

日本食品保蔵科学会誌

VOL. 41 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	竹永 章生
	古庄 律	松田 茂樹	宮本 敬久		

<報 文>

バオバブ (*Adansonia digitata*) フルーツパルプの水溶性
食物繊維の糖組成およびラットを用いた耐糖能の評価 (247)
 /米澤加代・谷岡由梨・石田 裕
 島田剛志・古庄 律

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 (253)
 /広瀬直人・前田剛希・高良健作・和田浩二

浸透圧を利用した渋ガキ果肉の脱水と脱渋ならびに加工品の品質に関する研究 (261)
 /平 智・佐藤祐樹・秋元彩夏
 佐伯葉子・松本大生

<報 文> (英文)

小麦リコンビナントPDI-ERO 1によるジスルフィド
結合形成の解析および製パン性に及ぼす影響 (267)
 /野口智弘・西堀史也・塩野弘二
 岡 大貴・野口治子・高野克己

<資 料>

玄米食の安全性について (273)
 /前田雪恵・辻井良政・矢富伸治
 井上明浩・高野克己

<講 座>

HACCP教育講座 (12) 植物未利用素材の活用と安全性 (277)
 /樋口かよ

<文献抄録> (283)

Food Preservation Science

CONTENTS OF VOL. 41 NO. 6 (2015)

<Article> (Japanese)

- Sugar Composition of Water-soluble Dietary Fiber Prepared from Baobab
(*Adansonia digitata*) Fruit Pulp, and Evaluation of Glucose Tolerance in Rats
YONEZAWA Kayo, TANIOKA Yuri, ISHIDA Hiroshi,
SHIMADA Tsuyoshi and FURUSHO Tadasu (247)
- Changes in the Physicochemical and Flavor Characteristics of the Okinawan
Brown Sugar “*Kokuto*” during Storage at Ambient Temperature
HIROSE Naoto, MAEDA Goki, TAKARA Kensaku and WADA Koji (253)
- Dehydration and Astringency Removal from Persimmon Flesh
by Osmotic Pressure, and Study of Fruit Quality
TAIRA Satoshi, SATO Yuki, AKIMOTO Ayaka,
SAEKI Yoko and MATSUMOTO Daiki (261)

<Article> (English)

- Influence of Disulfide Bond Formation Via Recombinant
PDI-Ero 1 Processing of Proteins and Baking Quality
NOGUCHI Tomohiro, NISHIBORI Fumiya, SHIONO Koji,
OKA Daiki, NOGUCHI Haruko and TAKANO Katsumi (267)

<Research Data> (Japanese)

- Information on Safety of Brown Rice Meal
MAEDA Yukie, TSUJII Yoshimasa, YATOMI Shinji
INOUE Akihiro and TAKANO Katsumi (273)

<Serialization Lecture> (Japanese)

- Utilization and Safety of Unused Plant Materials
HIGUCHI Kayo (277)

バオバブ (*Adansonia digitata*) フルーツパルプの水溶性食物繊維の糖組成およびラットを用いた耐糖能の評価

米澤加代*1・谷岡由梨*1・石田 裕*1
島田剛志*2・古庄 律*1§

*1 東京農業大学短期大学部栄養学科

*2 (株)エコロジーヘルスラボ

Sugar Composition of Water-soluble Dietary Fiber Prepared from Baobab (*Adansonia digitata*) Fruit Pulp, and Evaluation of Glucose Tolerance in Rats

YONEZAWA Kayo*1, TANIOKA Yuri*1, ISHIDA Hiroshi*1,
SHIMADA Tsuyoshi*2 and FURUSHO Tadasu*1§

*1 Department of Nutrition, Junior College of Tokyo University of Agriculture,
1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502

*2 Ecology Health Labo Inc, 1-3-8 Nakamura-kita, Nerima-ku Tokyo 176-0023

In this study, soluble dietary fiber (SDF) prepared from baobab (*Adansonia digitata*) fruit pulp (BFP) was found to be composed of 82.9% acidic and 10.1% neutral sugar. When the methoxylated content of BFP-SDF was assayed, the proportion of methoxylated galacturonic acid was found to be 14.1%. The effect of BFP-SDF on the regulation of blood glucose level was examined *in vitro* and *in vivo*. BFP-SDF significantly reduced both glucose diffusion and permeation rates in cultured Caco-2 cells. In oral glucose-tolerance tests conducted on Sprague-Dawley rats, compared to control rats administered 40% glucose solution, rats administered 40% glucose solution supplemented with 5% or 10% BFP-SDF showed significantly decreased postprandial blood glucose levels at 90 min and 120 min after administration. These results suggest that inclusion of BFP-SDF in the diet has a hypoglycemic effect in mammals, mainly due to a decrease in the diffusion of ingested glucose in the intestine.

(Received Jul. 30, 2015; Accepted Sep. 17, 2015)

Key words: Baobab (*Adansonia digitata*), soluble dietary fiber, sugar composition, hypoglycemic effect, blood glucose
バオバブフルーツ, 水溶性食物繊維, 糖組成, 血糖抑制効果, 血糖値

バオバブ (*Adansonia digitata*) は、アフリカを中心にオーストラリアなど亜熱帯から熱帯の乾燥したサバンナに自生する巨木で樹齢は数百年から数千年といわれている¹⁾。樹齢が100年を越える頃から開花・結実し、1本に20~500個の果実ができる。果実は大きなものでは2kgにも達し、現地では完全熟、乾燥した果実のパルプ部分を粉末化したものをバオバブフルーツパルプ (BFP) としてそのままあるいは水やミルクに溶かして飲食されている。果実以外にも種子、根や葉、樹皮に至るまで現地では広く生活に利用されている。

BFPは、ビタミンやミネラルなどが豊富で非常に栄養価が高い²⁾だけでなく、食物繊維 (DF) を約40%含み、そのうち水溶性食物繊維 (SDF) の割合は約30%と他の果物と比べ水溶性食物繊維含有量が非常に多いことが特徴である。EUでは2008年にNOVEL FOOD (新規食品) として認定されており、日本においても近年BFPの機能性が注目されスーパーフルーツの一つとして取り上げられている。私たちは、高コレステロール添加した食餌中のセルロース相当量をBFPに含まれるDFに置換した餌をラットに与えると糞中へのコレステロール排泄量

*1 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

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

*2 〒176-0023 東京都練馬区中村北1-3-8

が上昇すると同時に、血清および肝臓中総コレステロールが低下することを見出している³⁾。食物繊維は、小腸アミラーゼなどの消化酵素による分解を受けないため直接大腸まで到達する。そこで、一部は腸内細菌による発酵によって短鎖脂肪酸が生成され、このうちプロピオン酸は肝臓におけるコレステロール合成を阻害することが報告されておりコレステロール代謝に重要であることが示唆されている⁴⁾。また、食物繊維の摂取により胆汁酸排泄量が増加し、生体内のコレステロールプールを減少させ、血漿中のコレステロール濃度の低下にも関与している可能性が示唆されている^{4),5)}。これらのことから、私たちが見出したBFPを添加した高コレステロール食を摂取したラットの血清および肝臓中総コレステロールの低下と糞中コレステロール排泄量の増加は、BFPのSDFの効果であることが示唆された。

そこで今回は、BFP-SDFの構成糖の特性を明らかにするとともに、糖質代謝に及ぼすBFP-SDFの効果を検討することを目的として、グルコース拡散阻害試験、Caco-2細胞を用いたグルコース能動移送透過阻害試験およびラットを用いたグルコース負荷試験を実施した。

実験方法

1. 実験試料および水溶性食物繊維画分の調製方法

実験試料には、エコロジーヘルスラボ(株)において輸入したセネガル産BFPを使用した。BFPの成分組成をTable 1に示した。分析値はエコロジーヘルスラボ(株)が民間に成分分析を委託して得られた値を使用した。食物繊維(DF)の定量とSDF粗抽出物(BFP-SDF)の抽出は、既報⁶⁾に準じて行った。ピーカーにBFPと、その10倍量の純水を加え、ウォーターバスにて80℃で加温しながら60分攪拌後、5,000rpmで40分間遠心分離を行い上清と沈殿物に分けた。上清を分取後、沈殿物に対して同様の操作を2回繰り返した。得られた上清をすべて合わせ、全容量の4倍量のエタノールを加えて静かに攪拌した後、60分間静置してエタノール不溶な物質を沈殿

させた。次いで、200meshのナイロン布で沈殿物を濾別し、得られた濾別物を再度純水に溶解後、4倍容のエタノールを加えてエタノール不溶物質を沈殿させた。同様の操作を2回繰り返して得られた濾別物を純水に溶解後、透析用セルロースチューブ(日本メディカルサイエンス製)に移し、10倍量の純水で数時間毎に水を交換しながら3回透析後、チューブ内液を凍結乾燥し、これをBFP-SDFとした。なお、バオバブフルーツより得られたBFP-SDFの回収率は約21%であった。

2. 測定方法

(1) BFP-SDFの成分組成および糖組成 水分、灰分は五訂日本食品標準成分表の試験法⁷⁾に従った。BFP-SDFの酸性糖の分析はm-ヒドロキシフェニル法⁸⁾で、中性糖の分析はアンスロン硫酸法⁹⁾で行った。メタノールの分析はJEROMEらの方法¹⁰⁾に従った。

また、測定した酸性糖(ガラクトロン酸として)量とメタノール量を以下の計算式に当てはめてBFP-SDF中の酸性糖のメトキシル化度を算出した。

メトキシル化度(%)

=メタノール(mol)/ガラクトロン酸(mol)×100

(2) BFP-SDF水溶液の粘度 BFP-SDFの粘度測定は振動型粘度計SV10型(株エー・アンド・デイ製)を使用し、測定は20℃、振動子駆動周波数は30Hzで行った。なお機器の校正は純水およびJISの標準粘度校正溶液(日本グリース製JS2000)を用いた。

(3) グルコース拡散阻害に及ぼすBFP-SDFの効果

グルコース拡散阻害試験は海老原らの方法¹¹⁾に従った。すなわち、マイクロファイバーフィルター VCWP 04700Nitrocellulose (Millipore製)で仕切られた3室(a, b, c)からなる拡散速度測定装置を用いて行った。装置はあらかじめ37℃に保温した恒温槽に静置し、a室に2%グルコース溶液、b室(中央)にBFP-SDF溶液c室に蒸留水をそれぞれ満たした。3種の溶液はあらかじめ37℃で保温しておき同時に注入し、各室内にそれぞれの溶液を完全に満たしたときを測定開始時間とした。なおc室にはあらかじめ攪拌子(長径15mm太さ5mmの楕円型)を入れておき、測定開始時に作動(1,200rpm)させた。一定時間後、c室に移動するグルコース量を酵素法(Glucose C II-Test Wako, 和光純薬製)により測定した。

(4) Caco-2細胞を用いたグルコース能動移送透過阻害試験 グルコースの培養細胞能動移送試験にはCaco-2細胞を用いた。すなわち、理化学研究所より分与されたCaco-2細胞を培養液(MEM+20%FBS)の入った細胞培養フラスコに播種し、37℃、5%CO₂気相下で前培養後、この細胞を12ウェル用BDバイオコートセルカルチャーインサートプレート(ファルコン)に播種した^{6),12)}。コンフレントになるまで培養したCaco-2細胞を滅菌リン酸緩衝液(PBS)で洗浄した後、試験区のインサートプレート(IP)上に0.5%および1.0%BFP-SDF

Table 1 Composition of baobab fruit pulp (g/100g dry weight)

Component	Baobab fruit pulp
Moisture	8.8
Crude protein	1.6
Crude fat	1.0
Carbohydrate	84.6
Ash	4.0
Dietary fiber*	
Soluble dietary fiber	30.6
Insoluble dietary fiber	11.0

*Dietary fiber was determined by a modification of the enzymatic-gravimetric method of PROSKY *et al.*: *J. AOAC Int.*, 77 (3), 690-694 (1994)

を含む0.5%グルコース/PBSを1mlずつ添加した。また、対照区のウェルには0.5%グルコース/PBSを1ml添加した。コンパニオンプレート (CP) 側にはPBSを1.5ml入れ、5%CO₂気相下で37℃、2時間放置した。放置後、CP上のPBSを回収し、透過したグルコースを酵素法 (Glucose C II Test Wako, 和光純薬製) で測定した。なおグルコース能動移送透過率は対照区 (PBS) の測定平均値を100%として算出した。

(5) グルコース負荷試験におけるBFP-SDFが血糖値の推移に及ぼす影響 ラットを用いたグルコース負荷試験⁶⁾における血糖値の推移に及ぼすBFP-SDFの投与の影響に関する実験は、日本SLC(株)より購入したSD系雄性ラット7週齢 (体重約220g) 8匹を用いた。固形飼料 (MF:オリエンタル酵母工業(株), 東京) で飼育したラットを12時間絶食させ、対照実験として40%グルコース溶液2.5ml (グルコースとして1g負荷) をstomach tubeにて経口投与した。血糖値の測定は投与前 (0分)、投与後30分、60分、90分、120分に尾静脈より採血し、メディセーフミニGR-102 (テルモ(株), 東京) を用いて行った。次いで、動物の個体による感受性の違いに由来する誤差を低減させるため、対照実験に用いた同一のラットを試料や投与によるストレスの影響を考慮して3日間の間隔をあけて本実験に使用した。同条件で絶食させたラットに、1%、5%、10%のBFP-SDFを含む40%グルコース溶液2.5mlを同様に経口投与して血糖値の推移を観察した。また、動物を用いた実験は東京農業大学実験動物委員会の定める「動物の飼育および保管等に関する基準」に従って実施した。

(6) 統計処理 各実験結果は平均値±標準誤差 (mean±SE) で示した。有意差検定は、統計ソフト‘Statcel 3’を用いてBonferroni/Dunnの多重比較検定を行い、 $p<0.01$ あるいは $p<0.05$ で統計的に有意とした。

実験結果

1. BFP-SDFの成分組成および糖組成

BFP-SDFの一般成分および糖組成をTable 2に示した。BFP-SDFには、中性糖が10.1%、ウロン酸 (ガラクトロン酸として) が82.9%含まれており、BFP-SDFはウロン酸を主成分とする糖組成を示した。また、メトキシ化ガラクトロン酸は14.1%であった。

Table 2 General and sugar composition of SDF prepared from baobab fruit pulp

Component	BFP-SDF (%)
Moisture	8.3
Acidic sugar	82.9
Neutral sugar	10.1
Methoxylated galacturonic acid	14.1
Ash	8.6

2. BFP-SDF水溶液の粘度

BFPより抽出したBFP-SDF水溶液の粘度の変化をFig. 1に示した。純水の粘度を1.0mPa·sとした場合、1%では1.5mPa·s、2%では2.5mPa·s、5%では10.3mPa·s、10%で769mPa·sであった。

3. グルコース拡散阻害に及ぼすBFP-SDFの効果

7mmの水相 (コントロール) またはBFP-SDF溶液相を挟んだ拡散装置を用い、グルコース拡散阻害試験を行った。その結果、実験開始20分以降、グルコース溶液から反対側チャンバーに向けて、コントロールはグルコース拡散が顕著に進行し、120分経過後には100mg/dlに達した。一方、2% BFP-SDF溶液相を挟むと、緩やかに拡散が進行し、120分経過後も20mg/dlに留まり、コントロールの約20%にまで拡散は阻害されていた。さらに、4% BFP-SDF溶液相を用い同様に実施したが、グルコース拡散阻害は2% BFP-SDF溶液と同程度であった (Fig. 2)。

4. Caco-2細胞を用いたグルコース能動移送透過阻害試験

BFP-SDFをグルコース吸着フィルターと仮定し接触するCaco-2細胞をバイオフィルターとして用いグルコ

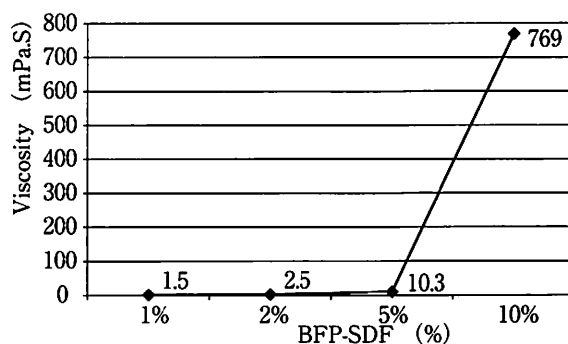


Fig. 1 Relationship between BFP-SDF concentration and BFP viscosity

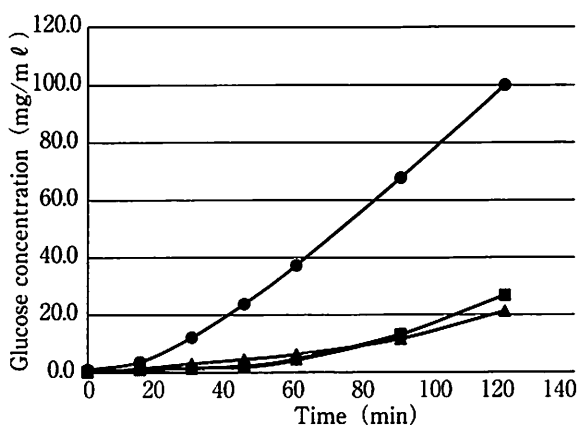


Fig. 2 Glucose diffusion rate across a 7-mm layer of BFP-SDF solution

● Control ; ▲ 2% BFP-SDF ; ■ 4% BFP-SDF

ース透過性について検討した (Fig.3)。コントロールのグルコース移送透過率を100%としたとき、0.5% BFP-SDFのグルコース移送透過率は43.4%であり、コントロールと比べ顕著に低下していた ($P<0.01$)。また、1.0% BFP-SDFの透過率は42.9%であり、0.5% BFP-SDFと同程度であった。

5. グルコース負荷試験におけるBFP-SDFが血糖値の推移に及ぼす影響

SD系ラットにBFP-SDFを5.0%あるいは10%含む40%グルコース溶液2.5mlをstomach tubeにより投与し、投与後30分毎の血糖値を測定した (Fig.4)。5.0%BFP-SDF投与群では、投与開始から90分まで有意差はないものの、グルコース溶液のみを投与した対照群に比べ、血糖値の上昇が抑えられる傾向を示した。一方、10.0% BFP-SDF投与群では、投与開始から60分まで、5.0% BFP-SDF投与群と同様の傾向を示したが、投与後90分で対照群に比べて有意に血糖値が低下 ($P<0.05$) していた。さらに、投与後120分において、5.0%投与群では

110.0±2.4mg/dl ($P<0.05$)、10.0%投与群では、80.3±5.3mg/dl ($P<0.01$) であり、対照群の126.6±4.0mg/dl と比べ血糖値の顕著な低下がみられた。

考 察

筆者らは、先にBFP-SDFに豊富に含まれるSDFに着目し、体重増加と血清中総コレステロール濃度抑制効果について検討し、高コレステロール負荷食を与えたラットを用いて、BFP-SDF摂取による体重増加の抑制、および血清、肝臓中コレステロール濃度の有意な抑制と糞中へのコレステロール排泄量の上昇を認めている。このことから、BFP-SDFは高コレステロール血症予防のための機能性食品として利用可能であることを明らかとしている³⁾。今回はBFP-SDFの機能性についてさらに追究することを目的として、BFP-SDFの成分組成、特に糖組成、および糖代謝に及ぼす影響について検討を行った。

BFP-SDFには、中性糖が10.1%、ウロン酸 (ガラクトuron酸として) が82.9%含まれており、BFP-SDFの主成分はペクチンであると推定された。また、メタノール量の測定結果をもとにメトキシル化度を算出した結果は14.1%であった。一般にメトキシル化ガラクトuron酸が42.9%以上の場合は高メトキシル (HM) ペクチン、それ以下であれば低メトキシル (LM) ペクチンであること定義されている¹³⁾ことから、今回の実験によりBFP-SDFのペクチンはLMペクチンであると示唆された。

次にグルコース拡散阻害試験を行ったところ、BFP-SDF濃度が2%においてグルコースの拡散阻害率は120分後で約21.2%であり、BFP-SDFのグルコース拡散阻害作用を確認した。本試験方法は、ニトロセルロース膜を用い物理的作用のみを介しグルコースの拡散を観察したものであるが、生体内において吸水してゾル化したBFP-SDFがグルコースの拡散を抑制することを予想させる結果と考えられる。さらに、小腸管内を想定した培養細胞 (Caco-2細胞) をバイオフィルターとして用いた透過移行阻害試験においてはBFP-SDF濃度0.5%において約43%の透過移行阻害がみられ、より明確に生体内でのBFP-SDFによるグルコースの吸収阻害を推察する結果が示された。これらの *in vitro* における結果をもとに、BFP-SDFが実際の動物における糖質代謝に及ぼす影響についてラットを用いてグルコース負荷試験を行った。ペクチンについては糖質代謝や脂質代謝を改善する効果があるという報告が数多くなされている^{14)~17)}。今回の結果は、グルコース溶液のみを投与した対照実験に比べ、5.0%および10%BFP-SDFを同時に投与した場合、投与30分後において有意な差はないものの血糖上昇抑制傾向がみられた。SDFの血糖値に及ぼす効果の一つとして、食後の急激な血糖値の上昇を抑制することがあげられる。これは、水分を吸収してゾル化したSDFが高い粘性をもつことで胃から小腸への内容物の通過時間が遅延する結果と考えられている。例えば、ウチワサボテン葉

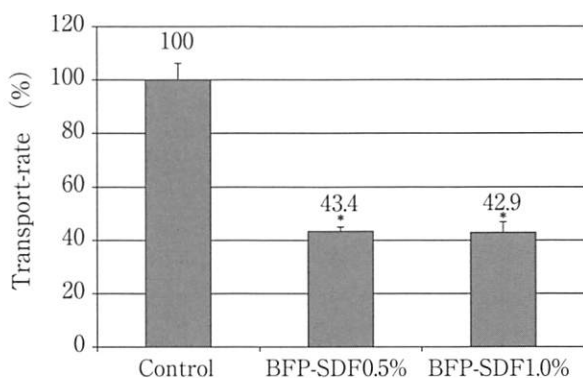


Fig. 3 Glucose transport-rate across Caco-2 cells after addition of 0.5% or 1.0% BFP-SDF

*Significantly different from the control ($p<0.01$)

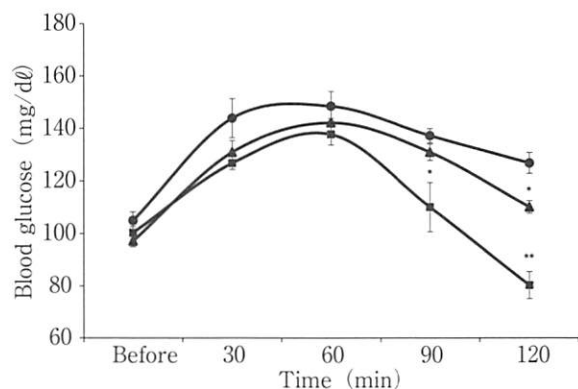


Fig. 4 Postprandial blood glucose levels after administration of a single dose of BFP-SDF preparation in rats

Values represent mean ± SE (n=8)

Asterisks indicate significant difference from the control experiment at the each corresponding time point: * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

● Control ; ▲ 5% BFP-SDF ; ■ 10% BFP-SDF

から抽出したSDFは2%水溶液で約3,000mPa・sの高粘性を示し、投与後30分での血糖値の有意な上昇抑制効果を示すことを私たちは報告している¹⁹⁾。一方、BFP-SDFの場合は、純水に対する相対粘度が1%で1.5倍、5%で10.3倍、10%で769倍であることから、BFP-SDF溶液は低濃度において粘性が低いといえる。このことから、本実験においては5%BFP-SDFを含む40%グルコース溶液を投与した場合は、溶液の粘性が比較的低いために胃から小腸への通過時間が短く、このため小腸に短時間で到達したゾルの表層近くのグルコースは吸収が投与初期の段階で進行し、血糖値が上昇したと考えられる。

しかし、投与90分後以降は10%BFP-SDF群が対照群に比べて有意に低下 ($P < 0.05$) した。また、120分後ではさらに顕著な差 ($P < 0.01$) が認められ、その差は40mg/dl以上であった。一方、5%BFP-SDF群においても120分後では対照群に比べて有意に低下 ($P < 0.05$) した。これらの結果はFig. 4に示したように、BFP-SDFはグルコース投与後90分以降の血糖値を速やかに低下させることが特長であることを示しているものと考ええる。すなわち、ゾルの中心に存在するグルコースについては、拡散阻害試験やCaco-2細胞を用いた透過移行阻害試験の結果が示すようにグルコースの吸収が抑制されることから、血糖値の低下が速やかに起きたのではないかと推察される。本報では投与後の血中インスリン濃度の推移は測定していないが、既報^{19)~22)}と同様、食後血糖値の短時間での正常化はインスリンの分泌応答の制御を介して、臓器の負担軽減に関与するという点で意味があると考えられた。これら一連のBFP-SDFの糖質代謝に及ぼす実験結果は、BFP-SDFが食後血糖値のコントロールに有益に関与する物質である可能性を示唆するものと考ええる。その一方で、BFP-SDFはラットを用いたグルコース負荷試験において、グルコース投与後60分までの血糖値上昇抑制には効果が低く、また90分以降での血糖値の低下作用が顕著にみられるものの10%のBFP-SDFを投与することが必要であり、実際に食品としてBFPを摂取することを考えると困難であることが課題となる。しかしながら、糖組成の分析から明らかになったように、BFP-SDFの主成分はLMペクチンであると推察されることから、低濃度のBFP-SDFであってもCaイオンを添加することで架橋構造を形成させ、ゾルの粘度を上昇させることが可能であると考えられる。BFP-SDF溶液の粘度に及ぼすCaイオン添加の効果と、それを用いた血糖値上昇抑制作用については、次の研究で明らかにしたいと考えている。

日本や欧米先進諸国でみられる生活習慣病の抑制においてDF摂取の一層の増加が望まれている。その一環としてBFPの利用は大いに期待されるが、今後はさらに機能性加工食品としての利用方法についても知見を広げることが必要であろう。

要 約

バオバブ (*Adansonia digitata*) フルーツパルプ (BFP) の成分特性、ならびに機能性成分であるDF、ことにSDFの糖代謝に及ぼす影響について検討した。

BFP-SDFは酸性糖が82.9%で中性糖が10.1%であった。また、メトキシル化度が14.1%であったことから、BFP-SDF中の主成分はLMペクチンであること推察された。

BFP-SDFを用いた*in vitro*におけるグルコース拡散阻害試験においてグルコースの拡散が阻害されることを認めた。また、Caco-2細胞を用いた試験により透過吸収阻害も起こりうることを明らかにした。また、BFP-SDF粗標品を5.0%および10%含む40%グルコース溶液2.5mlをラットに単回経口投与した場合、対照グルコース溶液投与のみのものに比べて、投与後90分以降での血糖値が有意に低下することを認めた。その作用機序として小腸内での拡散および吸収の阻害により血糖値の急激な上昇が抑制されることが推察された。以上のことからバオバブフルーツは食後血糖値をコントロールするための有用な食材であることが考えられた。

文 献

- 1) 吉田 繁 (写真), 蟹江節子 (文): 地球遺産 最後の巨樹 (講談社, 東京) (2002)
- 2) BERRY, R. E.: Tropical fruits and vegetables as potential protein sources, *FOOD TECHNOL-CHICAGO*, 35, 45~49 (1981)
- 3) 米澤加代・野口有希・谷岡由梨・石田 裕・島田剛志・古庄 律: バオバブフルーツ (*Adansonia digitata*) 粉末摂取は高コレステロール負荷食を与えたラットの体重増加と血清コレステロール濃度の上昇を抑制する, *日食保蔵誌*, 40, 21~24 (2014)
- 4) 日本食物繊維学会監修: 食物繊維—基礎と応用—第3版 (第一出版, 東京), pp.136~141 (2008)
- 5) LEVRAT-VERNY, M. A., BEHR, S., MUSTAD, V., RÉMÉSY, C. and DEMIGNÉ, C.: Low levels of viscous hydrocolloids lower plasma cholesterol in rats primarily by impairing cholesterol absorption, *J Nutr.*, 130, 243~248 (2000)
- 6) 石田 裕・古庄 律・鈴野弘子・山本祐司・印南敏・田所忠弘: サツマイモ葉はラットの血糖上昇を抑制する, *日本食生活学会誌*, 15, 111~117 (2004)
- 7) 五訂日本食品標準分析表, 科学技術庁資源調査会
- 8) NELLY, B. and GUSTAV, A. h.: New Method for quantitative determination of uronic acid, *Anal. Biochem.*, 54, 484~489 (1973)
- 9) 菅原龍幸・前川昭男監修: 新食品分析ハンドブック (建帛社, 東京), p.108 (2000)
- 10) KLAVONS, J. A. and BENNETT, R. D.: Determination

- of Methanol Using Alcohol Oxidase and Its Application to Methyl Ester Content of Pectins, *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 597~599 (1986)
- 11) EBIHARA, K., MASUHARA, R. and KIRIYAMA, S.: Major determination of plasma glucose-flattening activity of a water-soluble dietary fiber, effects of konjak mannan on gastric emptying and intraluminal glucose-diffusion, *Nutr. Repo. Internal.*, **23**, 1145~1156 (1981)
- 12) KONISHI, Y. and SHIMIZU, M.: Transepithelial transport of ferulic acid by monocarboxylic acid transporter in Caco-2 cell monolayers, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **67**, 856~862 (2003)
- 13) 日本食物繊維学会監修：食物繊維—基礎と応用—第3版（第一出版，東京），p.45 (2008)
- 14) SCHWARTZ, SE., LEVINE, GD.: Effects of dietary fiber on intestinal glucoseabsorption and glucosetolerance in rats, *Gastroenterology*, **79**, 833~836 (1980)
- 15) FAK, F., JAKOBSDOTTIR, G., KULCINSKAJA, E., MARUNGRUANG, N., MATZIOURIDOU, C., NILSSON, U., STÅLBRAND, H. and NYMAN, M.: The physico-chemical properties of dietary fibre determine metabolic responses, short-chain Fatty Acid profiles and gut microbiota composition in ratsfed low- and high-fat diets, *PLoS One*, **10** (5) (2015)
- 16) SILVA, D. C., FREITAS, A. L., PESSOA, C. D., PAULA, R. C., MESQUITA, J. X., LEAL, L. K., BRITO, G. A., GONÇALVES, D. O. and VIANA, G. S.: Pectin from *Passiflora edulis* shows anti-inflammatory action as well as hypoglycemic and hypotriglyceridemic properties in diabetic rats, *J Med Food*, **14**, 1118~1126 (2011)
- 17) SÁNCHEZ, D., MUGUERZA, B., MOULAY, L., HERNÁNDEZ, R., MIGUEL, M. and ALEXANDRE, A.: Highly methoxylated pectin improves insulin resistance and other cardiometabolic risk factors in Zucker fatty rats, *J. Agric Food Chem.*, **56**, 3574~3581 (2008)
- 18) 古庄 律・石田 裕・鈴野弘子・斉藤守史・三成由美・徳井教孝・印南 敏：ウチワサボテン葉から抽出した水溶性食物繊維画分は2型糖尿病ラットの食後血糖値上昇を抑制する，日本食物繊維学会，**11**，15~22 (2007)
- 19) INNAMI, S., ISHIDA, H., NAKAMURA, K., KONDO, M., TABATA, K., KOGUCHI, T., SHIMIZU, J. and FURUSHO, T.: Jew's Mellow Leaves (*Corchorus olitorius*) Suppress Elevation of Postprandial Blood Glucose Levels in Rats and Humans, *Int. J. Vitami. Nutr. Res.*, **75**, 39~46 (2005)
- 20) EBIHARA, K., MASUHARA, R., KIRIYAMA, S. and MANABE, M.: Correlation between viscosity and plasma glucose and insulin-flattening activities of pectins from vegetables and fruits in rats, *Nutr. Repo. internal.*, **23**, 985~992 (1980)
- 21) JENKINS, D. J. A., LEEDS, A. R., GASSULL, M. A., COCNET, B. and ALBERTI, K. G. M. M.: Decrease in postprandial insulin and glucose concentrations by Guar and Pectin, *Annals of internal med.*, **86**, 20~23 (1977)
- 22) 藤原啓子・松岡 瑛：低粘性水溶性食物繊維（難消化性デキストリン）の耐糖能改善効果，栄養学雑誌，**53**，361~368 (1995)
(平成27年7月30日受付，平成27年9月17日受理)

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

広瀬直人*^{1§}・前田剛希*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

Changes in the Physicochemical and Flavor Characteristics of the Okinawan Brown Sugar “Kokuto” during Storage at Ambient Temperature

HIROSE Naoto*¹, MAEDA Goki*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

Changes in the physicochemical and flavor characteristics of the Okinawan brown sugar “Kokuto” during storage for 21 months at ambient temperature were investigated. Changes in moisture content and water activity were small. Decrease in L* value and increase in the color value were observed, and differences in color characteristics among different kinds of Kokuto reduced with preservation. The color value of Kokuto increased concomitantly with a decrease in free amino acid content. The change in polyphenolic content was small. The antioxidant activity of Kokuto increased till the sixth month and then decreased afterwards. During storage, the content of sulfur-containing compounds showed a large decrease, while the contents of 3-ethyl-2, 5-dimethylpyrazine and dihydro-2-methyl-3 (2H)-furanone increased. These results suggest that the Maillard reaction progressed during storage of Kokuto at ambient temperature. The degree of scattering of volatile compounds varied according to the samples of newly produced Kokuto; however, the difference in scattering reduced with preservation.

(Received Jun. 15, 2015; Accepted Sep. 21, 2015)

Key words: brown sugar, storage at ambient temperature, color value, volatile compound, Maillard reaction
黒糖, 常温保存, 着色度, 香気成分, メイラード反応

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⁾。黒糖は、ショ糖以外にサトウキビ由来の成分を含有するほか、製造工程中の加熱によって生成するカラメル様物質や複雑多様なメイラード反応物に由来する独特な色調²⁾と、サトウキビにはない風味(甘い焦げ臭など)をもち、甘味料としての利用に加えて、嗜好品、あるいは風味づけに利用されている。また、近年の健康志向により、黒糖に含有されるポリフェノール類^{2),3)}やポリコサノール類⁴⁾などの有用成分や、抗酸化能⁵⁾、LDL (低比重リポタンパク) 酸化抑制作用⁶⁾や抗動脈硬化作用⁷⁾などの機能性について、多数報告されている。

一方、黒糖は保存によってフレーバーや色調に変化が生じ⁸⁾、風味や品質が変化することが経験的に知られているが、詳細に検討した報告はない。そこで、黒糖を常温で21か月保存し、物理化学的特性およびフレーバー特性の変化を追跡した。

実験方法

1. 供試材料およびサンプリング方法

黒糖は、全出荷量の約7割を占める「30kg固形」黒糖を供試した。沖縄県内7か所の製糖工場(伊平屋島, 伊江島, 粟国島, 多良間島, 西表島, 波照間島, 与那国島)より、製造日の異なる黒糖(2012年2月5日, 15日, および25日)を各1箱ずつ(7種類×3箱, 合計21箱)

*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

用いた。黒糖は出荷箱に入れた状態で、常温暗所（平均室温 $25.5 \pm 4.4^\circ\text{C}$ 、湿度 $63 \pm 13\% \text{RH}$ 、平均値 \pm 標準偏差、最高値は 33.7°C と99%、最低値は 17.0°C と22%）にて21か月保存し、3か月毎にサンプリングした。30kg固形黒糖は、内装紙（内面に直鎖状短鎖分岐ポリエチレンをラミネートした二重クラフト紙：LLDPE $\#60/\text{SEK}90\text{g}/\text{m}^2$ -SEK $90\text{g}/\text{m}^2$ ）を装填した出荷用の段ボール箱に、製造直後の黒糖（完全に固まっていない粘土状の黒糖で、品温は $80\sim 90^\circ\text{C}$ である）を1層あたり2~3kg程度撞き入れ、2時間程度かけて 45°C 以下まで放冷後、この操作を10~13回繰り返す。そのため、1箱の黒糖を製造するには1~2日間を要し、各層の成分や特性にばらつきが生じることが報告されている⁹⁾。そこで、各層から均一に試料を採取できるように、内装紙を剥がした黒糖試料（縦 $550\text{mm} \times$ 横 $340\text{mm} \times$ 高さ 150mm ）の縦方向に幅 $18\text{mm} \times$ 奥行 10mm を削り取り、分析用試料とした。なお、分析は3反復で行い、平均値を用いた。

2. 試薬類

アミノ酸分析の標準物質にはアミノ酸混合標準液H型（和光純薬工業）、ガスクロマトグラフマスマスペクトロメトリー（GC-MS）用標準物質にはC7~C25のn-アルカン混合溶液（東京化成工業）を用いた。フォーリン&チオカルト・フェノール試薬（Folin & Ciocalteu's phenol reagent）はMP Biomedicals社製、DPPH（1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl）は和光純薬工業社製、MES（2-Morpholinoethanesulfonic acid, monohydrate）は同仁化学社製、TroloxはSigma-Aldrich社製（アメリカ）である。その他の試薬は市販の特級試薬を使用した。

3. 成分分析方法

黒糖試料を乳鉢ですり潰して粉末状とし、水分および水分活性を測定した。水分は加熱乾燥式水分計（MX50, エー・アンド・ディ）、水分活性は電解質電気抵抗湿度センサ式水分活性計（LabSwift-aw, ケツト科学研究所）で測定した。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pH 7.0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¹⁰⁾。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（ $E_x = 348\text{nm}$, $E_m = 450\text{nm}$ ）を蛍光検出器（RF-10AXL, 島津製作所）で測定した。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（ $7.8 \times 250\text{mm}$, 2本直列, 島津GLC）を用い、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100 μM 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（ $4.6 \times 250\text{mm}$, 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。ポリフェノール含量と抗酸化能の分析には、黒糖試料1.0gに10mlの80%エタノールを加え、 70°C で30分間振とうした抽出液を用いた。ポリフェノール含量はFolin-Ciocalteu法¹¹⁾を一部改変して測定し、没食子酸相当量として算出した。すなわち、96ウエルプレートに試料抽出液とフォーリン&チオカルト・フェノール試薬、および5%炭酸ナトリウムを各50 μl ずつ加え、ミキサーで20分間攪拌した後に750nmの吸光度を測定した。抗酸化能はDPPHラジカル消去活性測定法により測定し、Trolox相当量で算出した¹²⁾。96ウエルプレートに試料抽出液と80%メタノール、200mM MES buffer (pH6.0)、および800 μM DPPHを各50 μl ずつ加え、ミキサーで20分間攪拌した後に540nmの吸光度を測定した。

分析結果の統計処理には統計ソフト（エクセル統計2012, 社会情報サービス）を用いた。

4. 香気成分分析方法

黒糖試料を乳鉢ですり潰し、目開き1.4mmのふるいを通した粉末を測定に用いた。ヘッドスペースガスの採取にはヘッドスペースサンプラー（G1888 Network Headspace Sampler, Agilent Technologies）を用い、ガスクロマトグラフ（GC）（7890A, Agilent Technologies）またはGC-MS（5975C, Agilent Technologies）により分析した。20ml容のバイアルに黒糖試料を3.0g量りとり、 80°C で20分間加熱した後に、バイアル圧力11.0psiで1分間ヘッドスペースガスを採取した。サンプラーのループ温度は 170°C 、トランスファーライン温度は 210°C とした。GC分析のカラムはDB-WAX（ $60\text{m} \times 0.25\text{mm}$ I. D., $0.25\mu\text{m}$, J&W）を用い、スプリット比10:1で試料を注入した。カラム温度は初期温度 40°C （5分間）、昇温 $5^\circ\text{C}/\text{分}$ 、最終温度 200°C （3分間）とした。キャリアガスにはヘリウムを使用し、流速は1.2ml/minとした。注入口温度および検出器温度は 250°C とし、水素炎イオン化検出器（FID）で分析した。GC-MS分析のカラムと温度プログラムは、GC分析と同一条件とした。イオン化はEI法により行い、イオン源およびインターフェイス温度は 230°C 、イオン化電圧は70eVとした。香気成分の同定は質量スペクトルおよび標準物質の保持指標（Retention Index）を用いて行った。

実験結果と考察

1. 物理化学的特性的変化

水分は保存期間を通じて5%前後（最大値6.9%、最小値3.9%）で推移し、有意な変化はみられなかった。

水分活性も0.65Aw前後（最大値0.72Aw, 最小値0.60 Aw）で推移し、水分と同様に明確な変化はみられなかった（Table 1）。微生物の生育限界は0.60~0.65Awであるが¹³⁾、黒糖の水分は6%以下、水分活性は0.6~0.7 Aw前後¹⁴⁾と低く、微生物による被害発生リスクは小さいと考えられる。しかし、水分活性が0.65Aw以上と高い黒糖試料には、*Xeromyces bisporus*やカワキコウジカビなどのように0.6~0.7Aw程度の乾燥した環境を好む好乾性カビ¹⁵⁾の発生が観察された。カビによるトラブルを回避するには、黒糖の製造段階における水分活性の低減が重要であると推察された。

保存期間が長くなるとともに、L*値の減少と着色度の増加が認められ、黒糖試料間の色調の差が小さくなるのが観察された（Fig.1, Table 1）。

黒糖の有用な特徴の一つである着色は、主に製糖工程における加熱により生成するカラメル様物質と、同じく加熱によるメイラード反応生成物質に由来する¹⁾。このうちメイラード反応は室温程度の低温でも進行することが報告されている¹⁶⁾。黒糖中の主要な遊離アミノ酸含有量は、常温保存中に減少し、保存6か月までにブドウ糖および果糖が大きく減少した（Table 1）。また、遊離アミノ酸の減少量が大きい黒糖では、着色度の増加も大きくなった（Fig.2）。これらの結果から、黒糖においても、常温保存中にメイラード反応がゆるやかに進行していることが推察された。加工食品原料として黒糖を見ると、特性を生かすためには着色度の増加が望ましいと思われる。窒素含有量が黒糖の色合いに影響を及ぼすことが報告されている¹⁷⁾ことから、アミノ酸含有量が高い原

Table 1 Changes in the physicochemical characteristics of *Kokuto* during storage at ambient temperature

	Preservation period (months)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Water contents (%)	5.30 ± 0.90	5.18 ± 0.76	5.68 ± 0.57	5.64 ± 0.55	5.21 ± 0.68	5.73 ± 0.41	5.24 ± 0.69	4.98 ± 0.65
Water activity (Aw)	0.65 ± 0.04	0.65 ± 0.03	0.66 ± 0.02	0.66 ± 0.02	0.67 ± 0.02	0.67 ± 0.02	0.65 ± 0.02	0.66 ± 0.02
Color value (value×10 ⁴)*	1.27 ± 0.25	1.21 ± 0.26	1.49 ± 0.44	1.65 ± 0.48	1.77 ± 0.48	1.78 ± 0.44	2.52 ± 0.47	2.43 ± 0.65
Asparagine (mg/100g DW)	484.7 ± 198.8	439.3 ± 185.5	274.1 ± 152.7	250.4 ± 152.7	230.9 ± 142.7	203.0 ± 133.0	161.1 ± 105.1	148.5 ± 103.0
Aspartic acid	90.6 ± 30.8	84.0 ± 29.0	77.2 ± 30.1	75.3 ± 30.6	73.2 ± 29.4	66.1 ± 28.1	64.0 ± 27.2	67.7 ± 30.2
Alanine	33.3 ± 11.8	28.9 ± 10.8	24.8 ± 10.6	23.0 ± 9.8	22.3 ± 9.8	19.7 ± 8.9	17.7 ± 7.8	19.4 ± 8.9
Glutamic acid	29.7 ± 6.6	24.8 ± 5.3	17.0 ± 3.8	15.1 ± 3.8	14.8 ± 4.0	12.8 ± 3.8	10.8 ± 3.4	8.7 ± 3.1
GABA	15.7 ± 2.8	14.6 ± 3.3	9.5 ± 2.0	8.6 ± 2.0	7.9 ± 1.8	6.9 ± 1.8	5.8 ± 1.4	5.3 ± 1.5
Sucrose (g/100g DW)	84.44 ± 7.13	84.14 ± 2.81	81.66 ± 1.43	91.70 ± 1.86	79.72 ± 3.43	78.17 ± 3.03	70.67 ± 1.65	70.55 ± 1.53
Fructose	0.43 ± 0.06	0.48 ± 0.12	0.52 ± 0.17	0.19 ± 0.09	0.20 ± 0.09	0.17 ± 0.07	0.17 ± 0.07	0.23 ± 0.09
Glucose	0.26 ± 0.12	0.29 ± 0.12	0.24 ± 0.14	0.05 ± 0.07	0.05 ± 0.08	0.03 ± 0.05	0.05 ± 0.07	0.06 ± 0.07
Aconitic acid (mg/100g DW)	211.3 ± 47.8	199.4 ± 49.0	156.2 ± 38.9	151.7 ± 37.5	142.9 ± 31.2	124.6 ± 30.3	110.4 ± 27.0	92.8 ± 22.0
Malic acid	76.8 ± 8.7	72.8 ± 9.1	72.2 ± 10.7	76.2 ± 11.1	73.0 ± 9.4	68.4 ± 11.9	72.9 ± 11.9	71.4 ± 13.4
Citric acid	73.1 ± 7.4	64.2 ± 8.4	63.9 ± 8.0	70.0 ± 8.9	67.0 ± 8.1	63.2 ± 7.0	68.1 ± 8.3	65.6 ± 10.9
Total polyphenols (mg/g DW)	3.26 ± 0.37	2.89 ± 0.40	2.85 ± 0.22	3.02 ± 0.26	2.83 ± 0.09	2.93 ± 0.28	3.01 ± 0.23	2.92 ± 0.09
Antioxidant activity (μmol TE/g DW)**	6.46 ± 1.13	9.50 ± 1.64	9.17 ± 1.02	7.58 ± 1.92	8.67 ± 0.75	8.64 ± 0.81	8.14 ± 1.36	5.54 ± 0.95

Mean of 7 kinds of *Kokuto* are shown (n=3, mean±SD).

*Color value: ICUMSA color

**Antioxidant value: DPPH assay

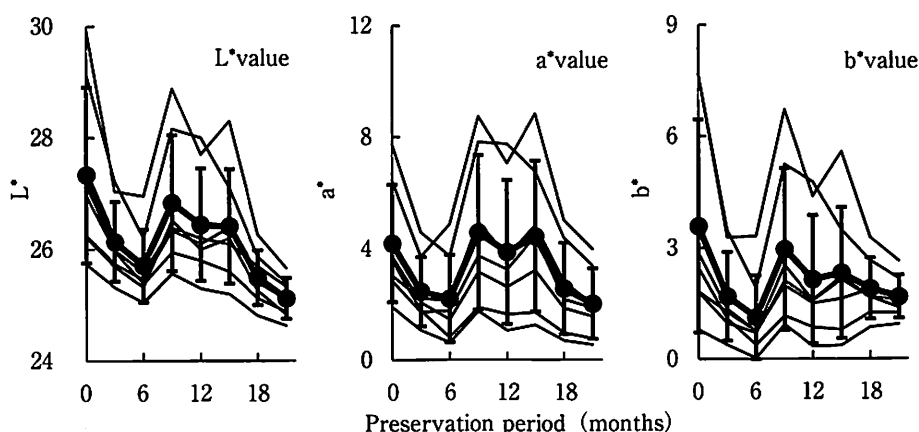


Fig. 1 Changes in the color value of *Kokuto* during storage at ambient temperature

- : 7 kinds of *Kokuto* (mean, n=3), ● : Mean of 7 kinds of *Kokuto* (Error bar indicates SD)

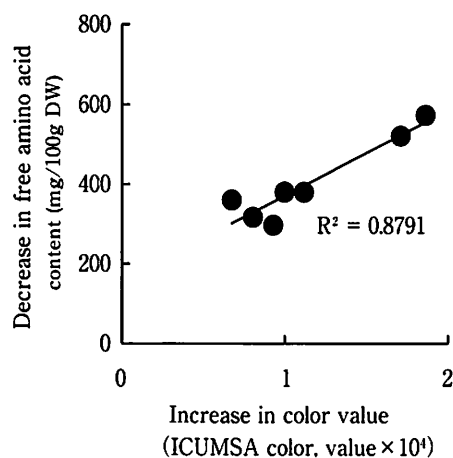


Fig. 2 Correlation between color value and free amino acid content in *Kokuto* during storage for 21 months at ambient temperature

Values were calculated from measurements recorded before and after preservation.

Total content of 5 kinds of free amino acids (asparagine, aspartic acid, alanine, glutamic acid, and GABA) were evaluated.

● : Mean of 7 kinds of *Kokuto* (n=3)

料サトウキビを用いた黒糖製造や、黒糖のエージングによる着色度増強などによる、新たな黒糖高付加価値化技術の展開が期待される。

アミノ酸の減少は種類によって異なり、アスパラギンやグルタミン酸、 γ -アミノ酪酸 (GABA) の減少が大きかった (Table 1)。アミノ酸は着色や香気生成に関与することに加えて、味や食品機能に大きな影響を及ぼしていると考えられることから、黒糖品質への影響を含め、今後詳細な検討が必要である。

黒糖中の有機酸は、顕著な減少を示したアコニット酸を除き、保存中に大きな変化は見られなかった (Table 1)。

ポリフェノール含量は保存期間中に大きく変化しなかった (Table 1)。黒糖の抗酸化能に寄与する主要な物質はポリフェノール類であることが報告されている⁶⁾。従って抗酸化能もポリフェノール含量と同様の挙動を示すことが予想されたが、保存開始から6か月までは増加傾向、それ以降は減少傾向がみられ、ポリフェノール含量と異なる挙動を示した (Table 1)。メイラード反応産物であるメラノイジンは抗酸化能を有し¹⁸⁾、糖蜜を加熱することで抗酸化能が上昇する¹⁹⁾と報告されている。ポリフェノール類や抗酸化能は、黒糖の食品機能に大きく影響していることから、今後の詳細な検討が必要である。

2. フレーバー特性の変化

黒糖の香気成分をGCおよびGC-MS分析した結果、アルコール類3成分、アルデヒド類4成分、ピラジン類8成分、含硫化合物1成分、ケトン類6成分、カルボン酸1成分の計23成分が検出された (Table 2)。総香気成

分量は保存に伴い減少したが、保存に伴う挙動は香気成分によって異なった (Fig. 3)。含硫化合物のdimethyl sulfideは製造直後の黒糖では23成分の中で最も多いが、保存初期の3~6か月で急激に減少し、21か月ではすべての黒糖において保存開始時の94%以上が消失した。dimethyl sulfideは低沸点の成分で官能的には磯のにおいや青草臭を呈し、コーヒー等の加熱食品にも含まれている²⁰⁾が、揮発性が非常に高いため、保存に伴い揮散したものと考えられた。

ピラジン類およびケトン類は、それぞれメイラード反応の副反応であるストレッカー分解で生成する香気成分やメイラード反応の中間生成物であるアマドリ化合物の分解により生成する香気成分である²¹⁾。いずれも黒糖の香ばしい香りや甘い香りに大きく寄与すると考えられる化合物であるが、dimethyl sulfideに比べると減少はゆるやかであった。サトウキビに含まれる主要なアミノ酸であるアスパラギンと糖類との反応では、主にジメチルピラジン類が生成される²²⁾。このうち3-ethyl-2, 5-dimethylpyrazineは6か月以降若干増加し、その後大きな減少は認められなかった。また、dihydro-2-methyl-3(2H)-furanoneは保存3か月までは増加し、その後減少したが、他のケトン類のように大きな減少は認められなかった。これらの香気成分の長期保存中の増加は、黒糖の常温保存におけるメイラード反応のゆるやかな進行を示唆するものと考えられた。カルボン酸のbutyric acidは保存15か月までは多少の増減があり、18か月以降で急激に減少した。butyric acidはサトウキビ搾汁液には含有されない^{23), 24)}ことから、製造工程中に微生物により二次的に生成した成分と考えられる。アルコール類とアルデヒド類では大きな減少は認められなかった。

各保存黒糖の官能基ごとの香気成分量を変数として主成分分析を行い、0, 6, 12, 18か月のスコアを抽出した。その結果、第1主成分の寄与率は46.8%、第2主成分は21.2%であり、第1主成分と第2主成分の累積寄与率は68.0%であった (Table 3)。7種類の黒糖はFig. 4に示すような2次元散布図上に分布し、保存に伴って第1主成分の差異が小さくなり、香気特性は類似してくることが示唆された。一方、第2主成分のスコアは第1主成分のスコアよりはばらつきが認められ、因子負荷量の分布からアルコール類やアルデヒド類の香気成分量が影響していることが明らかとなった。香気成分と色調は黒糖を特徴づける要素であるが、いずれも保存によって黒糖間の差異が小さくなることが明らかとなった。今後は、黒糖が有する食品機能性の推移や、黒糖の主な用途である焼酎や和菓子など加工製品における原料特性などについても検討を進めていきたい。

要 約

黒糖を常温で21か月保存し、物理化学的およびフレーバー特性の変化を追跡した。水分や水分活性の変化は小

Table 2 Changes in the content of volatile compounds in *Kokuto* during storage at ambient temperature

Compounds	R.T.	Preservation period (months)								
		0	3	6	9	12	15	18	21	
Alcohols										
Ethanol	9.472	85.6 ± 50.7	56.7 ± 26.4	87.4 ± 46.8	125.7 ± 64.7	91.0 ± 54.6	80.6 ± 43.7	96.2 ± 48.8	97.4 ± 43.2	
2,3-Butanediol	28.090	17.5 ± 17.8	14.5 ± 22.2	10.5 ± 10.8	3.3 ± 1.8	3.0 ± 2.4	3.1 ± 3.3	11.5 ± 6.9	16.9 ± 9.5	
2-Furanmethanol	29.966	20.4 ± 9.4	11.8 ± 3.3	6.8 ± 1.7	5.5 ± 1.5	4.5 ± 0.8	3.4 ± 0.7	2.4 ± 1.1	1.4 ± 1.7	
Aldehydes										
Acetaldehyde	5.527	321.0 ± 58.7	358.8 ± 51.8	413.3 ± 46.7	417.7 ± 95.9	370.0 ± 89.1	374.4 ± 87.7	374.0 ± 106.8	343.0 ± 94.0	
2-Methyl propanal	6.724	111.1 ± 64.1	89.4 ± 40.3	97.1 ± 41.7	63.5 ± 35.6	44.9 ± 22.2	47.8 ± 26.5	50.2 ± 28.6	46.4 ± 25.4	
2-Methyl butanal	8.757	48.4 ± 30.2	38.1 ± 19.5	42.4 ± 23.1	27.1 ± 17.7	20.5 ± 13.3	20.4 ± 13.3	22.1 ± 16.0	19.4 ± 12.6	
3-Methyl butanal	8.866	48.4 ± 16.6	45.7 ± 13.0	40.7 ± 13.4	34.4 ± 15.3	27.7 ± 12.9	27.3 ± 12.6	27.4 ± 14.3	23.9 ± 10.9	
Pyrazines										
Methyl pyrazine	19.854	58.8 ± 45.6	35.4 ± 25.2	27.8 ± 17.0	32.9 ± 23.1	27.6 ± 16.8	20.4 ± 10.2	16.7 ± 9.5	13.2 ± 6.7	
2,5-Dimethyl pyrazine	21.558	264.5 ± 198.2	152.1 ± 105.0	98.6 ± 63.7	113.6 ± 88.3	99.4 ± 66.8	72.7 ± 36.9	53.1 ± 33.6	41.9 ± 25.5	
2,6-Dimethyl pyrazine	21.724	92.0 ± 17.5	64.1 ± 12.1	50.9 ± 10.8	58.7 ± 17.2	54.9 ± 16.0	37.6 ± 9.4	33.3 ± 6.2	28.2 ± 6.4	
2,3-Dimethyl pyrazine	22.259	9.7 ± 10.0	8.4 ± 8.0	7.3 ± 5.7	8.0 ± 7.7	6.7 ± 6.1	5.5 ± 3.7	4.3 ± 4.0	3.0 ± 3.7	
2-Ethyl-6-methyl pyrazine	23.290	11.1 ± 4.1	9.9 ± 3.1	7.2 ± 2.0	7.5 ± 3.0	7.1 ± 3.2	4.1 ± 0.5	3.6 ± 1.9	2.8 ± 2.0	
2-Ethyl-5-methyl pyrazine	23.488	12.1 ± 8.6	7.2 ± 4.4	5.0 ± 2.3	5.6 ± 3.3	4.5 ± 2.3	2.5 ± 1.7	1.8 ± 1.7	1.0 ± 1.6	
2,3,5-Trimethyl pyrazine	23.878	30.0 ± 23.8	28.0 ± 20.5	20.1 ± 13.8	23.3 ± 18.8	21.4 ± 15.5	15.5 ± 9.0	13.8 ± 9.9	11.7 ± 7.6	
3-Ethyl-2,5-dimethyl pyrazine	24.894	37.1 ± 21.2	27.4 ± 12.8	23.0 ± 8.6	54.2 ± 16.7	49.1 ± 11.9	35.2 ± 5.5	88.3 ± 21.8	52.5 ± 5.6	
Sulfides										
Dimethyl sulfide	5.933	736.1 ± 207.8	453.1 ± 119.9	68.4 ± 23.3	57.4 ± 20.1	49.6 ± 20.6	35.9 ± 14.1	24.6 ± 11.4	23.3 ± 10.6	
Ketones										
Acetone	6.794	78.5 ± 26.4	89.7 ± 19.8	115.4 ± 18.7	63.8 ± 11.6	35.6 ± 5.6	36.6 ± 6.2	34.6 ± 7.7	25.8 ± 5.5	
2,3-Butanedione	10.515	106.0 ± 28.2	54.4 ± 9.1	36.4 ± 5.4	36.8 ± 8.5	28.5 ± 7.1	27.2 ± 5.5	17.3 ± 6.4	21.0 ± 4.5	
2-Hexanone	13.057	16.4 ± 9.2	10.8 ± 5.4	5.0 ± 1.6	4.1 ± 1.9	2.8 ± 1.1	2.6 ± 0.9	0.3 ± 0.7	0.4 ± 0.9	
Dihydro-2-methyl-3(2H)-furanone	19.685	31.7 ± 24.5	67.7 ± 48.4	32.0 ± 18.7	30.1 ± 18.0	20.4 ± 11.1	15.2 ± 7.5	13.3 ± 8.0	10.6 ± 5.3	
3-Hydroxy 2-butanone	20.393	20.0 ± 6.8	14.5 ± 3.5	9.8 ± 2.9	9.1 ± 2.9	7.4 ± 3.0	6.2 ± 2.0	3.3 ± 0.9	4.8 ± 2.6	
1-Hydroxy 2-propanone	20.821	77.9 ± 48.8	48.2 ± 22.9	30.8 ± 7.8	19.4 ± 5.7	16.4 ± 2.1	14.4 ± 2.2	5.5 ± 2.5	10.6 ± 1.5	
Carboxylic acids										
Butyric acid	29.147	54.9 ± 48.3	65.1 ± 55.2	76.1 ± 71.1	54.6 ± 69.1	47.9 ± 38.5	59.6 ± 57.3	5.8 ± 9.8	22.2 ± 33.3	
Total peak area		2289.4 ± 707.3	1750.9 ± 339.3	1312.0 ± 237.7	1256.2 ± 331.2	1040.9 ± 258.1	948.3 ± 190.4	903.5 ± 212.8	821.5 ± 166.9	

Mean of 7 kinds of *Kokuto* are shown (n=3, mean ± SD).

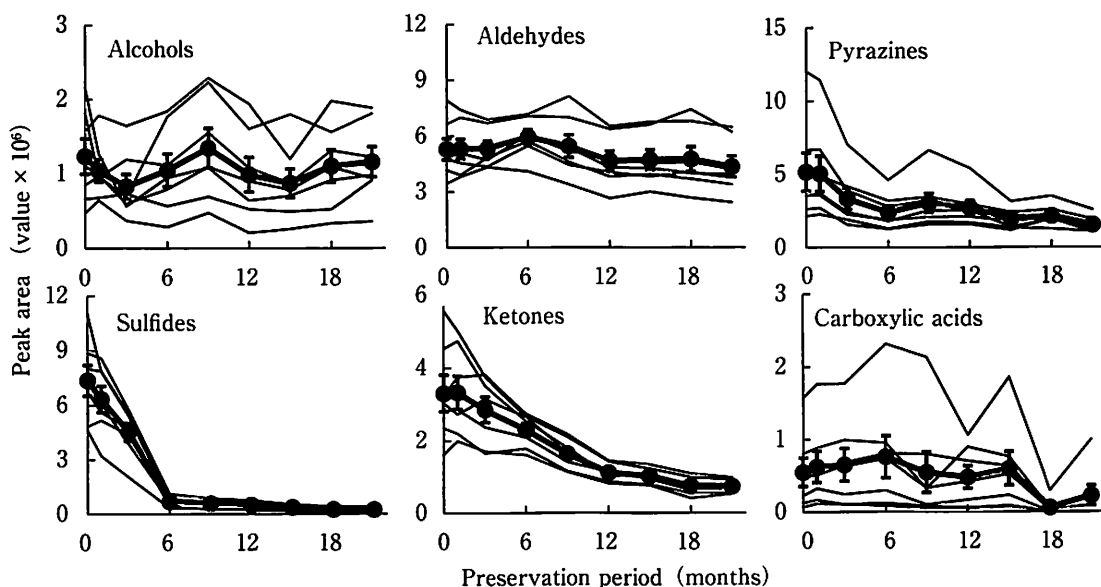


Fig. 3 Changes in the content of volatile compounds in *Kokuto* during storage at ambient temperature

— : 7 kinds of *Kokuto* (n=3), ● : Mean of 7 kinds of *Kokuto* (Error bar indicates SD)

Table 3 Component loadings determined by multivariate analysis of *Kokuto*

Element	Component 1	Component 2
Alcohols	-0.149	0.901
Aldehydes	0.667	-0.545
Carboxylic acids	0.412	0.299
Sulfur containing compounds	0.734	0.180
Ketones	0.936	0.099
Pyrazines	0.870	0.172

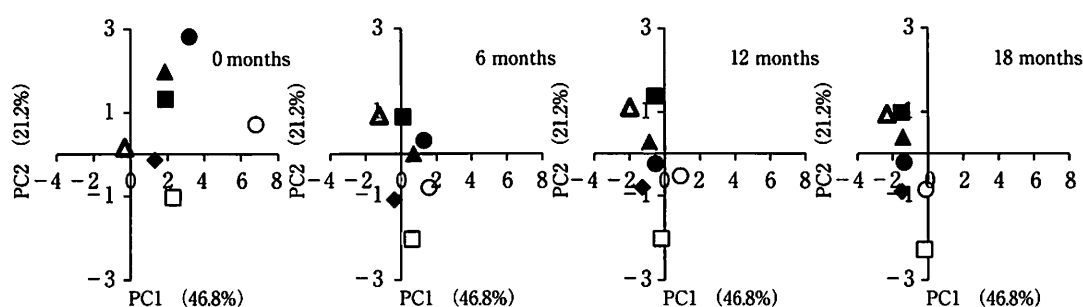


Fig. 4 Changes in the scatter diagram of *Kokuto* during storage at ambient temperature

●○▲△■□◆ : 7 kinds of *Kokuto*

さかった。保存期間が長くなるとともに、L*値の減少と着色度の増加が認められ、黒糖試料間の色調の差が小さくなることが観察された。遊離アミノ酸の減少が大きい黒糖は着色度の増加も大きくなった。ポリフェノール含量の変動は小さかったが、抗酸化能はポリフェノール含量と異なる挙動を示した。香気成分の挙動は成分によって異なり、含硫化合物は保存と共に減少した。しかし、3-ethyl-2, 5-dimethylpyrazineとdihydro-2-methyl-3 (2H)-furanoneは保存中に増加した。これらの結果より、黒糖の常温保存中にメイラード反応が進行していると考えられた。製造直後の黒糖では、試料によって香気成分の放散量が異なるが、保存期間が長くなるとともに、その差は小さくなった。

謝 辞 本研究は、平成23～25年度沖縄黒糖安定供給支援事業において実施した。沖縄県黒砂糖協同組合をはじめ、ご協力頂いた黒糖工場の皆様に厚く感謝申し上げます。

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) 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）
- 3) 荻 貴之・前田剛希：沖縄産黒糖に含まれるフラボ
- ン配糖体，沖工技報，10，7～11（2008）
- 4) 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）
- 5) 仲宗根洋子・和田浩二・玉城典子・桜井達生・又吉 悟・高良健作：沖縄産黒糖の抗酸化性について，琉大農学報，41，305～308（1994）
- 6) 前田剛希・荻 貴之：沖縄産純黒糖の抗酸化能と糖類分解酵素阻害活性，沖工技報，10，1～5（2008）
- 7) 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）
- 8) 和田浩二・奥由香里・平敷兼清・与那覇恵・玉村隆子・仲宗根洋子：沖縄産カチワリ黒糖の貯蔵に伴うフレーバーの変化，琉大農学報，44，299～305（1997）
- 9) 秋永孝義・國府田佳弘：黒糖の貯蔵に関する基礎的研究，農業機械九支報，38，58～61（1989）
- 10) CHOU, C. C. : Determination of color and turbidity in sugar products, *Cane sugar handbook* (Wiley, N.Y.), pp.882～903（1993）
- 11) FURUTA, S., SUDA, I., NISHIBA, Y. and YAMAKAWA, O. : High tert - butylperoxyl radical scavenging activities of sweet potato cultivars with purple flesh, *J. Food. Sci. Technol. Int. Tokyo*, 4, 33～35

- (1998)
- 12) 沖 智之・増田真美・古田 収・西場洋一・須田郁夫：紫サツマイモを原材料としたチップスのラジカル消去活性，日食科工誌，**48** (12)，926～932 (2001)
- 13) 宇田川俊一：食品における真菌（カビ）汚染と危害，食衛誌，**28** (4)，219～229 (1987)
- 14) 秋永孝義・岡留博司・國府田佳弘：黒糖の品質に関する基礎的研究（第1報）黒糖の物理化学的特性，農業機械誌，**56** (5)，51～56 (1994)
- 15) 諸角 聖・藤川 浩・和宇慶朝昭・千葉隆司：食品のカビ汚染と防止対策，東京健安研報，**55**，3～12 (2004)
- 16) 石原克之・米澤弥矢子・古賀秀徳・太田富久：アスパラギンと還元糖溶液の37℃での長期間インキュベーションによるアクリルアミドの生成，補完代替医療誌，**9** (1)，43～48 (2012)
- 17) 秋永孝義・野瀬昭博・岡留博司・國府田佳弘：黒糖の品質に関する基礎的研究（第2報）黒糖の品質と無機成分の関係，農業機械誌，**58** (3)，11～17 (1996)
- 18) 加藤博道：食品・生体系におけるアミノカルボニル反応に関する研究，農化誌，**66** (2)，101～109 (1992)
- 19) 氏原邦博・吉元 誠・和田浩二・高橋 誠・須田郁夫：サトウキビジュース糖蜜の抗酸化活性に及ぼす加熱加工の影響，日食科工誌，**60** (4)，159～164 (2013)
- 20) 松浦弘明・藤山勝二・池内義弘：熱脱着ガスクロマトグラフィー/質量分析法による食品中のジメチルスルフィド及びジメチルジスルフィドの定量，分析化学，**54** (11)，1075～1082 (2005)
- 21) 奥村蒸司：メイラード反応とフレーバーの生成，醸協，**88** (3)，178～187 (1993)
- 22) 藤巻正生・倉田忠男：食品の加熱香気，化学と生物，**9** (2)，85～96 (1971)
- 23) 氏原邦博・増田亮一・杉浦 誠・永田茂穂・杉本明・寺島義文・福原誠司：サトウキビジュースにおける有用成分の生育時期別推移と加工時の消長，日作九支報，**70**，75～77 (2004)
- 24) WALFORD, S. N. : Composition of Cane Juice, *Proc. S. Afr. Sug. Technl. Ass.*, **70**, 265～266 (1996)
(平成27年6月15日受付，平成27年9月21日受理)
-

浸透圧を利用した渋ガキ果肉の脱水と 脱渋ならびに加工品の品質に関する研究[†]

平 智*[§]・佐藤祐樹*・秋元彩夏*
佐伯葉子*・松本大生*

* 山形大学農学部

Dehydration and Astringency Removal from Persimmon Flesh by Osmotic Pressure, and Study of Fruit Quality

TAIRA Satoshi*[§] SATO Yuki*, AKIMOTO Ayaka*,
SAEKI Yoko* and MATSUMOTO Daiki*

* Faculty of Agriculture, Yamagata University, 1-23 Wakaba-machi, Tsuruoka, Yamagata 997-8555

The astringency of peeled persimmon fruit (*Diospyros kaki* Thunb.) after harvest can be removed during drying. Dehydration and astringency removal may also be induced via osmotic pressure by dipping the flesh in a concentrated sucrose solution. We examined the influence of dipping conditions and fruit maturity on the degree of dehydration and loss of astringency in persimmon flesh. Peeled fruits were individually dipped in a sucrose solution in a small plastic container that was sealed with a lid and kept under a constant temperature for several days. Dehydration of the flesh in 50° Brix sucrose solution progressed faster as the temperature increased from 35°C to 50°C. However, the degree of dehydration was similar for all conditions after 7 days of dipping. Dehydration progressed faster and the magnitude was greater as fruit maturity advanced. Although a loss of astringency did not occur in flesh dipped at 5°C, astringency disappeared rapidly in the flesh as the dipping temperature increased to between 20°C to 50°C. The loss of astringency occurred more easily in mature than immature flesh. The ease of astringency loss varied among years. The total scores for product quality with respect to taste were higher for more mature fruits, except when they were overripe. These results suggest that the flesh from fruit at 80-100% maturity was suitable for processing. The fruit quality was different from traditional dry or semi-dry persimmon in the texture and was influenced by cutting and by the cultivar used.

(Received Jun. 10, 2015 ; Accepted Oct. 9, 2015)

Key words : astringency removal, dehydration, dry fruit, osmotic pressure, persimmon
脱渋, 脱水, ドライフルーツ, 浸透圧, カキ

干し柿は、平安時代に記された『延喜式』(927年)に祭礼用の菓子としての記載がみられるように、日本で古くから親しまれてきた果実加工品の一つである^{1),2)}。また、あんぽ柿も干し柿と同様に渋ガキ果実を剥皮後に乾燥させた加工品であるが、干し柿よりも多くの水分を含む、当初の果肉重の50%程度にまで乾燥させたものを通常そう呼んでいる³⁾。最近では、干し柿よりも鮮明な果肉色を有し、軟らかい食感のあんぽ柿の生産が増加する傾

向にある⁴⁾。

干し柿やあんぽ柿を製造するにあたっては、果肉の乾燥過程が重要であるが、自然(天日)乾燥では普通、干し柿で30日前後、あんぽ柿でも20日前後の製造期間を要する⁵⁾。また、自然乾燥では乾燥期間や製品の品質が天候のよしあしに大きく左右される。そのため、最近では、電力や火力を利用した人工(強制)乾燥が増加している⁶⁾。しかし、人工乾燥では、果肉表面が過乾燥状態に

† 本報告の一部は、日本食品保蔵科学会創立40周年記念(第64回東京)大会(2015年6月27, 28日, 東京農業大学)において発表した。

* 〒997-8555 山形県鶴岡市若葉町1-23

§ Corresponding author, E-mail : staira@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp

なってその後の水分の蒸発や製品の食感が悪くなったり、原料の大きさや一度に乾燥機に入れる量、さらに、乾燥機内での位置の違いなどによって、乾燥程度にむらが生じたりするなど問題も多い⁷⁾。したがって、これらの乾燥法以外に原料を効率的に脱水できる新しい方法の開発も期待される。

新しい脱水技術の一つに浸透圧脱水法がある。浸透圧脱水法とは、果肉細胞よりも浸透圧が高い溶液を用いて、果肉中の水分を溶液中に移行させることによって果肉の脱水を進める方法である。この方法は、天候に左右されることなく、軟らかい食感と豊かな風味をもつドライフルーツの製造を可能にする方法として近年注目されている⁸⁾。しかし、干し柿やあんぼ柿の製造にはまだ応用されていない。なお、渋ガキ果実の加工の際は、脱水と同時に脱渋を完了させる必要があり、脱渋過程についての検討も不可欠である。

本研究では、浸透圧脱水法を用いた渋ガキ果実の新しい加工法に関する基礎データを得ることを目的として、主に脱水条件の違いと原料果実の熟度が果肉の脱水と脱渋ならびに加工品の食味に及ぼす影響を調査した。

実験方法

実験は2012～2014年に、主に山形大学農学部実験圃場（鶴岡市）栽植の不完全渋ガキ‘平核無’成木の果実を供試して行った。また、品種間差異の検討には、同実験圃場の完全甘ガキ‘次郎’成木の果実、同学部附属やまがたフィールド科学センター高坂農場（鶴岡市）栽植の完全渋ガキ‘伝九郎’高接樹の果実ならびに福島市内の商業果樹園産の不完全渋ガキ‘蜂屋’果実を供試した。

収穫した果実は直ちに、あるいは1～3日間冷蔵庫に保管したのちナイフで剥皮し、果肉重を測定してから、果肉重の約5倍量のショ糖水溶液（以下、ショ糖液と記す）の入ったプラスチック容器（ポリプロピレン製、15×15×9.8cm）に1個ずつ入れて果肉全体を浸漬した。容器にはふたをして、一定温度条件下で6～7日間保持した。

調査時には取り出した果肉を流水で洗浄したのち、キッチンペーパーで水分を十分拭き取り、果肉重、果肉硬度、果肉の可溶性固形物含量ならびに可溶性タンニン濃度を測定した。果肉硬度は、果実硬度計（藤原製作所製、KM-5型、円錐プランジャー使用）で測定した。可溶性固形物含量は、杉浦らの方法^{9),10)}によって、ポリエチレングリコールを加えて果汁に含まれる可溶性タンニンの影響を取り除いてから測定した。ただし、脱水が進んで搾汁が困難になった果肉については、一定量の果肉細片を蒸留水とともにホモゲナイズし、さらしでろ過した溶液にポリエチレングリコールを加えてから測定した。可溶性タンニンは、TAIRA（1996）の方法¹¹⁾に従って、没食子酸を標準物質として測定した。

1. 浸漬温度の影響

2012年に、50°Brix（ショ糖と蒸留水の重量比が1：1の溶液を以下このように記す）のショ糖液に‘平核無’を浸漬して、5℃、20℃、35℃あるいは50℃で果肉の脱水と脱渋の進行状況を調査した。5℃および50℃処理には9月27日収穫の果頂部付近のカラーチャート（農研機構果樹研究所作成の‘平核無’用を使用）値が平均1の果実、20℃および35℃処理には10月19日収穫のカラーチャート値が平均3の果実を供試した。

2. 果実熟度の影響

2013年に、熟度の異なる‘平核無’果実を50°Brixのショ糖液に浸漬し、35℃に保持して、果実の熟度が脱水と脱渋に及ぼす影響を調査した。果実熟度は果面の着色程度（果面の何%が着色しているか）を指標として、0%着色果（9月25日収穫、果頂部付近のカラーチャート値が平均0）、20%着色果（10月4日収穫、カラーチャート値平均2）、50%着色果（10月18日収穫、カラーチャート値平均4）、100%着色果（10月29日収穫、カラーチャート値平均6）ならびに過熟果（11月28日収穫、カラーチャート値平均8）を供試した。

3. 食味試験

2014年に、‘平核無’の60%着色果（10月14日収穫、カラーチャート値が平均4）、80%着色果（10月21日収穫、カラーチャート値が平均5）、100%着色果（10月28日収穫、カラーチャート値が平均6）、過熟果（11月17日収穫、カラーチャート値が平均8）ならびに‘伝九郎’の100%着色果（11月10日収穫、カラーチャート値が平均6）を、果肉重の約5倍量の66°Brix（ショ糖と蒸留水の重量比が2：1の溶液を以下このように記す）のショ糖液に浸漬した。保持温度は、‘平核無’は40℃あるいは50℃、‘伝九郎’は40℃とした。食味試験は、浸漬開始後1日、3日ならびに6日に行った。パネリストは、山形大学農学部果樹園芸学研究室のスタッフあるいは学生の計6人（女性および男性各3人）である。評価項目は、外観、硬さ、甘味、香り、風味、渋味および総合評価の7項目とし、いずれも5段階のスコア、すなわち、外観、香り、風味および総合評価については、1（悪い）～5（よい）、硬さについては、1（軟らかい）～5（硬い）、甘味は、1（弱い）～5（強い）、渋味は、1（まったく渋くない）～5（渋い）とした。

4. カットの有無と品種間差異の影響

2013年に、10月29日収穫の果頂部付近のカラーチャート値が平均6の‘平核無’の100%着色果をはく皮後縦に4等分した果肉切片を、果肉重の約5倍量の50°Brixショ糖液に浸漬して35℃に保持し、カットしない果肉と比較した。

また、2012年に、11月16日収穫の‘平核無’100%着色果（カラーチャート値が平均6）、12月23日収穫の‘次郎’（カラーチャート値が平均6）ならびに果頂部付近のカラーチャート値が平均6の‘蜂屋’果実（収穫日

は不明)を、さらに、2013年には10月29日収穫の‘平核無’100%着色果(カラーチャート値が平均6)と11月8日収穫の‘伝九郎’100%着色果(カラーチャート値が平均6)を供試して、35℃で50°Brixのシヨ糖液に浸漬し、脱水と脱渋の進行状況を比較した。なお、これらのうちの一部分については食味試験も行った。

実験結果および考察

1. 果肉の脱水と軟化に及ぼす影響

浸漬温度の影響の検討に先立って、処理に用いるシヨ糖濃度の影響について予備的な検討を行った¹²⁾。その結果、30°Brixでは脱水がほとんど進まないこと、また、66°Brixのほうが50°Brixよりわずかではあるが脱水がよく進むことがわかった。66°Brixを超える濃度のシヨ糖液の作成は溶解度の問題からかなり困難だったので、実験には50°Brixあるいは66°Brixのシヨ糖液を用いることにした。

50°Brixのシヨ糖液に浸漬した‘平核無’の果肉は、保持温度が高いほど脱水が速く進む傾向が認められた(Fig.1)。ただし、浸漬後7日の果肉重は保持温度にかかわらず、いずれも処理開始時の50%程度であった。

5℃および50℃では、当初平均約2.3kgあった果肉硬度が1.0kg程度にまで低下したのに対して、20℃および35℃では徐々に軟化が進み、浸漬後4日には完全に軟化(果肉硬度0kg)した(データ略)。なお、5℃では果肉の表面付近が特に軟化した。50℃では果肉全体がゴム質化し、さらには硬化した。

ただし、本実験に供試した果実の熟度が5℃および50℃と20℃および35℃とで異なっているため、浸漬温度が果肉の肉質の変化に及ぼす影響については今後精査が

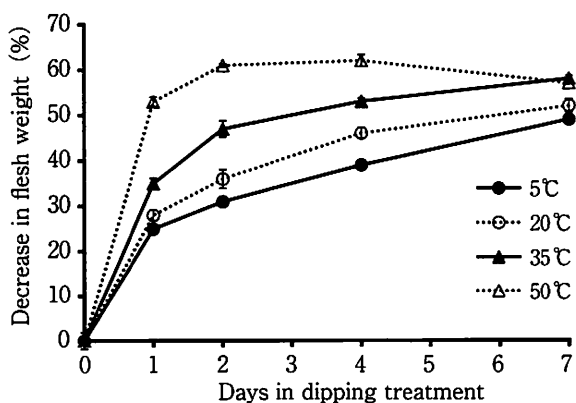


Fig.1 Effects of keeping temperature on decrease in flesh weight during dipping treatment in ‘Hiratanenashi’ persimmon

Fruits for 5℃ and 50℃ treatments were harvested on 27 September, 2012 and those for 20℃ and 35℃ treatments were harvested on 19 October, 2012. Fruit flesh were dipped in 50° Brix sucrose aqueous solution. Vertical bars indicate S. E. (n=3). No bar can be seen when S. E. is smaller than the symbol.

必要である。

35℃・50°Brixでは、熟度の進んだ果実ほど脱水が遅い傾向があった。また、脱水の程度も熟度が進むほど低下する傾向が認められ、0～50%着色果では浸漬後7日で当初の果肉重の約50%になったのに対して、過熟果では40%に満たなかった(Fig.2)。

過熟果は浸漬後3日には完全に軟化していた。100%着色果の果肉硬度は浸漬後3日以降大きく低下し、浸漬後5日には完全に軟化した。0%, 20%および50%着色果も浸漬後7日には完全に軟化した(データ略)。なお、未熟な果肉ほど表面付近がやや弾力のある肉質になった。

2. 果肉の脱渋と可溶性固形物含量に及ぼす影響

5℃では可溶性タンニンが浸漬期間中に2倍程度にまで濃縮され、まったく脱渋しなかった。20～50℃では、保持温度が高いほど脱渋が速く進み、浸漬後7日にはいずれも脱渋が完了した(Fig.3)。

可溶性固形物含量は浸漬開始時に10°Brix程度であったが、5～35℃ではそれぞれの脱水程度に応じて20°Brix前後にまで増加した(ただし、50℃処理区についてはデータなし)。

また、可溶性タンニンは、熟度の進んだ果実ほど減少が速い傾向があった。50°Brix・35℃では、浸漬後5日の時点で、いずれの熟度の果肉でも脱渋が完了した(Fig.4)。

可溶性固形物含量は、浸漬期間中いずれの熟度の果肉でもしだいに増加した。浸漬後7日時点で、0%および20%着色果では約20°Brix、50%、100%および過熟果では約25°Brixまで増加した(データ略)。

あんぼ柿は本来、果肉が軟らかく繊維質を感じないのが特徴である¹³⁾が、本研究では0～50%着色果を原料にした場合、脱水後の肉質がかなり硬く、あんぼ柿様にならなかった。これに対し、100%着色果を用いた場合は、軟らかく繊維質を感じない肉質になった。渡部(2007)⁵⁾

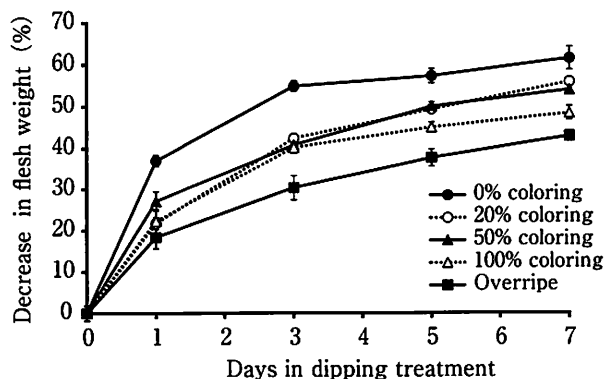


Fig.2 Effects of fruit maturity on decrease in flesh weight during dipping treatment in ‘Hiratanenashi’ persimmon

Fruit flesh were dipped in 50° Brix sucrose aqueous solution at 35℃ in 2013. Vertical bars indicate S. E. (n=3). No bar can be seen when S. E. is smaller than the symbol.

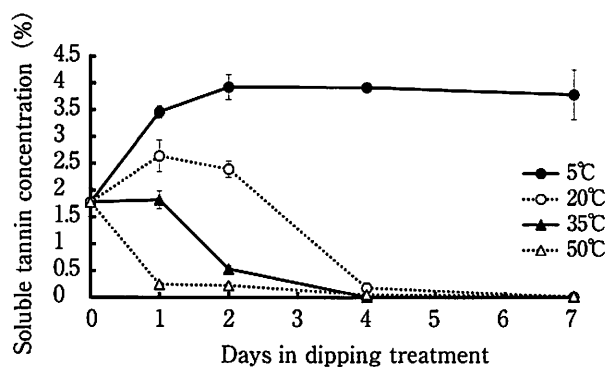


Fig. 3 Effects of keeping temperature on soluble tannin concentration in flesh during dipping treatment in 'Hiratanenashi' persimmon

Fruits for 5°C and 50°C treatments were harvested on 27 September, 2012 and those for 20°C and 35°C treatments were harvested on 19 October, 2012. Fruit flesh were dipped in 50° Brix sucrose aqueous solution. Vertical bars indicate S. E. (n=3). No bar can be seen when S. E. is smaller than the symbol.

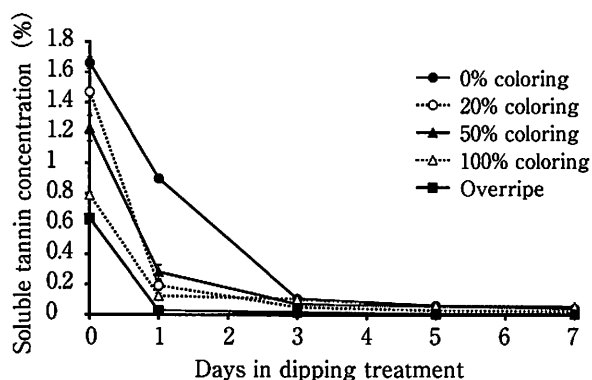


Fig. 4 Effects of fruit maturity on soluble tannin concentration in flesh during dipping treatment in 'Hiratanenashi' persimmon

Fruit flesh were dipped in 50° Brix sucrose aqueous solution at 35°C in 2013. Vertical bars indicate S. E. (n=3). No bar can be seen when S. E. is smaller than the symbol.

は、'平核無'を原料にして人工乾燥であんぼ柿を製造する際には、カラーチャート値が7程度の成熟果を用いるのがよいことを報告しており、本研究の結果もそれとほぼ一致するものであった。なお、脱水程度が50%未満であっても脱渋が完了している場合は、十分可食可能であった。

50° Brix・35°Cで100%着色果を原料にした場合、2012年および2014年の処理ではともに浸漬後1日で脱渋したが、2013年は完全に脱渋するまで5日を要した。このことから、同一品種であっても脱渋の難易には年次差があると思われる。

一方、果肉の可溶性固形物含量は脱水による濃縮効果のために増加したと考えられたが、果肉重ベースの濃縮率から計算される数値以上に増加しているケースがしば

しば認められた。例えば、2014年の実験では、60%着色果の40°C処理で、浸漬後6日の果肉重は当初の約35%であり、濃縮率から計算される可溶性固形物含量は約34° Brixとなるが、測定値は約45° Brixであった。このようなことが起きる原因として、処理中に浸漬液中のショ糖が果肉に浸透したこと、ならびに果肉に含まれていたショ糖が浸漬中にブドウ糖と果糖に加水分解したことが考えられる。カキ果実に含まれるインペルターゼの至適温度は45°C付近とされる⁷⁾ことから、浸漬温度によって加水分解の程度は異なる可能性もある。この点については、今後より詳しい検討が必要である。

3. 加工品の品質と食味評価

先にも述べたように、一般に当初の果肉重の35%程度にまで乾燥させたものを干し柿と呼び、50%程度まで減少させたものをあんぼ柿と呼ぶことが多い³⁾。本研究の場合も、脱水程度が65%程度の場合には干し柿様、50%程度の場合にはあんぼ柿様と呼ぶことにする (Table 1)。

66° Brix・40°Cまたは50°C、浸漬後3日で、いずれの熟度の果肉もあんぼ柿程度まで脱水が進行した。さらに、浸漬後6日には、50°C処理の過熟果および'伝九郎'を除いて、干し柿程度にまで脱水が進んだ。ただ、40°C処理では、いずれの熟度の果肉にも浸漬後6日にカビの発生が観察された。カビは果肉に直接付着するのではなく、ショ糖液に浮いている状態で発見された。なお、50°C処理ではカビの発生は全く認められなかった。

食味試験の総合評価が最も高かったのは、100%着色果・40°C処理の浸漬後1日の果肉であった。次いで、80%着色果・40°C処理の浸漬後1日の果肉が高い評価を得た。ただし、これらの果肉はまだ脱水程度が低く、通常脱渋ガキに近い外観と食感を有していた。あんぼ柿様の果肉としては、80%着色果・40°C・浸漬後3日、干し柿様の果肉としては、80%および100%着色果・40°C・浸漬後6日の果肉が、それぞれ高い評価を得た。ただし、これらの果肉の肉質は、どちらかといえばやはり脱渋ガキに近いもので、一般に市販されているあんぼ柿や干し柿とはやや異なるものであった。

果肉の可溶性タンニン濃度からみれば、いずれの熟度の果肉も浸漬後1日の時点で脱渋が完了したと判断されたが、食味試験では60%ならびに80%着色果に若干の渋味を感じるパネリストがいた。渋味は、果肉の熟度が進むほど、また浸漬後の日数が経過するほど、感じられなくなる傾向であった。硬さは、原料果肉の熟度が進むほど軟らかいと評価され、甘味は、熟度が進むほど強いと評価される傾向が認められた。なお、これらの傾向は、果肉硬度や可溶性固形物含量の測定値の変化傾向とほぼ一致していた (以上、データ略)。

なお、'平核無'の果肉は、その熟度にかかわらず、浸漬日数の経過とともに褐変が進む傾向が認められたが、'伝九郎'の果肉の外観はほとんど変化しなかった。'伝九郎'は、食味の総合評価も比較的高く (Table 1)、

Table 1 Influence of fruit maturity and dipping temperature on degree of dehydration and eating quality during treatment in persimmon flesh²

Cultivar	Fruit maturity	Dipping temperature	Days in dipping treatment					
			1		3		6	
			Degree of dehydration	Eating quality ^y	Degree of dehydration	Eating quality	Degree of dehydration	Eating quality
Hiratanenashi	60%	40°C	△ ^x	2.5 ± 0.2	Anpo	2.2 ± 0.4	Hoshi ^v	3.0 ± 0.5*
		50°C	△	1.5 ± 0.2	Anpo	1.5 ± 0.2	Hoshi	1.8 ± 0.3
	80%	40°C	△	3.7 ± 0.4	Anpo	3.4 ± 0.2	Hoshi	3.4 ± 0.4*
		50°C	Anpo ^w	2.2 ± 0.2	Anpo	2.4 ± 0.2	Hoshi	2.8 ± 0.5
	100%	40°C	△	4.2 ± 0.5	Anpo	2.8 ± 0.5	Hoshi	3.2 ± 0.2*
		50°C	△	3.0 ± 0.4	Anpo	2.5 ± 0.3	Hoshi	2.6 ± 0.2
		40°C	△	1.8 ± 0.7	Anpo	3.0 ± 0.5	Hoshi	2.7 ± 0.7*
	Overripe	50°C	△	1.7 ± 0.3	Anpo	1.8 ± 0.4	Anpo	2.5 ± 0.2
Denkuro	100% coloring	40°C	△	2.3 ± 0.3	Anpo	2.8 ± 0.4	Anpo	3.0 ± 0.6

² Fruit flesh were dipped in 66° Brix sucrose aqueous solution in 2014.

^y Scores for evaluation of eating quality (1, very low; 2, low; 3, moderate; 4, high; 5, very high). Mean ± S.E. (n=6).

^x Degree of dehydration were under 45%.

^w Degree of dehydration were approximately 50% like "Anpo-gaki" (semi-dry fruit of persimmon).

^v Degree of dehydration were approximately 65% like "Hoshi-gaki" (dry fruit of persimmon).

* Some kind of molds appeared on dipping solutions.

肉質も優れていたことから、このような加工に向いている品種であるといえよう。

Table 1 に示した食味の総合評価について考察を深めるために、原料果実の熟度別に、浸漬日数と温度処理のデータをすべて合わせて平均すると、100%着色果が3.6 ± 2.1 (平均 ± SD, n=36) で最も高い評価、次いで、80%着色果の3.1 ± 2.0 (平均 ± SD, n=36) となった。また、60%着色果の香りや風味には青臭さを感じるパネリストが多く、過熟果は果肉が軟らかすぎるといった評価であった。これらのことから、'平核無'の加工原料としては、80%または100%着色果が適していると判断された。また、総合評価について、温度条件別にすべての熟度の果実と浸漬日数のデータを合わせて平均すると、40°C 処理が3.0 ± 2.2 (平均 ± SD, n=72)、50°C 処理が2.2 ± 1.8 (平均 ± SD, n=72) で、40°C 処理のほうが高かった。このことから、浸漬温度としては40°Cのほうが適していると判断されるが、前述のように、40°Cでは浸漬期間後期にカビが発生するという問題があり、改善が必要である。

4. カットの有無と品種間差異の影響

50° Brix・35°Cで、4分の1にカットした果肉の脱水の進行は、カットしない果肉よりわずかであるが速く進む傾向を示した。しかし、可溶性タンニン濃度の変化は果肉切断の影響をほとんど受けず、カットの有無にかかわらず浸漬後1日で完全に脱渋した。なお、カットした果肉の可溶性固形物含量のほうがわずかに高い傾向を示し、甘味に関する食味評価値も高かった (以上、データ略)。

カットした果肉は、果肉重ベースで考えると、シヨ糖液に接する表面積が大きいので、脱水がより速く進行すると予測されたが、それほど大きな差ではなかった。ただし、今後カットの仕方などを工夫することで、より効率的な脱水効果が得られる可能性はあるものと思われる。

'蜂屋'は'平核無'に比べて、脱水および脱渋の進行がやや遅い傾向があったが、浸漬後7日の脱水程度は'平核無'と大差なく、脱渋も浸漬後2日で完了した。これに対して、脱渋の必要がない完全甘ガキの'次郎'は、脱水の進行が'蜂屋'より遅かった。ただし、浸漬後7日の脱水程度は他の品種とほぼ同じであった。'伝九郎'も'平核無'に比べて脱水の進行が遅い傾向が認められ、浸漬後7日で当初の果肉重の約30%の脱水に留まった。ただ、可溶性タンニンの減少は、'平核無'よりむしろ速い傾向が認められた (以上、データ略)。

このように、同じカキでも品種によって脱水速度が異なること、また、果肉の甘渋にかかわらず脱水はほぼ同様に進行することがわかった。甘ガキは元来、肉質が粗剛であるために干し柿には向かないとされる^{11,14)}が、浸透圧脱水法により渋ガキと同様に加工は可能であると考えられた。なお、'伝九郎'が'平核無'より脱渋しやすかったのは、同品種が持つ温湯脱渋しやすい性質^{15,16)}を反映しているものと考えられる。

5. 結論および今後の研究課題

以上の実験結果から、'平核無'は80%あるいは100%着色果を原料にして、保持温度35°Cもしくは40°Cで50° Brix以上のシヨ糖液に浸漬することによって短期間で脱渋が完了し、脱水が進んで、食味の比較的優れた加工品

を製造できると判断された。その際、例えば、脱渋ガキのような製品を得たいときは1日程度、あんぼ柿程度に脱水された加工品を得たいときは3日程度、干し柿程度の水分含量の加工品を得たいときには6日程度、というように、浸漬期間を目標とする脱水程度によって決定するのが望ましいと考えられる。ただし、これらの加工品の肉質は、一般的な市販品のあんぼ柿や干し柿とはかなり異なるものであったので、これまでのあんぼ柿や干し柿とは異なる、新しい加工品としての位置づけが必要になるかもしれない。

今後の最も重要な検討課題の一つとして、浸漬中のカビの発生防止があげられる。本研究で、カビはシヨ糖液に浮いている状態で発見されたので、おそらく果肉由来のものではなく、シヨ糖液中か空気中に由来するものが繁殖したと推察される。カビが成育するには水分の存在が不可欠である¹⁷⁾が、物質内に糖が共存すると水分活性が低くなるため、高濃度のシヨ糖液ほど高い防腐効果を示す¹⁸⁾。一般に、カビが成育不可能となる水分活性は0.80以下とされるが、シヨ糖液は濃度を飽和状態まで高めてもその水分活性は0.85に留まり、カビの発生を完全に防止することは難しいと考えられる。したがって、本加工法を採用しながらカビの発生を防止するためには、より短時間で浸漬処理を終了できる条件を見い出すか、浸漬期間中に何回かシヨ糖液を更新する方法などについて検討する必要があると考えられる。

要 約

脱水条件ならびに果実熟度が浸透圧脱水による渋ガキ果肉の脱水と脱渋ならびに加工品の品質に及ぼす影響について検討した。

収穫後剥皮した渋ガキ果実を個別にプラスチック容器に入れ、果肉重の約5倍量のシヨ糖液に果肉全体を浸漬した。容器は密閉し、一定温度条件下で6~7日間保持した。

その結果、50°Brix、35~50℃では、保持温度が高いほど脱水は速く進んだが、浸漬後7日の脱水程度にあまり大きな差はなかった。35℃・50°Brix条件下では、熟度の進んだ果実ほど脱水が速く進行し、その程度も大きい傾向が認められた。5℃では脱渋が全く進まなかったが、20~50℃では温度が高いほど脱渋が速く進んだ。また、熟度の進んだ果実のほうが脱渋の進行が速い傾向があった。ただし、脱渋のしやすさには年次差が認められた。過熟果を除いて、熟度が進んだ果実ほど加工品の食味評価が高く、加工原料としては100%あるいは80%着色果が適していると判断された。なお、加工品の品質は、原料果実のカットの有無や品種の違いの影響を受けることが示唆された。

文 献

- 1) 北川博敏：カキの栽培と利用(養賢堂, 東京), pp. 182~238 (1970)
- 2) 佐藤嘉一：干し柿における鮮度保持技術, 果実日本, 59, 54~57 (2004)
- 3) 山形県農林水産部：かき振興指標, p. 102 (2002)
- 4) 村上秀司：大阪における干し柿の市場動向, 果実日本, 66, 69~73 (2011)
- 5) 渡部恵美：減圧乾燥器を用いたあんぼ柿の製造法, 果実日本, 62, 102~106 (2007)
- 6) 鈴木 栄：干し柿の13年産販売結果と14年産への課題, 果実日本, 57, 22~26 (2002)
- 7) 松澤恒友：機械乾燥による高品質「市田柿」の加工技術の開発, 果実日本, 66, 39~42 (2011)
- 8) 尾崎嘉彦：干し柿の製造に関する技術開発の動向, 果実日本, 66, 34~38 (2011)
- 9) 杉浦 明・片岡郁雄・苫名 孝：屈折計による渋ガキ果実の糖度測定に関する研究, PEGによる除タンニンの効果, 園学要旨(昭56春), 140~141 (1981)
- 10) 杉浦 明・片岡郁雄・苫名 孝：屈折計による渋ガキ果実の糖度測定に関する研究, カキ12品種についての経時的調査, 園学要旨(昭57春), 60~61 (1982)
- 11) TAIRA, S.: Astringency in persimmon, In: LINSKENS, H.-F. and JACKSON, J. F. (eds.): Modern Methods of Plant Analysis, Vol. 18, Fruit Analysis (Springer-Verlag, Berlin), pp. 97~110 (1996)
- 12) 佐藤祐樹・平 智：浸透圧脱水法による渋ガキ果実の脱水ならびに脱渋過程, 園学研, 12 (別1), 296 (2013)
- 13) 加藤公道：あんぼ柿づくりの技術的課題, 果実日本, 57, 28~31 (2002)
- 14) 傍島善次：柿と人生(明玄書房, 東京), pp. 158~168 (1980)
- 15) TAIRA, S., ITAMURA, H., ABE, K. and WATANABE, S.: Comparison of the characteristics of removal of astringency in two Japanese persimmon cultivars, 'Denkuro' and 'Hiratanenashi', *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 58, 319~325 (1989)
- 16) 平 智・大川久美子・池田香織：山形県庄内地方の在来ガキ4品種の来歴と2, 3の特性について, 山形大学紀要(農学), 14, 53~58 (2004)
- 17) 鶴田 理・宇田川俊一：カビと食品(医歯薬出版, 東京), pp. 163~165 (1975)
- 18) 高田明和・橋本 仁・伊藤 凡：砂糖百科(糖業協会・製糖工業会, 東京), pp. 264~278 (2003)

(平成27年6月10日受付, 平成27年10月9日受理)

Influence of Disulfide Bond Formation Via Recombinant PDI-Ero 1 Processing of Proteins and Baking Quality

NOGUCHI Tomohiro*^{1§}, NISHIBORI Fumiya*², SHIONO Koji*²,
OKA Daiki*¹, NOGUCHI Haruko*² and TAKANO Katsumi*²

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

* 2 Department of Applied Biology and Chemistry, Faculty of Applied Bioscience, Tokyo University of Agriculture,
1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-0-8502, Japan

Disulfide (SS) bond formation in dough is an important factor in bread making. In this paper, we examine the effects of recombinant protein disulfide isomerase (PDI) and endoplasmic reticulum oxidoreductase 1 (ERO1) on SS bonds in dough. The oxidation regeneration ability of ERO1 for PDI, which results in the formation of SS bonds in proteins, was analyzed. ERO1 obtained from wheat also had oxidation regeneration ability for PDI. In addition, the ability of SS bond formation to reduce ovomucoid degeneration increased about 3-fold with coexistent ERO1 and FAD compared with PDI alone. TaPDI, TaERO1, and FAD were reacted with acid-soluble wheat proteins prepared from hard flour and analyzed by diagonal electrophoresis. PDI has been suggested to form SS bonds in gliadin. Further, in bread-making tests using medium flour with poor suitability for bread making, the specific volume of 4.69cm³/g without TaPDI increased to 5.34cm³/g with addition of PDI, ERO1, and FAD, similar to that of hard wheat flour bread. From this result, it was possible to confirm the effect of using PDI in poor wheat flour on improving bread quality.

(Received Jun. 15, 2015 ; Accepted Oct. 4, 2015)

Key words : protein disulfide isomerase, disulfide bond, bread, endoplasmic reticulum oxidoreductase1, dough
プロテインジスルフィドイソメラーゼ, ジスルフィド結合, パン,
エンドプラズミックレティキュラムオキシドレダクターゼ1, 生地

Dough formation and the unique physical properties of flour are derived from the nature of gluten. Gluten is a complex protein formed from gliadin and glutenin, which are hydrated wheat storage proteins. Various interactions are involved in the formation of gluten. Inhibition of SS bond formation results in bread dough with greatly reduced physical properties. Therefore, cross-linking of proteins by disulfide (SS) bond formation is the most important interaction in gluten formation. In general, SS bond formation in proteins requires heat treatment at about 80°C. When heated, the proteins in foods including ham, sausage, boiled fish paste, such as fishery paste products, tofu, yuba, cheese, and processed egg products are gelled at temperatures of 80°C or more.

However, because wheat dough preparation is carried out at 25 ~ 35°C, a SS bond formation mechanism other than heat is inferred. Moreover, there are various enzymes in flour that have

recently been suggested to be involved in dough formation during bread making^{1)~4)}. Therefore, with the thought that SS bond formation involves enzyme-catalyzed reactions, we examined protein disulfide isomerase (EC 5.3.4.1; PDI) as a catalyst for SS bond formation and reported the properties of endogenous wheat PDI and recombinant wheat PDI (TaPDI)^{5),6)}. In addition, endoplasmic reticulum oxidoreductase 1 (ERO1) involved in the oxidative regeneration of PDI was prepared from recombinant wheat ERO1 (TaERO1) in an *Escherichia coli* expression system⁷⁾.

In this study, we analyzed the oxidation regeneration of TaPDI by TaERO1 and examined the improvement of bread quality owing to SS bond formation with addition of both enzymes.

Materials and methods

1. Samples

Two types of flour were used in this study :

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

Suzume (Nisshin Flour Milling Co., Ltd., Japan) was used as medium flour and Cameria (Nisshin Flour Milling Co., Ltd.) was used as hard flour. Recombinant wheat PDI (TaPDI)⁹ and recombinant wheat ERO1 (TaERO1)⁷ were prepared using an *E. coli* expression system.

2. Assay for PDI activity

The activity of PDI was measured using the method of HOLMGREN^{8,9}. The incubation mixture contained 0.5mg/ml insulin (human, Sigma), 0.1 M potassium phosphate (pH 7.5), 2mM ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), 0.33mM dithiothreitol (DTT), and PDI solution (20 μ l). The reaction was initiated by the addition of DTT. After incubation for 40min at 25 $^{\circ}$ C. The increasing turbidity of the insulin peptide chains was measured at 650nm. One unit of PDI activity is defined as the amount of enzyme that increases the absorbance at 650nm by 0.01 absorbance units per min at pH7.5 and 25 $^{\circ}$ C.

3. Oxidation of TaPDI by TaERO1

The analysis of the oxidation of TaPDI by TaERO1 was carried out according to the modified PDI activity assay of HOLMGREN^{8,9}. DTT solution (5 mM, 66 μ l) was added to TaPDI solution (20 μ l) and the mixture reacted at 25 $^{\circ}$ C for 10 min to reduce TaPDI. Then, TaERO1 (0~1.6nmol) and flavin adenine dinucleotide (FAD; 1.6nmol) were added and the mixture reacted for 30 min at 25 $^{\circ}$ C. To determine the amount of PDI in the reaction solution, we measured PDI activity using the PDI activity measurement method described above.

4. SS bond formation in proteins by TaPDI

Reduced denatured ovomucoid was prepared according to the method of ONDA¹⁰. Ovomuroid (50 mg; Sigma) was dissolved in 0.1M Tris-HCl buffer solution (25ml including 9M urea, 50 mM DTT, and 1mM EDTA; pH 8.2) and the SS bonds were reduced by processing at 25 $^{\circ}$ C for 30 min. The ovomucoid solution was dialyzed overnight (4 $^{\circ}$ C) with water to obtain a solution of reduced denatured ovomucoid.

TaPDI (5U, 0.8nmol), TaERO1 (1.6nmol), and FAD (1.6nmol) were mixed, and the reaction volume was adjusted to 200 μ l with water. The mixture was allowed to react for 30min at 25 $^{\circ}$ C. Then, 400 μ g/ml of reduced denatured ovomucoid solution was added (800 μ l) and allowed to react for 180min at 25 $^{\circ}$ C. The extent of SS bond formation was determined according to the method of ANDREWS¹¹ by measuring the free SH groups.

5. Diagonal electrophoresis analysis (non-reducing /reducing two-dimensional SDS/gel electrophoresis)

The formation of SS bonds was analyzed using nonreducing / reducing two-dimensional SDS / gel electrophoresis. Acetic acid solution (20ml, 0.1 M) was added to 2g of hard flour, homogenized with an ultrasonic homogenizer (Hisukotoron, Microtec Co., Ltd.), and dialyzed overnight in water. The solution was centrifuged (10,000 rpm, 20min, 4 $^{\circ}$ C), and the supernatant, which contained the acid-soluble wheat protein, was used in the next experiments. TaPDI (5U, 0.8nmol) and TaERO1 (1.6nmol) were added to the acid-soluble wheat protein solution (3mg/ml), and the mixture was reacted at 37 $^{\circ}$ C for 180 min. The reaction solution was electrophoresed by SDS-PAGE under non-reducing conditions (Me-). After electrophoresis, the gel was cut to separate each sample lane, and subjected to a reduction treatment with 2-mercaptoethanol. These reduced first dimension gel samples were then electrophoresed in a second dimension gel (acrylamide concentration: 12.5% (w/v)). After electrophoresis, the second dimension gel was stained with SYPRO ruby.

6. Bread-making test

(1) **Bread-making method** The bread-making tests were carried out using the straight dough method for standard white bread production according to the following recipe: 200g of hard flour or medium flour, 10g of sugar, 8g of yeast, 8g of shortening, 4g of salt, and 137ml (hard flour) or 120ml (medium flour) of water. Mixing of the wheat dough was carried out for 6 min at 20 $^{\circ}$ C using a pin-type mixer (National MFG Co., Ltd.). The dough was fermented for 120 min at 27 $^{\circ}$ C and 200g of dough was molded in a Wide Fine Moulder (Oshikiri Machinery Ltd.). The dough was placed in a pan (15cm \times 5cm), proofed for 60 min at 38 $^{\circ}$ C (85% humidity), and then fired for 20 min at 200 $^{\circ}$ C.

(2) **Physical properties of crumbs** The crumb properties of the bread were measured using materials testing machines (Instron Corp.). After baking, the bread was cooled for 24 h at room temperature and cut to a thickness of 20 mm. The stress (N) when the bread is compressed 50% with a plunger (diameter: 230 mm) and the hardness of the bread were determined. Cohesiveness, measured twice with 70% compression, was determined by dividing the second value by the first value.

Results and discussion

1. Effect of recombinant TaERO1 on the action of recombinant TaPDI

PDI is reduced by forming SS bonds in substrate proteins and loses its oxidation ability. For this reason, the reduced form of PDI *in vivo* is regenerated by oxidation by ERO 1, and SS bond formation in the substrate protein progresses continuously. Therefore, we examined the oxidation ability of TaERO 1 for TaPDI acquired from wheat (Fig.1). When only TaPDI was present, the absorbance at 650 nm following reduction was 0.432. On addition of 0.4nmol (0.5 equiv.), 0.8nmol (1 equiv.), and 1.6nmol (2 equiv.) TaERO1 to TaPDI, the absorbance at 650 nm was 0.430, 0.320, and 0.058, which shows that the absorption decreases with increasing concentrations of TaERO1. When insulin, which is insolubilized by SS bonds, is reduced by PDI (reduced state), the absorbance (turbidity) of the reaction solution increases. In the presence of TaERO 1, this increase in absorbance was controlled because the reduced form of TaPDI was oxidized by TaERO 1 and SS bonds were not formed in insulin. This result shows that TaERO 1 was successfully expressed with the ability to oxidatively regenerate TaPDI.

2. SS bond formation in proteins by TaPDI or TaPDI-TaERO 1

TaPDI was allowed to act on reduced denatured ovomucoid, and then subjected to SDS-PAGE. The SS bond band of obtained by electrophoresis under

non-reducing conditions was observed at 35 kDa with TaPDI alone, whereas the band shifted to a lower molecular weight (30 kDa) with TaPDI, TaERO 1 (1.6nmol), and FAD (1.6nmol) (Fig.2 A). On the other hand, the band of 30 kDa (Fig.2A, No. 3) was shifted to 35 kDa by treatment with 2-mercaptoethanol (Fig.2B). With only TaPDI, 82.2 ± 1.0 μmol SS bonds per 1g reduced denatured ovomucoid were formed (Fig.3). By adding TaERO1

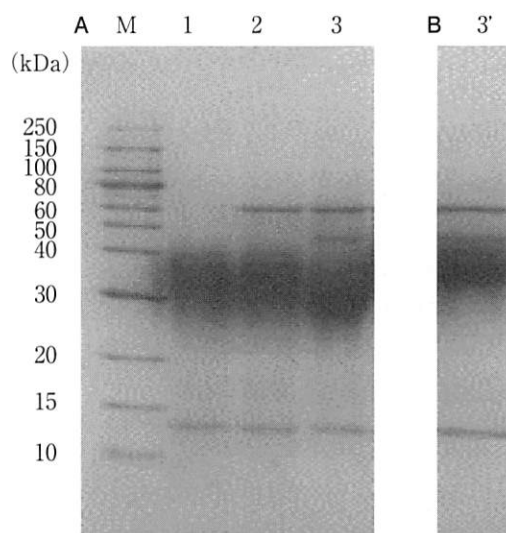


Fig.2 Refolding of reduced and denatured ovomucoid by TaPDI and TaERO1

A: non-reducing conditions for SS bonds and B: SS bonds reduced. 1: Ovomuroid (Me-), 2: ovomucoid + TaPDI (0.8 nmol) (Me-), 3: ovomucoid + TaPDI (0.8 nmol) + TaERO1 (1.6 nmol) + FAD (1.6 nmol) (Me-), and 3': SS bonds in band No. 3 reduced by treatment with 2-mercaptoethanol.

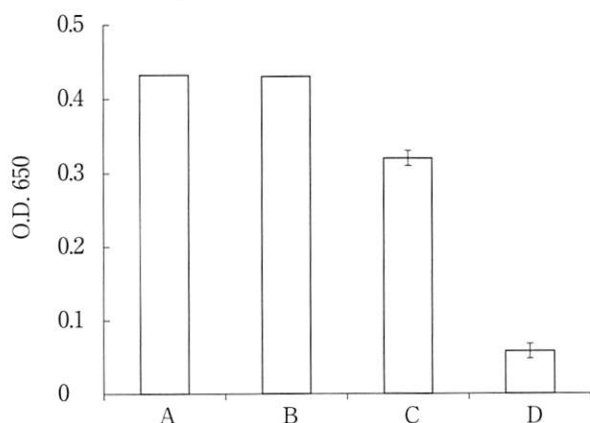


Fig.1 Effect of TaERO 1 concentration on the reduction activity of TaPDI

A: TaPDI (0.8 nmol), B: TaPDI (0.8 nmol) + TaERO1 (0.4 nmol), C: TaPDI (0.8 nmol) + TaERO1 (0.8 nmol), and D: TaPDI (0.8 nmol) + TaERO1 (1.6 nmol).

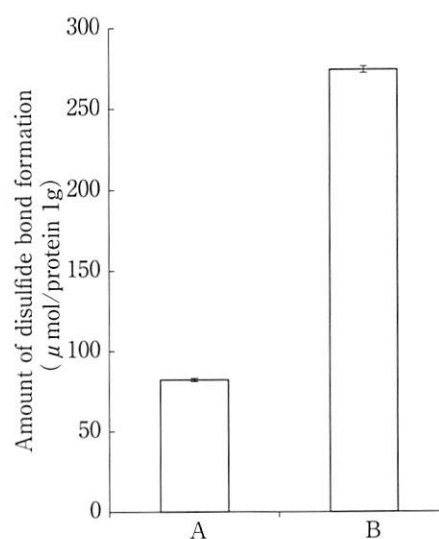


Fig.3 Influence of ERO1 on SS bond formation by PDI

A: TaPDI (0.8 nmol) and B: TaPDI (0.8 nmol), TaERO1 (1.6 nmol), and FAD (1.6 nmol).

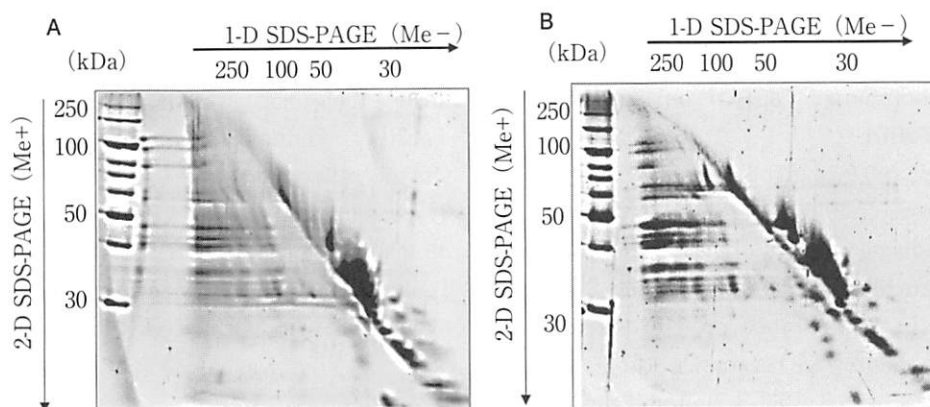


Fig.4 Two-dimensional electrophoresis of acid-soluble wheat protein fractions

A: Non-treated and B: TaPDI-TaERO1 treated.

(1.6 nmol) and FAD (1.6 nmol) to TaPDI, the amount of SS bond formation was increased about three-fold to $274.4 \pm 2.0 \mu\text{mol}$. Therefore, reduced TaPDI is continuously regenerated through oxidized by TaERO 1, and SS bonds were revealed to be efficiently formed in proteins.

It should be noted that the formation of SS bonds was confirmed with only TaPDI, even though no change was seen in the position of the bands in SDS-PAGE. Because there are nine SS bonds in ovomucoid, with the decreased formation of SS bonds with TaPDI, it was suggested that the molecules were not well folded.

3. Action of TaPDI-TaERO1 on acetic acid extracted proteins

The action of TaPDI and TaERO1 on the protein fraction extracted from flour by acetic acid was analyzed by diagonal two-dimensional electrophoresis. The proteins detected on the diagonal of the upper region are considered to have formed intramolecular SS bonds, whereas proteins detected in the lower region are considered to have formed intermolecular SS bonds. In this experiment, gliadin proteins of 30 ~40 kDa and 50 kDa were detected in the diagonal of the upper region in the samples treated with TaPDI-TaERO1 (Fig.4). From this result, SH groups in the gliadin were considered to be formed intermolecular SS bonds by the enzyme treatment. On the other hand, proteins were also detected in the diagonal of the lower region with a broad molecular weight range. From this result, the ability of TaPDI-TaERO 1 to form SS bonds between proteins is suggested.

4. Influence of PDI and ERO1 on baking quality

The influence of TaPDI, TaERO1, and FAD on

bread-making properties was examined using hard flour and medium flour (Fig.5). The specific volume was $5.40 \text{ cm}^3/\text{g}$ with hard flour and $4.69 \text{ cm}^3/\text{g}$ with medium flour. No significant change was seen in the specific volume when only TaPDI (50U; 8nmol) or TaPDI, TaERO1 (8nmol), and FAD ($8 \mu\text{mol}$) were added to 200g of medium flour. However, when excess TaERO 1 was added (TaPDI: TaERO1 = 1: 10 or 20), the specific volume increased significantly to 5.13 and $5.34 \text{ cm}^3/\text{g}$, respectively. The specific volume of the bread with 20-fold excess TaERO1 was similar to that of hard wheat flour bread. A comparison of the physical properties of the various bread crumb (Fig. 6) showed no significant differences between the stress and cohesion values. SS bond formation by the TaPDI system increased the specific volume of the product, but it did not have an influence on the properties of the crumb. In future studies, we will examine quantitatively the relationship between PDI and ERO 1 and improved baking quality, as well as the influence of other

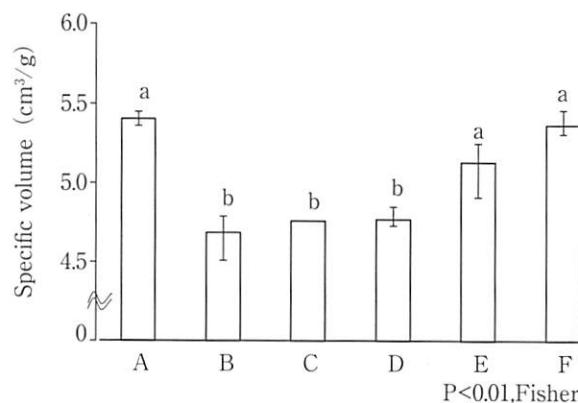


Fig.5 Effect of TaPDI and TaERO1 on specific volume of baked bread

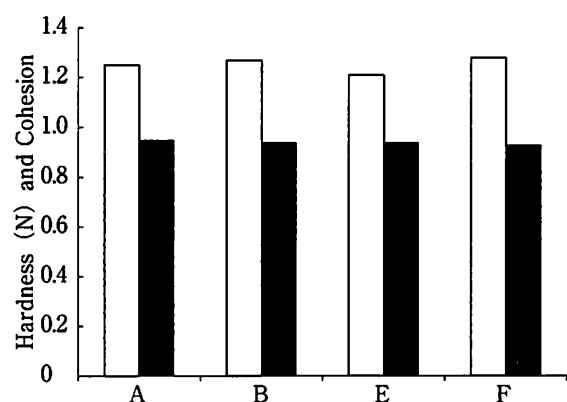


Fig.6 Effect of TaPDI and TaERO1 on hardness (□) and cohesion (■) of baked bread

A: Strong flour (Cameria), B: medium flour (Suzume), C: B+TaPDI (50U; 8 nmol), D: B+TaPDI (50U; 8 nmol)+TaERO1 (8 nmol)+FAD (8 μ mol), E: B+TaPDI (50U; 8 nmol)+TaERO1 (80 nmol)+FAD (8 μ mol), and F: B+TaPDI (50U; 8 nmol)+TaERO1 (160 nmol)+FAD (8 μ mol).

oxidizing agents.

Conclusion

In this study, we examined the functions of TaPDI and TaERO1 acquired from wheat and their influence on bread characteristics. TaPDI was confirmed to be oxidatively regenerated by TaERO1. In addition, SS bond formation in proteins was significantly improved in the presence of TaERO1 compared with TaPDI alone. TaPDI is continuously regenerated by the TaPDI-TaERO1-FAD system, revealing efficient formation of SS bonds in the proteins. When bread making was tested by adding this system to medium flour, which has inferior bread-making properties, the use of only TaPDI did not result in any significant improvement. However, with coexistent TaPDI, TaERO1, and FAD, the specific volume of the bread was improved and was the same as that of hard flour bread. This result confirmed that the addition of PDI, ERO1, and FAD to wheat flours with poor bread-making properties is able to improve the bread quality.

References

- 1) NICOLAS, J., and DRAPRON, R.: Lipoxygenase and some related enzymes in breadmaking., *Lipids in Cereal Tech.* (BARNES, P. J., ed.) (Academic Press: London), pp.213~235 (1983)
- 2) VAN, O. M.: Oxidases in baking, *International Food Ingredients*, October, IFI 4, 42~44, 47 (1996)
- 3) FRAZIER, P. J., BRIMBLECOMBE, F. A., DANIELS, N.

W. R. and RUSSEL, E. P. W.: The effect of lipoxygenase action on the mechanical development of doughs from fat-extracted and reconstituted wheat flours, *J. Sci. Food Agric.*, **28**, 247~254 (1977)

- 4) FAUBION, J. M. and HOSENEY, R. C.: Lipoxygenase: Its biochemistry and role in breadmaking., *Cereal Chem.*, **58**, 175~180 (1981)
- 5) ARAI, S., NOGUCHI, T., UCHINO, M. and TAKANO, K.: Purification and Characterization of Wheat Protein Disulfide Isomerase Expressed in *Escherichia coli*., *Food Preser. Sci.*, **37** (4), 173~183 (2011)
- 6) NOGUCHI, T., ARAI, S., NOGUCHI, H., UCHINO, M. and TAKANO, K.: Purification of Protein Disulfide Isomerase from Wheat (Haruyutaka) grain., *Food Preser. Sci.*, **37** (5), 245~248 (2011)
- 7) NOGUCHI, T., TAMURA, R., ARAI, S., OKA, D., NOGUCHI, H., UCHINO, M. and TAKANO, K.: Cloning and Expression of Wheat Ero1., *Food Preser. Sci.*, **37** (6), 283~287 (2011)
- 8) HOLMGREN, A.: Thioredoxin catalyzes the reduction of insulin disulfides by dithiothreitol and dihydrolipoamide., *J. Bio. Chem.*, **254**, 9627~9632 (1979)
- 9) LUNDSTROM, J. and HOLMGREN, A.: Protein disulfide-isomerase is a substrate for thioredoxin reductase and Has thioredoxin-like Activity., *J. Bio. Chem.*, **265**, 9114~9120 (1990)
- 10) ONDA, M., TATSUMI, E., TAKAHASHI, N. and HIROSE, M.: Refolding of Urea-Denatured Ovalbumin That Comprises Non-Native Disulfide Isomers., *J. Biochem.*, **122**, 83~89 (1997)
- 11) ANDREWS, D. C., CALDWELL, R. A. and QUAIL, K. J.: Sulfhydryl Analysis. I. Determination of Free Sulfhydryls in Wheat Flour Doughs., *Cereal Chem.*, **72** (3), 326~329 (1995)

小麦リコンビナントPDI-ERO1によるジスルフィド結合形成の解析および製パン性に及ぼす影響

野口智弘*1[§]・西堀史也*2・塩野弘二*2

岡 大貴*1・野口治子*2・高野克己*2

*1 東京農業大学応用生物科学部食品加工技術センター
(〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1)

*2 東京農業大学応用生物科学部生物応用化学科
(〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1)

製パンにおいて小麦生地中でのSS結合形成は重要な要因である。本報告では小麦生地中におけるSS結合に

対するリコンビナント小麦プロテインジスルフィドイソメラーゼ (TaPDI) およびエンドプラズミックレティキュラムオキシドレダクターゼ1 (TaERO1) の影響について検討した。まず、タンパク質へSS結合を形成することで還元化したPDIのERO1酸化再生能を解析した。その結果、小麦遺伝情報から取得したERO1はPDIに対し酸化再生能を有していた。また、還元変性オボムコイドへのSS結合形成能は、PDIのみではなくERO1およびFADが共存することで約3倍に増加した。強力粉から調製した小麦酸可溶性タンパク質にPDIおよびERO1、

FADを作用させ、対角線電気泳動にて解析したところ、PDIはグリアジンに対し分子内にSS結合を形成することが示唆された。さらに、製パン適性の劣る中力粉を用い製パン試験を行ったところ、比容積は無添加で4.69cm³/gであったのが、PDIおよびERO1、FADを添加することで、5.34cm³/gとなり強力粉から調製するパンと同等となった。本結果より、製パン性が劣る小麦粉に対するPDIの製パン改良効果を確認することができた。

(平成27年6月15日受付, 平成27年10月14日受理)

玄米食の安全性について

前田雪恵*1§・辻井良政*2・矢富伸治*1
井上明浩*1・高野克己*2

* 1 アルファー食品(株)

* 2 東京農業大学応用生物科学部生物応用化学科

Information on Safety of Brown Rice Meal

MAEDA Yukie*1§, TSUJII Yoshimasa*2, YATOMI Shinji*1,
INOUE Akihiro*1 and TAKANO Katsumi*2

* 1 *Alpha Foods Co., Ltd., Kitaaraki 645, Taisya-cho, Izumo-shi, Shimane 699-0722*

* 2 *Faculty of Applied Bioscience, Department of Applied Biology and Chemistry, Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502*

Key words: *brown rice, processed brown rice, cooked brown rice, safety*
玄米, 玄米加工品, 玄米食, 安全性

最近、健康志向のため主食を白飯から玄米米飯に変える人々が増えてきているが、玄米の安全性に関する論文は少ない。本資料では、実際に玄米米飯を喫食した場合の人体への影響について、情報を集約することを目的とした。

なお、玄米の残留農薬については、1995～2005年に行われた農薬残留実態調査で検出された農薬の濃度はいずれも基準値以下と低く、通常の喫食状況からみて特に問題となるものはないと考えられる¹⁾ため、ここでは省略する。

1. 玄米米飯の喫食実績における安全性について

(1) 主食として喫食されている米飯の現状

米は世界人口の約半数以上の主食であり、毎年6億t以上の米が収穫されている。生産量の上位10位は、中国、インド、インドネシア、ベトナム、タイ、バングラデシュ、ミャンマー、フィリピン、ブラジルおよび日本であり²⁾、アジア圏が中心である。

米を主食としていないアメリカやヨーロッパの国々でも、米飯を中心とした脂質が少なく栄養価が高いバランスのとれた日本型食生活が、健康上の観点から評価されており³⁾、海外の一部では米の消費量が増加してきている⁴⁾。

(2) 世界の玄米食の現状

古来より多くの日本人は、米飯を主食として生活してきた。稲作自体は少なくとも縄文時代晩期後半から開始されており、弥生時代には稲作が普及し米飯が主食になったと考えられている。弥生時代から室町時代までは玄米食がほとんどであった^{5),6)}。

安土桃山時代から徐々に精白米が食べられるようになり、江戸時代には白米食が増加し、「江戸嫌い」と呼ばれる奇病が江戸市中の武士、町民に流行した⁵⁾。この病は白米食の普及によるビタミンB₁欠乏が引き起こした「脚気」のことであり、江戸や大阪など都市部に多くみられ、半搗き米、玄米および雑穀食が主食だった地域では「江戸嫌い」はみられなかった⁵⁾。明治大正時代も都市市民は白米食であり、脚気が二大国民病の一つであった^{5),7)}。

1910年に、鈴木梅太郎博士は米ぬかからオリザニン(現在のビタミンB₁)と名づけた有効物質を分離したと発表し^{8),9)}、またオリザニンが脚気の予防、治療に有効な物質であることも発表した^{8),9)}。鈴木博士が世界で初めてビタミンを発見したとされている⁸⁾。

当時はオリザニンに脚気予防、治療に効果があると認められず、また鈴木博士が農芸化学者であるため、医者から敬遠されたようだ⁹⁾。

しかし、昭和になるとビタミンなどの栄養知識が広まり、白米食が脚気の原因とされ半搗き米や麦飯が奨励さ

* 1 〒699-0722 島根県出雲市大社町北荒木645

§ Corresponding author, E-mail: maeda-y@alpha-come.co.jp

* 2 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

れた。

戦時下の主食の配給制度により、これまで雑穀食等であった地域も米飯食となり、半搗き米や玄米米飯が全国的に食された⁵⁾。

このように日本では長きに亘り玄米食であり、むしろ玄米から白米に移行したことが原因で脚気などの病気を引き起こしていた。すなわち、玄米食による人体への悪影響があったとは考えられず、そのような記述もみられなかった。

世界的には、インドをはじめアジアやアフリカで消費されている加工米の1種のパーボイルドライスがある¹⁰⁾。パーボイルドライスとは、初ごと水に浸漬し吸水させ、蒸気で蒸し、乾燥させた加工米である。乾燥後は、普通の粉と同様に精米機あるいは臼と杵で精米される。一度熱処理を行うことで米澱粉を糊化させ、精米時の米粒の損壊を防ぐメリットがある¹¹⁾。また、糠層の栄養分が胚乳に移行しているため、栄養価が精白米よりも高く、玄米や発芽玄米に近い加工米である。世界の米の約5分の1がパーボイルドライスに加工されている報告がある¹²⁾。これも同様に人体への影響の報告はみつからなかった。

(3) 新たな玄米食文化の確立

近年、生活習慣病予防食品として玄米米飯が見直され、発芽玄米が市場に登場し話題となり、現在は約40億円規模の市場がある¹³⁾。発芽玄米は、発芽を誘発させた玄米で、 γ -アミノ酪酸(GABA)を豊富に含んでいる。発芽玄米の他にも様々な新規玄米加工品が発売されている。表面を研削された加工米、「金芽米」や「金芽ロウカット米」(東洋ライス株)および玄米をアルファ化米させた「ぶちっともち玄米」(アルファ食品株)などである。これらの製品は、玄米独特な食味や炊飯の不便さにより敬遠されている玄米を、食べやすく、簡便に炊けるように加工されたものである。玄米加工品のニーズがあり、これらの新製品がつけられ新たな玄米食として広がっている。

2. 玄米食の臨床試験について

玄米米飯および加工品について、いくつか臨床研究が行われている。

市販されている表面加工玄米を1日2食3か月間摂取した高コレステロール血症の女性18名および男性2名に有害事象はみられなかった¹⁴⁾。また、同製品を1日2食1か月摂取した健常者である女性4名および男性10名にも有害事象はみられず、臨床検査にも異常値は認められなかった¹⁵⁾。さらに同製品を用いたそのほかの臨床試験では同様に有害事象がみられず、便秘解消の効果があつた¹⁶⁾。

台湾の大学生(女性7名、男性2名)を対象に白米、玄米および発芽玄米を1日3食摂取するクロスオーバー試験が行われた¹⁷⁾。各米飯の摂取期間は7日間とし、5日間のウォッシュアウト期間を設けた。試験開始前と各

米飯摂取後の血中脂質レベルに有意な変動は認められなかった。その他の血液生化学検査には特に問題となる点は観察されなかった¹⁷⁾。

韓国においても臨床研究が行われ、肥満女性24名が白米飯を、23名が玄米および黒米混合した米飯を6週間摂取したが、副作用はみられなかった¹⁸⁾。

つぎに糖尿病患者24名(女性12名、男性12名)に対して行われた臨床研究では、白米と発芽玄米を1:1で配合した米飯を1日1食半以上、3か月間摂取させた結果、被験者の17%に軟便がみられた¹⁹⁾。また、健常者(女性12名)が白米と発芽玄米を1:1で配合した米飯を1日400g、68日間摂取した結果、排便良好および便秘改善が確認された²⁰⁾。発芽玄米1食分(171.8g)の摂食前後の血糖測定試験においても、下痢等の胃腸症状や低血糖などの異常所見はなかった²¹⁾。

長野県梓川地区で長期間摂取されている「あずさ発芽玄米」のアンケートでは、体調(健康状態)の変化について「便通の改善」が最も多く回答され約9割を占めた。次いで、「血圧が安定した」が約2割、「ダイエット効果があつた」が約1割回答された²²⁾。

毎日食べ2年以上継続している人が130名もおり、体調(健康状態)のよい変化を感じた対象については、摂食頻度が多く、摂取期間も長いという傾向が示された。自覚症状として、体調の悪化などの報告はなかった²²⁾。

当社では過去に玄米成分を添加した加工米を製造し、これらを用いた臨床試験を行った。 γ -オリザノール含有玄米エキス添加米を3食(1食150g以上)、30日間摂取させ、 γ -オリザノールを7.5mg/100g含有する加工米を摂取した女性16名および男性16名、 γ -オリザノールを3.75mg/100g含有する加工米を摂取した女性17名および男性15名に自覚症状に問題なく、また採血の結果も異常を示す検査値は認められなかった²³⁾。

総 括

世界的、歴史的に長い期間玄米米飯が食べられているということは、食文化的に食経験を証明されているといえるのではないかと考えられる。また、臨床試験による1週間~3か月の玄米および玄米加工品の摂食において便秘解消などは認められたが、玄米を継続して喫食しても有害事象はみられなかった。

食味の好みから白米飯が好まれているが、玄米は健康によいというイメージから食べ続けられている。健康のために、より食べやすいように加工して食されていることから、危険性より健康効果のほうが大きいと考えられる。このようにずっと食べられ続けていることが安全性の証明につながるのではないかと示唆される。

文 献

- 1) 小林麻紀・高野伊知郎・立石恭也・酒井奈穂子・田村康宏・富澤早苗・上條恭子・井部明広：米中の農業

- 残留実態 (1995年4月～2005年3月), 食衛誌, 48 (2), 35～40 (2007)
- 2) 国際連合食糧農業機関 (FAO) 「FAO統計データベース」(生産, 作物, 米 (モミつき) (2012年) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) -FAOSTAT-Production, Crops, Rice, Paddy, 2012)
- 3) 小田紘一郎: データブック 世界の米 (社農山魚村文化協会), 72 (1991)
- 4) USDA Grain: World Markets and Trade (2015)
- 5) 樋口清之: 新版 日本食物史—食生活の歴史— (1987)
- 6) 下田吉人: 玄米食の科学, 家事と衛生, 19 (4), (1943)
- 7) 秋元 稔: 栄養上から見た玄米の興味ある性質, 家事と衛生, 10 (6) (1934)
- 8) 荒井綜一: 鈴木梅太郎とオリザニン その英知と理念が語るもの, 化学と生物, 47 (2) 118～120 (2009)
- 9) 鈴木梅太郎: ヴィタミン研究の回顧, 「科学知識」科学知識普及会 (1931)
- 10) 木村俊範・松田従三・池内義則・吉田富穂: パーボイルドライスに関する研究 (第1報) —製造方法およびもみの吸水特性について—, 農業機械学会誌, 37 (4) 557～561 (1975)
- 11) ITOH, K., KAWAMURA, S. and IKEUCHI, Y.: PROCESSING AND MILLING OF PARBOILED RICE, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060 (1985)
- 12) Md. Rabiul ISLAM, SHIMIZU, N. and KIMURA, T.: Quality Evaluation of Parboiled Rice with Physical Properties, *Food Sci. Technol. Res.*, 7 (1), 57～63 (2001)
- 13) 2012年食品マーケティング便覧No. 3/富士経済
- 14) 上野和行・福本恭子・三星 知・本田裕加・五十嵐幸子・長井一彦・岡島英雄: 高コレステロール血症患者における玄米食摂取による脂質代謝改善効果, 日本食生活学会誌, 25 (2), 101～104 (2014)
- 15) 上野和行・福本恭子: 玄米食摂取による臨床検査値の変動に関する研究, 日本食生活学会誌, 20 (4), 320～323 (2010)
- 16) UENO, K. and FUKUMOTO, K.: Effects of Brown rice on clinical laboratory data, lipid metabolism, and ferrokinetics, *Jpn J TDM.*, 28 (4), (2011)
- 17) 許 慈芳・喜瀬光男・染谷幸子・伊藤幸彦・王 銘富・山本 茂: 白米, 玄米および発芽玄米がコレステロール排泄に及ぼす影響, 日本栄養士会雑誌, 51 (2), 130～136 (2008)
- 18) KIM, J. Y., KIM, J. H., LEE, d. H., KIM, S. H. and LEE, S. S.: Meal replacement with mixed rice is more effective than white rice in weight control, while improving antioxidant enzyme activity in obese women., *Nutrition Research.*, 28 (2), 66～71 (2008)
- 19) 早川富博・鈴木祥子・小林真哉・福富達也・井出正芳・大野恒夫・大河内昌弘・多気みつ子・宮本忠壽・丹村敏則・岡田美智子: 糖尿病患者における発芽玄米摂取による糖・脂質代謝への影響, 日本農村医学会雑誌, 58 (4), 438～446 (2009)
- 20) 海老塚広子・佐々木千恵・喜瀬光男・有田政信: 発芽玄米含有レトルト米飯を摂取したときの健常人の栄養状態及び身体状況に与える影響, 日本食生活学会誌, 18 (3), 216～222 (2007)
- 21) 伊藤幸彦・申 曼珍・喜瀬光男・速水 耕・芳野原・吉原理恵・横山淳一: 空腹時高血糖者の食後血糖, インスリン反応に及ぼす発芽玄米摂取の影響, 日食化誌, 12 (2), 80～84 (2005)
- 22) 中澤弥子: 発芽玄米の長期摂取は人々の健康にどのように影響するか—松本市梓川地区住民を対象とするアンケート調査—, 長野県短期大学紀要, 61, 69～78 (2006)
- 23) 金山 功・福本育夫・鳥海善貴・村田幸治・矢富伸治・沖田健一・吉岡牧美・亀井 勉: 玄米エキス添加加工米の血清コレステロール値低下作用に関する検討, 健康・栄養食品研究, 3 (1), 55～64 (2000)

植物未利用素材の活用と安全性

樋口 かよ*§

* 山梨県工業技術センター

Utilization and Safety of Unused Plant Materials

HIGUCHI Kayo*§

* The Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center, 2094 Otsumachi, Kofu-shi, Yamanashi 400-0055

近年、地域資源を活用した農林漁業者等による新事業の創出等および地域の農産物の利用促進に関する法律(平成22年法律第67号)が制定される等、6次産業化への取り組みが盛んとなっている。

山梨県でも、経営の安定した魅力ある農業を目指し、農業者、加工および流通業者、商工団体などが連携して農産物加工品を開発する“6次産業化”への取り組みとして「美味しい甲斐開発プロジェクト」が実施され、100種類近くの新規加工品が開発されている。近年では地域活性化のため、これまで利用されていなかった特産物などの未利用部位を使用した新しい製品開発が検討される傾向がみられた。そこで、山梨県工業技術センターでは平成24~25年度にかけ、果樹未利用素材としてモモの花弁、摘果果実およびブドウの葉の活用に関する研究に取り組んできた。この研究にあたり、食経験の少ない植物の未利用部位を活用するためには様々な調査や試験が必要であることが明らかになった。

そこで今回は、通常の商品開発における食品衛生上の課題ではなく、食経験の少ない未利用部位を食品として活用するために検討する必要がある事項について紹介したい。

1. 食品と医薬品の分類

食品として活用するためには、食品と医薬品との分類、すなわち食薬区分が重要となる。食品衛生法第4条の定義では、「食品とは、すべての飲食物をいう。ただし、薬事法(昭和35年法律第145号)に規定する医薬品および医薬部外品は、これを含まない」と定義されている。食品と医薬品の区分については、昭和46年6月1日、薬発第476号、“無承認無許可医薬品の指導取締りについて”の通知に記載がある。別紙“医薬品の範囲に関する基準”の中で、人が経口的に服用するものが、薬事法

(昭和35年法律第145号)第2条第1項第2号または第3号に規定する医薬品に該当するか否かは、その物の成分本質(原材料)、形状(剤型、容器、包装、意匠等)およびその物に表示された使用目的・効能効果・用法用量ならびに販売方法、販売の際の演述等を総合的に判断して、通常人が同法同条同項第2号または第3号に掲げる目的を有するものであるという認識を得るかどうかによって判断すべきものである²⁾と規定されている。すなわち、これまでに長期に渡る食経験がある野菜、果物、菓子、調理品等その外観、形状等から明らかに食品と認識されるものと健康増進法(平成14年法律第103号)第26条の規定に基づき許可を受けた表示内容を表示する特別用途食品を除き、その物の成分本質(原材料)が医薬品と判断されている場合、食品として活用できないと解釈される。原材料については、“専ら医薬品として利用される原材料”および“医薬品的効能効果を標ぼうしないかぎり医薬品として判断しない原材料”の2種類³⁾に分類されており、原材料が医薬品として判断されるか否かは、両リストを確認することで判断できる。例として“クズ”の場合、根からとった「デンプン(クズ粉)」は医薬品的効能効果を標ぼうしないかぎり医薬品として判断しない原材料リストに記載があり、実際に食品として利用されている。一方で、「根」そのものは専ら医薬品として利用される原材料リストに記載があり、漢方薬である葛根湯の原料(カクコン)として利用されている(表1)。したがって、これらのリストにより、植物部位の食薬区分を確認することが可能である。一方、両リストにも記載されていない新規原材料については、原材料の学名、使用部位、薬理作用または生理作用、毒性、麻薬・覚せい剤作用、国内外での医薬品としての承認前例の有無、食習慣等の資料を都道府県薬務担当課程由で厚生労働省医薬局監視指導・麻薬対策課あてに提出し判断

* 〒400-0055 山梨県甲府市大津町2094

§ E-mail: higuchi-akkt@pref.yamanashi.lg.jp

表1 医薬品的効能効果を標ぼうしない限り医薬品と判断しない成分本質（原材料）リスト*

名称	他名等	部位等	医薬品
アケビ	モクツウ	実	つる性の茎
アサガオ		葉・花	種子
アロエ	キュラソーアロエ/ケーブアロエ	根・葉肉	葉の液汁
ウド		軟化茎	根 茎
キダチアロエ		葉	アロエの葉液汁
クコ	クコシ/クコヨウ	果 実・葉	根 皮
クズ		種子・葉・花・クズ澱粉	根 (カクコン)
クワ	ソウジン/ソウヨウ/マグワ	葉・花・実 (集合果)	根 皮
ゲンチアナ		花	根・根 茎
コケモモ		果 実	葉
ゴボウ		根・葉	果 実
サイコ	ミシマサイコ	葉	根
シャクヤク		花	根
食用ホオズキ	ブルーノサ	果 実	ホオズキの根
セイヨウトチノキ		樹皮・葉・花・芽	種子
センナ		茎	果実・小葉・葉柄・葉軸
ダイオウ	ヤクヨウダイオウ/ルバーブ	葉	根 茎
ツルドクダミ		茎/葉	塊 根
トウガシ	トウガニン/トウガン/ハクガ	果 実	種子
トチノキ		種子・樹皮	セイヨウトチノキの種子
トチュウ		果実・葉・葉柄・木部	樹 皮
パイナップル	パイナップル加工品	果 実	パパイ
パパイヤ	チチュリ/モクカ	種子・葉・花	パパイ
バラ	バラ科植物	果実・葉・花	エイジツ
フキタンポポ	カントウヨウ/フキノトウ	葉・幼若花茎	花 蕾
ハウセンカ		全草 (種子は除く)	種子
ボタン		葉・花	根 皮
モモ		葉・花	種子 (トウニン)

*医薬品部位が表記されている植物由来等のリスト内から一部抜粋

を求めること⁹⁾としている。未利用部位については、リストに記載されていないことが想定されるため、個別の照会などによる食薬区分の確認が必要となる可能性がある。

2. 食品衛生法における基準

食品衛生法は、憲法において定める「すべての国民に健康で文化的な最低限度の生活を営むことを保証する」ために制定された法律のひとつであり、飲食に起因する衛生上の危害の発生を防止し、公衆衛生の向上および増進に寄与すること（昭和22年）を目的として制定された法律⁹⁾である。食品衛生法第6条では、第1～4号に掲げる食品または添加物は、これを販売し（不特定または多数の者に授与する販売以外の場合を含む。以下同じ）、または販売の用に供するために、採取し、製造し、輸入し、加工し、使用し、調理し、貯蔵し、もしくは陳列してはならない⁹⁾と定められている（表2）。植物の未利用部位の活用にあたっては食経験が乏しいため、特に食品衛生法第6条第2号の有毒な、もしくは有害な物質が含まれていないかという点が重視されると考えられる。

表2 食品衛生法第6条

第6条 [販売を禁止される食品及び添加物]

- 第1号 腐敗し、若しくは変敗したもの又は未熟であるもの。ただし、一般に人の健康を損なうおそれがなく飲食に適すると認められているものは、この限りではない。
- 第2号 有毒な、若しくは有害な物質が含まれ、若しくは付着し、又はこれらの疑いがあるもの。ただし、人の健康を損なうおそれがない場合として厚生労働大臣が定める場合においては、この限りでない。
- 第3号 病原微生物により汚染され、又はその疑いがあり、人の健康を損なうおそれがあるもの。
- 第4号 不潔、異物の混入又は添加その他の事由により、人の健康を損なうおそれがあるもの。

3. 植物性自然毒による食中毒

第6条第2号における「有毒な、もしくは有害な物質」とは、人が一定量を摂取した場合には、通常何らかの健康上の危害を生ずるおそれのある物質であり、毒物

および劇物取締法（昭和25年法律第303号）にいう毒物または劇物などが典型的な例である⁷⁾とされている。したがって、未利用の植物部位の活用にあたっては、まず植物由来の有毒および有害物質について調査する必要があるものと判断される。

平成25年度の原因別食中毒発生件数⁸⁾から、食中毒の発生原因割合を算出した結果（図1）、植物性自然毒による食中毒は全体の5%であった。細菌やウイルスによる食中毒と比較すると低いものの、1年間で50件発生していた。さらに、過去10年（平成16年から25年）の間に国内で発生した食中毒は197件、患者数943名⁹⁾と報告（表3）されている。一般的に、植物性の自然毒では毒キノコによる中毒が想像されるが、実際は山菜や野菜類と類似した有毒植物を誤って食し、中毒となるケースも発生している⁹⁾。

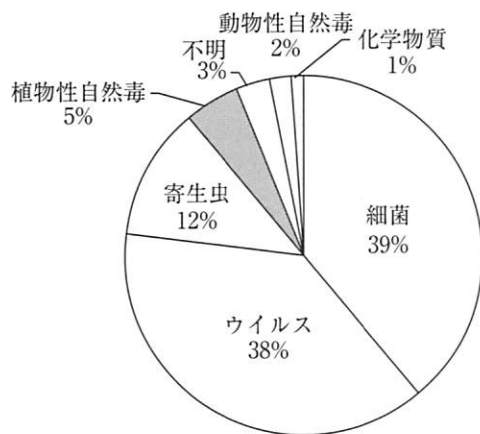


図1 原因別食中毒発生件数の割合（平成25年度）

表3 過去10年（平成16年から25年）に発生した高等植物による食中毒発生事例（厚生労働省）

原因植物名	事件数
スイセン	28
バイケイソウ	26
チョウセンアサガオ	21
ジャガイモ	18
トリカブト	18
クワズイモ	9
イヌサフラン	7
ヨウシュヤマゴボウ	4
コバイケイソウ	3
アジサイ	3
テンナンショウ類	3
ユウガオ	2
グロリオサ	2
ジギタリス	2
ハシドコロ	2
その他	44
不明	5
合計	197

また、身近な植物であるジャガイモ、ワラビ、トマト、モロヘイヤ等による食中毒事例も報告されている¹⁰⁾。明らかに有毒植物ではないものの、部位によっては毒性をもつ植物や、食用部位であっても誤った処理方法や摂取量により食中毒が発生したケースも報告されている。これら過去の事例報告から、私たちに身近な植物による食中毒が起こりうる可能性があるため、未利用部位の活用については、成分検索や有毒成分の分析が重要となる。

4. 植物成分と減毒処理

植物成分の中には、天然由来の薬物すなわち生薬を含む様々な天然有機化合物が存在している。今回は、広く植物に分布し、毒と薬の両面の性質をもつ傾向にあるアルカロイドおよび青酸配糖体について記載する。

(1) アルカロイド

植物性由来の毒には、アルカロイドと称される化合物が特に多いと言われている¹¹⁾。アルカロイドは、分子中に1～3級アミンまたは4級アンモニウム塩の形で窒素原子を含む有機化合物で、塩基性の植物成分である¹²⁾。よく知られているアルカロイドとしては、ジャガイモの芽に含まれるソラニン、タバコに含まれるニコチン、カフェイン等がある。アルカロイドは、有毒成分をもつ一方で、鎮痛作用、筋弛緩作用、局所麻酔作用、中枢神経興奮作用、子宮収縮および片頭痛鎮痛作用、血圧降下作用、鎮咳去痰作用、健胃性、縮瞳作用、抗がん作用、駆虫作用、殺菌および抗原虫作用をもち、生薬としても使用されている¹³⁾。アルカロイドの中でも特に毒性の強いアコニチン等を含むトリカブト類の塊根（プシ）は、オートクレーブ内で高圧処理し、加水分解（減毒）してから生薬として利用されている¹⁴⁾。

(2) 青酸配糖体

バラ科の植物を中心に、青酸配糖体と称される化合物が含まれている。青酸配糖体は、 α -ヒドロキシニトリルの水酸基に糖が結合した化合物であり、加水分解酵素や、酸あるいはアルカリで処理すると青酸（HCN）を発生する¹⁵⁾性質をもっている。原材料の段階では、食用としているタケノコ、キャッサバ（タピオカの原料）、あん、ウメ等に青酸配糖体が含まれているため、それぞれ表4に示した減毒処理を行った後に食品として活用している^{16)~18)}。

これらシアン化合物を含有する食品の取り扱いについては、平成20年9月3日付け事務連絡¹⁹⁾により、天然にシアン化合物を含有することが知られている食品およびその加工品（検査命令対象食品を除く）については、輸入の都度、貨物を保留のうえ、シアン化合物にかかわる自主検査を指導することとされており、10ppmを超えてシアン化合物を検出した場合にあっては、食品衛生法第6条違反として措置することとされている。しかしながら、国内における調理・加工等により最終製品においてシアン化合物の摂取量が低減されることが確認された

表4 青酸配糖体を含む食品と減毒方法^{14)~16)}

食品	主な青酸配糖体	減毒方法
タケノコ	タキシフィリン	喫食前に十分に茹でる
キャッサバ	リナマリン	皮を剥き、長時間水にさらし、十分に加熱する
豆（生あん）	リナマリン	①つけ込みは温湯を用いて4時間以上行うこと ②煮込みは、洗切りを1回以上行った後十分に煮沸を継続すること ③製あん機にかけて製あんした後、水そうで3回以上十分にさらすこと
ウメ	アミグダリン	梅漬け、梅酒、梅干しなどに加工する

場合は食品衛生法第6条違反に該当しないものとして取り扱われるとされている。食品衛生法第6条第2号では、有毒な、もしくは有害な物質が含まれ、もしくは付着し、またはこれらの疑いがあるものは販売を禁止されると記載されているが、「ただし、人の健康を損なうおそれがない場合として厚生労働大臣が定める場合においてはこのかぎりではない」と記載されている。

これらの根拠から、青酸配糖体が含まれ、シアン化合物が検出される可能性がある植物についても、減毒処理を行うことにより食品として活用されてきた。

5. 植物未利用部位の活用に向けて

これまで未利用部位の活用に向けて、1.食品と医薬品の分類、2.食品衛生法における基準、3.植物性自然毒による食中毒、4.植物成分と減毒処理について紹介してき

たが、仮に毒性をもつ可能性がある物質が検出され、その安全性が確認できない場合は、さらなる安全性試験が必要であるものと考えられる(表5)^{20),21)}。現在、食品添加物の安全性試験については、実用的評価法としてげっ歯類を用いた毒性試験により確認されている²⁰⁾。また、食経験情報が少なく、安全性の担保に不十分と判断された健康食品については、原材料等を用いた毒性試験を行うことを基本としている²²⁾。実験動物への毒性の程度から人への毒性の程度を予想することは簡単ではない²³⁾とされているものの、調査や成分分析などの結果のみで人の健康を損なうおそれがないと判断することが難しい場合、必要に応じて安全性試験の追加が行われることが望ましいとされている。したがって、安全性に不安がみられる未利用の部位の活用については、これらに準じた試験が必要であるものと解釈される。

表5 安全性試験の種類と概要

試験名	目的
28日間反復投与毒性試験	げっ歯類および非げっ歯類を用いて被験物質を28日繰り返し投与したときに生じる毒性影響についての情報を提供することを目的とする。
90日間反復投与毒性試験	げっ歯類および非げっ歯類を用いて被験物質を90日以上繰り返し投与したときに生じる毒性変化についての情報を与えることを目的とする。
1年間反復投与毒性試験	げっ歯類および非げっ歯類を用いて被験物質を長期間にわたって繰り返し投与したとき、明らかな毒性変化を惹起する用量とその変化の内容、および毒性変化の認められない用量を求めることを目的とする。
繁殖試験	被験物質を2世代にわたって投与し、発情、交尾、受胎、分娩、は乳類の生殖機能、離乳および出産後の新生児の育成に及ぼす影響に関する情報を得ることを目的とする。
催奇形性試験	妊娠中の母動物が被験物質に暴露された場合の胎児の発生、発育に対する影響、特に催奇形性に関する情報を得ることを目的とする。
発がん性試験	げっ歯類に対し、被験物質を経口投与した時に発がん性を示すかどうかの情報を得ることを目的とする。
1年間反復投与毒性/発がん性併合試験	長期間にわたり、被験物質を反復投与したときに発現する有害作用を検出するために行われるものであり、被験物質の1年間反復投与毒性と同時に発がん性に関する情報を得ることを目的とする。
抗原性試験	抗原性(アレルギー原性)を検討することを目的とする。
変異原性試験	被験物質がDNAに影響を与え、その結果、遺伝子突然変異あるいは染色体の構造異常および数値的異常を起こす性質があるかどうかを明らかにすることを目的とする。

ま と め

未利用部位の活用に関しては、特に食経験が重要な指標となっている。新規食品開発のためには、通常の食品で求められる食品衛生上の課題のみならず、様々な検討が必要であり、特に人の健康を損なうおそれがないということが明確でない場合は、有毒および有害物質の確認や、安全性試験等多くの追加項目の検討が必要となる。また、新たな安全性に関する知見等により、食薬区分等必要に応じて変更される場合があるとのことから、新しい情報を収集することも重要であると考えられる。

文 献

- 1) 日本食品衛生協会：新訂早わかり食品衛生法第3版（日本食品衛生協会，東京），pp.27～31（2010）
- 2) 厚生省薬務局長通知：無承認無許可医薬品の指導取締りについて，（別紙）医薬品の範囲に関する基準，昭和46年6月1日，薬発476号
- 3) 厚生省薬務局長通知：無承認無許可医薬品の指導取締りについて，別添1および別添2，昭和46年6月1日，薬発476号
- 4) 厚生省薬務局長通知：無承認無許可医薬品の指導取締りについて，（別添1）食薬区分における成分本質の取扱いについて，昭和46年6月1日，薬発476号
- 5) 日本食品衛生協会：新訂早わかり食品衛生法第3版，（日本食品衛生協会，東京），p.14（2010）
- 6) 日本食品衛生協会：新訂早わかり食品衛生法第3版，（日本食品衛生協会，東京），pp.43～44（2010）
- 7) 日本食品衛生協会：新訂早わかり食品衛生法第3版，（日本食品衛生協会，東京），pp.46～47（2010）
- 8) 厚生労働省：食中毒統計資料，平成25年食中毒発生状況，原因食品別月別食中毒発生状況（2013）
- 9) 厚生労働省医薬食品局事務連絡：有毒植物による食中毒予防の注意喚起について，平成26年4月21日
- 10) 松下清編：フィールドベスト図鑑16日本の有毒植物（学研教育出版，東京）（2012）
- 11) 船山信次：毒と薬の科学—毒から見た薬・薬から見た毒—（朝倉書店，東京），p.79（2007）
- 12) 奥田拓男編：最新生薬学〔第2版〕（廣川書店，群馬），p.42（2011）
- 13) 奥田拓男編：最新生薬学〔第2版〕（廣川書店，群馬），pp.42～80（2011）
- 14) 奥田拓男編：最新生薬学〔第2版〕（廣川書店，群馬），p.47（2011）
- 15) 奥田拓男編：最新生薬学〔第2版〕（廣川書店，群馬），pp.85～87（2011）
- 16) 後藤哲久・佐藤吉朗・吉田充監修：食品危害要因その実態と検出法（テクノシステム，東京），p.175（2014）
- 17) 食品衛生研究会：平成24年度版食品衛生小六法Ⅰ（新日本法規出版，愛知），pp.1122～1123（2009）
- 18) 田森純二・井坂洋司：梅加工品中の製造工程中のアミグダリンの消長，農林規格検査所調査研究報告，11，21～28（1987）
- 19) 医薬食品局食品安全部監視安全課事務連絡：シアン化合物を含有する食品の取扱いについて，平成20年9月3日
- 20) 一色賢司・豊田正武・西島基弘：食品の安全性評価と確認（サイエンスフォーラム，千葉），pp.45～57（2003）
- 21) 厚生労働省医薬食品局：食品添加物の指定および使用基準改正に関する指針について，平成8年3月22日，衛化第29号
- 22) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長：「錠剤，カプセル状等食品の適正な製造に係る基本的考え方について」および「錠剤，カプセル状等食品の原材料の安全性に関する自主点検ガイドライン」について，平成17年2月1日，食安発第0201003号
- 23) 船山信次：毒と薬の科学—毒から見た薬・薬から見た毒—（朝倉書店，東京），p.63（2007）

カットサボテン果実の品質保持に対する
収穫時期と収穫時の熟度の影響

ALLEGRA, A., et al.: *Postharvest Biol. Technol.*, **104**, 57~62 (2015)

収穫時期(8か10月)と熟度(10か100%橙色着色)が異なる生食用サボテン果実(ウチワサボテン, 日本でも果実店等で販売)からスライス切片を調製して, 5℃で保持して品質変化を調べた。調製直後の外観評価は, 10月に10%着色で収穫した果実切片が最も高く, 保持中の外観も維持されたが, その他は同じ評価であり, 外観劣化も顕著であった。収穫時期にかかわらず保持に伴う果肉色ならびに可溶性固形物含量とβカロテンの変化はなく, 10月収穫果実のビタミンCの変化も少なかったが, 8月収穫果実のビタミンC含量は10月果実の約2倍の含量を示したものの保持に伴って減少した。収穫時期にかかわらず適熟果実の生菌数の増加はみられなかったが, 過熟果実の生菌数は顕著に増加した。

(阿部一博)

カットリンゴ(フジ)の安全と
品質保持に寄与する可溶性被膜の効果

SALVIA-Trujillo, L., et al.: *Postharvest Biol. Technol.*, **105**, 8~16 (2015)

可溶性被膜剤にレモンガラス抽出液(LEO)を添加(0.1, 0.5, 1%)し, リンゴ切片(果肉:直径1.4mm, 長さ2cm)に塗布して, 保持中(4℃, 14日間)の品質変化を調べた。被膜処理は, 接種した大腸菌の繁殖を抑え, LEO0.1%でも生菌数の増加を抑制し, 濃度0.5と1%処理では保持中の生育を完全に抑制した。処理濃度にかかわらず果肉の硬度は維持された。LEO0.5と1%は, 保持中の品質変化を起こすことなく呼吸量の増加(包装内のCO₂濃度から推測)とエチレン生成を抑制したが, 切片表面の褐変を誘導した。0.1%では褐変は抑制されたことから, 可溶性被膜剤処理は, カットリンゴの品質保持に効果があることを明らかにした。

(阿部一博)

カット柿の生理・化学的特性に及ぼす
収穫熟度と抗酸化剤処理の影響

SANCHIS, E., et al.: *Postharvest Biol. Technol.*, **105**, 34~44 (2015)

熟度が異なるカキ果実(10月上旬か11月中旬に収穫)を, 15℃で一定期間(0, 3, 6日間)貯蔵した後に切片を調製して, アスコルビン酸(AA)かクエン酸液(CA)で処理後に5℃で貯蔵中(8日間)の品質変化を調べた。収穫後の果実貯蔵中は可溶性固形物と酸含量の変化は少なかったが, 果肉の軟化が進んだ。切片へのAAやCA処理は果肉の褐変を抑制したが, 抗酸化成分やカロテノイド含量には影響を及ぼさなかった。商業的にカット柿を調製する場合は, 10月収穫果実を0~3日の貯蔵期間内に切片を調製してAAかCA処理を行うか11月収穫果実を収穫直後に加工してAA処理することが適する。その場合には, 異臭発生や果肉の軟化を指標とした官能検査では5℃において, 6~8日間の品質保持が可能であることを明らかにした。

(阿部一博)

茶カテキン保持の生体高分子吸着材としての
脱脂米糠の利用

SHI, M., et al.: *Journal of Food Science*, **80** (10), C2134~C2139

茶カテキン用の生体吸収性高分子としての米糠の可能性を検討した。未処理, 水洗米糠よりも脱脂米糠が最も茶カテキンの吸着が高く, (-)-エピガロカテキンゲレートに対して最高の吸着容量があり, 選択性もあった。脱脂米糠上に茶カテキン類の吸着特性は, 10, 25および45℃の範囲で, 0.5~2.5g/lで測定を行った。脱脂米糠上に茶カテキン類の吸着特性は, ラングミュアとフロイントリヒモデルの両方の疑似二次モデルで説明することができた。総カテキン類の吸着は10~25℃で減少し, 45℃で大幅に上昇した。タンパク質およびセルロースが, 脱脂米糠の茶カテキン類吸着の主要な要因である。

(塩野弘二)

化学修飾イヌリンでカプセル化した没食子酸の
ヨーグルト中における放出速度

GARCÍA, P., et al.: *Journal of Food Science*, **80** (10), C2147~C2152

没食子酸(GA)を, ネイティブ(NIn), 架橋(CIn)およびアセチル化(AIn)イヌリンで噴霧乾燥によってカプセル化した。封入効率は, GA-NInとGA-AInに比べGA-CInで有意に高く, イヌリン修飾がGAポリマーの相互作用に影響を与えることを示している。さらに, GAの放出速度定数を求めるために, PEPPASおよび樋口モデルにGA放出特性結果を当てはめたところ, GA放出速度定数は各修飾化イヌリン間で有意に異なっていたが, その差はわずかであり, いずれもGA放出速度が速かったことから, これらの修飾化イヌリンはヨーグルト中でのGA放出を制御していないことが明らかになった。本実験結果から, これらの修飾化イヌリンはインスタント食品への使用に最も適していると言える。

(塩野弘二)

中国産赤ワインのフェノール酸およびフラバン-3-オールの
プロファイル: 産地およびブドウ品種に従った比較および判別

SUN, X., et al.: *Journal of Food Science*, **80** (10), C2170~C2179

中国産赤ワインのフェノール酸, フラバン-3-オールのプロファイルを行い, それらの2成分を指標として用いることで中国産ワインの産地およびブドウ品種を判別することが可能か精査した。その結果, 産地および品種間で有意差が認められ, マーカーを見い出すことができた。正準判別分析による産地または品種に従った適切な判別法が開発でき, この判別モデルの精度は, 各々88.9, 100%であった。フェノール酸およびフラバン-3-オールのプロファイルおよび地域と品種に従った適切な判別法によって, 中国産赤ワインにおける産地と品種の不正表示が稀に認められる結果となった。

(塩野弘二)

日本食品保蔵科学会誌 第41巻 内容項目

第 1 号

<報 文> (英文)

海老澤隆史・田村倫子・小澤恵実・村 清司：ラッカセイ種皮から単離した異なる重合度のプロアントシアニンによる抗酸化活性の比較

竹内正彦・白澤隆史・滝沢 潤・後藤哲久：*Penicillium expansum*の接種によりパツリンの蓄積とりんご果実成分との関係

<技術報告>

柘植一希・樋口洋子・北條怜子・元木 悟：関東地方の伝統野菜「のらぼう菜」(*Brassica napus* L.)の品質について

<総 説>

中村 優：ジャガイモの品種および比重による加工特性の差異に関する酵素化学的研究

<講 座>

村山秀樹：身近な野菜・果物～その起源から生産・消費まで (29) セイヨウナシ (I)

<情 報>

斉藤文秀：食と農の資料館めぐり (8) キッコーマン 国際食文化研究センター

<文献抄録>

<本会記事>

<会 告>

第 2 号

<報 文>

岸田邦博・鈴木雅也・井原勇人・尾崎嘉彦：ラット肝臓脂質代謝関連遺伝子発現に与えるカンキツリモノイドの影響

鮫島陽人・満留克俊・徳永太藏・桑鶴紀充：低温貯蔵カボチャ果実の品質に及ぼす影響

<研究ノート>

竹内正彦・白澤隆史・滝沢 潤・後藤哲久：長野県オリジナルリング品種(‘シナノスイート’, ‘秋映’及び‘シナノゴールド’)の果汁への加工適性

<研究ノート> (英文)

金嶋 泰・妙田貴生・中田真悠子・藤森 嶺・戸枝一喜・西澤 信：Rhodomyrtone, カムカム果皮に含まれる抗菌活性のある Acylphloroglucinol

<講 座>

村山秀樹：身近な野菜・果物～その起源から生産・消費

まで (29) セイヨウナシ (II)

<文献抄録>

<会 告>

第 3 号

<報 文>

名取貴光・中川裕子・桜林ひかる・福井 智・野田聖子・窪島愛華・戸澤一宏・仲尾玲子：ラット神経膠腫細胞に対する山菜抽出物のアポトーシス誘導効果

<報 文> (英文)

ディルパン アンディ・疋田慶夫・千葉浩徳・小川幸春：カンキツ果実における細胞間隙体積の推定モデル

<技術報告>

山田徳広・永島伸浩・志垣 瞳・稲熊隆博：生姜汁を用いた牛乳ゲルの形成について

<技術報告> (英文)

松本敏一・石原 藍・安部紀夫・桜井尚史・三島晶太・秋廣高志：白色反射シートのカーテン処理によるワイン用ブドウ‘カベルネ・ソービニオン’の着色促進効果およびワイン品質

<講 座>

梅田浩史：HACCP教育講座 (9) HACCP普及の取組みについて

<文献抄録>

<会 告>

第 4 号

<報 文>

河野俊夫・疋田慶夫・村井正之・上向井美佐・柏野由加里・甲斐野乃花：近赤外マッピングスキャンによる食用卵の個別消費期限推定法に関する研究

<報 文> (英文)

村松良樹・坂口栄一郎・川上昭太郎・田川彰男：小豆の減圧乾燥特性と含水率変化の予測モデル

<研究ノート>

樋口洋子・柘植一希・北條怜子・元木 悟：異なる輸送条件、貯蔵条件および貯蔵姿勢におけるアスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) の若茎の外観、糖度、水分含量および破断応力の変動

<講 座>

菰田俊一：HACCP教育講座 (10) エビ・カニアレルギーのはなし—甲殻類アレルギーの現状と対応—

<文献抄録>

< 本会記事 >
< 会 告 >

第 5 号

< 報 文 >

安田みどり・中多啓子・大城あゆみ・山内良子・相浦正文・塚本敏朗・林 伊久・石川洋哉：急速加減圧抽出法による緑茶有用性成分の抽出とその抗酸化活性・保存性評価

< 研究ノート >

村松良樹・坂口栄一郎・川上昭太郎・田川彰男：双子型恒温壁熱量計による小麦粉の比熱測定と有効熱拡散率の推定

< 技術報告 >

田中智大・小泉亮輔・入澤友啓・寺島晃也・多田耕太郎・鈴木敏郎： γ -アミノ酪酸 (GAVA) 生成乳酸菌を用いた発酵バター様食品の開発とその品質について

< 講 座 >

椎名武夫：HACCP教育講座 (11) 生鮮食品の品質評価に関する最近の動向

< 文献抄録 >

< 本会記事 >

< 記 事 >

第 6 号

< 報 文 >

米澤加代・谷岡由梨・石田 裕・島田剛志・古庄 律：パオバブ (*Adansonia digitate*) フルーツパルプの水溶性食物繊維の糖組成およびラットを用いた耐糖能の評価

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

平 智・佐藤祐樹・秋元彩夏・佐伯葉子・松本大生：浸透圧を利用した渋ガキ果肉の脱水と脱渋ならびに加工品の品質に関する研究

< 報 文 > (英文)

野口智弘・西堀史也・塩野弘二・岡 大貴・野口治子・高野克己：小麦リコピタントPDI-ERO1によるジスルフィド結合形成の解析および製パン性に及ぼす影響

< 資 料 >

前田雪恵・辻井良政・矢富伸治・井上明浩・高野克己：玄米食の安全性について

< 講 座 >

椎名武夫：HACCP教育講座 (12) 生鮮食品の品質評価に関する最近の動向

< 文献抄録 >

< 本会記事 >

< 会 告 >

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な事業

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 (役員の選出) 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 (役員の任期) 役員の任期は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、意見を述べることができる。

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。

「日本食品保蔵科学会誌」 投稿論文記載要領

1. 投稿論文

- (1) 和文論文はワープロソフトを使用し、A4判白紙（縦長）に、12ポイント活字を用い25字×25行の横書きに記述し、上下左右3cm以上の余白を設けて印刷する。
- (2) 英文論文はワープロソフトを用いA4版白紙の上下左右に2cm以上の余白を取りダブルスペースとする。
- (3) 英文については関連分野の論文などを参考にし、さらに英文に堪能な人の意見を求めるなどして正確を期するとともに、特殊な専門用語や内容に関する表現は特に注意する。
- (4) 表紙
投稿論文には、表題、略表題、著者名、著者の所属・住所、メールアドレスなどを記述した表紙を添付する。

原稿添付用表紙記載例

和文表題：ゆばの褐変ならびにグルタチオンの抑制効果

英文表題：Browning of Yuba and Inhibitory effect of Glutathion

略表題：ゆばの褐変とGSHの抑制効果（和文で15字、英文で6語以内）

著者名：国正重乃^{*1}・柳沼 勲^{*1}・野口智弘^{*2}・高野克己^{*2}・内村信宏^{*3}・青柳吉紀^{*3}

脚注：*1 (株)ミットヨフーズ (〒324-0608 栃木県那須郡馬頭町健武2375 E-mail _____@_____)

*2 東京農業大学応用生物科学部 (〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1 E-mail _____@_____)

*3 (株)興人発酵事業部 (〒103-0022 東京都日本橋室町4-1-21 E-mail _____@_____)

連絡者氏名：国正重乃

住所・所属：〒324-0608 栃木県那須郡馬頭町健武2375

(株)ミットヨフーズ
TEL 00-0000-0000
FAX 00-0000-0000

2. 本文の構成

- (1) 報文および技術報告
構成区分は原則として緒言（記述にあたっては「緒言」という見出し字句は用いない）、実験方法、実験結果、考察（「実験結果および考察」としてもよい）、

要約、文献とする。記述にあたっては、構成区分の見出し字句の前後は1行あけ、見出し字句は行中央に書く。

(2) 研究ノート

構成区分見出しを必要とせず、緒言（記述にあたっては「緒言」という見出し字句は用いない）、大見出し以下の区別で記述する。大見出しの見出し字句は原則として、直接必要な事項の字句を見出しとする。要約は大見出しにより、文献のみは構成区分見出しとする。

- (3) 報文、研究ノート、および技術報告には英文要旨（150～200語程度）ならびにその和訳をつける。英文要旨は1.(2)に従い題名について3行あけ著者名、所属および住所、次に3行あけて要旨本文を記述する。英文要旨は英文を直訳するのではなく、これを読めば本文の内容をおおよそ理解できるように、平易な英文で簡潔に書き改行は行わない。英文要旨の和訳は1.(1)に従い作成する。なお、英文論文の場合には、英文要旨・和訳の他、和文要旨（600字程度、1.(1)に従い作成）を添付する。

(4) 英文要旨記載例

Relationship between Low-oxygen Induced Injury and Respiration in Several Fruits under Hypoxia
IMABORI Yoshihiro^{*1}, KOTA Mika^{*1}, UEDA Yoshinori^{*1}, YOSHIOKA Hiroto^{*2} and CHACHIN Kazuo^{*1}

*1 College of Agriculture, Osaka Prefecture University, 1-1, Gakuen-cho, Sakai, Osaka 599-8531

*2 National Institute of Fruit Tree Science, 2-1, Fuzimoto, Tukuba, Ibaraki 305-0852

The relationship between low-oxygen induced injury and respiration rate in four kinds of fruits under air, ……

3. 原稿の書き方

- (1) 文章はひらがな（平仮名）、常用漢字および現代版仮名づかいに準拠し、平易かつ簡潔な「である」調とする。英字は活字体ではっきりと書く。
- (2) 専門用語は原則として文部科学省学術用語審議会編「学術用語集」による。略語または記号を用いるときは、最初に用いる箇所ですら正式な名称を記し、かつこ内に略語や記号を示す。
- (3) 化学物質名は原則として1UPAC（国際純正応用化学連合）命名法にしたがい和文論文は日本語で書く。

- (4) 数量の単位は原則としてメートル法に従い、数字はアラビア数字を用いる。
- (5) ゴシック (太文字) には~~~~~, イタリック (斜体) には_____, 人名などのスモールキャピタルには_____をその文字の下に記入する。
- (6) 図はA 4 版の白紙に、明瞭なコンピュータ出力とする。図の大きさは10cm×10cm程度が適当であり、最大でも用紙を横長にして使用する範囲にとどめる。
- (7) 図の表題および説明は、原図に記入する。原則としてこれらは英文とする。なお、表題および説明文は図の下に書く。
- (8) 写真はA 4 版用紙に張り付け、説明文は写真の下に書く。なお、写真は原則として白黒印刷とする。
- (9) 表はA 4 版の白紙を用い、原則として英文とする。やむを得ず大きい判の用紙を必要とするときは、B 4 を用い、折りたたんでA 4 版の大きさに整理する。表の題名は表の上部に、説明などの注記は下部に書く。
- (10) 文中の図および表の文字を記入する場合、図表が英文の場合にはFig. 1, Table 1 と書き、和文の場合には図 1, 表 1 と書く。また、だいたいの挿入位置を本文原稿用紙の右余白に指示する。
- (11) 文献は1), 2) で記載順に示し、最後に一括して番号順に列記する。文献の名称は略名が定められているものについてはその略名に従い、著者名、論文タイトル、誌名、巻、頁、年の順に記す。なお、本学会誌の略名は、(和名) 日食保蔵誌、(英名) Food Preser. Sci. とする。
- (12) 文献記載例
 - 1) 国正重乃・柳沼 勲・野口智弘・高野克己・内村信宏・青柳吉紀：ゆばの褐変ならびにグルタチオンの抑制効果，日食保蔵誌，28，331～336 (2002)
 - 2) IKOMA, Y., YANO, M., XU, Z. C. and OGAWA,

K.: Isolation of a cDNA encoding active protein for kiwifruit ACC Synthesis and expression in the outerpericarp, *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, 68, 286~288 (1999)

3) 茶珍和雄：園芸学概論 (文永堂出版，東京)，p. 241 (1992)

4) Kays, S. J. : Postharvest Physiology of Perishable Plant Products (An Avi Book, New York), p. 354 (1991)

	正	副 1	副 2
英文要旨およびその和訳 (英文については和文要旨)	○	○	○
本文	○	○	○
表	○	○	○
原図 (説明文入り)	○		
原図のコピー		○	○
原写真 (説明文入り)	○		
原写真のコピー		○	○

(13) 提出する投稿論文の構成内容は、以下の通りである。

4. 原稿およびフロッピーディスク

原稿はワープロソフトを用いて作成し、掲載可になった後、そのフロッピーディスクを本会事務局に送付する。ただし、本文と表は別ファイルとし原則としてテキストファイルとする。ディスク上面にファイル名、OS名、ソフト名およびそのバージョン、使用機種名を記載する。

5. その他

刷り上がり1頁は、本文の場合、原稿 (25字×25行) 4枚、図表原稿の場合4枚に相当する。著者校正は一度だけ行う。英文要旨および英文で書かれた図表については、英文校閲を済ませているので、これに従う。

原 稿 送 状

発送年月日	年	月	日	原稿種別： 報 文 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 〒			TEL. FAX.	原 稿 枚 数	本 文		枚 枚 枚 枚
	所 属 氏 名 E-mail					英 文 要 旨 同 和 訳 原 図 ・ 写 真 図 説 明 原 稿 表		
別 刷	部	受付番号		受付年月日	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、掲載可になった後、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、(株)日本複写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41巻第6号 平成27年11月30日印刷発行

編集発行者 日本食品保蔵科学会 東京農業大学 生物応用化学科 食料資源理化学研究室内
〒156-8502

東京都世田谷区桜丘1-1-1 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)