山形みどりな（タカナとハクサイの細胞融合雑種） の成分特性

鈴木東子*・進藤久美子**・渡邊智子***・阿部 清****
細田 浩**・堀田 博**・安井明美**・金子勝芳*

The Composition of Cell Fusion Vegetable "Yamagata Midorina"

Tohko SUZUKI*, Kumiko SHINDOH**, Tomoko WATANABE***, Kiyoshi ABE****,
Hiroshi HOSODA**, Hiroshi HORITA**, Akemi YASUI** and Katsuyoshi KANEKO*

* Yamagata Prefectural Agricultural Experiment Station 6060-27 Minorigaoka, Yamagata-city,
Yamagata 990-2372

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

*** Chiba College of Health Science, 2-10-1 Wakaba Mihama-ku, Chiba-city, 261-0014

**** Yamagata Prefectural Horticultural Experiment Station, 423 Shimaminami Sagae-city,
Yamagata 991-0043

The composition of cell fusion vegetable "Yamagata Midorina" was investigated comparing with parental mustard vegetable "Yamagata Seisai" (*Brassica juncea*) and Chinese cabbage (*Brassica rapa*), harvested from the same field in the same season. "Yamagata Midorina" was produced between these parents to give the property of late bolting to a Yamagata prefectural special product "Yamagata Seisai". Contents of protein, lipid, carbohydrate, dietary fiber, ash, several kind of minerals and vitamin B₁ in "Yamagata Midorina" showed between those in "Yamagata Seisai" and Chinese cabbage. Contents of β -carotene, vitamin B₂, vitamin C, monosaccharides, and content patterns of free amino acids of "Yamagata Midorina" were close to those of "Yamagata Seisai". Although "Yamagata Midorina" has pungent taste like "Yamagata Seisai", main pungency component was not allyl isothiocyanate detected much from "Yamagata Seisai". It was indicated that the other kind of isothiocyanates was main pungency component in "Yamagata Midorina".

(Received Feb. 13, 2001 ; Accepted May 2, 2001)

多肉性タカナに属する山形青菜（セイサイ）は独特の辛味をもち、古漬け（青菜漬け）で親しまれている山形県のオリジナル野菜である。山形の食卓にはなくてはならないものとなっており、通年供給が望まれていた。山形県立農業試験場および山形県立園芸試験場では、山形青菜の長所を保ちながら、春播きが可能な新しい野菜の作出に取り組み、山形青菜とハクサイを育種親とし、細

胞融合技術を用いて¹⁾、晩抽だい性で、ほぼ周年栽培が可能である新野菜、山園 B1 号（以下、細胞融合野菜）が誕生した。特徴として、外観は山形青菜に近く²⁾、山形青菜と同じ漬物用途のほか、ハクサイのように中華料理など幅広い調理食材として利用が可能である。

この細胞融合野菜は、「山形みどりな」の名で現在品種登録出願中である。水田転作の有力品目および山形県の

* 山形県立農業試験場（〒990-2372 山形県山形市みのりが丘 6060-27）

** 独立行政法人食品総合研究所（〒305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12）

*** 千葉県立衛生短期大学（〒261-0014 千葉県美浜区若葉 2-10-1）

**** 山形県立園芸試験場（〒991-0043 山形県寒河江市大字島南 423）

特産品として、今後の用途拡大が期待されている。

本研究では、「山形みどりな」の特性を明らかにするため、成分含有量（水分、たんぱく質、脂質、炭水化物、食物繊維、灰分、無機質、ビタミン類、糖類、遊離アミノ酸組成、および辛味成分のアリルイソチオシアネート（以下 AIT））を中心に、廃棄率、pH、エネルギーについて、同一圃場において同時期に栽培された育種親の山形青菜、ハクサイと比較検討したので報告する。

実 験 方 法

1. 試料

山形みどりな〔タカナ（山形青菜）×ハクサイ（根こぶ病抵抗性ハクサイ“中間母本農1号”00059702）〕、山形青菜（タカナ、*Brassica juncea*）および秦黄（ハクサイ、*Brassica rapa*）は、すべて山形県立園芸試験場の褐色低地土の圃場で2000年に夏播き秋どり栽培されたものを用いた。各試料の耕種概要を表1に示す。3野菜とも10月25日に収穫した後、つくば市の食品総合研究所および千葉市の千葉県立衛生短期大学に送付され、10月26日に試料処理を行い分析用試料とした。

各試料は廃棄部を取り除いたのち、pH、水分、単糖・二糖類、遊離アミノ酸、および辛味成分の測定には、山形みどりなは9個、山形青菜は8個、ハクサイは3個から縮分した試料を2～3mmにきぎんで混和したものをを用いた。たんぱく質、脂質、食物繊維、灰分、無機質の測定には、先の縮分した試料を凍結乾燥後、粉碎して均一化したものをを用いた。ビタミン類の測定には、各2個を縮分して用いた。

2. 分析方法

(1) pH

pHは、縮分した試料をさらに乳鉢ですりつぶし、横河電機製作所製ポケットpH計PH51により測定した。

(2) 一般成分及び食物繊維

水分は70℃の常圧加熱乾燥法³⁾、脂質はソックスレー抽出法、たんぱく質はマクロ改良ケルダール法⁴⁾により測定した。炭水化物、食物繊維および灰分は、日本食品

標準成分表分析マニュアル⁵⁾によった。

(3) 無機質

日本食品標準成分表分析マニュアルに記載の白金製蒸発皿を用いる乾式灰化法により試料溶液を調製し、ナトリウムは原子吸光法（装置；日本ジャーレルアッシュ製 SOLAAR969 型）、カリウム、カルシウム、リン、マグネシウム、亜鉛、鉄、マンガンおよび銅は、誘導結合プラズマ（ICP）発光分析法（装置；Leeman Lab 製 JICP-PS3000UV）により測定を行った。

(4) ビタミン類

α -カロテンと β -カロテンは日本食品標準成分表分析マニュアル⁵⁾に記載の方法、ビタミンB₁はチオクローム蛍光法⁶⁾、ビタミンB₂はルミフラビン蛍光法⁷⁾、ビタミンCはヒドラジン法⁸⁾により、それぞれ測定した。

(5) 単糖・二糖類

単糖・二糖類の測定に用いた試料溶液の調製は、次のように行った。試料50gに80%エタノール200mlを加えてホモジナイズ後、1時間還流抽出し、放冷後、国産遠心器製H-103N型で2500rpm、10分の遠心分離により試料残さを分離し、ろ紙ろ過して抽出溶液を回収した。試料残さには、80%エタノールを加えて混和し、遠心分離と回収をさらに2回繰り返した。回収した抽出溶液は、250mlに定容して、含有量に応じて一定量を採取し、ロータリーエバポレーターにより減圧下、溶媒を留去させ、イオン交換水に溶解し、0.45 μ mのフィルターを通過させたものを試料溶液とした。測定にはイオンクロマトグラフ（DIONEX 製 BIOLC）を使用した。ガードカラムはCarbopac PA GUARD、分析カラムはCarboPac PA1で、100mM水酸化ナトリウム溶液を溶離液とし、流量は1.0ml/minに設定した。検出にはパルスアンペロメトリー検出器（PAD）を用いた。パルス条件は、E1：0.05V、360ms、E2：0.80V、120ms、E3：-0.60V、420msである。

(6) 遊離アミノ酸組成

遊離アミノ酸組成は、試料50gを使用して、鈴木ら⁹⁾の方法により試料調製を行い、自動アミノ酸分析計（日

表 1 耕種概要

	山形みどりな	山形青菜	ハクサイ
播種	8月10日	8月24日	8月10日
育苗方法	128穴セル育苗	200穴セル育苗	128穴セル育苗
定植	8月29日	9月13日	8月29日
施肥量 (kg/10a)	すべて N: 10.0, P ₂ O ₅ : 5.0, K ₂ O: 7.5		
収穫	すべて 10月25日		

立製作所製 L8500A 型)により測定した。

(7) 辛味成分

松原ら¹⁰⁾の方法により、ガスクロマトグラフ法を用いて AIT の測定を行った。縮分した試料それぞれ 100 g にイオン交換水 200 ml を加えてホモジナイズし、500 ml に定容した。1 時間静置した後、5 ml をとり、内標準のチオナフテン (和光純薬製, 1 級) を添加したヘキサン 10 ml (和光純薬製, 液体クロマトグラフ用) を加えて、激しく 2 分間振り混ぜ AIT を抽出した。微量の AIT の定量および他イソチオシアネート成分を確認するため、別に 10 倍量の試料ホモジナイズ液 50 ml を用い同様の抽出を行った。測定にはいずれも抽出ヘキサン溶液 2 μ l を用いた。測定装置はガスクロマトグラフ (島津製作所製 GC-7AG) を使用した。測定条件は、キャリアガス N_2 : 35 ml/min, カラム温度 : 180°C, 試料気化温度 : 200°C, カラム : glass ϕ 3 mm $\times$ 3 m (ジーエルサイエンス製 10% PEG-20M chromosorb WAW60/80 mesh) である。検出器は島津製作所製炎光光度検出器 FPD-7 を使用した。定量のための検量線作成には、AIT (和光純薬製, 特級) を使用した。

実験結果及び考察

株重の平均は山形みどりな 600 g (n=9), 山形青菜 630 g (n=8), ハクサイ 2870 g (n=3) で、それぞれの品種の平均的な重量であった。

1. pH, 一般成分および食物繊維

3 野菜の特性および成分の測定結果を表 2 に示す。

pH はハクサイ > 山形青菜 > 山形みどりなの順であった。pH は塩蔵加工品の品質変化の指標として利用されている。山形みどりなの塩蔵品は、古漬けにする山形青菜より早い時期に酸味を呈することがわかっているが、原因の一つとして、加工原料の山形みどりな自体の pH が低いことが推測された。

山形みどりなの廃棄率, エネルギー, および水分, たんぱく質, 炭水化物, 食物繊維 (水溶性, 不溶性), 灰分の各含有量は、育種親の山形青菜およびハクサイの中間付近の値を示していた。これらの項目からは、山形みどりなが山形青菜とハクサイの両者の中間の特性を持つと考えられた。

2. 無機質

無機質は、9 元素の全てにおいて山形青菜がハクサイより高い値を示した。山形みどりなのカリウム, カルシウム, マグネシウム, マンガンおよび銅含有量は育種親の中間的な値を示した。リン, ナトリウムおよび鉄含有

量は最も高い値を、亜鉛含有量は最も低い値を示した。

3. ビタミン類

β -カロテン, ビタミン B_1 , ビタミン B_2 およびビタミン C とも、山形青菜がハクサイより高い値を示した。山形みどりなのビタミン類含有量は育種親の間の値を示したが、 β -カロテン, ビタミン B_2 およびビタミン C は山形青菜に近似した値であった。ビタミン B_1 は育種親の中間的な値を示した。山形みどりなの外観は、山形青菜に近く、これらの葉身は濃緑色である。一般に有色野菜はビタミン類が豊富であり、外観から予想されるように、山形みどりなは山形青菜と同様にビタミン類を多く含有していたと考えられる。 α -カロテンは 3 野菜とも検出されないか定量下限以下であった。

4. 単糖・二糖類及び遊離アミノ酸組成

単糖・二糖類の測定結果を表 2 に、また遊離アミノ酸組成を図 1 に示す。

山形みどりなのグルコース, フルクトース含有量は、山形青菜とハクサイの間の値であったが、山形青菜に近かった。スクロースは、いずれの野菜も微量であった。

遊離アミノ酸組成においては、育種親の山形青菜とハクサイとを比較すると、山形青菜はイソロイシン, ロイシン, リジン, またチロシン, フェールアラニン, トリプトファンの芳香族アミノ酸が特徴的に多く、シスチンが少ない。山形みどりなの遊離アミノ酸組成は山形青菜に類似する傾向が見られた。

糖と遊離アミノ酸はともに味を構成する重要な要素であり、山形青菜の全糖や遊離アミノ酸組成については、塩蔵品の品質成分として、収穫時期の違いによる加工中の成分変動が報告されている¹¹⁾。山形みどりなは、糖と遊離アミノ酸組成が山形青菜に近い特徴を有しており、これらの特性を活かした加工が望まれる。

5. ガスクロマトグラフィによる AIT の測定

山形青菜などのタカナ類は辛味が特徴であり、揮発性辛味成分には、AIT やアリルシアニドが多いことが報告されている¹²⁾。また、山形みどりなのイソチオシアネート類の総量は山形青菜の約 7 割であり、食味検査で山形青菜が中～激の辛味であるのに対し、山形みどりなは僅～中程度との報告²⁾がある。本研究では、辛味成分のうち、AIT に注目して分析を行った。

AIT 含有量を表 2 に示す。各試料の AIT 生成量は、山形青菜の 7.8 mg/100 g に対し、山形みどりなは 0.9 mg/100 g で、山形青菜のおよそ 1/9 であった。

微量の AIT の測定および他成分の確認のために、10 倍量の試料ホモジナイズ液から抽出して測定したガスク

表 2 山形みどりな, 山形青菜およびハクサイの特性・成分含有量測定結果†

		山形みどりな	山形青菜	ハクサイ
廃棄率* ¹	(%)	7.4±1.7	4.7±1.6	10.2±2.1
pH		6.0	6.2	6.4
	(可食部 100 g あたり)			
エネルギー* ⁵	(kcal)	14.0	14.7	13.0
水分* ³	(g)	94.9±0.1	94.4±0.1	95.4±0.1
たんぱく質* ²	(g)	1.18±0.04	1.32±0.07	0.93±0.02
脂質	(g)	trace	trace	trace
炭水化物* ⁶	(g)	3.1	3.2	3.0
単糖・二糖類* ³	(g)			
グルコース		0.53±0.04	0.42±0.02	0.71±0.05
フルクトース		0.38±0.05	0.34±0.00	0.70±0.06
スクロース		0.03±0.00	0.04±0.00	0.04±0.01
食物繊維* ²	(g)			
水溶性		0.43±0.01	0.45±0.02	0.36±0.03
不溶性		1.85±0.10	2.57±0.17	1.20±0.09
灰分* ³	(g)	0.87±0.01	1.04±0.01	0.63±0.00
無機質* ³	(mg)			
カリウム		299±2	337±3	236±2
カルシウム		81±3	114±1	47±1
リン		35.8±0.8	31.9±1.5	31.3±0.5
マグネシウム		17.1±0.6	20.4±1.1	11.5±0.3
ナトリウム		3.96±0.02	3.65±0.09	3.03±0.00
亜鉛		0.26±0.01	0.36±0.07	0.28±0.01
鉄		0.33±0.01	0.27±0.02	0.22±0.02
マンガン		0.13±0.01	0.15±0.05	0.06±0.01
銅		0.075±0.002	0.093±0.019	0.027±0.005
ビタミン類				
α-カロテン* ³	(μg)	n.d.	trace	n.d.
β-カロテン* ³	(μg)	2790±130	3190±10	270±20
ビタミン B ₁ * ³	(μg)	67±15	107±9	23±3
ビタミン B ₂ * ⁴	(μg)	150±29	157±44	65±3
ビタミン C* ⁴	(mg)	45±3	49±16	14±1
アリルイソチオシアネート* ³	(mg)	0.9±0.2	7.9±0.8	n.d.

† 平均±標準偏差

*¹ みどりな 9 個, 山形青菜 8 個, ハクサイ 3 個から算出*² 2 点並行分析, *³ 3 点並行分析, *⁴ 4 点並行分析*⁵ エネルギー換算係数: たんぱく質 2.44, 脂質 8.37, 炭水化物 3.57*⁶ 差し引き法により算出

ロマトグラムを図 2 に示す。2 番のピークが AIT, 5 番が内標準のチオナフテンである。10 倍量を用いても, ハクサイから AIT は検出されなかった。AIT に加え, 山形みどりなとハクサイには 3 番と 4 番のピークが, 山形青

菜には 3 番のピークが検出された。中でも 3 番は山形みどりなで多量に生成していた。これらのピークの同定は行っていないが, これまでの広島菜 (ハクサイの一種に分類される¹³⁾) の分析結果¹⁴⁾¹⁵⁾ から, 3 番および 4 番の

図 1 山形みどりな、山形青菜およびハクサイの遊離アミノ酸組成

* 種々のアミノ酸含有量を同心円上に対数表示 [mg/100 g 可食部あたり]

** 山形みどりなと山形青菜の Cys は定量下限以下であった。

ピークはそれぞれ、3-ブテニルイソチオシアネートおよび4-ペンテニルイソチオシアネートと推定される。イソチオシアネート類のうち、メチル、アリル、3-ブテニル、4-ペンテニル、3-メチルチオプロピル、4-メチルチオイソブチル、4-メチルチオブテニル、2-フェニルエチルおよびベンジル基を持つものは特に揮発性を示し、強い辛味を示す¹⁶⁾。山形みどりなから検出される AIT 量が、山形青菜と比較すると約 1/9 であったにもかかわらず、食味検査において辛味が僅～中程度との結果が得られた²⁾のは、AIT とは異なるイソチオシアネート類に起因しているとは推定された。

以上の結果より、山形みどりなは、山形青菜とハクサイの両方に見られる辛味成分を併せ持つと推測されるが、そのパターンは特徴的であった。AIT を主成分とするカラシ抽出物を浅漬に利用すると、保存性が高まることが報告されている¹⁷⁾。また、イソチオシアネート類は抗菌活性を有し、抗菌力はイソチオシアネートの種類により差が認められる¹⁸⁾。山形みどりなは、これまでの試作加工から、山形青菜より早く酸味と褐変を呈するため、古漬けには向かないとして、浅漬けや調理用食材と

しての利用が広まりつつある。本結果から、山形青菜に比較すると加工原料として pH が低いことに加え、辛味成分に生成量と組成の違いがあることも、塩蔵品の日持ちに差が生じる原因のひとつになっていると考えられた。

要 約

山形県の特産品である山形青菜の周年栽培を目的に、山形青菜とハクサイの細胞融合により作出された新野菜「山形みどりな」の特性を明らかにするため、同一圃場において同時期に栽培された育種親（山形青菜およびハクサイ）と成分を比較検討した。

1. エネルギー、および水分、たんぱく質、炭水化物、食物繊維、灰分、多くの無機質成分、ビタミン B₁ の各含有量において、山形みどりなは、山形青菜とハクサイの中間的な値を示した。

2. 山形みどりなの β -カロテン、ビタミン B₂、ビタミン C、単糖類の各含有量、遊離アミノ酸組成は山形青菜の特徴を有していた。

3. 山形みどりなの辛味の主成分は、山形青菜から多

図 2 山形みどりな、山形青菜およびハクサイの辛味成分のガスクロマトグラム

1: 溶媒, 2: アリルイソチオシアネート, 3, 4: 未同定成分, 5: チオナフテン (内標準)

く検出される AIT とは異なっていることが明らかとなった。

文 献

- 1) 清野栄美・中川文彦・中野英秋・佐藤昌弘: 山形県立農業試験場研究報告, **31**, 57 (1997).
- 2) 二瓶由美子: 平成 11 年度新しい技術の試験研究成果 (山形県農林水産部), p. 107 (2000).
- 3) 日本食品工業学会・食品分析法編集委員会編: 食品分析法第 2 版 (光琳, 東京), p. 78 (1984).
- 4) 安井明美・小泉英夫・堤 忠一・松永隆司・吉川誠次: 食品総合研究所研究報告, **32**, 108 (1977).
- 5) 科学技術庁資源調査会食品成分部会編: 五訂日本食品標準成分表分析マニュアル, ((社)資源協会, 東京), (1997).
- 6) 永原太郎・岩尾裕之・久保彰治: 全訂食品分析法 (柴田書店, 東京), p. 200. (1964).
- 7) 永原太郎・岩尾裕之・久保彰治: 全訂食品分析法 (柴田書店, 東京), p. 215 (1964).
- 8) 永原太郎・岩尾裕之・久保彰治: 全訂食品分析法 (柴田書店, 東京), p. 232 (1964).
- 9) 鈴木忠直・安井明美・杉村豊裕・堤 忠一: 食品総合研究所研究報告, **55**, 31 (1991).

- 10) 松原 甲・小河拓也・田畑広之進・井上喜正: 兵庫県農業技術センター研究報告 [農業編], **47**, 59 (1999).
- 11) 高橋信典: 宮城県農業短期大学学術報告 **35**, 15 (1987).
- 12) ITOH, H., YOSHIDA, R., MIZUNO, T., KUDO, M., NIKUNI, S. and KARAI, T.: Report of National Food Research Institute, **45**, 33 (1984).
- 13) 野菜園芸ハンドブック (養賢堂, 東京), p. 883 (1982).
- 14) 高谷健市・太田義雄: 広島食品工業技術センター研究報告, **16**, 31 (1982).
- 15) 細田 浩: 近畿・中国中山間地域における高品位野菜・果実生産と域内出荷管理技術の確立 (研究成果 247, 農林水産省農林水産技術会議事務局), p. 109 (1991).
- 16) 川岸舜朗: 日本食品工業学会誌, **32**, 836 (1985).
- 17) 宮尾茂雄・若林素子・岡本広士・亀井伸司: New Food Industry, **35** (6), 19 (1993).
- 18) 江崎秀男・小野崎博通: 栄養と食糧, **35**, 207 (1982).

(平成 13 年 2 月 13 日受付, 平成 13 年 5 月 2 日受理)