの一部を脱離・除去したグリアジンを小麦粉生地添加到し、製パン試験を行った。その結果、未処理グリアジンを添加したパンの値を100とした際、パン比容積は $94.3 \pm 4.9$ 、クラムの硬さは $115.6 \pm 10.2$ を示し、膨らみが小さく硬いパンになり、製パン性が有意



表2  $\omega$ -グリアジン脱離によるグリアジンの性状変化および同グリアジン添加の製パン性

	Physical properties		Hydrophobicity [F.I./mg protein]	Particle size [nm]	Baking quality	
	Stickiness [gw/cm]	Hardness [gw/cm]			Loaf volume [%]	Hardness [gw/cm]
Untreated gliadin	234 ± 59	234 ± 59	240 ± 4.0	107 ± 32	100 ± 2.0	100 ± 6.9
$\omega$ -gliadin-desorbed gliadin	112 ± 23*	652 ± 98*	278 ± 6.7*	357 ± 49*	94 ± 4.9*	116 ± 49*

平均値 ± 標準偏差。Fisherの最小有意差法により5%水準で未処理と比較し有意差あり(\*)。

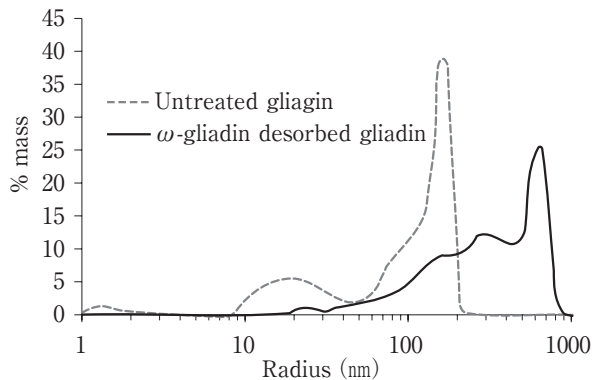


図7 動的光散乱法によるグリアジンの粒度分布

に低下した(表2)<sup>15)</sup>。

## 5. ま と め

製パンにおいて脱脂粉乳は欠くことのできない重要な副原料であるが、経験的に高加熱変性した脱脂粉乳が用いられてきた。これら要因については、これまで現象論が主体の検討がほとんどで、分子論的なアプローチが求められていた。

本研究では、未加熱脱脂乳による製パン性低下はホエータンパク質の $\beta$ -Lgが原因物質であること、 $\beta$ -Lgは $\omega$ -グリアジンと結合し、同グリアジンをグリアジン会合体から脱離させることを明らかにした。また、同作用によって、グリアジン分子間の疎水性相互作用が強まり、グリアジンが硬化することで伸展性が低下し、製パン性が低下することを明らかにした。一方、加熱することで $\beta$ -Lgが $\kappa$ -CNとS-S結合による高分子複合体を形成することによって、 $\omega$ -グリアジンの脱離作用が消失し製パン性が回復することを明らかにした。

以上のことから、従来未解明であった脱脂粉乳および乳タンパク質の製パン阻害およびその回復の機序を、分子レベルで初めて明らかにすることが出来た。また、グルテンは不溶性の複合タンパク質で、数多くのタンパク質分子が様々な結合によって形成されることは知られているが、個々のタンパク質分子がどのような役割を担っているか十分な知見は得られていない。本研究では、 $\omega$ -グリアジンのグルテン形成およびその性状に対する役割を分子間相互作用に基づき明らかにすることができた。

これらの知見は、脱脂粉乳の製パンへの応用のみならず、製パンにおけるグルテンの形成性において、従来研究の主眼に置かれていたグルテンだけでなく、グリアジンの性状も重要であることを示した。今後は、本研究の知見をもとにグルテン形成機序の解析を進めていきたい。

**謝 辞** この度の平成28年度日本食品保蔵科学会奨励賞の受賞に際して、ご高配を賜りました学会関係者の皆様に謹んで御礼申し上げます。本研究の遂行にあたり、終始ご指導を賜りました東京農業大学応用生物科学部高野克己教授、野口智弘教授に厚く御礼と感謝を申し上げます。また、試料のご提供をしてくださりましたアサマ化成株の新井千秋様、動的光散乱測定器による測定にご協力頂いた昭光サイエンス株の東海武史様、黒野健一郎様、これまでの研究にご協力いただきました東京農業大学応用生物科学部食料資源理化学研究室内の卒業生に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 田中康夫・松本 博：製パン材料の科学，製パンの科学II（光琳，東京），pp. 160～161（1992）
- 2) LARSON, B. L., JENNESS, R., GEDDES, W. F. and COULTER, S. T.: An evaluation of the methods used for determining the baking quality of nonfat dry milk solids, *Cereal Chem.*, **28**, 351～370（1951）
- 3) VOLPE, T. and ZABIK, M. E.: A whey protein contributing to loaf volume depression, *Cereal Chem.*, **52**, 188～197（1975）
- 4) HARPER, W. J., ZADOW, J. G.: Heat induced changes in whey protein concentrates as related to bread manufacture, *N. Z. J. Dairy Sci. Technol.*, **19**, 229～237（1984）
- 5) MIYAMOTO, Y., MATSUMIYA, K., KUBOUCHI, H., NODA, M., NISHIMURA, K. and MATSUMURA, Y.: Effect of heating conditions on physicochemical properties of skim milk powder during production process, *Food Sci. Technol. Res.*, **15**, 631～68（2009）
- 6) 菊池千尋・岡 大貴・上野 宏・塩田 誠・野口智弘・高野克己：脱脂乳による製パン性阻害に対する乳

- タンパク質の熱変性の影響, 日食保蔵誌, **38**, 211~215 (2012)
- 7) ASCHAFFENBURG, R. and DREWRY, J.: Improved method for the preparation of crystalline  $\beta$ -Lactoglobulin and  $\alpha$ -Lactalbumin from cow's milk, *J. Biochem.*, **65**, 273~277 (1957)
- 8) IGARASHI, Y.: Separation of caseins by chemical procedures, *Int. Dairy J.*, **9**, 377~378 (1999)
- 9) 岡 大貴・菊池千尋・塩野弘二・内田達也・野口智弘・高野克己: 小麦粉生地形成に及ぼす小麦粉タンパク質と $\beta$ -ラクトグロブリンの分子間相互作用の影響について, 日食保蔵誌, **39**, 87~91 (2013)
- 10) OKA, D., KIKUCHI, C., SHIONO, K., UCHIDA, T., NOGUCHI, T. and TAKANO, K.: Effect of the molecular interactions between  $\beta$ -lactoglobulin and gliadin on the baking quality, *Food Preservation Sci.*, **39**, 325~329 (2013)
- 11) PAYNE, P. I., HOLT, M. N., JARVIS, M. G. and JACKSON, E. A.: Two-Dimensional fractionation of the endosperm proteins of bread wheat (*Triticum aestivum*): Biochemical and genetic studies, *Cereal Chem.*, **62**, 319~326 (1985)
- 12) SHEWRY, P. R., MIFLIN, B. J., ELLEN, J. L. and KASARDA, D. D.: The preparation and characterization of an aggregated gliadin fraction from wheat, *J. Experimental Botany*, **34**, 1403~1410 (1983)
- 13) OERNBRO, J., WAHLGREN, M., ELIASSON, A. C., FIDO, R. J. and TATHAM, A. S.: Absorption of  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - and  $\omega$ -gliadin onto hydrophobic surfaces, *J. Cereal Sci.*, **30**, 105~114 (1999)
- 14) FUTTERMAN, S. and HELLER, J.: The enhancement of fluorescence and the decreased susceptibility to enzymatic oxidation of retinol complexed with bovine serum albumin,  $\beta$ -lactoglobulin and the retinol-binding protein of human plasma, *J. Biol. Chem.*, **247**, 5168~5172 (1972)
- 15) 岡 大貴・大原慎太郎・塩野弘二・野口智弘・高野克己: 小麦粉生地形成に及ぼす $\beta$ -ラクトグロブリンによるグリアジンの特性変化について, 日食保蔵誌, **40**, 3~7 (2014)
-

# 高度な衛生管理・品質管理基準を満たす 開放型食品加工試作施設の設計と運用

柚木崎千鶴子\*§

\* 宮崎県商工観光労働部産業振興課

## Architectural Plan and Operation of Open Laboratory for Food Processing with High Hygiene and Quality Control

YUKIZAKI Chizuko\*§

\* Industry Promotion Division, Commerce, Industry, Tourism, and Labor Department, Miyazaki Prefectural Government,  
2-10-1 Tachibana-dori Higashi, Miyazaki City 880-8501

### 1. はじめに

農産物の高付加価値化や地域農業・食品産業の高度化を目指し、農業の6次産業化が進められている。6次産業化を成功させるには、ブランド農産物の加工等を通して、魅力的な商品を開発することが重要である。一方で、事業者が加工品の開発時に、食品の衛生管理や品質管理に関する十分な教育指導を受けていないがために、必要な知識や加工技術が備わっておらず、品質の問題でせっかく開発した新商品の販路が見つからないと言った問題も発生している。このような問題の解決のため、宮崎県にて取り組んでいる、強いフードビジネスの構築へ向けた取り組みについて紹介する。

宮崎県は、農業産出額3,326億円（平成26年生産農業所得統計）で全国第5位を誇っているが、食料品製造出荷額は3,170億円（平成26年工業統計）で全国第27位と農業産出額に及ばない。一方、当県の工業統計をみると、変動が激しい製造品出荷額の中でも、食料品は比較の変動が少なく、全製造品出荷額の20%を占める安定した産業となっている。そこで、県では食関連産業（フードビジネス）を、当県の産業や雇用の核となる「基幹産業」として再構築し、総合的な「成長産業化」を目指すために、平成25年に「みやざきフードビジネス振興構想」を策定した。

その重要な施策の一つに「フード・オープンラボ（以下、ラボと略す）」がある。ラボは平成26年に、食品製造業者や6次産業化等に取り組もうとする異業種参入者の新商品開発を促進するインキュベーション機能を持つ独立施設として、宮崎県食品開発センター敷地内に建設

された。ラボの設計及び建設にあたっては、県内外の優良事例を参考に、農研機構や大手食品工場を担当した実務担当者の実践的な意見を取り入れ、後述するHACCPに対応できる施設として稼働させている。

一方、国では、将来的なHACCPによる工程管理の義務化を見据えつつ、その段階的な導入を図る観点から、平成26年5月に「食品等事業者が実施すべき管理運営基準に関する指針（ガイドライン）」を改正し、「従来型基準」に加え、新たに「HACCP導入型基準」を規定し<sup>1)</sup> HACCPの普及を加速しようとしている。HACCPとは、「食品の製造・加工工程のあらゆる段階で発生するおそれのある微生物汚染等の危害をあらかじめ分析（Hazard Analysis）し、その結果に基づいて、製造工程のどの段階でどのような対策を講じればより安全な製品を得ることができるかという重要管理点（Critical Control Point）を定め、これを連続的に監視することにより製品の安全を確保する衛生管理の手法である。」<sup>2)</sup>

このような社会情勢を踏まえつつ、県外大手企業との取引拡大を目指し、当ラボにおいてもHACCP導入型基準に合致する管理を行い、利用者に対しては、加工技術に加えて衛生管理・品質管理技術を積極的に指導することが重要と考えられた。

本稿では、HACCP概念を取り入れた施設としては、公設試で全国初となる「フード・オープンラボ」の概要について報告する。

### 2. 衛生管理・品質管理基準を満たす 試作設備の必要性

宮崎県食品開発センター（以下、センターと略す）で

\* 〒880-8501 宮崎市橘通東2-10-1

§ E-mail: yukizaki-chizuko@pref.miyazaki.lg.jp

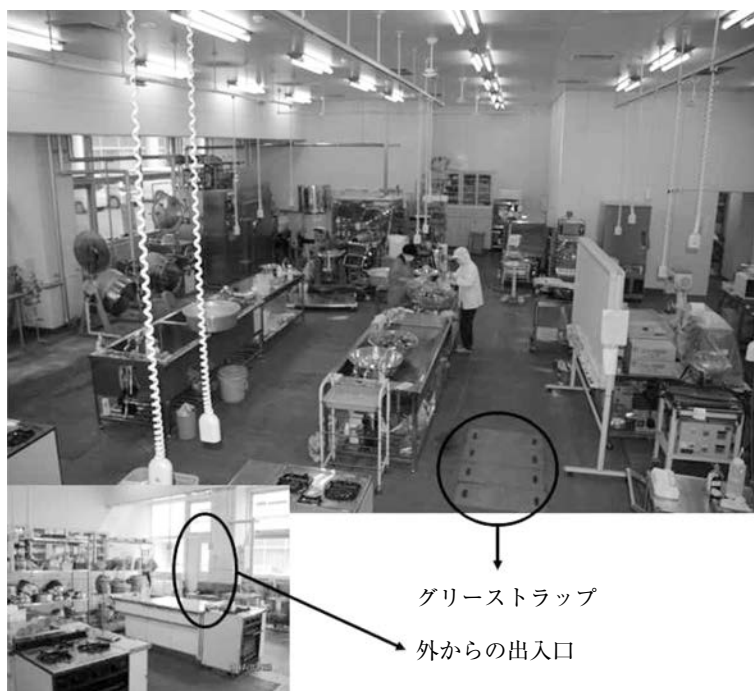


図1 既存の加工実習室の現状

は、平成26年度で年間1,343件（焼酎等発酵食品関係を除く）に及ぶ企業、団体、生産者等からの相談に対応している。そのうち189件は技術指導を伴うものであり、商品開発に関する相談に対しては、基本的な加工技術から保存に必要な包装・殺菌技術まで指導することとなる。これらの技術指導は従来からセンター内の加工実習室で行われているが、公設試という性質上多目的に利用されることから、食品衛生法の許可基準に適合しないため、試作した製品は、販売あるいは展示会における試食に供することができない。加工実習室の写真とともに問題個所を示すと次のとおりである（図1）。

- ① 「汚染区域」「準清潔区域」「清潔区域」のゾーニングがない。
- ② 前室がなく外から直接入室できる。
- ③ グリーストラップが室内にある。
- ④ 種々の加工機器が同一室内に常設されている。  
（その時々加工に不要な機器を排除できない。）
- ⑤ 複数のグループが同時に利用するため、特定のグループが占有できない。

一方、県ではフードビジネス振興のため、種々の支援メニューを用意し商品開発を支援しており、6次産業化を目指す生産者や異業種参入者等、新たに食品製造に取り組もうとする人たちへの門戸を広げている。新規参入者の場合、食品加工施設を持たないケースがほとんどで、センターで試作を終えても商品の製造にまで至らないことが多い。そこで、食品製造業の許可を取得して販売までを可能とする新たな施設の必要性がクローズアップされることとなった。

### 3. フード・オープンラボの概要と特徴

ラボの建設にあたっては、食品製造業の許可を取得して試作品の販売まで可能な施設であることが必要であった。そこで、食品衛生法に基づく34許可業種のうち製造業に関する21業種の中から、そうざい製造業、ソース類製造業、かん詰又はびん詰食品製造業、清涼飲料水製造業、菓子製造業（パン製造業を含む）の許可取得を想定して次の3つの加工室と共通に使用できる原材料処理室、梱包室等を設置することとした。

- ① そうざい・ソース類等製造室
- ② 清涼飲料水製造室
- ③ 製菓・製パン室

そうざい・ソース類および菓子・パンは、従来から相談が多く、農産加工グループの研修等で要望の多い品目である。また、清涼飲料水は既存の加工実習室では製造できないが、昨今の6次産業化に関する相談対応で必要性が出てきた品目である。

次いで、各室に設置する加工機器の選定に関しては、平成23年度に実施した「宮崎県食品関連企業実態調査」を参考にすることとした。本調査は、当県の食料品製造業の付加価値額の増加と農水産物の需要拡大を目指して、県内外における食品産業実需者の農産物および一次加工品の利用状況やニーズを把握するとともに、サプライヤーである県内一次加工業者の操業の実態を調査したものである。

調査の中で、「県産農産物を利用した一次加工品で要望があったにもかかわらず、製造できなかったものがあるか」との問いに対して、78社中20社が「ある」と回答

表1 加工関連機器一覧

室名	備品名称
洗浄室	野菜洗浄機
原材料処理室	球根皮剥機
	フードスライサー
	ベルト式搾汁試験機
	スクリーン式脱水機
	振動ふるい
	小型遠心分離機
	蒸気回転釜
そうざい・ソース等製造室	スチームコンベクションオープン
	充填機
	真空包装機
	水物シーラー
	脱気箱
	高温高圧処理試験機
	急速冷凍庫
	製氷機
	加熱かくはん槽
瓶詰機	
清涼飲料水製造室	カーボネーター
	カウンタプレッシャ充填機
	キャッパー
	殺菌槽
	ミキサー
製菓・製パン室	デッキオープン
	包装機
	カップシーラー
梱包室	金属探知機付きウエイトチェッカー

た、製造できなかった一次加工品の形態としては、乾燥品、ピューレ/ペースト、冷凍品、果汁が挙げられている<sup>3)</sup>。以上の結果を踏まえてラボ内に整備した機器は表1のとおりである。

主な機器としては、まず入荷した農産物を洗浄するための洗浄装置、次に利用する原材料処理室には、一次加工処理に必要な皮剥機、スライサー、搾汁装置、振動篩器等を設置した。特に搾汁装置は清涼飲料水やピューレの加工につながることから、ベルト式搾汁機およびスクリーン式搾汁機を設置し、既存の自動裏ごし機と併せて原料の多様性に対応した搾汁を可能とした。

そうざい・ソース類等製造室には、調理加工に使用するかくはん装置付き回転二重釜、スチームコンベクションオープン、液体を自動充填する中粘度液体充填装置、袋を密封する真空包装機、水物シーラー、加工品の保存性を高める急速冷凍庫、レトルト殺菌装置を設置した。

清涼飲料水製造室には、調合・充填・殺菌に必要なかくはんタンク、半自動びん詰充填機、キャッパーおよびボイル殺菌槽を設置するとともに、炭酸飲料の製造を目的として、飲料に炭酸を混合するカーボネーター、加圧しながら充填するカウンタプレッシャーを設置した。製菓・製パン室には、焼き菓子やパンの製造に必要な縦型ミキサーおよびオープン、ゼリーの製造に必要なカップシーラーを設置した。

これらの加工機器の設置により、最終商品としての各種加工品はもとより、副原料になりうる果汁、ピューレ/ペースト等の一次加工品の製造も可能となった。

#### 4. 衛生管理・品質管理基準を満たす施設設計

「宮崎県食品関連企業実態調査」において、衛生管理・品質管理に関する質問を行った結果を図2～4に示す。衛生管理・品質管理の基本となる衛生管理マニュアル、製造工程マニュアルの作成に関しては、25%以上が「作成していない」と回答し、クレーム対応マニュアルに関しては半数以上が作成していなかった。さらに、金属探知機あるいはエックス線探知機をいずれも保有していない企業が58.8%にのぼり、異物混入防止機器の整備が立ち遅れていることが明らかになった。また、品質管理を担当する従業員に関する質問では、専属従業員あるいは

し、その理由として「機器・設備が対応できなかった」「価格の折り合いがつかなかった」が最も多かった。ま

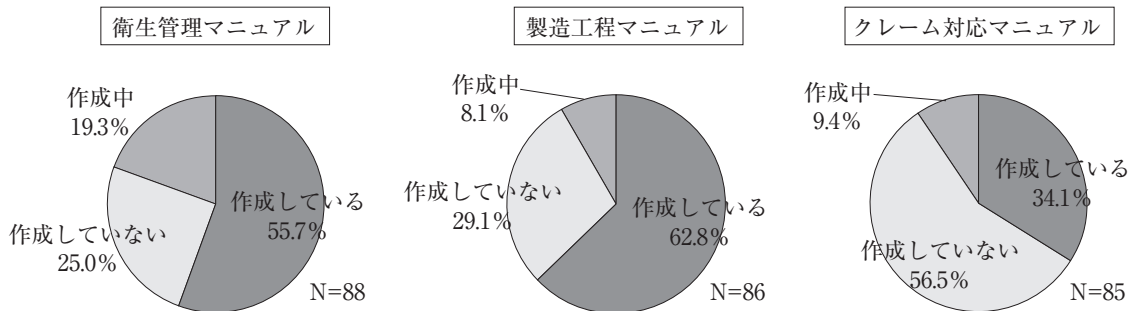


図2 県内食品製造業者のマニュアル整備状況



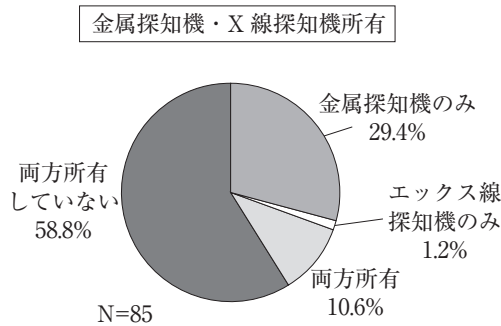


図3 県内食品製造業者の金属探知機・X線探知機導入状況

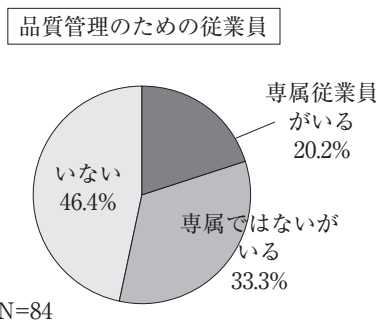


図4 県内食品製造業者の品質管理担当職員設置状況

兼任従業員のいずれも配置していないところが46.4%<sup>4)</sup>と人材育成に関しても課題があることがわかってきた。

一方、昨今の食の安全を脅かすような事件・事故を背景に、取引先からはより精度の高い安全管理が求められており、販路拡大を目指す食品製造業者にとって「衛生管理・品質管理向上」は必須条件となっている。しかし、中小零細企業では「衛生管理・品質管理」の重要性は認識しながらも、「独自の方法で実施しているので正しいアドバイスがほしい」「具体的にどこから手を付けてよいかわからない」等の意見もある<sup>5)</sup>。そこで、ラボの設計に当たっては、衛生管理のオンサイトトレーニングができるよう、建物内のヒトとモノの動線やゾーニング等にも十分配慮することとした。

しかし、設計案を作成する食品開発センター職員も初めての経験であり、300㎡という限られた面積の中で、ヒトとモノの動線が重ならないように必要な室を配置するには困難を極めたため、外部専門家に意見を求め最終的な図面を決定した。図5に示すように改善前の図面では、①ヒトの入室およびモノの入荷・出荷において前室が設けられておらず直接外部とつながっている。②冷蔵庫・冷凍庫が原料用と製品用に区別されていない。③通路でヒトとモノが交差しているなど、「汚染区」「準清潔区」「清潔区」というゾーニングの概念がみられない。改善後は図6に示すように、①入・出荷前室を設け、②原材料用と製品用の冷蔵・冷凍庫を区別し、③原材料室を3つの加工室に直結させることでヒトとモノの動線が重ならないよう工夫し当初の課題を解決した。

実は、このような事例は既存の食品製造業者の加工施

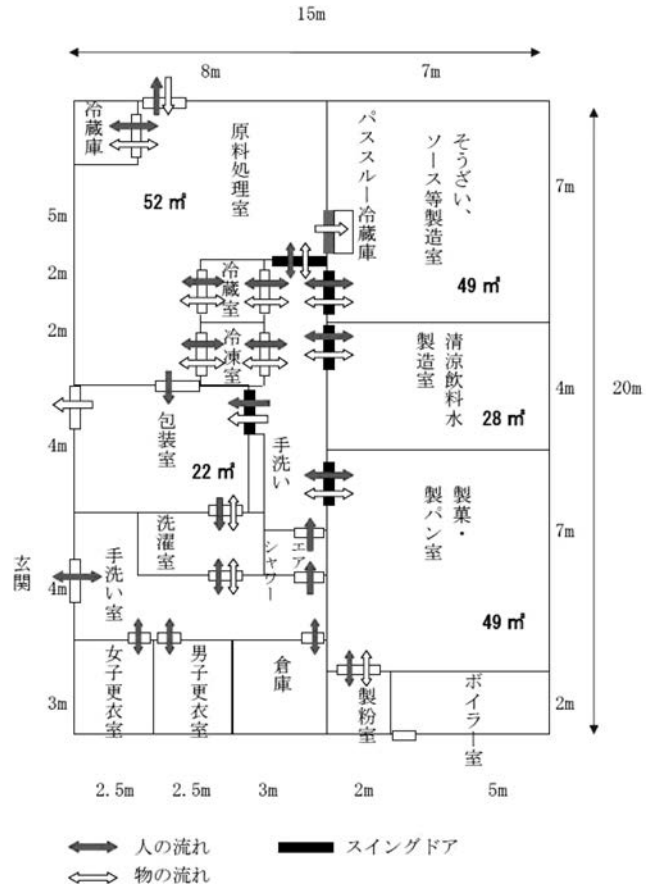


図5 フード・オープンラボ当初作成図面

設にもみられる。例えば、原材料の洗浄、調理加工が一室で行われていたり、本来清潔区域であるべき室の一部が通路として使われている等の事例も少なくないことから、既存の事業者がラボを活用して、衛生管理を学ぶ実地体験の意義は大きいと考えられた。

この他にラボ内で衛生管理を容易にするために、構造的にあるいは設備の点で工夫した点を列挙すると次のとおりである。

【構造的な工夫】

- ① 90cm床上げ
- ② ホコリがたまりにくい壁と床の間の曲面構造
- ③ 排水溝の曲面構造

【設備の工夫】

- ① 非接触型の温湯出水可能な手洗い設備
- ② エアシャワーに頼らない掃除機型吸引装置
- ③ 防爆カバーのついたLED型蛍光灯
- ④ 虫が侵入しにくい入・出荷前室の緑色防虫カーテン

【表示の工夫】

- ① わかりやすいローラー掛け、手洗手順イラスト
- ② ヒト・モノの侵入可否を示すドア表示
- ③ ゾーニングを意識付けする色分けされた床
- ④ 床と同色の洗浄用具

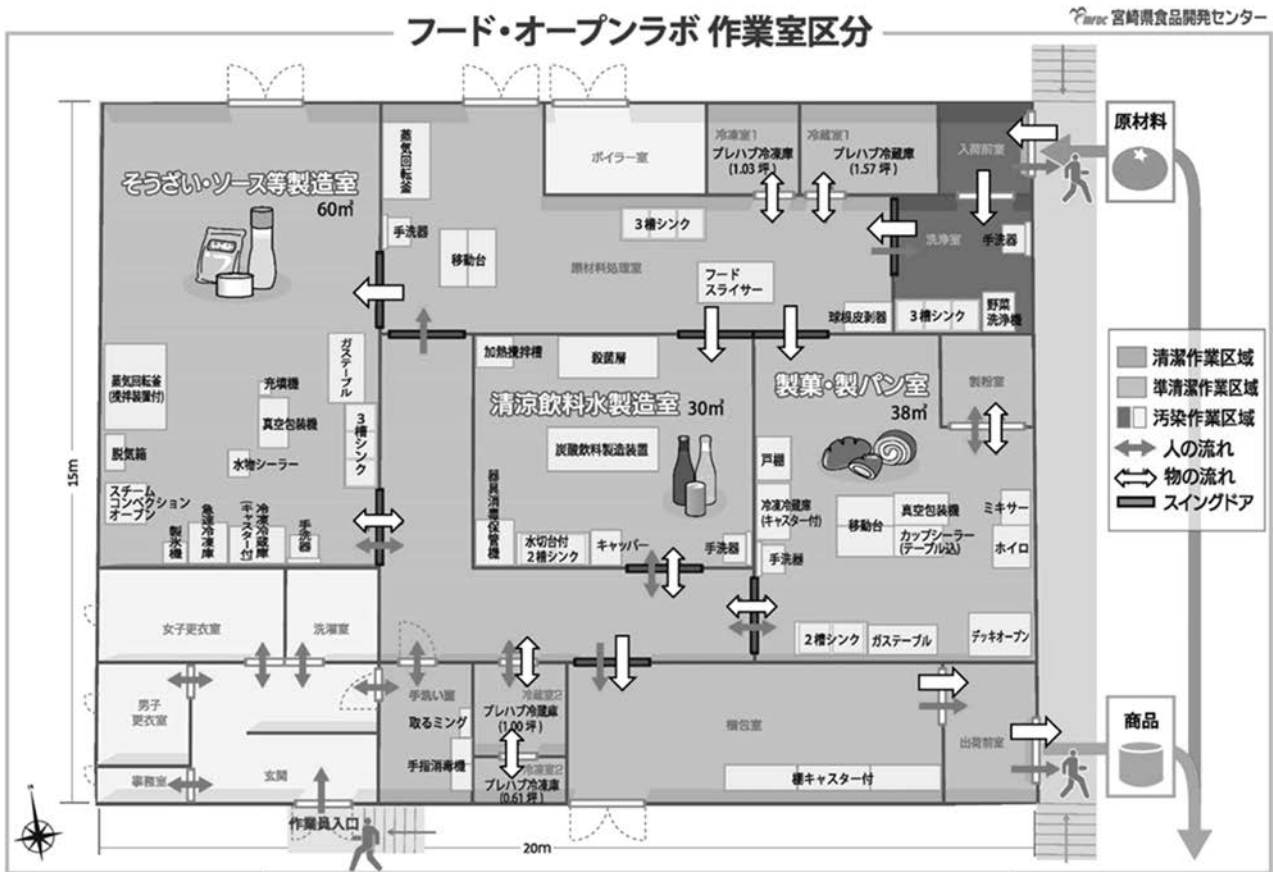


図6 フード・オープンラボ完成図面



図7 フード・オープンラボ外観

### 5. フード・オープンラボの運用成果

ラボは、平成26年秋の運用開始を目指して建設が進められた。年度当初より周知活動を行うとともに、開所に先立って、10月14日から17日の4日間にわたって内覧会を開催したところ、延257人（企業等；111人，団体・大学等；45人，自治体；101人）が見学に訪れ関心の高さを示した。また、ラボの活用にあたっては様々な形態が予想されることから、図11に示すように試作品の販売の有無によって対応方法を大きく二つに分けた。

平成26年10月27日に開所式を行い11月4日から業務を開始し、平成27年8月31日までに15社が16製品の試作を

延21回行った。さらに、そのうち5社が6商品をラボで製造し販売にまで至っている。利用者は、新規参入者、農業生産者、既存製造業者等さまざまであるが、うち1社は、試作販売の結果を踏まえて自社工場の整備に踏み切った。

その他にも、従業員の衛生管理教育、新規工場建設に際しての参考モデル等として活用されている他、食品開発センターと併設する工業技術センター企画・デザイン部が作成した「ローラー掛け」「手洗い」「動線」等のイラスト（図9）が、非常にわかりやすいと好評で、希望者に無償でデザイン提供を行うなどの教育的波及効果も生まれている。

今後、東京オリンピックの開催や欧米への輸出促進を考えると、食品衛生および安全を意識したHACCP手法の導入は大手メーカーだけの問題ではなく、むしろ中小企業や小規模事業者も含めて食に携わる人たち全てが考えなくてはならない課題である。特に小規模事業者の多い本県では、HACCPの理解には時間を要する事が懸念されるが、フード・オープンラボを活用し衛生管理・品質管理を実践的に体感することにより、中小食品製造事業者並びに関係者の意識改革を進め、高度な衛生管理に裏付けされた「宮崎の食の安全・安心」と高い品質管理基準に支えられた「おいしさ」をブランドとして販路拡



図8 手洗室の設備

左：非接触型の温湯出水可能な手洗い設備  
右：掃除機型吸引装置



図9 フード・オープンラボ内各種表示

上左：ローラー掛け  
上右：手洗い  
下左：ヒトとモノの動線

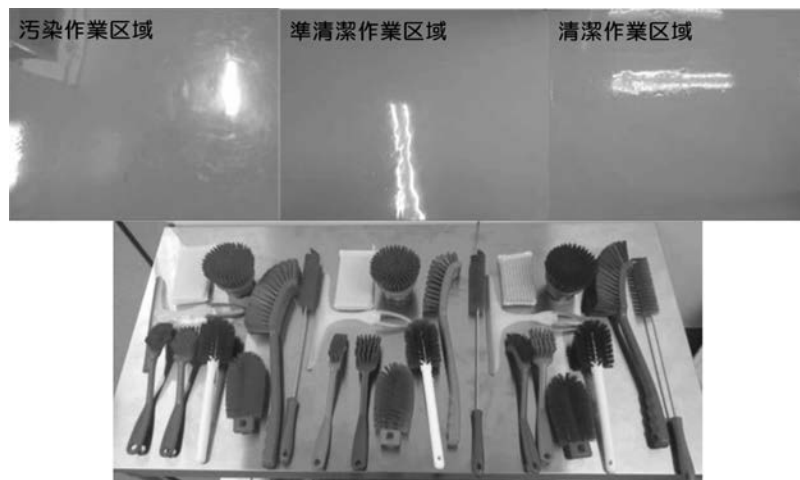


図10 表示の工夫

上：ゾーニングを意識付けする色分けされた床  
下：床と同色の洗浄用具





図11 フード・オープンラボ利用手続きの流れ

大に繋げていきたいと思う。

文 献

- 1) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知：食品事業者が実施すべき管理運営基準に関する指針について、食安発0512第6号 (2014)
- 2) 厚生労働省「HACCP (ハサップ)」〈[http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/shokuhin/haccp/](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/haccp/)〉 (2015/11/7 アクセス)
- 3) 宮崎県商工観光労働部・宮崎県食品開発センター：宮崎県食品関連実態調査報告書, p. 70 (2012)
- 4) 宮崎県商工観光労働部・宮崎県食品開発センター：宮崎県食品関連実態調査報告書, p. 86. (2012)
- 5) 宮崎県商工観光労働部・宮崎県食品開発センター：宮崎県食品関連実態調査報告書, p. 89. (2012)
- 6) 福山明子, 柚木崎千鶴子, 後藤一寿：食品産業における一次加工品のニーズと一次加工業者の課題：宮崎県食品関連企業実態調査結果から, 農林業問題研究 48 (1), 170~175 (2012)

**キャラいも**

利用期間 平成27年4月~5月 使用室 製菓・製パン室  
製造者 株式会社 イート

「キャラいも」は、素材の素朴な美味しさにこだわって作ったお菓子です。宮崎県産カンショにキャラメルをコーティングし、カリカリとした食感とふわっとしたお手の香りが特徴です。県産品としてお土産用に開発しました。

**宮崎産チョウザメ** ・旨煮込み缶詰 ・レトルトカレー

利用期間 平成27年7月 使用室 そうざい・ソース等製造室  
製造者 株式会社 器

【旨煮込み缶詰】チョウザメのコラーゲンがたっぷり含まれた身や皮、軟骨を甘辛くじっくりと煮込み缶詰に仕上げました。  
【レトルトカレー】チョウザメの魚肉を食べやすくミートボールに加工し、コラーゲンが豊富な特製のカレーにブレンド仕上げました。

**果汁入りスライス柚子ピール**

利用期間 平成27年8月 使用室 そうざい・ソース等製造室  
製造者 株式会社 かぐらの里

宮崎県産柚子の皮を柚子果汁たっぷりのシロップに漬け込み、甘酸っぱく仕上げた缶詰です。柚子ピールは菓子作りの材料にも御利用いただけますし、そのままでも美味しくいただけます。また、シロップは薄めて柚子ジュースとして、またカクテルの材料としても御利用いただけます。

図12 フード・オープンラボで製造された商品