

日本食品保蔵科学会誌

VOL. 43 NO. 6

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	鳥居 恭好
	古庄 律	松田 茂樹	宮本 敬久		

<報 文>

乳酸発酵によってGABAを強化した黒糖の開発 (269)
 / 広瀬直人・前田剛希・照屋 亮
 高良健作・和田浩二

果実酢飲料摂取が精神的ストレス指標および血液流動性に及ぼす影響 (275)
 / 武曾 (矢羽田) 歩・山本久美・折田綾音・船越淳子
 土肥昌修・大和孝子・太田英明

<研究ノート>

新品種やまのいも「きたねばり」の粘性特性 (283)
 / 中澤洋三・平井 剛・田縁勝洋
 鳥越昌隆・山崎雅夫・佐藤広顕

ダイコンの貯蔵に伴う青変症の発生と酸素濃度の関係 (287)
 / 永田雅靖・竹下栄伸・太田和宏
 北澤裕明・中村宣貴・寺西克倫

<講 座>

HACCP教育講座 (18) 新たな電解水によるカット野菜の洗浄殺菌 (293)
 / 泉 秀実

<文献抄録> (299)

Food Preservation Science

CONTENTS OF VOL. 43 NO. 6 (2017)

<Article> (Japanese)

- Development of GABA-enriched Non-centrifugal Brown Sugar
 “*Kokuto*” by Lactic Acid Fermentation
 HIROSE Naoto, MAEDA Goki, TERUYA Ryo,
 TAKARA Kensaku and WADA Koji (269)

- Effect of Apple Vinegar Containing Yuzu Juice on Psychological Stress
 and Blood Flow in Young Women
 MUSOU-YAHADA Ayumi, YAMAMOTO Kumi, ORITA Ayane, FUNAKOSHI Atsuko,
 DOI Masanobu, YAMATO Takako and OHTA Hideaki (275)

<Research Note> (Japanese)

- Viscosity Properties of the New Breed Yam ‘Kitanebari’
 NAKAZAWA Yozo, HIRAI Goh, TABERI Katsuhiro,
 TORIGOSHI Masataka, YAMAZAKI Masao and SATO Hiroaki (283)

- Effects of Oxygen Concentrations on the Occurrence of Internal Blue Discoloration
 in Japanese Radish (*Raphanus sativus*) Roots During Storage
 NAGATA Masayasu, TAKESHITA Eishin, OHTA Kazuhiro,
 KITAZAWA Hiroaki, NAKAMURA Nobutaka and TERANISHI Katsunori (287)

<Serialization Lecture> (Japanese)

- Bactericidal Effect of Rinsing with New Types
 of Electrolyzed Water on Fresh-cut Vegetables
 IZUMI Hidemi (293)

乳酸発酵によってGABAを強化した黒糖の開発

広瀬直人^{*1§}・前田剛希^{*1}・照屋 亮^{*1}
高良健作^{*2}・和田浩二^{*2}

*1 沖縄県農業研究センター

*2 琉球大学農学部

Development of GABA-enriched Non-centrifugal Brown Sugar “Kokuto” by Lactic Acid Fermentation

HIROSE Naoto^{*1§}, MAEDA Goki^{*1}, TERUYA Ryo^{*1},
TAKARA Kensaku^{*2} and WADA Koji^{*2}

*1 Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, 820 Makabe, Itoman City, Okinawa 901-0336

*2 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213

γ -Aminobutyric acid (GABA)-enriched non-centrifugal brown sugar, “Kokuto”, was developed by lactic acid fermentation method. *Lactobacillus brevis* NBRC 3345 was inoculated into sugar cane juice containing added sodium glutamate and yeast extract and cultured at 30°C. Addition of the yeast extract was necessary for GABA production by *L. brevis* NBRC 3345 from sugar cane juice. Sodium glutamate and yeast extract were added to the sugar cane juice to a concentration of 0.2% each. GABA-enriched Kokuto containing 275mg GABA per 100 g Kokuto was made successfully from the juice fermented for 24h. Solid Kokuto could not be produced from juice fermented for 30h. However, it was possible to produce solid Kokuto containing 302mg GABA per 100 g Kokuto, when fresh juice and fermented juice were mixed in a ratio of 1:4.

(Received Apr. 3, 2017; Accepted Jul. 19, 2017)

Key words : non-centrifugal brown sugar, *Lactobacillus brevis*, lactic acid fermentation, GABA
黒糖, *Lactobacillus brevis*, 乳酸発酵, GABA

沖縄県の特産品である黒糖は、サトウキビ (*Saccharum* spp. hybrid) の搾汁液をそのまま加熱濃縮して製造される含みつ糖である¹⁾。そのため黒糖には、ショ糖に加えて γ -アミノ酪酸 (GABA) をはじめとするアミノ酸やミネラル²⁾、ポリコサノール類³⁾などサトウキビ由来の有成分を豊富に含んでいる。さらに、黒糖に含有されるフェノール性抗酸化成分⁴⁾やLDL (低比重リポタンパク) 酸化抑制作用⁵⁾、抗動脈硬化作用⁶⁾やフラボン配糖体のNO産生抑制作用⁷⁾などが明らかとなり、甘味資源に加えて健康機能性の面からも注目されている。

GABAは血圧上昇抑制効果⁸⁾や抗ストレス効果⁹⁾、睡眠の質改善効果¹⁰⁾、皮膚改善効果¹¹⁾など多様な機能が報告され、注目されている。微生物においては培地の酸性化に対する防御機構の一つとして、グルタミン酸よりグルタミン酸脱炭酸酵素 (GAD) によって生成される¹²⁾。

乳酸菌にGABAを生産する菌株¹³⁾が見出され、乳酸発酵によりGABA含有量を高めた食品の開発¹⁴⁾が報告されるなど、食品分野でもGABAの機能性に着目した研究が展開されている。そこで本研究では、付加価値を高めた黒糖の製造技術開発を目的として、乳酸発酵を利用してGABAを増強した黒糖の開発を試みた。

実験方法

1. 供試材料

サトウキビは沖縄県農業研究センター圃場で栽培したNiF8 (夏植え, 2008年1月収穫) を用いた。収穫した未出穂茎を脱葉し、完全展開葉第5葉より上部を切除した原料茎をサトウキビ小型圧搾機 (TM340, マツオ) で搾汁し (搾汁率50%), Brix25.5, pH5.2の搾汁液を得た。サトウキビ搾汁液は80°Cまで加熱した後に遠心分

*1 〒901-0336 沖縄県糸満市真壁820番地

§ Corresponding author, E-mail: hirosent@pref.okinawa.lg.jp

*2 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地

離(9,000×g, 10分間)で不溶性成分を除去し, 105°Cで15分間加熱殺菌して, サトウキビ搾汁液培地(CJ培地, pH5.3)として用いた。グルタミン酸ナトリウム(和光純薬)および酵母エキス(ナカライ)は0.20μmのメンブレン(Minisart RC15, Sartorius)でろ過除菌し, 加熱殺菌した培地に添加した。

2. 供試乳酸菌株

乳酸菌はサトウキビ搾汁液が植物性の素材であることから, 植物性乳酸菌¹⁵⁾である*Lactobacillus brevis*を6株(いずれも生物遺伝資源センター株)供試した(Table 1)。MRS培地(関東化学, pH6.2±0.2)を用いて30°Cで24時間培養した培養液をCJ培地に接種し, 30°Cで24時間の静置培養した培養液をさらにCJ培地に植え継いで培養したものをスターターに用いた。

3. CJ培地でGABAを生産する乳酸菌株の選択

0.1%のグルタミン酸ナトリウム(MSG)と酵母エキス(YE)を添加したCJ培地(pH5.3)に乳酸菌スターターを1%接種し, 30°Cで48時間静置培養を行った。培養液より遠心分離(2,000×g, 2分間)で乳酸菌体を除去した上清の遊離アミノ酸組成を分析し, GABAの生産量を指標に乳酸菌株を選択した。アミノ酸の分析にはアミノ酸分析システム(LC-VPアミノ酸分析システム, 島津製作所)を使用した。カラムはShim-pack Amino-Na(島津GLC)を用い, *o*-フタルアルデヒドを反応試薬として蛍光強度(Ex=348nm, Em=450nm)を蛍光検出器(RF-10AXL, 島津製作所)で測定した。生菌数の測定には, BCP加プレートカウント培地(Merck, pH6.9)を用いた。滅菌生理食塩水で培養液を適宜希釈して混釈平板を作成し, 37°Cで72時間培養して出現したコロニーを計数した。

4. 乳酸発酵条件の検討

発酵温度の検討では, 0.1%のMSGとYEを添加したCJ培地に乳酸菌スターターを1%接種して25~40°Cで96時間静置培養を行い, 24時間毎に培地のGABA含有量と660nmの吸光度を測定した。MSG添加濃度の検討ではMSGを0.05~1.0%, YEを0.5%添加したCJ培地(pH5.4~5.6)を用い, 96時間静置培養を行った。また, YE添加濃度の検討ではYEを0.05~1.0%, MSGを0.5%添加したCJ培地(pH5.3~5.5)を用いて, 同様に培養試験を行った。

5. 黒糖の試作方法

0.2%のMSGとYEを添加して乳酸菌スターターを1%接種し, 30°Cで乳酸発酵させたCJ培地に水酸化カルシウムを添加してpH7.5に調整し, 80°Cまで加熱した後に遠心分離(9,000×g, 10分間)で不溶性成分を除去して清澄化するコールドライミング¹⁶⁾を行った。清澄化した搾汁液を常圧下で加熱濃縮し, シラップ温度が130°Cに達した時点で加熱を終了した。得られた過飽和シラップをステンレス製ボウルに移して攪拌しながら冷却し, 固化させて黒糖を試作した¹⁷⁾。

6. 成分分析方法

色調の測定には黒糖の20%水溶液を用い, 分光測色計(CM-2600d, コニカミノルタ)で透過反射光を測定して, L*a*b*表色系で表示した。着色度の測定には黒糖の4%水溶液を用い, 0.2NのNaOHでpH7.0に調整した後に420nmの吸光度を測定し(μQuant, Bio-Tek), ICUMSA色価を算出した¹⁸⁾。有機酸の分析には有機酸分析システム(LC-10A, 島津製作所)を用いた。カラムはShim-pack SPR-H(7.8×250mm, 島津GLC)を2本直列接続し, 移動相は5mM *p*-トルエンスルホン酸, 緩衝液には5mM *p*-トルエンスルホン酸と100μM EDTAを含む20mM Bis-Trisを用いた。流速を0.7ml/minとし, カラム温度は1本目を25°C, 2本目を45°Cとした。検出器には電気伝導度検出器(CDD-6A, 島津製作所)を用いた。糖組成は液体クロマトグラフ(LC-20A, 島津製作所)で分析した。カラムはAsahipak-NH₂P-50(4.6×250mm, Shodex)を用い, 移動相は75%アセトニトリル, 流速を1.0ml/minとし, カラム温度は40°Cとした。検出器には蒸発光散乱検出器(ELSD-LT, 島津製作所)を用いた。

実験結果と考察

1. CJ培地でGABAを高生産する乳酸菌株の選択

CJ培地に*L. brevis*の6株を接種して30°Cで48時間培養したところ, いずれの菌株もCJ培地に生育したものの, GABAの蓄積はみられなかった(Table 1)。また, 乳酸菌によるGABA生産の前駆体であるグルタミン酸(MSG)を添加しても, 同様にGABAの蓄積は見られなかった。乳酸菌によるGABA生産にはYEを添加した培地がよく用いられる¹⁴⁾。そこでCJ培地にMSGに加えてYEを添加したところ, *L. brevis* NBRC 3345が顕著にGABAを生産したことから, 本菌株をサトウキビ搾汁液におけるGABA生産菌として以下の実験に用いた。麹菌由来のGADでは活性の発現に補酵素であるピリドキサルリン酸が必要であること¹⁹⁾や, 乳酸菌由来のGADは硫酸イオン濃度の増加によって活性が増大すること²⁰⁾が報告されている。YEの添加による*L. brevis* NBRC 3345の生菌数増加は1.4倍程度であることから, 顕著なGABA生産量の増加はGADの補酵素あるいは活性を増大させる物質がYEに含有されている可能性を示唆しており, 今後詳細な検討が必要と考えている。

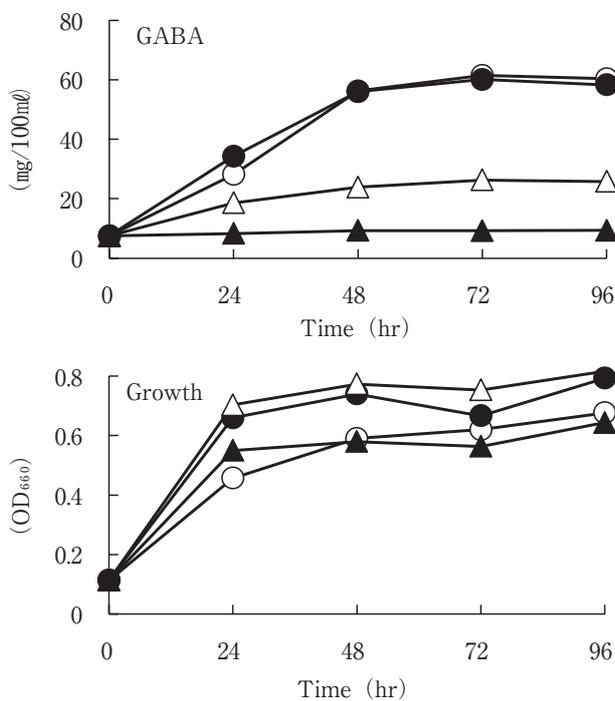
2. 乳酸発酵条件の検討

GABA生産量を指標に, *L. brevis* NBRC 3345による乳酸発酵条件を検討した。CJ培地にMSGとYEを各0.1%添加して25~40°Cで培養したところ, 培養温度30°C以上では24時間, 25°Cでは48時間で定常期に達した。GABA生産量は培養温度25~30°Cでは培養48時間で56mg/100ml程度に達した。一方, 培養温度35°CでのGABA生産量は培養48時間で24mg/100mlと低くなり, 培養温度40°Cではほとんど生産されなかった(Fig. 1)。サトウキビ搾汁液を含有した乳培地で*L. lactis*を培養した場合は30~

Table 1 Comparison of GABA production by *Lactobacillus brevis* in different media

Strain	CJ			CJ+MSG			CJ+MSG+YE		
	Growth	Glu	GABA	Growth	Glu	GABA	Growth	Glu	GABA
NBRC 3345	2.7	1.2	6.5	3.0	71.2	6.5	3.7	13.1	52.8
NBRC 3960	1.9	1.4	6.3	1.8	73.6	6.5	3.1	74.0	9.7
NBRC 12005	2.1	1.1	6.1	2.5	59.4	8.1	2.4	77.1	7.3
NBRC 12520	3.3	0.9	6.2	2.4	69.4	8.5	3.5	67.7	13.5
NBRC 13109	3.6	0.9	6.2	3.8	68.9	6.1	4.1	75.8	6.8
NBRC 13110	1.9	1.0	6.0	2.2	74.6	6.1	2.2	74.9	6.8
Control	—	0.6	5.9	—	77.8	6.7	—	79.5	6.8

0.1% of MSG (and YE) were added to CJ medium and incubated at 30°C for 48hr.
Growth ($\times 10^8$ cfu/100mℓ), Glu: Glutamic acid, GABA: γ -aminobutyric acid (mg/100mℓ)

**Fig. 1** Effect of culture temperature on GABA production by *Lactobacillus brevis* NBRC 3345

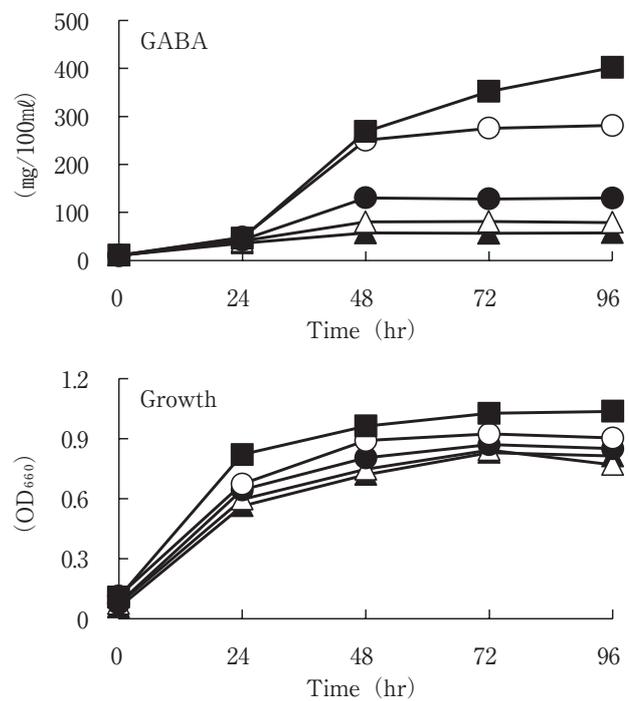
Sugar cane juice containing 0.1% MSG and YE was used as the culture medium.

Growth was indicated by absorbance at 660nm.

(○ : 25 °C, ● : 30 °C, △ : 35 °C, ▲ : 40 °C)

35°CでGABAを良好に生産しており²¹⁾, GABA生産における最適温度は乳酸菌株や培地条件によって異なるものと考えられた。これらの結果より, 培養温度は25°Cまたは30°Cが適すと判断し, 平均気温の高い沖縄でも冷却の必要が少ない30°Cで以下の実験を行った。

CJ培地へのMSG添加濃度を0.05~1.0%としたところ, MSGの増加に伴って菌体の生育も僅かに増加したが, いずれの濃度でも培養48時間で菌体の増殖が定常期に達し, GABAが急激に増加した (Fig.2)。GABAの生産量はMSG添加濃度が高くなると多くなったが, GABAの

**Fig. 2** Effect of MSG concentration on GABA production by *Lactobacillus brevis* NBRC 3345

Sugar cane juice containing 0.5% YE was used as the culture medium.

The cultures were incubated at 30 °C.

Growth was indicated by absorbance at 660nm.

MSG content (▲ : 0.05%, △ : 0.1%, ● : 0.2%, ○ : 0.5%, ■ : 1.0%)

生産効率 (グルタミン酸 1 molの添加に対して得られるGABAのモル濃度) では, MSG添加濃度0.2%以下では培養48時間でほぼ100%近くになったが, 0.5%添加では84%, 1.0%添加では49%と低くなった。培養96時間でのGABA生産効率は, 0.5%添加で95%, 1.0%では73%まで上昇したが, 長時間の培養を要することから効率的ではないと考えられた。

次にYE添加濃度について検討した。添加濃度を0.05~1.0%としたところ, YEの増加に伴って菌体の生育も増加し, 添加濃度0.2%以上では培養48時間でGABA生

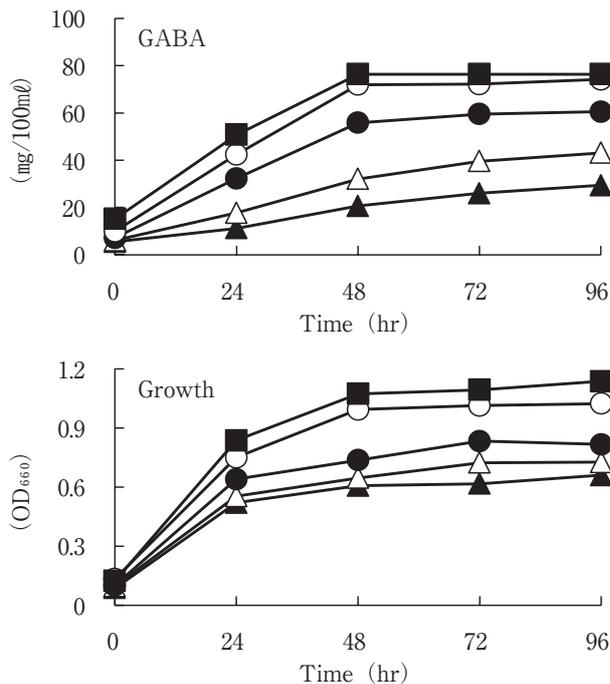


Fig. 3 Effect of YE concentration on GABA production by *Lactobacillus brevis* NBRC 3345

Sugar cane juice containing 0.1% of MSG was used as the culture medium.

Cultures were incubated at 30 °C.

Growth was indicated by absorbance at 660nm.

YE content (▲ : 0.05%, △ : 0.1%, ● : 0.2%, ○ : 0.5%,

■ : 1.0%)

産量がほぼ平衡に達した。一方、添加濃度0.05~0.1%では培養48時間目以降もGABA生産量が緩やかに増加した (Fig. 3)。培養48時間目でYE添加量当たりのGABA生産量を比較すると、添加濃度0.2%が最も高くなった。

これらの結果より、蔗汁に添加するMSGおよびYE濃度は、いずれも0.2%とした。

3. GABA高含有黒糖の試作

L. brevis NBRC 3345を接種して30°Cで48時間培養したCJ培地を用いて黒糖製造を試みたが、全く固まらなかった。サトウキビ搾汁液には乳酸菌等の微生物がよく生育し、デキストラン等の代謝生成物がショ糖の結晶化を阻害することが指摘されている²²⁾。そこで、培養時間を24~30時間と短縮し、黒糖を試作した。その結果をTable 2に示す。培養24時間の搾汁液を用いると、GABA含有量は274.7mg/100gDWに止まるものの、固形黒糖を製造できた。しかし、培養30時間の搾汁液を用いると、GABA含有量は419.3mg/100gDWに達したが、完全には固化しなかった。そこで、培養30時間の搾汁液に新鮮なCJ培地を1/4量添加して製糖したところ、GABA含有量が301.6mg/100gDWで、やや軟らかい黒糖が製造できた。得られたGABA高含有黒糖は、いずれも市販の黒糖よりも黄色が強く (b*値が高い)、色相値 (a*/b*) が小さい傾向にあり、着色度も高めであった。

以上の結果より、乳酸発酵を利用することで、GABAを増強した黒糖を製造できることが明らかとなった。サトウキビ搾汁液には微生物が容易に繁殖する²²⁾ことを利用して、GABA以外にも微生物に生産させた有用物質を含有した黒糖を製造することで、黒糖の高付加価値化が可能であると思われた。一方、GABA高含有黒糖は乳酸を多く含むため、食味に及ぼす影響の評価が必要である。今後は、乳酸発酵によって黒糖が固化しにくくなった要因を解明し、GABAをより強化した黒糖の製造を試みると共に、ヒトに対する機能性の評価を進めていきたいと考えている。

Table 2 Characteristics of GABA-enriched *Kokuto*

	GABA-enriched <i>Kokuto</i> (mean ± SE, n = 8)			<i>Kokuto</i> ^X
	24	30	30	—
Culture time (hr)	24	30	30	—
Fresh juice added after fermentation ^Y	not added	not added	added	—
GABA (mg/100gDW)	274.7 ± 5.4	419.3 ± 11.4	301.6 ± 8.1	15.7 ± 1.0
Glutamic acid (mg/100gDW)	277.0 ± 8.8	79.0 ± 9.3	71.3 ± 4.2	29.7 ± 2.3
Sucrose (g/100gDW)	93.0 ± 0.5	91.3 ± 0.7	91.0 ± 0.3	84.4 ± 2.5
Reducing sugar (g/100gDW)	0.18 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.40 ± 0.01	0.70 ± 0.06
Lactic acid (mg/100gDW)	955.2 ± 13.6	1244.8 ± 45.5	870.9 ± 30.6	264.9 ± 50.3
Color L*	35.7 ± 1.0	32.4 ± 0.4	37.2 ± 0.7	27.3 ± 0.6
a*	8.2 ± 0.7	8.7 ± 0.1	6.3 ± 0.5	4.2 ± 0.7
b*	17.0 ± 1.5	12.4 ± 0.6	17.3 ± 0.6	3.6 ± 1.0
a*/b*	0.49 ± 0.02	0.71 ± 0.04	0.38 ± 0.05	1.47 ± 0.18
Color value (ICUSMA 10 ^{^3})	14.4 ± 0.2	18.4 ± 0.9	16.0 ± 0.8	12.7 ± 0.9
Hardness	++	not solidify	+	++

^XRepresentative means of commercial *Kokuto*²⁾

^YFresh juice and fermented juice were mixed in a ratio of 1:4.

要 約

乳酸発酵を利用して γ -アミノ酪酸 (GABA) を強化した黒糖を開発した。サトウキビ搾汁液にグルタミン酸ナトリウムと酵母エキスを添加し, *Lactobacillus brevis* NBRC 3345を接種して30°Cで乳酸発酵させた。*L. brevis* NBRC 3345によるGABA生産には, サトウキビ搾汁液に酵母エキスの添加が必要であった。グルタミン酸ナトリウムと酵母エキスの最適添加濃度は, いずれも0.2%であった。24時間乳酸発酵させた搾汁液で製糖すると, GABAを275mg/100g含有する黒糖を製造することができた。30時間乳酸発酵させた搾汁液では, そのままでは固形の黒糖を製造できなかったが, 1/4量の新鮮な搾汁液を添加することで302mg/100gのGABAを含有する固形の黒糖を製造できた。

文 献

- 1) 中田栄太郎・前田直彦・谷口 修・酒井一幸: 黒糖製造法, シュガーハンドブック (朝倉書店, 東京), pp.106~118 (1964)
- 2) 広瀬直人・前田剛希・高良健作・和田浩二: 沖縄産黒糖の常温保存における物理化学的およびフレーバー特性の変化, 日食保蔵誌, **41** (6), 253~259 (2015)
- 3) ASIKIN, Y., TAKAHASHI, M., HIROSE, N., HOU, D.X., TAKARA, K. and WADA, K.: Wax, policosanol, and long-chain aldehydes of different sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **114**, 583~591 (2012)
- 4) 和田浩二: 沖縄県特産物の機能性成分と加工利用に関する食品化学的研究, 日食保蔵誌, **37** (1), 17~27 (2011)
- 5) 前田剛希・萩 貴之: 沖縄産純黒糖の抗酸化能と糖類分解酵素阻害活性, 沖縄工技報, **10**, 1~5 (2008)
- 6) OKABE, T., TODA, T., INAFUKU, M., WADA, K., IWASAKI, H. and OKU, H.: Antiatherosclerotic function of Kokuto, Okinawan noncentrifugal cane sugar, *J. Agric. Food Chem.*, **57**(1), 69~75 (2009)
- 7) 萩 貴之・前田剛希: 沖縄産黒糖に含まれるフラボン配糖体, 沖縄工技報, **10**, 7~11 (2008)
- 8) INOUE, K., SHIRAI, T., OCHIAI, H., KASAO, M., HAYAKAWA, K., KIMURA, M. and SANSAWA, H.: Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing γ -aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **57**(3), 490~495 (2003)
- 9) YOTO, A., MURAO, S., MOTOKI, M., YOKOYAMA, Y., HORIE, N., TAKESHIMA, K., MASUDA, K., KIM, M. and YOKOGOSHI, H.: Oral intake of γ -aminobutyric acid affects mood and activities of central nervous system during stressed condition induced by mental tasks, *Amino Acids*, **43**(3), 1331~1337 (2012)
- 10) YAMATSU, A., YAMASHITA, Y., MARU, I., YANG, J., TATSUZAKI, J. and KIM, M.: The improvement of sleep by oral intake of GABA and *Apocynum venetum* leaf extract, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **61** (2), 182~187 (2015)
- 11) 外菌英樹・上原絵里子: γ -アミノ酪酸の経口摂取による皮膚状態改善効果, 日食科工誌, **63** (7), 306~311 (2016)
- 12) HIGUCHI, T., HAYASHI, H. and ABE, K.: Exchange of glutamate and γ -aminobutyrate in a *Lactobacillus* strain, *J. Bacteriol.*, **179**, 3362~3364 (1997)
- 13) 早川 潔・上野義栄・河村真也・谷口良三・小田耕平: 乳酸菌による γ -アミノ酪酸の生産, 生物工学誌, **75** (4), 239~244 (1997)
- 14) 上野義栄・平賀和三・森 義治・小田耕平: 漬物から γ -アミノ酪酸 (GABA) 高生産性乳酸菌の分離とその応用, 生物工学誌, **85** (3), 109~114 (2007)
- 15) 岡田早苗: 植物性乳酸菌世界とその秘める可能性, 日乳酸菌会誌, **13** (1), 23~36 (2002)
- 16) 山根嶺雄: 甘蔗汁清浄法, シュガーハンドブック (朝倉書店, 東京), pp.24~32 (1964)
- 17) 広瀬直人・前田剛希・照屋 亮・宮平守邦・比屋根真一・和田浩二: 再現性の高い試験用黒糖の製造方法の開発, 沖縄農研報, **8**, 40~44 (2014)
- 18) CHOU, C.C.: Determination of color and turbidity in sugar products, Cane sugar handbook (Wiley, N.Y.), pp.882~903 (1993)
- 19) 土谷紀美・西村賢了: 醸造用糸状菌のグルタミン酸脱炭酸酵素活性とその特性, 醸協, **97**, 382~386 (2002)
- 20) UENO, Y., HAYAKAWA, K., TAKAHASHI, S. and ODA, K.: Purification and characterization of glutamate decarboxylase from *Lactobacillus brevis* IFO 12005, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **61**, 1168~1171 (1997)
- 21) 広瀬直人・氏原邦博・照屋 亮・前田剛希・吉武均・和田浩二・吉元 誠: γ -アミノ酪酸 (GABA) を増強したサトウキビ乳酸発酵飲料の開発, 日食科工誌, **55**, 209~214 (2008)
- 22) EGGLESTON, G.: Deterioration of cane juice-sources and indicators, *Food Chem.*, **78**, 95~103 (2002)

(平成29年4月3日受付, 平成29年7月19日受理)

果実酢飲料摂取が精神的ストレス指標 および血液流動性に及ぼす影響

武曾 (矢羽田) 歩^{*1§}・山本久美^{*2}・折田綾音^{*3}・船越淳子^{*2}
土肥昌修^{*4}・大和孝子^{*1}・太田英明^{*1,*3}

*1 中村学園大学栄養科学部栄養科学科

*2 中村学園大学短期大学部食物栄養学科

*3 中村学園大学大学院栄養科学研究科

*4 熊手蜂蜜(株)

Effect of Apple Vinegar Containing Yuzu Juice on Psychological Stress and Blood Flow in Young Women

MUSOU-YAHADA Ayumi^{*1§}, YAMAMOTO Kumi^{*2}, ORITA Ayane^{*3}, FUNAKOSHI Atsuko^{*2},
DOI Masanobu^{*4}, YAMATO Takako^{*1} and OHTA Hideaki^{*1,*3}

*1 Department of Nutritional Sciences, Nakamura Gakuen University, 5-7-1 Befu, Johnan-ku, Fukuoka 814-0198

*2 Department of Food and Nutrition, Nakamura Gakuen Junior College,
5-7-1 Befu, Johnan-ku, Fukuoka 814-0198

*3 Graduate School of Health and Nutrition Sciences, Nakamura Gakuen University,
5-7-1 Befu, Johnan-ku, Fukuoka 814-0198

*4 Kumate Honey Co., Ltd., 1562 Nankun-machi, Kurume, Fukuoka 830-0004

The effect of the intake of apple vinegar containing yuzu juice on psychological stress was investigated in healthy young women. The subjects used in this study were 16 healthy female university students (22 ± 1 years old), who ingested 100 ml of the apple vinegar drink twice a day (before breakfast and before supper) for 3 weeks. Next, the changes in the mental stress indices of the group that consumed the drink were compared to those of the control group. In the test, the subjects ingested 100 ml of the test beverage. 30 minutes after the ingestion, they were subjected to a stressor, which was a simple mental task. After this, they were given a 60-min rest. Blood flow and heart rate variability measurements, electroencephalography, and a visual analog scale (VAS) were used to determine the mental stress indices. The blood flow, parasympathetic nerve activity index, and alpha/beta ratio in the group that consumed the drink were significantly higher than those in the control group. There was a correlation between blood flow and alpha waves. From these results, the apple vinegar drink was shown to have a psychological stress-reducing effect.

(Received Mar. 30, 2017 ; Accepted Oct. 2, 2017)

Key words : *apple vinegar, mental stress, blood flow, heart rate variability, electroencephalography*

リンゴ酢, 精神的ストレス, 血液流動性, 心拍変動, 脳波

酢は世界最古の調味料である。酢の機能性を科学的に調査した研究は多く、これまでに抗菌作用、抗感染症作用、抗酸化作用、血糖調節作用、脂質代謝調節作用、体重低減作用、抗がん作用などが報告されている^{1)~5)}。酢の主成分は酢酸であるが、その他にクエン酸、リンゴ酸

などの有機酸やアミノ酸、ポリフェノールなどが含まれる^{6),7)}。原料の種類により成分組成は大きく異なるものの、これらの成分が酢の機能性成分として評価されている。

一方、ストレス社会と呼ばれる現代社会においてスト

*1 〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府5-7-1

§ Corresponding author, E-mail: ayahada@nakamura-u.ac.jp

*2 〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府5-7-1

*3 〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府5-7-1

*4 〒830-0004 福岡県久留米市南薫町1562

レスを緩和する方法を見出すことは喫緊の課題である。一般にストレスは、身体的ストレスと精神的ストレスに分けられる。このうち、けがや病気などの肉体的あるいは、暑さ、寒さなどの物理的要因によって引き起こされる身体的ストレスは原因が明らかであることから対策しやすいが、目に見えない精神的ストレスは対応が難しい。精神的ストレスは、心理面、行動面、身体面にさまざまな影響を及ぼし、また、過度のストレスはうつ病や不安障害などの精神疾患、消化性潰瘍など重篤な疾患の引き金となる。精神疾患は、がん、脳卒中、急性心筋梗塞、糖尿病とともに医療計画に記載されている5疾病の1つである。2014年のがんの患者数は約160万人、脳卒中が約104万人、急性心筋梗塞（心疾患（約172万人）のうちの1つ）、糖尿病が約316万人であり、精神疾患の患者数（約390万人）が最も多いのが現状である⁸⁾。また、労働者健康状態調査（2012年）では、仕事や職業生活でストレスを感じている労働者の割合が6割を超えている⁹⁾。

ストレスという概念を医学・生物学の領域で初めて用いたのはCannonとSelyeである^{10),11)}。当初、外からの刺激をストレス、それに対する生体の非特異的の反応をストレスと呼んでいたが、現在では両者ともストレスと呼び、厳密に区別していないことが多い¹²⁾。そのため、本研究においても外部刺激をストレス、外部刺激に対する生体反応をストレス応答（ストレス刺激を受けた後の平常状態への回復をストレス緩和）と定義して用いる。

ストレスは日常生活の上で生じることから、ストレスを緩和するための方法も日常生活で容易に取り入れることができるものが望ましい。本研究では対象試料として、昨今急速に市場を広めている嗜好飲料である酢酸を含有する果実酢飲料に着目した。酢酸の機能性の1つに血液流動性を改善することが報告されている^{2),13)}。一般に、ストレスがかかると末梢の血液流動性は低下する。そこで酢酸を摂取することで血液流動性が改善しストレスが抑制されるのではないかと考えた。近年の酢の機能性についての研究は、糖代謝や内臓脂肪減少を対象としたものがほとんどであり、精神的ストレスに対する報告は見当たらない。そこで、酢のもつ新たな機能性を探索することを目的として、糖類や果汁を添加した日常レベルで摂取可能な果実酢飲料を作成し試験を実施した。

実験方法

1. 試験飲料

試験飲料としてリンゴ酢（㈱ミツカン、リンゴ酢）を主体とし、ユズ果汁（山口食品工業㈱、供与品）を10%（w/w）およびハチミツ（熊手蜂蜜㈱、供与品）を30%（w/w）混合した果実酢飲料を用いた。本品を蒸留水で5倍希釈したものを試験飲料とした。試料の提供量は100 ml、提供温度は10℃とした。また、対照として蒸留水を用いた。

2. 試験飲料の分析方法

(1) 一般成分分析 試験飲料のエネルギー量、タンパク質含量、脂質含量、炭水化物含量、ナトリウム量を求めた。タンパク質含量、脂質含量およびナトリウム量は日本食品標準成分表2015年版（七訂）の一般成分分析方法に準じて行った¹⁴⁾。炭水化物含量は差引き法により、エネルギー量は、タンパク質含量および炭水化物含量にそれぞれ4 kcal/g を乗じて算出した。

(2) 有機酸含量分析 有機酸含量の分析はイオンクロマトグラフ法を用いた。すなわち、試験飲料の原液を超純水で150倍希釈し、マイクロフィルター（孔径0.45 μm, セルロースアセテート, Advantec製）で濾過したものを分析に供した。分析はイオンクロマトDX-500（日本ダイオネクス社製）を用い、分析カラム, IonPac AS19（φ4 mm×250mm）；ガードカラム, IonPac AG19（φmm×50mm）；サプレッサ, ASRS-ULTRA II（リサイクルモード, 232mA）；溶離液流速, 1.0 ml/min；検出器, 電気伝導度検出器；カラム温度, 35℃の条件で実施した。分離は超純水および0.1M水酸化ナトリウム水溶液を用い、0.1M水酸化ナトリウム水溶液濃度初期値9%（v/v）から30分後に50%までのリニアグラジエント, 30分から35分までは50%で維持する条件で行った。試料溶液中の酢酸, リンゴ酸, クエン酸の同定は標準溶液の保持時間との照合で行い、定量は標準溶液（20mg/ℓ）とのピーク面積の比較により行った。

(3) 滴定酸度分析 滴定酸度は、フェノールフタレインを指示薬とし、0.1M水酸化ナトリウム水溶液で滴定し酢酸換算で求めた。

3. 精神的ストレス負荷試験方法

(1) 被験者 被験者は、中村学園大学倫理審査委員会の承認（倫理-11-009）およびヘルシンキ宣言に則りインフォームドコンセントを得た、健康な本学女子学生16名（平均年齢22±1歳、身長157.2±3.1cm、体重50.1±3.3kg）を対象とした。

(2) 試験スケジュール 試験のスケジュールは、試験飲料を朝晩100mlずつ（200ml/日）3週間毎日摂取し、最初に摂取した日から3週間後（22日目）にストレス負荷試験を実施した。さらにウォッシュアウト期間を設け3週間後に蒸留水を用いたストレス負荷試験を行った。なお被験者のうち半分の人数を逆の順序で試験飲料を摂取させるクロスオーバー試験で評価を行った。測定は、午前9時および午後1時の1日2回とし、被験者が女性であるため月経期間を考慮してスケジュールを設定した。

(3) プロトコール ストレス負荷試験のプロトコールをFig.1に示す。試験当日は、ストレス負荷開始2時間前までに食事を済ませ、安静15分後、試験飲料（果実酢飲料または蒸留水）を摂取し、さらに30分間安静にした後、精神的ストレス負荷として新ストループ検査II（㈱トーヨーフィジカル）を4分間、続いて内田クレベリン検査（㈱日本・精神技術研究所）を15分間実施する

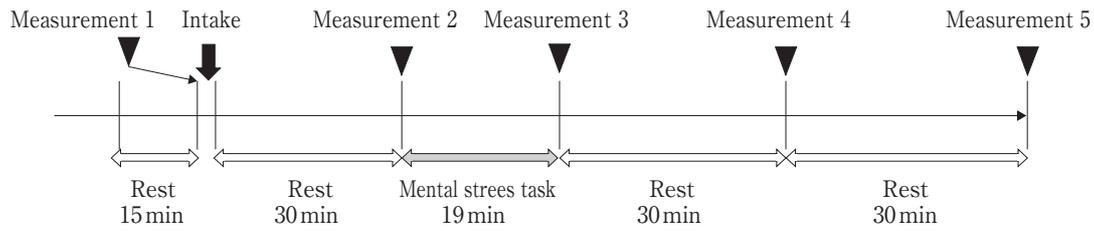


Fig. 1 The experimental protocol

単純作業を負荷した。負荷後、60分間安静状態を保った。ストレス指標の測定は、安静15分後（測定1）、試料摂取30分後（測定2）、精神的ストレス負荷直後（測定3）、ストレス負荷30分後（測定4）およびストレス負荷60分後（測定5）の5回とした。なお、試験は被験者に対する聴覚および室内温度等の影響を避けるため静かな実験室（室温 $25.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $48.6 \pm 2\%$ ）にて行った。

4. 精神的ストレス負荷試験の測定項目

(1) 客観的ストレス指標 客観的ストレスの評価指標として、血液流動性、心拍変動および脳波の測定を実施した。血液流動性はレーザー血流計ポケットLDF（株JMS）を用いて耳朶の血流量を測定した。心拍変動は、Memcalc/Bonaly Light（株GMS）を用いて、0.04~0.15Hzの低周波数（LF:Low Frequency）および0.15~0.4Hzの高周波数（HF:High Frequency）を計測し解析した。HFは副交感神経の活動指標、LFとHFの比（LF/HF比）は交感神経の活動指標として用いた。脳波はBrain Pro FM-929（株フューテックエレクトロニクス）を用い、前額にセンサーバンドを装着し測定した。測定部位は、国際電極配置法（10/20法）に基づく前頭極（Fp1）であり、耳朶の不関電極による単極誘導法を用いた。8~13Hzの脳波を α 波、13~30Hzを β 波として計測した。また、得られた計測値から α 波と β 波の比（ α/β 比）を算出し、ストレス緩和の指標として用いた。なお値は、各測定時（測定2~5）の値から安静時（測定1）の値を引いた値（変化値）で示した。

(2) 主観的ストレス指標 主観的ストレスの指標として、Visual analogue scale（VAS）を用いた。VASとは、100mm幅の横線上に、Fig.1に示した各評価地点での被験者自身の心理状態にあった位置に×印を付け、左端からの距離を計測して評価するものである。本試験では、リラックス、疲れ、気分の3項目を評価した。各項目の定義は次に示すとおりである。リラックス（0mm：全くリラックスしていない、100mm：とてもリラックスしている）、疲れ（0mm：全く疲れていない、100mm：とても疲れている）、気分（0mm：とても気分が悪い、100mm：とても気分が良い）。値は、各評価時（測定2~5）の値から安静時（測定1）の値を引いた値（変化値）で示した。

(3) 作業効率指標 精神的ストレス負荷に用いた内

田クレペリン検査の全体の計算量（達成数）および誤答数を求め、達成数から誤答数を差し引き正解数を算出した。また、誤答数を正解数で除して誤答率を算出した。本研究では達成数と誤答率を作業効率の指標とした。

5. 統計解析

測定結果は変化値の平均値±標準誤差で表し、果実酢飲料を3週間連続摂取した後の群（酢飲料摂取群）と対照群の結果を比較した。統計解析は、IBM SPSS statistics ver.22.0を用い、対照群との差はt検定、各群内の経時的な値の比較は一元配置分散分析法で実施した。解析後、差があった項目に対しTukey法を用いて検定し、 $p < 0.05$ で有意差ありとした。

実験結果

1. 果実酢飲料の栄養成分組成および有機酸含量

試験飲料の栄養成分組成および有機酸含量をTable 1に示した。試料溶液100mlあたり、エネルギー33.2kcal、タンパク質80mg、炭水化物8.2g、ナトリウム3.2mg、酢酸213mg、クエン酸111mg、リンゴ酸12mgであり、滴定酸度は0.48%であった。

2. 客観的ストレス指標の変化

血流量は、酢飲料摂取群において試験飲料摂取後から上昇し試験終了時まで安静時と比較して高い値を維持した。一方、対照群はストレス負荷により一旦上昇したものの時間経過とともに緩やかに減少した。また、ストレス負荷60分後（測定5）で、酢飲料摂取群が対照群と比較して平均値で4 ml/minと有意に（ $p < 0.05$ ）高い値を示した（Fig.2）。

Table 1 Composition of the test sample (per 100ml)

Components	Amount
Energy (kcal)	33.2
Protein (mg)	80
Lipid (mg)	0
Carbohydrate (g)	8.2
Sodium (mg)	3.2
Acetic acid (mg)	213
Citric acid (mg)	111
Malic acid (mg)	12
Acidity (%)	0.48

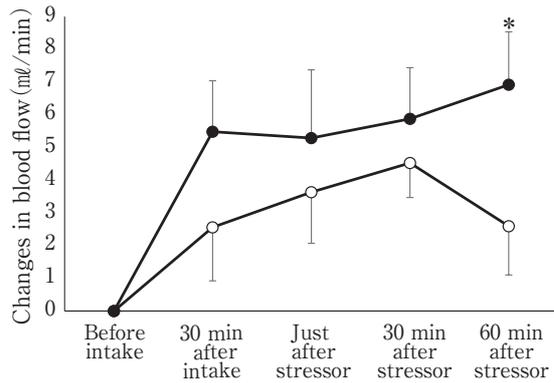


Fig. 2 Changes in blood flow before and 30 minutes after the intake of the drink, and just after, 30 minutes after, and 60 minutes after the exposure to the stressor

These values indicate the shift from the initial value (before intake), and are expressed as the mean \pm SE (n=16).

○ : Control (distilled water), ● : Test (apple vinegar)

*Significant with respect to the value(s) in the control group ($p < 0.05$).

心拍変動は、交感神経活動の指標であるLF/HF比と、副交感神経活動の指標であるHF値を測定した。それぞれ値が高いほど、LF/HF比はストレスを感じている状態、HF値はストレス緩和状態であると評価した。LF/HF比で酢飲料摂取群が対照群と比較して有意差は認められなかったものの、試験全体を通して2 msec²程度低い値を示した (Fig. 3-A)。一方、HF値においては、LF/HF比とは逆に酢飲料摂取群が対照群より高い値を示していた。また、酢飲料摂取群内において、試験飲料摂取後からストレス負荷直後までの間にはあまり変化がみられなかったが、ストレス負荷60分後 (測定5) において、試験開始時、試験飲料摂取30分後およびストレス負荷直後と比較して有意に高い値を示し、副交感神経活動の上昇が示差された (Fig. 3-B)。すなわち、果実酢飲料はストレス負荷によるストレスを抑制する機能より、負荷されたストレスを緩和させる機能を有する可能性を推測した。

脳波の結果をFig. 4に示した。 α/β 比は、値が高いほどストレス緩和と評価した。酢飲料摂取群は正の値を示しており、ストレス負荷30分後に対照群と比較して有意に高い値であった。対照群が安静時と比較して α/β 比が低下する傾向が認められたのに対し、酢飲料摂取群では安静時よりわずかに高い値を示した。このことは酢飲料摂取により α 波が強く現れるためであると推察された。

3. 主観的ストレス指標

主観的ストレス指標の結果をTable 2に示した。疲れの項目は疲れているほど高い値を示す。両群間に有意な差は認められなかったが、いずれの群においても安静時と比較してストレス負荷直後に有意に高い値を示したことから、本試験に用いた新ストルーブ検査IIおよび内田クレベリン検査が精神的ストレスを与えていることが認

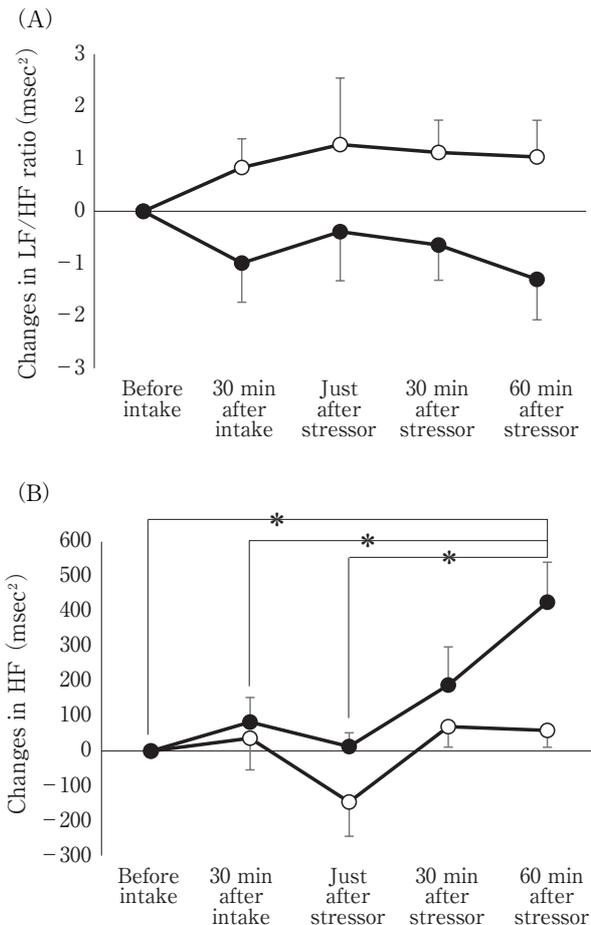


Fig. 3 Changes in the LF/HF ratio (A) and HF (B) levels before, and 30 minutes after the intake of the drink, and just after, 30 minutes after, and 60 minutes after the exposure to the stressor

These values indicate the shift from the initial value (before intake), and are expressed as the mean \pm SE (n=16).

○ : Control (distilled water), ● : Test (apple vinegar)

*Significant with respect to the value for 60 min after the exposure to the stressor in the control group ($p < 0.05$).

められた。リラックスおよび気分の項目においては、高い値ほどそれぞれリラックスしている状態および気分が良い状態を表している。ストレス負荷直後に試料摂取30分後と比較してリラックスは13.3mm、気分は9.5mm低下し、その後時間経過とともに回復する挙動が観察されたが、試験飲料の違いによる統計学的な差は認められなかった。

4. 作業効率の変化

内田クレベリン検査の達成数および誤答率の結果をFig. 5に示した。達成数は、酢飲料摂取群が15分の作業時間当たり912.52、対照群が880.96で、酢飲料摂取群で高かった。一方、誤答率は酢飲料摂取群が3.60%、対照群が3.84%と、わずかに酢飲料摂取群で低い値を示した。酢飲料摂取群は達成数が多く、誤答率が低かったことから、酢飲料摂取は作業効率向上に寄与する可能性があることが示唆された。

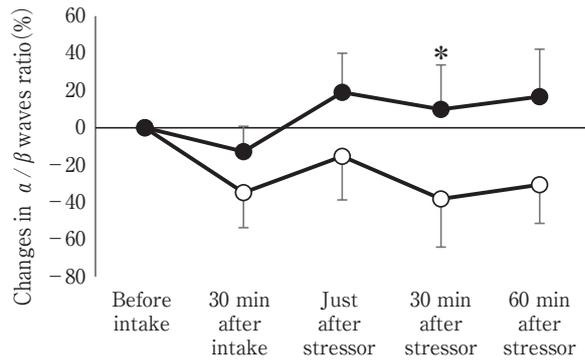


Fig.4 Changes in the α/β wave ratio values before and 30 minutes after the intake of the drink, and just after, 30 minutes after, and 60 minutes after the exposure to the stressor

These values indicate the shift from the initial value (before intake), and are expressed as the mean \pm SE (n=16).

○ : Control (distilled water), ● : Test (apple vinegar)

*Significant with respect to the value (s) in the control group ($p < 0.05$).

考 察

本研究では、血液流動性の変化、自律神経活動の変化、脳波の変化および主観的指標の変化を用いて、果実酢飲料摂取による精神的ストレス緩和効果の検証を行った。

Mitrouらによる研究で耐糖能異常患者がワインビネガーを摂取すると血流が改善すること²⁾、Chudaらによるクエン酸、リンゴ酸による血液流動性が上昇することが報告されている¹⁵⁾。本試験で用いた果実酢飲料においてもMitrouらおよびChudaらの報告と同様血液流動性を改善することが明らかとなった。本試験では、対照群においても摂取後に血液流動性の上昇傾向が観察された。これは水分摂取により循環血液量の上昇による影響が考えられるが、本試験と同様の条件での報告が見当たらないため、さらにデータを蓄積して考察する必要性がある。

α 波はリラックスした状態時に出現し、 β 波は内的に不安定であり、外的刺激に注意している時に出現量が増加することが報告されている^{16),17)}。血流量を精神的スト

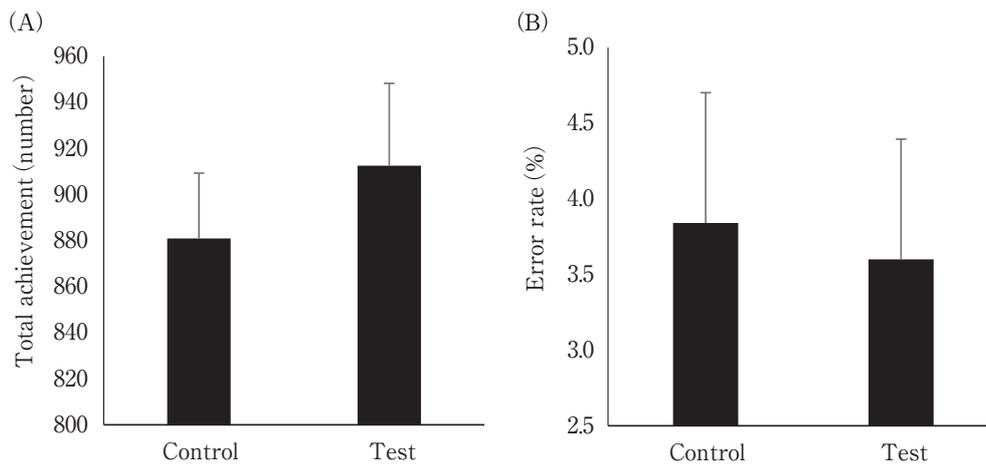


Fig.5 Changes in the total achievement (A) and error rate (B) of the Uchida-Kraeperin test

Each value is expressed as the mean \pm SE (n=16).

Table 2 Changes in the VAS scores

	Ingested Sample	Before intake	30 min after intake	Just after stressor	30 min after stressor	60 min after stressor
Relaxed (mm)	Control (distilled water)	0	3.73 \pm 4.04	-15.73 \pm 4.19	-1.80 \pm 4.98	1.13 \pm 4.92
	Test (apple vinegar)	0	2.38 \pm 2.65	-10.94 \pm 4.02	0.63 \pm 3.13	-1.44 \pm 4.11
Fatigue (mm)	Control (distilled water)	0	9.06 \pm 5.29	23.19 \pm 5.19*	16.75 \pm 6.52	15.38 \pm 7.65
	Test (apple vinegar)	0	4.44 \pm 3.29	26.56 \pm 5.90*	10.69 \pm 4.75	16.50 \pm 4.68
Feeling (mm)	Control (distilled water)	0	-2.38 \pm 3.44	-9.56 \pm 4.73	-3.81 \pm 4.07	-1.19 \pm 3.61
	Test (apple vinegar)	0	-0.63 \pm 3.53	-8.88 \pm 2.90	-0.56 \pm 2.79	-3.50 \pm 4.51

Change level \pm SE (n=16)

*Significant vs. before intake

Table 3 Correlation coefficients for each of the measurements

	Blood flow	LF/HF	HF	α wave	β wave	α/β	VAS		
							Relaxed	Fatigue	Feeling
Blood flow	1	0.046	0.182	0.224*	-0.149	0.283*	-0.083	-0.044	0.076
LF/HF		1	-0.241*	0.152	0.095	0.112	-0.139	0.097	0.022
HF			1	0.145	0.002	0.123	0.134	0.031	0.128
α wave				1	0.224*	0.834**	-0.056	-0.036	0.150
β wave					1	-0.316**	0.220*	-0.051	0.257*
α/β						1	-0.186	-0.005	0.027
Relaxed							1	-0.531**	0.391**
Fatigue								1	-0.536**
Feeling									1

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

レスの指標として報告した論文は見当たらないが、本試験での血流量とその他のストレス指標との相関を求めると、 α 波および α/β 比とそれぞれ、 $r=0.224$, $r=0.283$ の弱い正の相関が認められた (Table 3)。このため血流量の測定単独でストレスを評価することは難しいものの、脳波の測定と組み合わせることで、ストレス指標として用いることができると考えられた。

心拍変動のLF/HF比、HF値は非侵襲的に測定できる自律神経系の有用な活動指標として研究に用いられている¹⁸⁾。心拍変動解析をストレス評価指標として用いた研究の1つとして、 γ -アミノ酪酸 (GABA) 摂取についての報告がある。GABAはストレス緩和機能をもつ成分としてよく知られているが、ストレス試験においてGABA摂取により、自律神経活動の増加、特に、副交感神経活動指標の亢進が報告されている¹⁹⁾。果実酢飲料を用いた本試験では副交感神経活動指標において有意な副交感神経活動指標の亢進が認められ、ストレスが緩和されたと考えられた (Fig. 3)。

脳波に関してAbdouらは α 波の出現量が多い時にリラックスしている状態にあると報告している²⁰⁾。本研究においても果実酢飲料摂取時に α 波が増加する傾向が認められ、果実酢の摂取はストレス緩和効果をもたらすと推測された。Palvaらの報告では、前頭部における α 波は計算などの作業記憶を行う際に増加すると報告している²¹⁾。本研究ではストレス負荷後以降に、果実酢飲料摂取群では安静時と比較して α/β 比が増加したのに対し、対照群では低下する傾向を示した (Fig. 4)。このことから果実酢の摂取は作業効率に変化を及ぼしたと考えられた。

一般的なリンゴ酢はクエン酸をほとんど含まないが、本果実酢飲料はクエン酸を試験飲料100ml中に111mg含有していた。これは原料中のユズ果汁によるものと考えられた⁶⁾。Matsumotoらの研究では女性の被験者にユズ精油の香気を嗅がせ、月経周期ごとの自律神経活動の変化および精神状態を評価する試験において用いられているProfile of Mood States (POMS) を調査し、ユズ香気

による副交感神経活動の亢進や不安や疲労などネガティブな感情スコアの減少を報告している²²⁾。そのため本試験のストレス緩和効果は酢の効果に合わせユズ香気の相乗効果もあると考えられた。

一方、ハチミツの主成分はグルコースとフルクトースである。グルコースは脳代謝の主要なエネルギー源であるため、摂取することで認知機能や記憶力が向上すると報告されている²³⁾。また、Shimboらの研究ではグルコース、フルクトースの摂取により、内田クレペリン検査の達成数の増加や α 波の上昇が確認されている²⁴⁾。本試験においてもグルコース、フルクトースが同様のストレス緩和効果および作業効率の向上に寄与した可能性があると考えられた。また、その他の栄養成分としてタンパク質およびナトリウムを含有していたがいずれも微量であった。タンパク質を構成するアミノ酸の中で、GABAおよびテアニンと精神的ストレス緩和の関連が報告されている^{19), 25)}。本試験の原料のうち、リンゴ酢にはタンパク質が含まれないことから、試験飲料のタンパク質はユズ果汁あるいはハチミツに由来すると考えられた。ユズ果汁にはGABAやテアニンに変換されるグルタミン酸が含まれている²⁶⁾。そのため、本試験の結果に影響を及ぼした可能性は否定できないが含量が少ないため影響は小さいと考えられた。本試験で用いた試験飲料は混合品であったため、今後は個別の成分に着目してより詳細なデータを蓄積する必要があると考えられた。

以上の結果より、果実酢飲料の摂取により血流量、副交感神経活動指標、 α/β 比の有意な上昇、また主観的評価の改善、作業効率の上昇がみられたことから、果実酢を3週間連続摂取することで血液の流動性が上昇し、ストレス緩和効果をもつと推察された。

要 約

果実酢飲料が精神的ストレスに与える影響を調査し、また酢の摂取による血流量の改善が若年女性でも起こるのか確認を行った。その結果、客観的ストレス指標として用いた血液流動性、心拍変動解析および脳波の測定に

においてストレス緩和状態が観察された。また主観的ストレス指標として測定したVASにおいて、果実酢の摂取により気分の改善が現れやすいことが示された。さらに、ストレス負荷に用いた計算作業において作業効率の向上が示唆された。一方、若年女性においても果実酢の継続摂取で血液流動性に変化があることが示唆された。

脳波と血流量の結果に弱い相関が認められたことから血液流動性もストレスの評価指標の1つに加えることが可能と思われた。

謝 辞 本研究は、株式会社久留米リサーチ・パーク平成27年度可能性調査 (FS) 事業の一環として行った。

文 献

- 1) CHEN, H., CHEN, T., GIUDICI, P. and CHEN F.: Vinegar functions on health: constituents, sources, and formation mechanisms, *Com. Rev. Food Sci. Food Saf.*, **15**, 1124~1138 (2016)
- 2) MITROU, P., PETSIOU, E., PAKONSTANTIOU, E., MARATOU, E., LAMBADIARI, V., DIMITRIADIS, P., SPANOUDI, F., RAPTIS, SA. and DIMITRIADIS, G.: The role of acetic acid on glucose uptake and blood flow rates in the skeletal muscle in humans with impaired glucose tolerance, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **69**, 734~739 (2015)
- 3) KONDO, T., KISHI, M., FUSHIMI, T., UGAJIN, S. and KAGA, T.: Vinegar intake reduces body weight, body fat mass, and serum triglyceride levels in obese Japanese subjects, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **73**, 1837~1843 (2009)
- 4) OSTMAN, E., GRANFELDT, Y., PERSSON, L. and BJORCK, I.: Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **59**, 983~988 (2005)
- 5) 山下広美: 酢酸の生理機能性, 栄食誌, **67**, 171~176 (2014)
- 6) CALIGIANI, A., ACQUOTTI, D., PALLA, G. and BOCCHI, V.: Identification and quantification of the main organic components of vinegars by high resolution ¹H NMR spectroscopy, *Analytica Chimica Acta*, **585**, 110~119 (2007)
- 7) SHAHIDI, F., McDONALD, J., CHANDRASEKARA, A. and ZHONG, Y.: Phytochemicals of foods, beverages and fruit vinegars: chemistry and health effects, *Asia Pac J Clin Nutr.*, **17**, 380~382 (2008)
- 8) 厚生労働省: 平成26年患者調査の概況, (2014) (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/14/index.html>)
- 9) 厚生労働省: 平成24年労働者健康状況調査, (2012) (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/h24-46-50.html>)
- 10) CANNON, W.B.: The interrelations of emotions as suggested by recent physiological researches, *Am. J. Psychol.*, **25**, 256~282 (1914)
- 11) SELYE, H.: The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation, *J. Clin. Endocrinol.*, **6**, 117~230 (1946)
- 12) 横越英彦監修: 抗ストレス食品の開発と展望, (シーエムシー出版, 東京) pp.1~6 (2006)
- 13) 藤野武彦・有吉恭子・牧角和宏・金谷庄藏・大蔵洋甫: 醸造酢の人体の血中脂質, 血液レオロジーに及ぼす影響, 健康科学, **10**, 85~89 (1988)
- 14) 文部科学省科学技術・学術政策局政策課資源室監修: 日本食品標準成分表2015年版(七訂)分析マニュアル・解説, (建帛社, 東京) pp.25~48, 71~74(2016)
- 15) CHUDA, Y., ONO, H., OHNISHI-KAMEYAMA, M., MATSUMOTO, K., NAGATA, T. and KIKUCHI, Y.: Mumeifural, citric acid derivative improving blood fluidity from fruit-juice concentrate of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc), *J. Agric. Food. Chem.*, **47**, 828~831 (1999)
- 16) RAY, WJ. and COLE, HW.: EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, **10**, 750~752 (1985)
- 17) MURRUFO, M., VAQUERO, E., CARDOSO, M. J. and GOMEZ, M.: Temporal evolution of α and β bands during visual spatial attention. *Brain Res. Cogn. Res.*, **12**, 315~320 (2001)
- 18) 松本佳昭・森 信彰・三田尻涼・江 鐘偉: 心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究, ライフサポート, **22**, 105~111 (2010)
- 19) 藤林真美・神谷智康・高垣欣也・森谷敏夫: GABA経口摂取による自律神経活動の活性化, 栄食誌, **61**, 129~133 (2008)
- 20) ABDOU, AM., HIGASHIGUCHI, S., HORIE, K., KIM, M., HATTA, H. and YOKODOSHI, H.: Relaxation and immunity enhancement effects of γ -Aminobutyric acid (GABA) administration in humans, *Bio Factors*, **26**, 201~208 (2006)
- 21) PALVA, S. and PALVA, J. M.: New vistas for α -frequency band oscillations. *Trends Neurosci.*, **30**, 150~158 (2007)
- 22) MATSUMOTO, T., KIMURA, T. and HAYASHI, T.: Aromatic effects of a Japanese citrus fruit - yuzu (*Citrus junos* Sieb. ex Tanaka) - on psychoemotional states and autonomic nervous system activity during the menstrual cycle: a single-blind randomized controlled crossover study. *Biosychosoc.*

- Med.* **10**, doi : 10.1186/s13030-016-0063-7. <https://bpmmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13030-016-0063-7> (2016)
- 23) BENTON, D., PARKER, P.Y. and DONOHOE, R.T.: The supply of glucose to the brain and cognitive functioning. *J. biosoc. Sci.* **28**, 463~479 (1996)
- 24) SHIMBO, M., KUROIWA, C. and YOKOGOSHI, H.: The effects of carbohydrate consumption on stress levels in humans. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **50**, 283~285 (2004)
- 25) JUNEJA, L. R., CHU, D. C., OKUBO, T., NAGATO, Y. and YOKOGOSHI, H.: L-theanine – a unique amino acid of green tea and its relaxation effect in humans. *Trends Food Sci. Tech.* **10**, 199~204 (1999)
- 26) 太田英明・殿原慶三・幸野憲二・伊福 靖：ユズ果汁の搾汁と品質特性に及ぼす搾汁機の影響，日食工学会誌，**30**，629~635 (1983)
(平成29年3月30日受付，平成29年10月2日受理)
-

新品種やまのいも「きたねばり」の粘性特性

中澤洋三^{*1§}・平井 剛^{*2}・田縁勝洋^{*3}
鳥越昌隆^{*3}・山崎雅夫^{*1}・佐藤広顕^{*1}

*1 東京農業大学生物産業学部食品香粧学科

*2 北海道立総合研究機構十勝農業試験場

*3 北海道立総合研究機構花・野菜技術センター

Viscosity Properties of the New Breed Yam ‘Kitanebari’

NAKAZAWA Yozo^{*1§}, HIRAI Goh^{*2}, TABERI Katsuhiko^{*3},
TORIGOSHI Masataka^{*3}, YAMAZAKI Masao^{*1} and SATO Hiroaki^{*1}

*1 *Department of Food and Cosmetic Science, Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture, 196 Yasaka, Abashiri, Hokkaido 099-2493*

*2 *Tokachi Agricultural Experiment Station, Hokkaido Research Organization, 9-2 Shinsei-minami, Memuro, Kawanishi, Hokkaido 082-0081*

*3 *Ornamental Plants and Vegetables Research Center, Hokkaido Research Organization, 735 Higashi-takikawa, Takikawa, Hokkaido 073-002*

This study aimed at elucidating the viscous properties of ‘Kitanebari’ by comparing its tororo with that of Nagaimo and Ichaimo. Of the three varieties of yam, Nagaimo had the highest water content in its lower part, followed by ‘Kitanebari’ and Ichaimo. After the yams were grated into tororo, an equal weight of water was added to prepare hydrated tororo, which was then measured for viscosity at 25°C. The hydrated tororo of Ichaimo had the highest viscosity, followed by that of ‘Kitanebari’ and Nagaimo. The above results indicate that the viscosity of tororo is proportionate to the solid content of the yam. Therefore, a hydrated tororo with a solid content of 10% was prepared for each yam variety, and its viscosity was measured at 25°C. The resulting viscosities were 5,880 mPa·s for ‘Kitanebari’, 1,750 mPa·s for Nagaimo, and 1,450 mPa·s for Ichaimo. Furthermore, at both low (5°C) and high (50°C) temperatures, the hydrated tororo of ‘Kitanebari’ with 10% solid content consistently exhibited a high viscosity of 6,100 mPa·s and 5,500 mPa·s, respectively. These findings demonstrate a characteristically high viscosity of this newly developed ‘Kitanebari’ cultivar unlike that of any conventional yam varieties, thus increasing expectations pertaining to new applications and leading to an increase in demand.

(Received Mar. 27, 2017; Accepted Aug. 30, 2017)

Key words : Yam, Viscosity property, ‘Kitanebari’, Nagaimo, Ichaimo

やまのいも, 粘性, きたねばり, ナガイモ, イチョウイモ

わが国で栽培されているやまのいもは、その塊茎の形状からツクネイモ群（塊形）、イチョウイモ群（扁平形）、ナガイモ群（長形）の3群に大別される¹⁾。これらの摩擦碎物である「とろろ」は、特徴的な粘性と気泡性を有することから、製菓、水産練り製品、麺類等の物性改良剤として利用されている^{1)~3)}。しかし、本州産のツクネイモやイチョウイモのとろろは粘性が強すぎるため、水や

出汁などで薄める必要がある。一方、北海道で多く生産されるナガイモでは粘性が弱く、本州産のやまのいもを添加して粘性を強化する必要がある。このようなことから、北海道立総合研究機構十勝農業試験場と十勝管内の生産団体は協同して、冷涼地域での栽培に適したナガイモと粘性の強いイチョウイモを交配させて、形質の優れた新規やまのいも「きたねばり」（系統名：十勝3号）

*1 〒099-2493 北海道網走市八坂196番地

§ Corresponding author, E-mail: y3nakaza@bioindustry.nodai.ac.jp

*2 〒082-0081 北海道河西郡芽室町新生南9線2番地

*3 〒073-0026 北海道滝川市東滝川735番地

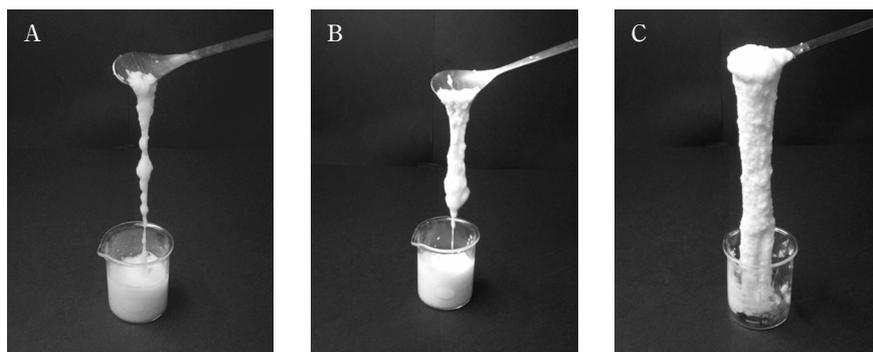


図1 やまのいも「とろろ」の性状

(A) ナガイモ (B) きたねばり (C) イチョウイモ

の開発に成功した⁴⁾。

「きたねばり」は、優れた形質を示し、やまのいもえそモザイク病に対して抵抗性を示すことから、管理が簡易であり、品質の安定化も図れるほか、短根であることから収穫効率と輸送性の向上が図れる⁵⁾。さらにとろろのネバリ性状は、ナガイモとイチョウイモの中間的な性質を示す(図1)ことから、加工適性に優れていることが示唆される。

そこで、本研究では、「きたねばり」の粘性特性の詳細を明らかにすることを目的とした。

実験方法

1. 供試試料

試料のやまのいもには、平成23年度に十勝農業試験場で収穫された「きたねばり」および北海道音更産ナガイモ「音更選抜」(M規格)を使用した。群馬県産イチョウイモを使用した。なお、収穫後の経時変化を考慮し、収穫後は冷蔵庫(4℃)に保蔵して、実験は同年度中に終了させた。

2. とろろの調製と一般成分測定

試料を剥皮後、首部(イチョウイモは除く)、胴部、尻部に分割し(図2)、おろし金で摩砕したものを、混合して均質化し、部位別とろろを調製した。得られた部位別とろろについて一般成分を分析した。

水分は常圧加熱乾燥法、タンパク質はケルダール法、脂質はソックスレー法、炭水化物は差し引き法、灰分は直接灰化法、食物繊維は酵素重量法の改良法でそれぞれ測定した。

3. 部位別加水とろろの粘度測定

とろろにとろろと同重量の純水を添加した後、混合して均質化し、部位別加水とろろを調製した。得られた加水とろろを恒温槽でそれぞれ、5、25および50℃に保温し、B型回転粘度計(DV-E, Brookfield社)で粘度を測定した。なお、測定条件は、加水とろろ40mlを測定試料とし、No.s61のスピンドルを0.5rpmで回転させ、回転1分後の安定した粘度を計測した。



図2 試料やまのいもの分割

(左) きたねばり (中) ナガイモ (右) イチョウイモ

4. 10%固形分とろろの粘度測定

可食部(首部の直径3cm未満を除去した残部)を摩砕したとろろの水分を測定し、固形分が10%となるように加水した後、混合して均質化したものを10%固形分とろろとした。得られた10%固形分とろろを恒温槽でそれぞれ、5、25および50℃に保温し、B型回転粘度計で粘度を測定した。なお、スピンドルの回転数を0.5、1.0および1.5rpmでそれぞれ計測し、その他の測定条件は、先と同様とした。

なお、分析試料は3検体を3回以上測定し、その平均値と標準誤差を結果に表記した。

表1 部位別やまのいもの一般成分組成

		水分	タンパク質	脂質	炭水化物	灰分	食物繊維
きたねばり	首部	79.0±0.6	1.4±0.1	0.1±0.0	17.9	1.6±0.1	5.1±0.6
	胴部	82.2±1.2	1.9±0.1	0.2±0.0	14.9	0.8±0.0	1.6±0.1
	尻部	85.8±1.4	2.2±0.1	0.2±0.0	11.0	0.8±0.1	1.1±0.2
ナガイモ	首部	84.1±1.1	1.1±0.1	0.4±0.1	12.7	1.7±0.0	1.7±0.1
	胴部	84.2±0.9	0.7±0.1	0.4±0.0	13.4	1.3±0.1	1.6±0.1
	尻部	88.3±0.9	1.1±0.1	0.3±0.1	9.2	1.1±0.1	1.9±0.1
イチョウイモ	胴部	70.0±0.9	3.3±0.1	0.1±0.0	25.8	0.8±0.0	1.6±0.1
	尻部	72.5±0.9	3.0±0.2	0.1±0.0	23.5	0.9±0.1	1.3±0.1

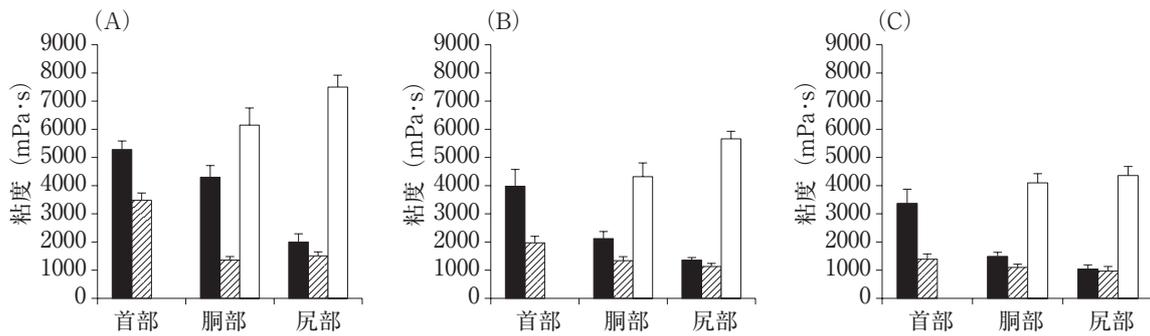


図3 部位別加水とろろの粘度

(A) 5℃ (B) 25℃ (C) 50℃
 ■きたねばり ■ナガイモ □イチョウイモ

実験結果および考察

1. 一般成分組成

一般成分組成の結果を表1に示す。3種のやまのいもの水分は、ナガイモ>「きたねばり」>イチョウイモの順に水分が高いことがわかった。また、それぞれのやまのいもは、いずれも下方になるほど水分が高くなる傾向を示した。「きたねばり」の首部は食物繊維が多く、繊維質であることがわかった。

2. 部位別加水とろろの粘度

とろろと同重量の純水を加えて調製した加水とろろについて、各温度（5、25および50℃）における粘度を測定したところ、とろろの温度に関わらず、イチョウイモ>>「きたねばり」>ナガイモの順に粘度が高いことがわかった。また、「きたねばり」とナガイモは下方になるほど粘度が低くなる傾向を示した。一方、イチョウイモは胴部よりも尻部の粘度が高くなった（図3）。以上より、水分が高いほど、粘度が低くなる傾向が示唆されたため、固形分対粘度の散布図を作成したところ、高い正の相関（ $p=0.00115$, 決定係数 $R^2=0.84859$ ）がみられた（図4）。そこで、とろろの固形分を揃えて、とろろの粘度を測定した。

3. 10%固形分とろろの粘度

固形分を10%となるように調製した加水とろろの粘度を測定したところ、「きたねばり」>>ナガイモ>イ

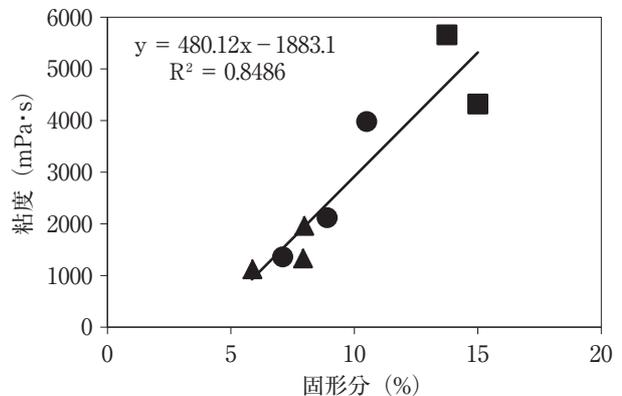


図4 やまのいも「とろろ」の固形分と粘度（25℃）の関係

●きたねばり ▲ナガイモ ■イチョウイモ

ョウイモの順に粘度が高くなることがわかった。さらに、低温（5℃）、室温（25℃）、高温（50℃）においても、また、スピンドルの回転数を変化させても、この傾向は変わらず、特に「きたねばり」は温度および回転数が変化しても安定した強い粘性を示した（図5）。繰り返しの二元配置分散分析およびTukey-Kramer法による多重比較検定⁶⁾の結果、きたねばりの粘度は、温度および回転数に関わらず、ナガイモおよびイチョウイモの粘度と比較して有意に高いことがわかった（0.5rpm : $p=4.712 \times 10^{-13}$, 1.0rpm : $p=3.948 \times 10^{-13}$, 1.5rpm : $p=1.830 \times 10^{-14}$ ）。

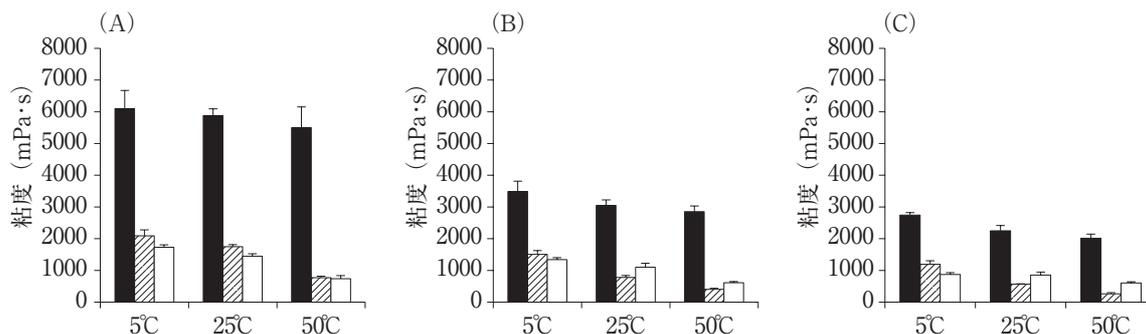


図5 10%固形分とろろの粘度 (可食部利用)

(A) 0.5 rpm (B) 1.0 rpm (C) 1.5 rpm
 ■きたねばり ▨ナガイモ □イチョウイモ

以上より、新規やまのいも「きたねばり」は、イチョウイモやナガイモにはない特徴的な粘性特性を有することが示唆され、新たな用途と需要の拡大が期待される。

今後は、品種別の固形分対粘度の相関を詳細に検討することで、目標粘度となる固形分の把握が可能となり、食品加工における有用な知見となることが示唆される。

また、津久井ら^{7)~8)}によって報告のある粘性主体と考えられる糖タンパク質と多糖を分画して、それらの量比を比較し、品種によって量的・質的な差異があるか検討することが必要と考える。

要 約

本研究では、「きたねばり」の粘性特性を明らかにすることを目的とし、ナガイモとイチョウイモのとろろと比較した。3種のやまのいもの水分は、ナガイモ>「きたねばり」>>イチョウイモであった。とろろと同重量の純水を加えた加水とろろについて、粘度を測定(25°C)したところ、イチョウイモ>>「きたねばり」>ナガイモとなった。以上のことから、やまのいもの固形分量に応じて、とろろの粘度が増加することが示唆された。そこで、固形分量を10%とした加水とろろについて、粘度を測定(25°C)したところ、「きたねばり」(5,880 mPa·s) >>ナガイモ (1,750 mPa·s) >イチョウイモ (1,450 mPa·s) となった。さらに、固形分量を10%とした「きたねばり」の加水とろろは、低温(5°C)および高温(50°C)においても、それぞれ6,100 mPa·sおよび5,500 mPa·sと安定した強い粘性を示した。新規開発品種「きたねばり」は、旧来のやまのいもにはない特徴的

な粘性を有することから、新たな用途ならびに需要の拡大が期待される。

謝 辞 本研究の遂行にあたり、ご協力頂いた二宮由希氏をはじめ、関係の方々に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 内藤幸雄：ヤマノイモ (農山漁村文化協会, 東京), p.10 (1987)
- 2) 秋山賢一：イラストさくもつ辞典 (富民協会, 大阪) p.177 (1986)
- 3) 青葉 高：野菜の博物学 (講談社, 東京), p.157 (1992)
- 4) 田縁勝洋・鳥越昌隆：やまのいも新品種「十勝3号」, 北農, 78, 159 (2011)
- 5) 田縁勝洋他：ヤマノイモ新品種「きたねばり」の育成, 北海道立総合研究機構農試集報, 98, 15~24 (2014)
- 6) 柳井久江：4 Stepsエクセル統計 (オーエムエス出版, 埼玉), pp.166~185 (2015)
- 7) 津久井学・佐藤広顕・永島俊夫・渡部俊弘・高野克己・小嶋秩夫：ヤマノイモの粘性糖タンパク質の性状ならびにポリペプチド鎖の構造, 日本食品科学工学会誌, 48 (8), 578~585 (2001)
- 8) 津久井学：ヤマノイモ粘質物の性状と構造の解析, 日本食品保蔵科学会誌, 29 (4), 229~236 (2003)
(平成29年3月27日受付, 平成29年8月30日受理)

ダイコンの貯蔵に伴う青変症の発生と酸素濃度の関係

永田雅靖^{*1§}・竹下栄伸^{*2}・太田和宏^{*3}
北澤裕明^{*1}・中村宣貴^{*1}・寺西克倫^{*4}

* 1 国立研究開発法人農業・食品産業総合研究機構食品研究部門

* 2 石川県砂丘地農業研究センター

* 3 神奈川県農業技術センター三浦半島地区事務所

* 4 三重大学大学院生物資源学研究所

Effects of Oxygen Concentrations on the Occurrence of Internal Blue Discoloration in Japanese Radish (*Raphanus sativus*) Roots During Storage

NAGATA Masayasu^{*1§}, TAKESHITA Eishin^{*2}, OHTA Kazuhiro^{*3},
KITAZAWA Hiroaki^{*1}, NAKAMURA Nobutaka^{*1} and TERANISHI Katsunori^{*4}

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

* 2 Sand Dune Agricultural Research Center, Agricultural Experiment Station, Ishikawa Agriculture and Forestry Research Center, I 5-2 Uchihisumi, Kahoku, Ishikawa 929-1126

* 3 Miura Peninsula Region Office of Kanagawa Agricultural Technology Center, 3002 Shimomiyata, Hatsuse-cho, Miura, Kanagawa 238-0111

* 4 Graduate School of Bioresources, Mie University, 1577 Kurimamachiya-cho, Tsu, Mie 514-8507

The internal blue discoloration observed in Japanese radish (*Raphanus sativus* L.) roots is a physiological disorder that occurs several days after harvest. The incidence of this phenomenon has been shown to be temperature- and cultivar-dependent. In this study, we stored the susceptible cultivar 'Fukuhomare' under different packaging conditions, and investigated the relationship between gas concentrations and the occurrence of internal disorders, focusing on internal blue discoloration. At an ambient temperature of 20°C with 21% oxygen, blue discoloration was observed after an approximate 5-day storage period. Under 7% oxygen, blue discoloration appeared after approximately 8 days of storage. It appears that by lowering oxygen concentrations, the occurrence of internal disorders, mainly internal discoloration, could be delayed. These results suggest that atmospheric oxygen concentrations affect the occurrence of blue pigmentation in radishes. In addition, low oxygen concentrations as a result of appropriate packaging are found to be effective in preventing the occurrence of internal blue discoloration in the Japanese radish.

(Received Jun. 29, 2017 ; Accepted Sep. 28, 2017)

Key words : Japanese radish, internal blue discoloration, storage, packaging, oxygen concentration

ダイコン, 青変症, 貯蔵, 包装, 酸素濃度

ダイコン青変症は、収穫時の品質に問題がなかったダイコンに、流通中の数日で、先端部に近い内部を中心に青色の色素が生じる生理障害である。消費者あるいは加工業者の段階で、ダイコンを切断してはじめて青色に気づくため、販売者や生産者に激しいクレームが寄せられることがある。とくに、青果物加工業者で青変症のダイ

コンが見つかる、荷受けしたロットの回収や廃棄に手間がかかるだけでなく、当日の生産計画への影響が大きいため、その原因究明と対策が強く求められていた。

これまで、青変症の発生には、ダイコン品種や貯蔵温度が影響することが知られていた¹⁾。

当初、生じる色素が青色であることから、原因となる

* 1 〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

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

* 2 〒929-1126 石川県かほく市内日角井5-2

* 3 〒238-0111 神奈川県三浦市初声町下宮田3002

* 4 〒514-8507 三重県津市栗真町屋町1577

色素はアントシアニンと考えられていたが、予備実験等から、各種溶媒に対する溶解性や、pHが変化しても色の変化がないことから、この青色はアントシアニンではないと考えられた²⁾。

さらに、青色色素が還元物質であるアスコルビン酸によって退色することをヒントに、酸化剤である過酸化水素水をダイコン切片に処理することにより、ダイコン表面に青色色素を生じることを発見した³⁾。この方法で、ダイコンの切片を過酸化水素水で処理すると、青変症を起ししやすい品種では、処理した切断面に青色の色素を生じるのに対し、青変症を起しにくい品種ではほとんど青色の色素を生じなかった。また、根部だけでなく、ダイコンの種子でも過酸化水素水処理によって青色になることを発見し、栽培することなく青変症の可能性が予測可能な技術を開発した⁴⁾。

上記の原理を利用して、ダイコンに含まれる成分の中で、原因となる物質を単離精製し、機器分析を行った結果、青色色素の前駆物質が4-hydroxyglucobrassicin (4-OHGB) であることを見いだした⁵⁾。

青色色素の生成に、前駆物質である4-OHGB、酸化剤としての過酸化水素および、ペルオキシダーゼが必要なことから、青色の生成は、酸化的な過程であると推察された。また、アスコルビン酸の濃度が下がると青変症が発生することからもこの機構が支持されている⁶⁾。

これまで、ダイコン青変症の発生に、品種などの内的要因¹⁾や栽培年次等栽培条件にかかわる外的要因の影響があることは知られていたが⁶⁾、収穫後の外的要因として、温度以外の影響は知られていなかった¹⁾。青果物の流通にかかわる外的要因には、温度以外にも湿度、ガス環境などが考えられる。そこで本研究では、ダイコンを貯蔵する際の外的要因として、ガス濃度に着目し、包装条件の違いによる貯蔵中のガス濃度が、青変症の発生に及ぼす影響を検討し、青変症発生機構との関連で考察した。

実験方法

1. ダイコン試料

ダイコン青変症を起ししやすい品種として報告されているダイコン(品種‘福誉’)¹⁾は、神奈川県農業技術センター三浦半島地区事務所(神奈川県三浦市)で、慣行栽培条件により栽培し、2017年1月11日に収穫したものをを用いた。ダイコン試料は実験に使用するまで、ポリエチレン袋(PE, 850mm×950mm×厚さ0.04mm)に折り込み包装して、2℃で保存した。

2. 包装試験区

包装試験区は、対照区としてダイコンを新聞紙2枚で巻いて包装したもの(Control), ポリエチレン袋(PE, 400mm×300mm×厚さ0.03mm)折り込み包装(PE30F), ポリエチレン袋(PE, 400mm×300mm×厚さ0.03mm)密閉包装(PE30S), ポリエチレン袋(PE, 400mm×300mm×厚

さ0.05mm)密閉包装(PE50S), および市販のポリプロピレン(OPP, 400mm×300mm×厚さ0.04mm)に微細孔を有するフィルム包装(OPPwMP)を用いて、それぞれ、ダイコンを1本ずつ個別に包装して(n=5), 20℃暗黒で貯蔵した。

貯蔵したダイコンは、透過光によってダイコン内部を観察できる装置(図1)を用いて内部の変化を非破壊的に観察した。ダイコン内部に障害が発生したと考えられる個体については、包丁で縦方向に切断して確認した。す入りや褐変など、その他の障害の発生についても適宜観察した。また、各試験区について、包装内のガス組成を測定した。酸素と二酸化炭素濃度は、ガスクロマトグラフ:GC-14B(Shimadzu), カラム:WG-100カラム(SUS1.8m×1/4", ジーエルサイエンス), キャリアガス:He 60ml/min, 検出器:TCDで測定した。また、

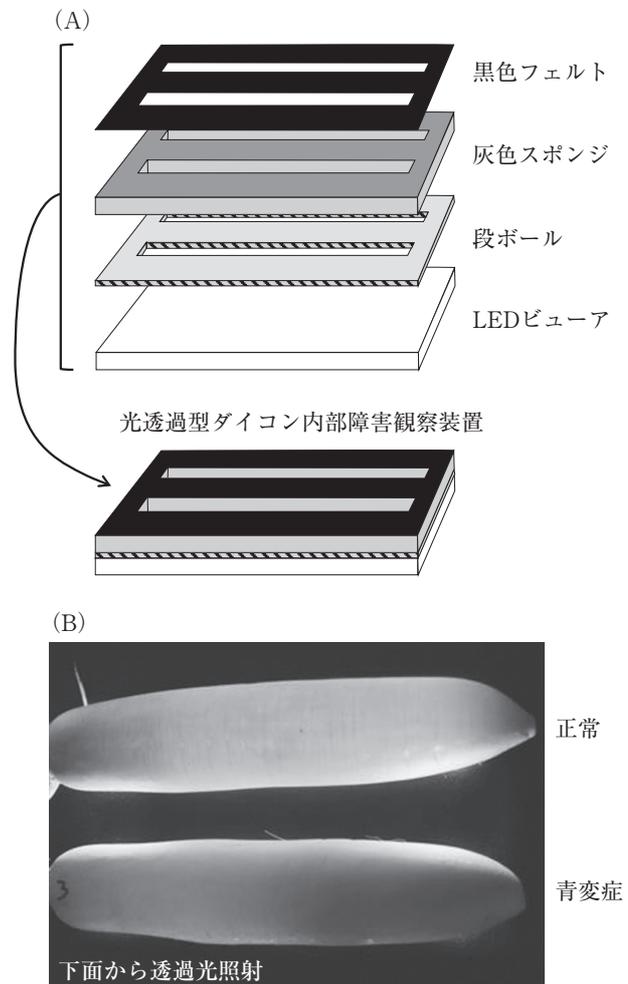


図1 透過光型ダイコン内部障害観察装置の構造 (A) および正常ダイコンと青変症ダイコンの比較 (B)

(A): LEDビューアの上に、2本のスリット(3cm×25cm)を設けた段ボール(厚さ4mm), 灰色スポンジ(厚さ2cm), 黒色フェルトを重ね、スリット上にダイコンを置いて、下部から白色LED光を照射した。

(B): 正常な個体では全体に光が透過するが(上), 青変症のダイコンでは先端に近い部分で光透過量が減少する(下)。

エチレンは、ガスクロマトグラフ：GC-14B (Shimadzu), カラム：活性アルミナ (60/80mesh) カラム (SUS 1.5m×3mm, ジーエルサイエンス), キャリアガス：He 40ml/min, 検出器：FIDで測定した。

実験結果および考察

1. 青変症等内部障害発生までの日数

Controlは、20℃貯蔵5日後に、すべての個体に透過光観察による内部の影が認められた。切断して確認したところ、青変症が確認された。PE30Fは、貯蔵5日後に3個体が青変症となり、7日後に2個体にす入りが発生した。PE30Sでは、5日後に1個体、7日後に1個体、8日後に2個体が青変症となり、9日後に1個体がす入りとともに褐変した。PE50Sでは、8日後に3個体が青変症、9日後に1個体が青変症となり、1個体が褐変した。OPPwMPでは、5日後に1個体が青変症、8日後に2個体が褐変、9日後に2個体がす入りとなった。

発生した主な内部障害は、青変症であったが、貯蔵期間が長くなるにつれて、青変症と褐変が同時に見られるものや、す入りが発生しているものが見られた。青変症と褐変は、発生する部位がダイコン内部であり、同じ場所に発生していることや、青変症が発生したダイコンを切断して、1日程度が経過すると青色の部分が全体的に褐変していることから、この試験で発生している褐変は、青変症がさらに進行したものと推定している。また、切断面で酸素と4-OHGBの接触が起きることや、切断による傷害応答が促進された可能性もある。その一方で、す入りの発生については、水分損失など、貯蔵に伴う別の物理的要因によるものと考えられる。

上述の主に青変症からなる内部障害の発生までの日数と、各包装試験区との関係をプロットしたのが図2である。Controlのように通気性の高い包装では青変症が発生しやすかった。包装の素材が同じPE素材でも、折込み包装区よりも密閉区では発生が抑制され、さらにPE素材の厚みが増すほど内部障害の発生が抑制された。

2. 包装試験区のガス濃度と内部障害の関係

各包装試験区は、内部障害が発生するまで貯蔵試験を継続したが、それらの袋内のガス組成は、貯蔵5日後とほぼ同様の濃度で推移した(データ略)。各包装試験区では、貯蔵5日後の時点で、すでに呼吸と袋内のガス濃度が平衡に達しているものと考えられた。そこで、各試験区で試料が揃う、貯蔵5日後の各試験区の二酸化炭素濃度および酸素濃度をプロットしたのが図3および図4である。二酸化炭素濃度は、Controlでほぼ0%に近く、PE30F, PE30SおよびPE50Sでは7~8%程度、OPPwMPでは約18%であった。酸素濃度は、Controlで約21%、PE30Fで13%、PE30Sで7%およびPE50Sでは5%程度、OPPwMPでは約7%であった。ControlおよびPE30Fでは、二酸化炭素と酸素の合計が20~21%となったが、PE30SおよびPE50Sでは、二酸化炭素と酸素の合計が約14%

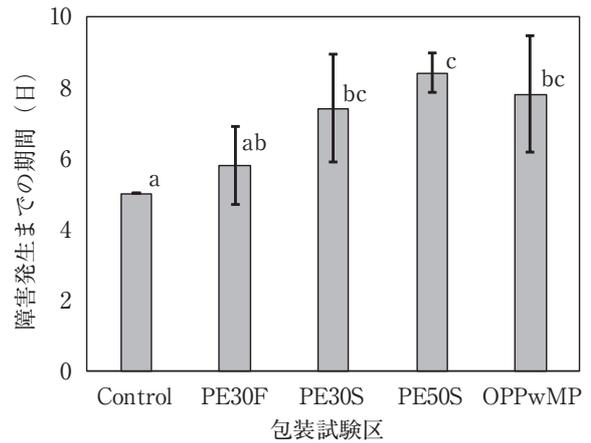


図2 包装試験区と青変症等内部障害発生までの日数の関係

Control：新聞紙包装区，PE30F：ポリエチレン（厚さ0.03mm）折込み包装区，PE30S：ポリエチレン（厚さ0.03mm）密閉包装区，PE50S：ポリエチレン（厚さ0.05mm）密閉包装区，OPPwMP：延伸ポリプロピレン（厚さ0.04mm）微細孔フィルム密閉包装区。異なる文字は、Tukeyの多重比較で5%有意。

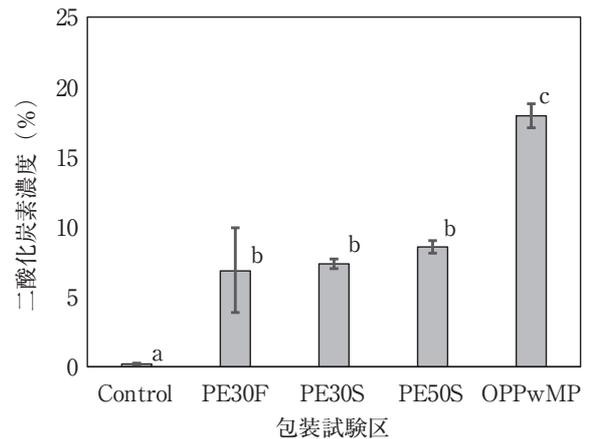


図3 包装試験区と貯蔵開始から5日後の包装内二酸化炭素濃度

試験区等は、図2と同じ。

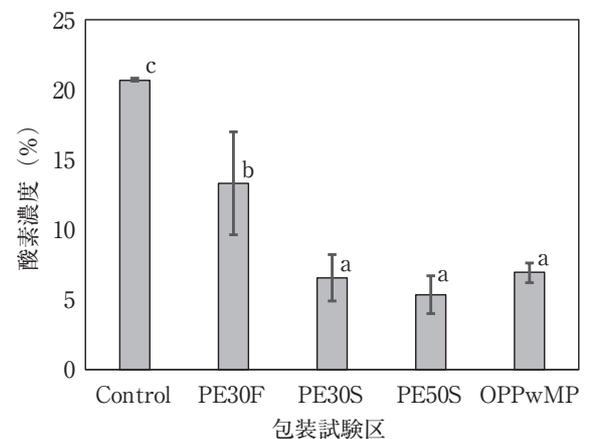


図4 包装試験区と貯蔵開始から5日後の包装内酸素濃度

試験区等は、図2と同じ。

となった。一方、OPPwMPには二酸化炭素が約18%程度蓄積するとともに酸素が約7%蓄積し、両者の合計は25%程度となった。これら袋内のガス濃度の違いは、PEが酸素に対して二酸化炭素の透過性が高いことや、OPPwMPでは、酸素と二酸化炭素のガス透過性の差が小さいためと考えられた。

次に、内部障害の発生までの日数と、貯蔵5日後の酸素濃度との関係をプロットしたところ、酸素濃度が低いほど、内部障害発生までの日数が長くなる傾向が認められた(図5)。青色色素の生成の初期反応が、4-OHGBと過酸化水素を基質とするペルオキシダーゼの酵素反応によるものと考えられ、この反応が、生体内の酸化ストレスとも密接に関連する現象であることが推定された。収穫したダイコンは、栽培中の光、水、養分のある状態から、暗黒、水なし、養分なしの状態に変化するため、植物として、相当のストレス状態になると考えられる。また、空気中の酸素は、生体内における過酸化水素生成の基質にもなると考えられ、包装によって、貯蔵雰囲気中の酸素濃度を低下させることにより、青変症の発生を遅延することができたのは、このような機構によるものと推察される(図6)^{5),6)}。一方で、内部障害の発生までの日数と、貯蔵5日後の二酸化炭素濃度には強い関連性は認められなかった。

また、エチレン濃度については、ほとんどが0 ppm、高いものでも0.1 ppm以下で、全般的に低く、内部障害の発生との関連は見られなかった(データ略)。

これまで、ダイコンは、周年供給されるために、貯蔵する必要性が比較的少ないと考えられてきた。ダイコンは、ポリエチレンフィルム包装などによりしおれを防止して0℃に貯蔵すれば、2~3か月は出荷可能な状態であるとされてきた^{7),8)}。その一方で、流通中に青変症が

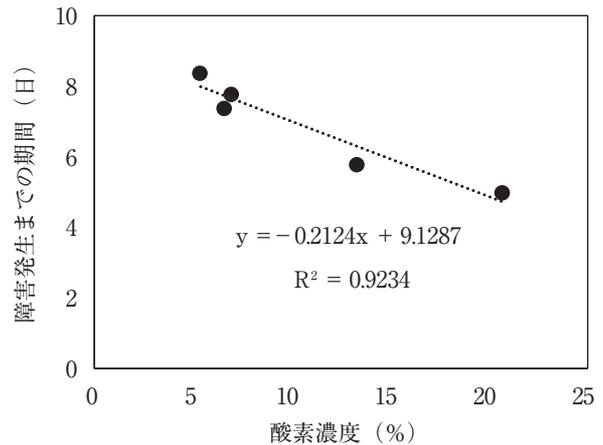


図5 貯蔵開始から5日後の包装袋内酸素濃度と青変症等内部障害発生まで日数の関係

発生するケースが知られるようになったことによって、気温が上がる時期の青変症対策とともに、青変症になりくい品種の育成など、根本的な解決に向けた要望が強い。市場にあるダイコン品種のうち、‘耐病総太り’など、ごく一部の品種は、青変症のリスクが低いことを明らかにした^{4),6)}。現在、商業栽培に用いられる品種に比べて、栽培面積を多く必要としたり、風で曲がりやすいなどの特性があるとされる。今後に向けて、青変症の原因物質をもたず、優れた栽培特性をもつ品種の育成には、一定の年月がかかるものと考えられる。そのため、外気温が高い時期にダイコンを流通させるためには、収穫直後から品温を低下させることが重要であるが、予冷設備等がない場合には温度を制御して出荷することは困難である。今回、新たな外的環境として、低酸素条件がダイコン青変症等内部障害の発生遅延に有効なことが示されるとともに、二酸化炭素濃度や、ダイコンから生成

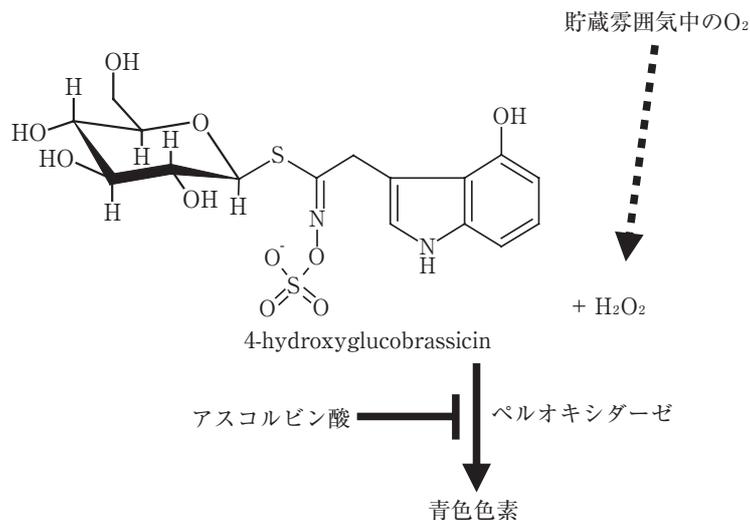


図6 青色色素前駆物質(4-hydroxyglucobrassicin)からダイコン青変症の青色色素が生成する推定機構

ダイコンの青色色素は、4-hydroxyglucobrassicinと過酸化水素を基質としてペルオキシダーゼの反応により形成される。その過程をアスコルビン酸が阻害する。

(寺西ら2016a, 2016bを改変)

するエチレン濃度では顕著な影響が見られなかったことは、今後、低酸素条件が短期的な青変症抑制対策として使用できる可能性を示すだけでなく、低温貯蔵との組み合わせで、より長期に高品質なダイコンの貯蔵技術を開発する際の参考になるものと考えられた。

要 約

ダイコン青変症は、収穫後の数日間でダイコン内部に青色の色素を生じる生理障害である。これまでに、この現象には温度や品種が影響することが知られていた。本研究では、青変症になりやすいダイコン品種‘福誉’を異なる包装条件で貯蔵し、包装内のガス濃度と青変症の発生について検討した。20℃、21%酸素の条件では、5日程度で青変症となった。7%酸素の条件では、青変症は約8日の貯蔵で発生した。主に青変症による内部障害の発生は、酸素濃度が下がるにつれて遅くなった。これらの結果は、貯蔵雰囲気中の酸素が、ダイコン青変症の生成に関与していることを示唆している。さらに、適切な包装によって酸素濃度を低下させることにより、ダイコン青変症を抑制できることが示された。

謝 辞 本研究は、園芸振興松島財団の研究助成を受けて実施した。

文 献

- 1) 池下洋一・石端一男・金森友里：収穫後の貯蔵方法がダイコン青変症の発生に及ぼす影響，園学研，10（別1），514（2011）
- 2) 永田雅靖・増田大祐・池下洋一・寺西克倫：青変症ダイコンに含まれる青色色素はアントシアニンではない。平成24年度園芸学会東海支部大会研究発表要旨，4（2012）
- 3) 寺西克倫・永田雅靖：ダイコン青変症の発症リスク評価剤及び評価キット，並びに評価方法，特許6172604（2017.7.14）
- 4) 永田雅靖・寺西克倫：種子を用いたダイコン青変症リスク評価法。野菜茶業研究所研究報告，15，29～33（2016）
- 5) TERANISHI, K. and NAGATA, M.: Structure of a Precursor to the Blue Components Produced in the Blue Discoloration in Japanese Radish (*Raphanus sativus*) Roots. *J. Natural Products*, **79**, 1381～1387 (2016a)
- 6) TERANISHI, K., NAGATA, M. and MASUDA, D.: Mechanism Underlying the Onset of Internal Blue Discoloration in Japanese Radish (*Raphanus sativus*) Roots. *J. Agric. Food Chem.*, **64**, 6745～6751 (2016b)
- 7) 宮崎丈史：だいこん，野菜の鮮度保持マニュアル（流通システム研究センター，東京），p.125～126（1998）
- 8) CANTWELL, M.: Summary Table of Optimal Handling Conditions for Fresh Produce, KADER, A. A. (editor), Postharvest Technology of Horticultural Crops (University of California, Agriculture and Natural Resources, CA, USA), p.511～518 (2002)
(平成29年6月29日受付，平成29年9月28日受理)

新たな電解水によるカット野菜の洗浄殺菌

泉 秀実*§

* 近畿大学生物理工学部

Bactericidal Effect of Rinsing with New Types of Electrolyzed Water on Fresh-cut Vegetables

IZUMI Hidemi*§

* Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University,
930 Nishimitani, Kinokawa, Wakayama 649-6493

1. 電解水の種類

電解水は、食塩水や希塩酸を電気分解することにより得られる水溶液で、次亜塩素酸（有効塩素）を含有する酸性電解水は、次亜塩素酸水の名称で食品添加物に指定されている。まず2002年に、0.2%以下の食塩水を電気分解して得られるpH2.7以下で有効塩素20~60ppmを含む強酸性電解水と、2~6%の希塩酸を電気分解して得られるpH5.0~6.5で有効塩素10~30ppmを含む微酸性電解水が、食品添加物として認可された。続いて2012年に、次亜塩素酸水の規格基準の改正により、0.2%以下の食塩水の電気分解により得られるpH2.7~5.0の有効塩素10~60ppmを含む弱酸性電解水が、追加認可された。同時に成分規格の改正も実施され、微酸性電解水の電解質水溶液（食塩水と希塩酸の混合液）の追加と有効塩素濃度範囲（10~80ppm）の変更も行われた。この結果、pH6.5以下のすべての酸性域の電解水が、食品の殺菌料として使用できることとなった。

また、食塩水の電気分解により生成され、pH7.5以上で有効塩素を含む電解次亜水も、次亜塩素酸ナトリウム溶液と同等とみなされ、食品に使用可能な電解水である。現在のところ、有効塩素を含有する電解水として、これら強酸性電解水、弱酸性電解水、微酸性電解水および電解次亜水の4種類の生成装置が市販され、食品の洗浄殺菌に利用可能である。なお、これら電解水の規格基準の詳細は、堀田¹⁾のHACCP教育講座(17)に詳しいので、参照されたい。

2. カット野菜への利用

世界中のカット野菜工場において、最も洗浄殺菌に使

用されてきた殺菌剤が次亜塩素酸ナトリウムである。その殺菌作用は、電解水と同じで、有効塩素およびそれから生じる活性酸素種であるヒドロキシラジカルの酸化力にある²⁾。しかし、殺菌効果を高めるために、有効塩素濃度を200ppm以上に高めると、カット野菜の栄養成分の減少³⁾、トリハロメタンの生成⁴⁾、接触する容器へのナトリウムの残留⁵⁾が起こるため、これまでに次亜塩素酸ナトリウムに替わる殺菌剤の研究が数多くなされてきた⁶⁾。

1999年に、執筆者が微酸性電解水のカット野菜への殺菌の有効性を英文誌に初めて報告⁷⁾して以来、カット野菜を含む生鮮食品への電解水の利用効果が世界中で検討されてきた。執筆者の当該論文の被引用数が、190件に及ぶことが、その研究の多さを物語っている。研究初期の頃の電解水のカット野菜への報告をまとめると、有効塩素濃度は50ppmまでは高いほうが、使用温度は低温よりも35~45℃のほうが殺菌効果は優れ、カット野菜と接触度合いの高い流水処理や浸漬+曝気処理では数分間の処理で十分で20分を超えても殺菌効果の向上は小さい⁸⁾。また、カット野菜上の腐敗原因菌の減少効果は0.5~2 log/g程度で、接種した食中毒原因菌 (*Escherichia coli* O157:H7, *Listeria*, *Salmonella*) の減少効果は、1~5 log/g程度の報告が多い^{6), 8)}。

最近の研究を中心に、電解水の種類別にカット青果物への研究報告を比較してみると、強酸性電解水^{9)~13)}が多く、微酸性電解水^{14), 15)}および電解次亜水^{13), 16), 17)}は少なく、弱酸性電解水は直近の執筆者らの報告^{18), 19)}を除いて、みられない。そこで、以下に、現在日本で使用が可能である4種類の電解水を用いて4種類のカット野菜への殺菌効果を調査した結果を紹介する。

* 〒649-6493 和歌山県紀の川市西三谷930

§ E-mail: izumi@waka.kindai.ac.jp

3. 4種類の電解水の殺菌効果

(1) 腐敗原因菌

4種類のカット野菜（カットレタス：3×3cmスクエア、カットキャベツ：2mm幅千切り、カットキュウリ：5mm幅スライス、カットネギ：3mm幅刻み）に対して、それぞれ10倍量の4種類の電解水（強酸性電解水：pH2.7、有効塩素30ppm、弱酸性電解水：pH4.1、有効塩素30ppm、微酸性電解水：pH6.1、有効塩素50ppm、電解次亜水：pH7.7、有効塩素50ppm）で3分間流水処理を施した¹⁸⁾。野菜は、切断後の初発菌数の高いネギ（一般生菌数：5.8~8.0 log CFU/g、大腸菌群数：5.3~7.0 log CFU/g）およびキュウリ（一般生菌数：5.3~6.4 log CFU/g、大腸菌群数：4.4~5.7 log CFU/g）と、それらよりも菌数の低いレタス（一般生菌数：5.2~5.6 log CFU/g、大腸菌群数：3.4~5.2 log CFU/g）およびキャベツ（一般生菌数：5.1~5.5 log CFU/g、大腸菌群数：4.4~5.3 log CFU/g）を選択した。また、使用した各電解水の生成設定は、各メーカーの設置使用基準に従った。

いずれの電解水も、一般に表面積の大きいカットレタスおよびキャベツに対する殺菌効果は大きく、初発菌数が高く表面が疎水性のネギおよび表皮にクチクラ層を有するキュウリに対しては、菌数減少効果は小さかった。各カット野菜に対して最も高い殺菌効果を示した電解水を1種類選び、表1に示した¹⁹⁾。一般生菌数および大腸菌群数ともに、いずれのカット野菜でも無処理に比べて

表1 水道水あるいは各電解水で流水処理（3分間）したカットレタス、キャベツ、キュウリおよびネギの一般生菌数および大腸菌群数¹⁹⁾

カット野菜	処理区	Log CFU/g	
		一般生菌	大腸菌群
レタス (スクエア)	無処理	5.3a	4.3a
	水道水	4.7b	4.2a
	微酸性電解水 (pH6.1, 有効塩素50ppm)	3.8c	3.2b
キャベツ (千切り)	無処理	5.5a	4.7a
	水道水	4.6b	4.2b
	強酸性電解水 (pH2.7, 有効塩素30ppm)	4.1c	4.3b
キュウリ (スライス)	無処理	6.4a	5.7a
	水道水	6.0b	5.3ab
	弱酸性電解水 (pH4.1, 有効塩素30ppm)	5.4c	5.0b
ネギ (刻み)	無処理	8.0a	7.0a
	水道水	7.9a	6.6a
	電解次亜水 (pH7.7, 有効塩素50ppm)	7.1b	6.0b

ab：各カット野菜の同一カラム内で異なるアルファベットは有意差（5%レベル）を示す

0.4~1.5 log、水道水処理に比べて0.6~1.0 log（有意差のない一部の腸菌群数を除く）の菌数減少が得られた。

表1に示したカット野菜と電解水との組み合わせで処理した際の各サンプルから検出された細菌種を比較して、電解水の細菌叢への影響を調べた。例えば、微酸性電解水でカットレタスを処理した場合、検出された細菌種数は、無処理は7属7種、水道水処理は5属7種、微酸性電解水処理は4属6種で、菌数の低下に従って菌種数も低下し、十分な殺菌効果のあることが確認された（表2）¹⁸⁾。レタスの細菌叢は、グラム陽性菌の土壌細菌（*Arthrobacter*, *Bacillus*など）とグラム陰性菌の植物病原細菌（*Pantoea*, *Stenotrophomonas*など）が中心で、このうち、*Bacillus*や*Pantoea*を含む6属7種が、微酸性電解水によって除去されたことが明らかとなった。また、弱酸性電解水でカットキュウリを処理した場合は、無処理（8属11種）、水道水処理（7属10種）、弱酸性電解水処理（5属10種）で、菌数の低下に伴って検出される菌属数は減少するものの、菌種数に差はみられなかった（表3）¹⁸⁾。これは、弱酸性電解水により6属7種（グラム陽性菌の*Curtobacterium*, グラム陰性菌の*Chryseobacterium*など）が除去されているが、無処理および水道水処理区に存在した複数の菌種を含む*Microbacterium*や*Sphingomonas*が残存したためである。一方、カットキャベツと強酸性電解との組み合わせおよびカットネギと電解次亜水との組み合わせでは、処理区間で検出された細菌種数に大きな差がみられなかった（データ省略）。これはカットキャベツでは付着の細菌種数が多く処理区間で多岐にわたっていたこと（9~11属11~13種）、カットネギでは腸内細菌科に属する細菌（*Rahnella*, *Serratia*など）が主体で、他の野菜とは細菌叢がまったく異なっていたことが原因と考えられる。

(2) 食中毒原因菌

毒素陰性株の*E. coli* O157:H7と*L. monocytogenes*の毒素陰性代替株である*L. innocua*を約10⁶CFU/mlの菌液に調整して、各カット野菜に浸漬することで接種し、その後、表1の組み合わせに従って、各カット野菜を各電解水で3分間流水処理した。カット野菜に接種した食中毒原因菌への電解水の効果は、既に多く報告されているが、Koseki⁹⁾らが指摘しているように、病原菌を野菜に接種する場合、野菜表面に滴下する滴下法と菌液に浸漬する浸漬法では、殺菌剤による殺菌効果が4 log程度も異なる（滴下法>浸漬法）。このため、当研究は実用的なデータに近い浸漬法で実施した。

各カット野菜に菌液を接種後、水道水処理および電解水処理したカット野菜上の*E. coli* O157:H7と*Listeria*の細菌数を表4に示した。水道水洗浄でも、ある程度接種菌数が低下したカットレタスとネギに対して、カットキャベツとキュウリでは、水道水洗浄では菌数の減少はみられなかった。電解水処理では、いずれのカット野菜でも顕著な菌数減少効果が得られ、無洗浄に比べると、*E.*

表2 水道水あるいは微酸性電解水で流水処理（3分間）後のカットレタス（スクエア）から検出された細菌¹⁸⁾

処理区	グラム型	細菌	
		菌属	菌種
無処理	グラム陽性	<i>Arthrobacter</i>	<i>histidinolovorans</i>
		<i>Bacillus</i>	<i>megaterium</i>
		<i>Exiguobacterium</i>	<i>acetylicum</i>
	グラム陰性	<i>Microbacterium</i>	<i>arabinogalactanolyticum</i>
		<i>Paenibacillus</i>	<i>pabuli</i>
		<i>Brevundimonas</i>	<i>diminuta</i>
水道水	グラム陽性	<i>Pantoea</i>	<i>agglomerans</i>
		<i>Exiguobacterium</i>	<i>acetylicum, oxidotolerans</i>
	グラム陰性	<i>Microbacterium</i>	<i>oleivorans</i>
		<i>Brevundimonas</i>	<i>diminuta</i>
		<i>Chryseobacterium</i>	<i>indoltheticum, scophthalmum</i>
		<i>Stenotrophomonas</i>	<i>maltophilia</i>
微酸性電解水 (pH6.1, 有効塩素 50ppm)	グラム陽性	<i>Arthrobacter</i>	<i>histidinolovorans</i>
		<i>Microbacterium</i>	<i>oleivorans</i>
	グラム陰性	<i>Chryseobacterium</i>	<i>daeguense, indoltheticum, scophthalmum</i>
		<i>Stenotrophomonas</i>	<i>maltophilia</i>

表3 水道水あるいは弱酸性電解水で流水処理（3分間）後のカットキュウリ（スライス）から検出された細菌¹⁸⁾

処理区	グラム型	細菌		
		菌属	菌種	
無処理	グラム陽性	<i>Curtobacterium</i>	<i>flaccumfaciens</i>	
		<i>Microbacterium</i>	<i>arborescens, testaceum</i>	
		グラム陰性	<i>Chryseobacterium</i>	<i>gleum, indoltheticum</i>
			<i>Escherichia</i>	<i>vulneris</i>
			<i>Klebsiella</i>	<i>pneumoniae</i>
	<i>Pantoea</i>		<i>agglomerans</i>	
	<i>Rhizobium</i>		<i>radiobacter</i>	
	水道水	グラム陽性	<i>Sphingomonas</i>	<i>sanguinis, parapaucimobilis</i>
			<i>Enterococcus</i>	<i>gallinarum</i>
			<i>Microbacterium</i>	<i>arborescens, testaceum, trichothecenolyticum</i>
グラム陰性			<i>Chryseobacterium</i>	<i>gleum</i>
			<i>Enterobacter</i>	<i>cloacae</i>
		<i>Pseudomonas</i>	<i>oryzihabitans</i>	
		<i>Rhizobium</i>	<i>radiobacter</i>	
		<i>Sphingomonas</i>	<i>parapaucimobilis, sanguinis</i>	
弱酸性電解水 (pH4.1, 有効塩素 30ppm)		グラム陽性	<i>Microbacterium</i>	<i>arborescens, testaceum, trichothecenolyticum</i>
		グラム陰性	<i>Enterobacter</i>	<i>cloacae, hormaechei, kobei</i>
	<i>Pseudomonas</i>		<i>monteilii</i>	
	<i>Rhizobium</i>		<i>radiobacter</i>	
	<i>Sphingomonas</i>		<i>parapaucimobilis, sanguinis</i>	

coli O157:H7では1.3~1.9 log, *Listeria*では0.7~1.1 logが低下し, 殺菌効果は*Listeria*よりも*E. coli* O157:H7のほうが大きい結果となった。

以上から, 電解水の殺菌効果は, 腐敗原因菌および食中毒原因菌ともに, グラム陽性菌よりもグラム陰性菌に対して高い傾向にあること, また腐敗原因菌よりも食中毒原因菌に対するほうが有効であることが明らかとなっ

た。前者の差は, グラム陽性菌とグラム陰性菌の細胞壁構造の違いに加えて, 対象としたカット野菜の付着細菌の構成比(グラム陽性菌:グラム陰性菌)の違いも影響したと考えられる。後者の差は, カット野菜に付着の腐敗原因菌は多くの微生物種を含み, バイオフィルムを形成している可能性があるため, 殺菌剤の浸透性が低くなるのに対して, 接種した食中毒原因菌ではすぐにはバイ

表4 *E. coli* O157:H7および*Listeria*を接種後に水道水あるいは各電解水で流水処理(3分間)したカットレタス、キャベツ、キュウリおよびネギのそれぞれの細菌数

カット野菜	処理区	Log CFU/g	
		<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Listeria</i>
レタス (スクエア)	接種後	5.2a	5.1a
	水道水	3.4b	4.6b
	微酸性電解水 (pH6.1, 有効塩素50ppm)	3.3b	4.3b
キャベツ (千切り)	接種後	5.2a	5.1a
	水道水	5.3a	5.1a
	強酸性電解水 (pH2.7, 有効塩素30ppm)	3.6b	4.2b
キュウリ (スライス)	接種後	5.3a	5.3a
	水道水	5.4a	5.1b
	弱酸性電解水 (pH4.1, 有効塩素30ppm)	4.0b	4.2c
ネギ (刻み)	接種後	4.4a	4.2a
	水道水	3.9b	4.1a
	電解次亜水 (pH7.7, 有効塩素50ppm)	<3.0c	3.5b

abc: 各カット野菜の同一カラム内で異なるアルファベットは有意差(5%レベル)を示す

オフィウムは形成されないので、電解水の殺菌効果が高く表われた結果と推察される。

4. 今後の展望と課題

カット野菜の殺菌は、化学薬剤を使用した洗浄殺菌が基本である。1種類の殺菌剤の処理よりも、複数の殺菌剤で処理するほうが、殺菌効果が高まることが知られている^{20), 21)}。執筆者²²⁾も、カットレタスとキュウリの微生物制御には、微酸性電解水とフマル酸製剤との組み合わせ、カットレタスの微生物制御と褐変抑制には、微酸性電解水とカラシ抽出物製剤/ホップ抽出物製剤との組み合わせが有効であることを報告している。このように、カット野菜の種類および品質低下の原因別に、電解水を殺菌効果の有する洗浄剤として使用し、他の殺菌剤や鮮度保持剤と合わせて利用することを推奨する。

一方、すべての殺菌剤に共通する今後の課題として、殺菌剤による薬剤損傷菌の生成がある²³⁾。損傷菌は、細胞膜に損傷を受けているため、選択培地中の選択剤への感受性が高まり、通常を選択培地では生菌として検出されないが、非選択培地など特定の環境下では回復する半致死状態の細菌である²⁴⁾。薬剤損傷菌の研究は多くはないが、執筆者らは、塩素系の殺菌剤で菌液を処理すると、*E. coli* O157:H7を含む大腸菌群の70~80%程度が損傷化すること²⁵⁾、さらに、この現象はカット野菜上でも起こること²⁶⁾を確認している。カット野菜の洗浄に使用した殺菌剤が原因で損傷菌が生成すると、カット野菜の生菌数が損傷菌のために低く見積もられ、微生物的品質お

よび微生物的安全性について誤った評価を下す可能性がある。今後は、電解水によって生じる損傷菌の生残性について、注視する必要がある。

謝辞 本報告の一部は、(一財)機能水研究振興財団からの委託研究で実施した。

文献

- 1) 堀田国元: 機能水(次亜塩素酸水)の発展と普及, 日食保蔵誌, **43**, 245~248 (2017)
- 2) FUKUZAKI, S.: Mechanisms of actions of sodium hypochlorite in cleaning and disinfection processes, *Biocontrol Sci.*, **11**, 147~157 (2006)
- 3) IZUMI, H.: Technology for maintaining microbiological quality and safety of fresh-cut vegetables in Japan, *Proc. APEC Symposium on Postharvest Handling Systems*, 83~90 (2003)
- 4) ACHIWA, N., KATAYOSE, M. and ABE, K.: Efficacy of electrolyzed acidic water for disinfection and quality maintenance of fresh-cut cabbage, *Food Preser. Sci.*, **29**, 341~346 (2003)
- 5) RITENOUR, M.A. and CRISOSTO, C.H.: Hydrocooler water sanitation in the San Joaquin Valley stone fruit industry, *Central Valley Postharvest Newsletter*, **5** (1), 15~17 (1996)
- 6) 泉 秀実: カット野菜の微生物学的品質と微生物制御, 食科工, **52**, 197~206 (2005)
- 7) IZUMI, H.: Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables, *J. Food Sci.*, **64**, 536~539 (1999)
- 8) 泉 秀実: 食品の殺菌手法-原理・特徴・現状・課題 [4] 化学的手法 (2) 食品の次亜塩素酸水による殺菌 その1. 原理と特徴, 防菌防黴, **36**, 541~548 (2008)
- 9) KOSEKI, S., YOSHIDA, K., KAMITANI, Y. and ITOH, K.: Influence of inoculation method, spot inoculation site, and inoculation size on the efficacy of acidic electrolyzed water against pathogens on lettuce, *J. Food Prot.*, **66**, 2010~2016 (2003)
- 10) KOSEKI, S., YOSHIDA, K., ISOBE, S. and ITOH, K.: Efficacy of acidic electrolyzed water for microbial decontamination of cucumbers and strawberries, *J. Food Prot.*, **67**, 1247~1251 (2004)
- 11) UDOMPIJITKUL, P., DAESCHEL, M.A. and ZHAO, Y.: Antimicrobial effect of electrolyzed oxidizing water against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on fresh strawberries (*Fragaria x ananassa*), *J. Food Sci.*, **72**, M397~M406 (2007)
- 12) PARK, E.-J., ALEXANDER, E., TAYLOR, G.A., COSTA,

- R. and KANG, D.-H.: Effect of electrolyzed water for reduction of foodborne pathogens on lettuce and spinach, *J. Food Sci.*, **73**, M268~M272 (2008)
- 13) GRAÇA, A., ABADIAS, M., SALAZAR, M. and NUNES, C.: The use of electrolyzed water as a disinfectant for minimally processed apples, *Postharvest Biol. Technol.*, **61**, 172~177 (2011)
- 14) ZHANG, C., LU, Z., LI, Y., SHANG, Y., ZHANG, G. and CAO, W.: Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* on mung bean seeds and sprouts by slightly acidic electrolyzed water, *Food Control*, **22**, 792~796 (2011)
- 15) XUAN, X.-T., WANG, M.-M., AHN, J., MA, Y.-N., CHEN, S.-G., YE, X.-Q., LIU, D.-H. and DING, T.: Storage stability of slightly acidic electrolyzed water and circulating electrolyzed water and their property changes after application, *J. Food Sci.*, **81**, E610~E617 (2016)
- 16) DEZA, M.A., ARAUJO, M. and GARRIDO, M.J.: Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on the surface of tomatoes by neutral electrolyzed water, *Lett. Appl. Microbiol.*, **37**, 482~487 (2003)
- 17) ABADIAS, M. USALL, J., OLIVEIRA, M., ALEGRE, I. and VIÑAS, I.: Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables, *Int. J. Food Microbiol.*, **123**, 151~158 (2008)
- 18) IZUMI, H. and INOUE, A.: Bactericidal effect of four types of electrolyzed water on fresh-cut vegetables, *Acta Hort.*, (in press)
- 19) MAHAJAN, P., CALEB, O., GIL, M.I., IZUMI, H., COLELLI, G., WATKINS, C and ZUDE, M.: Quality and safety of fresh horticultural commodities: Recent advances and future perspectives, *Food Packaging and Shelf Life*, **14**, 2~11 (2017)
- 20) SINGH, N., SINGH, R.K., BHUNIA, A.K. and STORSHINE, R.L.: Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots, *Lebens. Wiss. Technol.*, **35**, 720~729 (2002)
- 21) LIN, C.M., MOON, S.S., DOYLE, M.P. and McWATTERS, K.H.: Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serotype Enteritidis, and *Listeria monocytogenes* on lettuce by hydrogen peroxide and lactic acid and by hydrogen peroxide with mild heat, *J. Food Prot.*, **65**, 1215~1220 (2002)
- 22) IZUMI, H.: Current status of the fresh-cut produce industry and sanitizing technologies in Japan, *Acta Hort.*, **746**, 45~52 (2007)
- 23) SCHEUSNER, D.L., BUSTA, F.F. and SPECK, M.L.: Injury of bacteria by sanitizers, *Appl. Microbiol.*, **21**, 41~45 (1971)
- 24) RAY, B.: Methods to detect stressed microorganisms, *J. Food Prot.*, **42**, 346~355 (1979)
- 25) IZUMI, H., NAKATA, Y. and INOUE, A.: Enumeration and identification of coliform bacteria injured by chlorine or fungicide mixed with agricultural water, *J. Food Prot.*, **79**, 1789~1793 (2016)
- 26) IZUMI, H., HOSHINO, Y., TAIMATSU, K. and INOUE, A.: Enumeration of chlorine-injured coliform bacteria of shredded cabbage stored in MAP. *HortScience*, **51** (9), S112. (Abstr.) (2016)
-

収穫した果実に発生する菌による病気に対する 褐藻類と紅藻類からの抽出物の抗菌作用

CORATO, U.D., *et al.* : *Postharvest Biol. Technol.*, **131**, 16~30 (2017)

環境への負荷が少なく、人体への影響が小さい天然物由来の抗菌作用を有する物質を2種類の褐藻類と3種類の紅藻類から、超臨界炭酸ガス技術を使って抽出し、菌に対する効果を調べた。5種類の海藻の脂肪酸(20種類)、多糖類(アルギン酸や水溶性多糖類等)、総フェノール物質含量の差異を明らかにした。粗抽出物ならびに粗抽出物からのエタノール抽出物あるいはヘキサン抽出物が、イチゴ由来ボトリティス、モモ由来モニリア、レモン由来ペニシリウムの菌糸成長に及ぼす影響を*in vivo* (25℃ 5日間培養)で調べたが、海藻の種類と濃度の影響が大きかった。3種の果実に接種した菌に対する抗菌作用(腐敗果実の発生、腐敗部位の直径)も濃度依存が明確であり、抗菌作用がみられた果実ではパーオキシダーゼ活性が高かった。

(阿部一博)

ダイズタンパク質の被膜処理による抗菌作用： 適用したライム果実の防御効果と貯蔵性

GONZALEZ-ESTRADA, R.R., *et al.* : *Postharvest Biol. Technol.*, **132**, 138~144 (2017)

ダイズタンパク質(SPI)の被膜処理がライム果実に発生する青カビの制御に及ぼす影響を調べた。果実には、ペニシリウムで腐敗したライムから分離してジャガイモ培地で培養した胞子懸濁液を殺菌した果皮に注射針で接種し、被膜処理後に風乾して貯蔵(13℃+95%RH, 13日間)した。SPI単独やSPIにシトラルを添加(5か10%)した被膜処理より、SPIにリモネンを添加(5か10%)した被膜処理は、顕著に青カビの症状を軽減し、腐敗を軽減した。走査型電子顕微鏡による観察で、SPI+リモネンの処理は菌糸の成長を阻害することを明らかにした。被膜処理は、貯蔵中の水分損失を軽減し、果皮色と香り成分の変化を遅延させたことから、SPI+リモネンの被膜処理は、ライム果実の貯蔵には効果的であることを明らかにした。

(阿部一博)

貯蔵に先立つコウジ酸処理はライチの果皮の褐変を 遅らせて、抗酸化作用が維持される

SHAH, H.M.S., *et al.* : *Postharvest Biol. Technol.*, **132**, 154~161 (2017)

ライチ果実の果皮褐変は流通過程における最も重要な品質劣化要因である。麴由来のコウジ酸(KA)で処理(2, 4, 6 mmolL⁻¹, 処理前に果実を10℃に予冷、展着剤添加溶液に5分間浸漬)した果実を貯蔵(5℃, 90%RH, 20日間)して、外観や品質を調べた。水分損失抑制、腐敗と果皮褐変の軽減、アントシアニン含量保持は、濃度が高いほど効果がみられた。処理果実の果肉の抗酸化作用に関する酵素活性は処理濃度が高いほど維持され、褐変に関するPPO活性は低かった。また果肉の、可溶性固形物含量、滴定酸含量、ビタミンC含量は、処理濃度が高いほど貯蔵中の減少が少なかった。官能検査を行ったが、貯蔵中に低下する香気と食味ならびにフレーバーに関する評価点の減少が抑制され、総合評価においても処理果実は高評価であり、濃度が高いほど官能検査の評価が高かった。

(阿部一博)

添加する塩の違いがキムチの発酵代謝産物と 細菌プロファイルに与える影響

KIM DW., *et al.* : *Journal of food science*, **82**, 1124~1131 (2017)

キムチの仕込みに使用する塩の違いが、キムチの発酵代謝産物および細菌プロファイルに与える影響を解析するため、精製した塩(PS)またはミネラルが豊富な海塩(MRS)を用いてキムチを作製し、16S rRNAシーケンス解析およびGC/MSを用いたメタボローム解析にて評価した。その結果、MRSキムチでは、*Leuconostoc*種の増加により、結果的に*Lactobacillus/Leuconostoc*比が減少することで、キムチの品質に関する代謝産物(糖、アミノ酸、有機酸、脂質、硫黄化合物、テルペノイド)に変化を及ぼすことが明らかになった。塩の種類と発酵との関係についてはさらに追究していく必要があるが、本研究結果は、MRS添加が、キムチの品質に関連するミネラル含量、細菌の生育、代謝産物プロファイルに好影響を与えることを示唆している。

(風見真千子)

スプレードライの条件がカムカムの 機能特性に与える影響

FUJITA A., *et al.* : *Journal of food science*, **82**, 1083~1091 (2017)

市販カムカムパルプを粉末化するために行うスプレードライ工程において、賦形剤として使用するマルトデキストリンおよびアラビアガムの流入温度と流入濃度が、最終的に得られる粉末の水分含有量、溶解度、総フェノール量、アスコルビン酸量、プロアントシアニン量、抗酸化能に与える影響を解析した。アラビアガム含有粉末はマルトデキストリン含有粉末より収率と溶解度が高く、各化合物の損失が少なかった。また、賦形剤の流入温度より、流入濃度の方がこれらの特性に大きく影響を及ぼすことが明らかになった。さらに、主成分分析の結果、賦形剤の流入濃度が最低値の6%のもので最も高い抗酸化能を示す結果が得られた。

(風見真千子)

押し成形装置の設定値の違いが小麦ふすま およびライ麦の食物繊維に与える影響

ANDERSSON AAM., *et al.* : *Journal of food science*, **82**, 1344~1350 (2017)

エクストルージョンクッキングで用いる押し成形装置の設定値が、小麦ふすまおよびライ麦の食物繊維抽出率と官能特性に与える影響を解析したところ、給水量は小麦ふすまで24%、ライ麦で30%、スクリュース速度400rpm、スクリュース部温度130℃の条件で、総食物繊維とアラビノキシランの抽出率が最も高値を示すことが明らかになった。アラビノキシラン抽出率は、上記の条件で行った場合、小麦ふすまで5.8%から9.0%に、ライ麦で14.6%から19.2%に上昇した。食物繊維とアラビノキシランの総量は、押し出しによる影響を受けなかった。β-グルカンにおいては、分子量がわずかに減少したが、抽出率はわずかに上昇した。本研究結果より、上記の設定条件が、小麦ふすまおよびライ麦の押し出し成形に適した条件であることが明らかになった。

(風見真千子)

日本食品保蔵科学会誌 第43巻 内容項目

第 1 号

<報 文>

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

<報 文> (英文)

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：品種比較に基づいた水ナス果実の品質並びに加工特性

<技術報告>

鮫島陽人・満留克俊・徳永太藏・桑鶴紀充：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

<技術報告> (英文)

北澤裕明・明石秀也・長谷川奈緒子・永田雅靖：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

<総 説>

岡 大貴：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

<情 報>

柚木崎千鶴子：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的设计と運用

<文献抄録>

<本会記事>

第 2 号

<報 文>

国正重乃・野口智弘・高野克己：ゆば被膜の形成における脂質の影響ならびにタンパク質と脂質の相互作用について

鶴永陽子・高橋哲也・松本真悟・永田善明・吉野勝美：天然ウップルイノリの色調，食感，ミネラル含量，揮発性成分ならびに形状

<研究ノート>

塩野弘二・辻井良政・野口智弘・高野克己：米デンプンの糊化および粘度挙動に対する内在タンパク質および脂質の影響

<技術報告>

橘田浩二・谷本秀夫・執行正義・山内直樹・板村裕之：可視・近赤外分光法による水ナス果実の空洞果判別技術

<総 説>

宮城一葉：シークワシャー (*Citrus depressa* Hayata)

果汁の品質特性と搾汁残渣の利用に関する研究

<文献抄録>

<本会記事>

<会 告>

第 3 号

<報 文>

島村智子・柏木丈弘・松本結香・吉次香菜子・平岡あゆみ・山添智香子・森山洋憲・大石雅夫・宮村充彦・受田浩之：碁石茶に含まれる抗酸化成分の解明

高良健作・長嶺 伸・安次嶺稜弥・宮城一葉・和田浩二：食用植物中のニコチアナミン量と冷蔵保存および調理による変化

<研究ノート>

深井洋一・佐久間淳：リンゴ‘秋映’の葉とらず栽培の優位性ならびに果実の「柔さ」に関する品質要因について

<技術報告> (英文)

高橋 誠・金城由希子・上地俊徳・広瀬直人・水 雅美・侯 徳興・和田浩二：黒糖摂取が人の心理的ストレスに及ぼす影響

<講 座>

丸山純一：HACCP教育講座 (15) HACCP導入率向上のための取組み

<文献抄録>

<会 告>

第 4 号

<報 文> (英文)

堀西朝子・雪本 亮・東出晃平・岸田邦弘・森 一・尾崎嘉彦：ウメ赤肉品種‘露茜’果肉中のフェノール性化合物の特徴とラットの食後血糖値への影響

南 和宏・樫村修生・前崎祐二・清柳典子・丹羽光一・相根義昌・渡部俊弘：サチャインチオイル摂取による血流依存性血管拡張反応：機能性食品のヒト血管に対する非侵襲的評価法

蓑島良一・椎葉 究：豆類の生育ステージ，登熟期のGABA量の比較

<研究ノート> (英文)

李 夢秋・宮沢幸敬・趙 崗・鈴木公一・川井 泰・増田哲也・小田宗宏：*Bifidobacterium longum* Strain No. 14-2 による *N*-acetylsucrosamine の資性

<総 説>

国正重乃：湯葉被膜形成機序の解明と品質ならびに生産性の向上

<講 座>

飯野久和：HACCP教育講座(16) ヒト試験における有効性評価と高度健康強調表示—プロバイオティクスとプレバイオティクスを中心に—

<文献抄録>

<会 告>

第 5 号

<報 文>

鮫島陽人・満留克俊・徳永太藏・桑鶴紀充・田中 要：低酸素・高二酸化炭素下の貯蔵がカボチャ果実の品質に及ぼす影響

島村智子・山本憲司・大塚祐季・林 未季・柏木丈弘・受田浩之：カツオ節をはじめとする各種節類抽出液に含まれる環状ジペプチドの定量

<研究ノート>

前田宜昭・本田 望・米澤加代・阿左美章治：圧搾処理した米糠がKK-Ay/Taマウスの血糖値ならびに抗酸化能に及ぼす影響

深井洋一・佐久間淳：無核・皮食性ブドウ‘ナガノパール’の収穫適期に関与する食感「柔さ」および食味特性

<講 座>

堀田国元：HACCP教育講座(17) 機能水(次亜塩素酸水)の発展と普及

<文献抄録>

<本会記事>

第 6 号

<報 文>

広瀬直人・前田剛希・照屋 亮・高良健作・和田浩二：乳酸発酵によってGABAを強化した黒糖の開発
武曾(矢羽田)歩・山本久美・折田綾音・船越淳子・土肥昌修・大和孝子・太田英明：果実酢飲料摂取が精神的ストレス指標および血液流動性に及ぼす影響

<研究ノート>

中澤洋三・平井 剛・田縁勝洋・鳥越昌隆・山崎雅夫・佐藤広顕：新品種やまのいも「きたねばり」の粘性特性

永田雅靖・竹下栄伸・太田和宏・北澤裕明・中村宣貴・寺西克倫：ダイコンの貯蔵に伴う青変症の発生と酸素濃度の関係

<講 座>

泉 秀実：HACCP教育講座(18) 新たな電解水によるカット野菜の洗浄殺菌

<文献抄録>

日本食品保蔵科学会会則

第1条 (名称および本部) 本学会は、日本食品保蔵科学会と称する。本部は東京農業大学応用生物科学部生物応用化学科食料資源理化学研究室内(東京都世田谷区桜丘1-1-1)に置き、必要な地域に支部を置くことができる。

第2条 (目的) 本学会は、食品保蔵に関する基礎的研究並びに応用に関する研究を推進し、生産、貯蔵、加工、流通等の技術及びこれらに関する機器の改善を図り、もって食品流通の合理化と食の安心、安全並びに安定を期することを目的とする。

第3条 (事業) 本学会は、前条の目的を達成するため、次の事業を行う。

- (1) 会誌の発行
- (2) 研究発表会、講演会等の開催
- (3) 情報交換、研究調査、資料の収集と頒布
- (4) 研究業績及び本学会への功績に対する授賞
- (5) その他、本学会の目的達成に必要とする事業

第4条 (会員) 会員は、食品保蔵科学に関する調査、情報の提供その他の便宜を受けることができる。

- (1) 名誉会員 本学会に特に功績のあった者、又は学識経験者であって、理事会の推薦に基づき評議員会に諮り、総会の承認を得た者。
- (2) 終身会員 多年にわたり本学会の発展に寄与した者であって、理事会の推薦に基づき、評議員会に諮り総会の承認を得た者。
- (3) 正会員 本学会の趣旨に賛同し、正会員会費を納めた個人。
- (4) 学生会員 大学院、大学及び短期大学又はこれに準ずる学校に在籍し、学生会員会費を納めた学生。
- (5) 団体会員 本学会の事業を賛助するため入会し、団体会費を納めた教育・研究機関、協会、企業等。
- (6) 維持会員 本学会の事業を賛助するため入会し、維持会費を納めた企業又は団体等。

第5章 (役員) 本学会には次の役員を置く。

- (1) 会長 1名
- (2) 副会長 3名
- (3) 事務局長 1名
- (4) 常任理事 若干名
- (5) 理事 40名以内
- (6) 評議員 80名以内
- (7) 監事 2名

第6条 (役員を選出) 本学会の役員は正会員より選出する。

2 役員選出のため役員選考委員会を置く。委員会の規程は別に定める。

3 会長は、理事が推薦した候補者の中から役員選考委員会にて次期会長候補者1名を選出し、総会の承認を得て決定する。

4 理事、評議員及び監事は役員選考委員会にて選出し、総会の承認を得る。ただし、評議員は理事を兼ねることはできない。

5 副会長は理事より選出し、総会の承認を得る。

6 事務局長は理事より選出し、会長がこれを委嘱する。

第7条 (役員の職務) 本学会の役員の職務は次の通りとする。

- (1) 会長は本学会を代表して会務を統括し、理事会及び評議員会を召集する。
- (2) 副会長は会長を補佐し、会長に事故あるときはその職務を代行する。
- (3) 事務局長は会長を補佐し、学会運営に関する実務を統括する。
- (4) 理事は理事会を構成し、会長の付議する事項について審議する。
- (5) 評議員は評議員会を構成し、理事会の諮問に応ずる。
- (6) 監事は会計及び会務の状況を審査する。

第8条 (役員任期) 役員任期は2カ年とする。ただし再任は妨げない。

第9条 (顧問) 本学会には顧問を置くことができる。顧問は、理事会の議を経て会長がこれを委嘱し、本学会運営上の事項について会長の諮問に応ずる。

第10条 (総会) 総会は定期総会及び臨時総会とし、会長がこれを主宰する。

2 定期総会は毎年1回開く。臨時総会は理事会が必要と認めた場合に開く。

3 総会の議決は出席者の過半数をもって決する。

4 総会は次の事項について審議又は議決する。

- (1) 会則の変更
- (2) 会費の決定又は変更
- (3) 事業計画・報告及び収支予算・決算
- (4) 事業計画及び収支予算の審議
- (5) その他理事会において必要と認めた事項

第11条 (理事会) 理事会は定期理事会及び臨時理事会とし、会長が召集し、議長を務める。

2 定期理事会は毎年1回開く。

3 臨時理事会は会長が必要と認めたとき、又は理事の

3分の1以上の要求があったときに開く。

- 4 理事会は、理事の3分の2の出席により成立するものとし、過半数をもって決する。
- 5 監事は必要に応じて理事会に出席し、意見を述べることができる。
- 6 理事会は次の事項について審議又は決定する。
 - (1) 総会に付議すべき事項及び総会の召集に関すること。
 - (2) 総会の決議した事項の執行に関すること。
 - (3) 会務を執行するための計画、組織及び管理運営に関すること。
 - (4) 細則、諸規程の制定又は改廃に関すること。
 - (5) その他理事会において必要と認めた事項。

第12条（運営役員会） 本学会の会務を執行するために運営役員会を置く。

- 2 運営役員会は、会長、副会長及び第14条に定める委員会の委員長にて構成する。必要に応じ会長が召集し第11条の6に定める事項を審議し、理事会の議を経てこれを執行する。
- 3 監事は必要に応じて運営役員会に出席し、意見を述べることができる。

第13条（評議員会） 評議員会は会長が召集し、会長が議長を務める。

- 2 理事及び監事は、評議員会に出席し意見を述べることができる。
- 3 評議員会は会務について会長の付議する事項を審議し、意見を述べるができる。

第14条（委員会） 本学会は事業の遂行のために必要とする委員会を置くことができる。委員会の規程は別に定める。

- 2 委員会は役員若干名によって構成し、委員は理事会の推薦により会長がこれを委嘱する。

第15条（会計） 本学会の経費は、会費その他の収入をもって当てる。

- 2 本学会の会計年度は、毎年4月1日に始まり3月31日に終る。
- 3 本学会の会費規定は別に定める。

第16条（本部事務局） 本学会の事務処理のため、本部事務局（以下事務局）を置く。

- 2 事務局長は事務局を統括する。
- 3 事務局に幹事若干名を置くことができる。
- 4 幹事は理事会の議を経て、会長がこれを委嘱する。
- 5 幹事は事務局長を補佐し、庶務、会計の実務を行う。

第17条（職員） 本学会には会長の委嘱により、事務員を置くことができる。

第18条（会則の変更） 本学会の会則は総会の議によって変更することができる。

付 則

1. 本会則は昭和49年7月6日から施行する。
2. 本会則は昭和56年5月26日に改正する。
3. 本会則は昭和61年2月22日に改正する。
4. 本会則は昭和62年2月21日に改正する。
5. 本会則は平成元年2月10日に改正する。
6. 本会則は平成2年5月26日に改正する。
7. 本会則は平成3年5月25日に改正する。
8. 本会則は平成5年6月5日に改正する。
9. 本会則は平成7年6月3日に改正する。
10. 本会則は平成8年5月25日に改正する。
11. 本会則は平成9年5月24日に改正する。
12. 本会則は平成13年6月15日に改正する。
13. 本会則は平成16年6月26日に改正する。
14. 本会則は平成19年6月23日に改正する。
15. 本会則は平成20年6月21日に改正する。

原 稿 送 状

発送年月日 年 月 日	原稿種別：	研究ノート	技術報告	資料	情報	総説
表 題 ランニングタイトル (15字以内)						
著者氏名 所属機関 所在地 〒						
表 題 (英文)						
著者氏名 (英文) 所属機関 (英文) 所在地 (英文)						
連絡先 所在地 所属 氏名 E-mail	TEL. FAX.			原稿枚数	本文 英文要旨 同和訳 原図・写真 図説明原稿 表	
	枚 枚 枚 枚 枚 枚			年 月 日 ()		
別 刷	部	受付番号	受付年月日			
備 考						

・太線内は全て御記入下さい。 ・英文はワープロソフトを使用し御記入下さい。
 ・コピーしてお使い下さい。

「日本食品保蔵科学会誌」投稿規定

第1条 本誌は本学会規約に基づき、総説、報文、研究ノート、技術報告、資料、情報、その他編集委員会が必要と認めたものを掲載する。

第2条 投稿は本会会員に限る。ただし共著者はこの限りではない。

第3条 投稿は本会編集委員会事務局宛とし、到着日をもって受付日とし、審査終了日をもって受理日とする。

第4条 論文は和文または英文とする。

第5条 総説は、原則として編集委員会より依頼する。報文、研究ノートおよび技術報告は原著とし、他誌に未発表のものに限る。研究ノートは報文にまとめ得ないが、公表することにより学会に寄与するものとする。技術報告は、報文にまとめ得ないが、有用なデータを含み、本学会関連分野の技術向上に寄与するものとする。資料は、調査、統計などをその内容とし、本会員の研究に役立つものとする。情報は、解説記事、国内外の食品産業の動向、国際会議報告、研究所の紹介記事など本会員に有用なものとする。

第6条 報文その他の掲載は、原則として受理順とするが、その採否および順序は編集委員会の判定による。

第7条 編集委員会は、投稿原稿の内容および字句について不適当と認めた場合は、著者に訂正または検討を求めることがある。

第8条 再提出を求められた原稿は、返送日から2カ月以内に編集委員会事務局へ返却する。2カ月以上経過した場合は、新規受付として取り扱う。

第9条 1) 報文、技術報告、資料および情報は刷り上

がり6頁以内、研究ノートは4頁以内(図、表を含む)とする。これを超えた場合は、1頁につき20,000円を徴収する。図はトレースする必要のない鮮明な原稿を添付する。トレースが必要な場合およびカラー写真を掲載するときなどは実費を徴収する。

2) 審査終了後、編集委員会において英文校閲を専門機関に依頼する。なお、費用については実費を徴収する。

第10条 原稿は「投稿論文記載要領」(毎年1号に記載)に従い作成し、原稿の他、鮮明なコピー2部を添付する。なお、原稿には和英両文の題目、著者名、所属などを記入した送状(学会誌に綴じ込みのもの)を添付する。

第11条 原稿はワープロソフトを用いて作成し、掲載になった後、そのフロッピーディスクを事務局へ送付する。

第12条 初校の校正は、著者が行う。その際、投稿原稿は送付しない。

第13条 別刷りは実費を徴収する。

第14条 本誌に掲載された論文の著作権は、日本食品保蔵科学会に属する。

付記 原稿送付先は次の通りとする。

〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

東京農業大学 生物応用化学科

食料資源理化学研究室内

「日本食品保蔵科学会」編集委員会 事務局

(平成22年5月22日一部改正)

平成22年10月1日改正施行

◆複写される方へ◆

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(社)日本複権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は、図書館も著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。著作物の転載・翻訳のような複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル

学術著作権協会

TEL:03-3475-5618 FAX:03-3475-5619

E-mail: info@jaacc.jp

◆アメリカ合衆国における複写については次に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone: (978) 750-8400 FAX: (978) 750-4744

■別刷代金■

部数	和文	欧文
50部まで	15,000円	20,000円
100部まで	20,000円	30,000円
200部まで	30,000円	40,000円
400部まで	40,000円	40,000円

(注) 端数部の場合でも、上記金額となります。

■会費規定■

正会員会費	年額	6,000円
学生会員会費	年額	1,000円
団体会員会費	年額1口	20,000円
維持会員会費	年額1口	50,000円

日本食品保蔵科学会誌 第43巻第6号 平成29年11月30日印刷発行

編集発行者 一般社団法人日本食品保蔵科学会
〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1
東京農業大学 生物応用化学科 食料資源理化学研究室内
TEL (03) 3426-3979 FAX (03) 5477-2619
郵便振替口座 00120-9-115327
銀行口座 三井住友銀行経堂支店 普通5200100
発行取扱所 (株)建帛社 〒112-0011 東京都文京区千石 4-2-15

(亜細亜印刷)