

雪下京くれない人参と雪下はまべに五寸人参の 食味及び成分、抗酸化性の比較

神山 伸¹⁾, 上浦 桜民¹⁾, 甘利 礼奈¹⁾, 酒井 史彰²⁾, 曾根 英行¹⁾
(¹⁾新潟県立大学 人間生活学部 健康栄養学科*, (²⁾株式会社大庄 総合科学新潟研究所**)

(受付 2018年8月31日, 受理 2018年10月12日)

The comparison of flavor, nutrient composition, and antioxidative activity between Kyo-kurenai and Hamabeni snow carrots (Yukishita carrots).

Shin KAMIYAMA¹⁾, Autumn KAMIURA¹⁾, Reina AMARI¹⁾, Fumiaki SAKAI²⁾, and Hideyuki SONE¹⁾

¹⁾Department of Health and Nutrition, Faculty of Life Studies, University of Niigata Prefecture

²⁾Daisyo Niigata Scientific Research Institute

Summary

“Yukishita” carrot, or snow carrot, is a branded vegetable produced in heavy snow areas where the vegetable is embedded in snow during winter. This snow carrot is known to have a good flavor via its adaptive response of cold acclimation to obtain freezing resistance. In the present study, we investigated the nutrient composition, carotenoid content, antioxidative activity, and flavor of a novel snow carrot of Kyo-kurenai in comparison with those of traditional Hamabeni snow carrot. Regarding the constituents, Kyo-kurenai snow carrot had very similar nutrient composition and taste components to those of Hamabeni snow carrot. In contrast, the level of lycopene in the Kyo-kurenai snow carrot was 20 times higher than that of the Hamabeni snow carrot, while its total carotenoid content was comparable to that of the Hamabeni snow carrot. Further, antioxidative activities evaluated by electronic spin resonance (ESR) method for water-soluble components and by singlet oxygen absorption capacity (SOAC) method for carotenoids were higher in the Kyo-kurenai snow carrot than those in the Hamabeni snow carrot. The analyses of volatile compounds by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and taste components by taste sensor suggested that these snow carrots have similar odor and taste components, although the sensory evaluation of the Kyo-kurenai snow carrot resulted in lower score of overall quality as compared to that of the Hamabeni snow carrot. Taken together, these results indicate that the Kyo-kurenai snow carrot has both properties of high antioxidative activity due to its high lycopene content and good flavor comparable to that of the traditional Hamabeni snow carrot.

新潟県をはじめとした多雪地域では、さまざまな方法で雪を食品貯蔵に利用してきた。たとえば、冬季中の積雪を冷房源として利用する雪中・雪室貯蔵は、外部電源を必要としないという特長のみならず、安定した低温・高湿を維持できるという農作物の保存にとって好適である条件により、低温下で貯蔵庫内の大気組成を調節することにより呼吸作用を抑制するCA (Controlled Atmosphere) 貯蔵と匹敵する長期間の貯蔵が可能となる。さらに、じゃがいも¹⁾ や人参²⁾ などの農作物では、貯蔵期間中に糖度や遊離アミノ酸、香気成分などが増加することにより、食味が向上することも知られている。近年ではコーヒー³⁾、小麦粉⁴⁾、日本酒^{5,6)} のような加工品においても品質向上効果

が示されており、その環境に負荷をかけない冷熱エネルギーとしての性質も見直されつつあることから、昭和時代に電気冷蔵庫の普及とともにほぼ姿を消した雪利用冷熱施設は平成に入ってから逆年々増加しつつある。

一方、雪下貯蔵は農作物を収穫せずに雪の下に放置することにより保存する方法であり、積雪下の土中温度はほぼ0℃であることから凍害発生の惧れもないうえ、植物の低温馴化による成分の凝縮により、食味や香りが優れていることが報告されている。新潟県中越の多雪地域である津南町では、この雪下野菜の生産栽培が盛んに行われており、特に雪下人参はその主力の生産物となっている。この雪下人参は、本来秋に収穫する人参を収穫せず、そのまま冬季

*所在地：新潟市東区海老ヶ瀬471 (〒950-8680)

**所在地：新潟市秋葉区東島309 (〒956-0841)

実験方法

の積雪下で貯蔵し、春3月に雪下から掘り起こすものであり、官能検査において、人参の香りが強く、味が濃く、歯切れがよいとされている。また、甘味、うま味を呈するアミノ酸であるアスパラギン、グリシン、セリン、アスパラギン酸が増加しており、香氣成分に関しては人参の特徴的な香氣である β -カリオフィレンに加え、トランス- α -ビサボレン、 β -ビサボレン、 α -フムレンなどが増加していたことが報告されている²⁾。現在、津南町やその他の地域ではその良好な食味を活用して、生人参、人参ジュース、果汁添加人参ジュース、人参ジャムなどの雪下人参関連の商品が展開されており、町の産業と観光の一端を担うに至っている。

これまでの雪下人参は主にその食味を中心に注目されていたが、新しく機能性成分であるリコピンを多く含む京くれない人参についても雪下栽培による新商品の開発が試みられており、新規需要による農業従事者の所得の増大が期待されている。京くれない人参は、2013年にタキイ種苗により西洋系の五寸人参と東洋系の金時人参の交配によって作成された中間型の人参であり、金時人参の機能性と西洋系人参の良食味の両方の特徴を兼ね備えている。橙色の強い西洋系人参のカロテノイドは α -カロテンが30%、 β -カロテンが60%と合わせてその90%をカロテンが占めているが、東洋系人参でみられる濃赤色はリコピンによるものであり、そのハイブリッドである京くれない人参も西洋系人参にはほとんど含まれていないリコピンを多く含んでいる。現在、津南町内のフジミヤ等の企業が雪下人参を使用したジュースを販売しており、機能性成分をもつこの雪下京くれない人参を原材料にしたジュースについても事業化されている。

このように、近年では「食味」のみならず「機能性」という観点から雪下人参の優位性を確立するために、良食味と機能性を兼ね備えている京くれない人参を用いて雪下人参を作る試みがなされているが、その成分と食味の詳細については明確にされていない。本研究では、この雪下京くれない人参（津南町では「雪くれない」の名称でブランド化）について、従来の雪下人参（はまべにやひとみなどの五寸人参）とその成分と食味、機能性を比較検討することにより、従来の雪下人参と比較したその特徴と優位性を明らかにすることを目的として行った。さらに、通常雪下人参はその特性上、春先のみ期間限定で供給されるが、その機能性が人参ジュースやペースト、パウダーなどの加工物でも残存しているならば、長期保存や通年流通が可能となるとともに、活用方法の多様化などのメリットが期待される。したがって、雪下京くれない人参の加工ジュースに加え、試作品として作成された濃縮ペーストと乾燥パウダーの加工物についても分析することにより、その栄養成分と特徴についても検討を行った。

試料

2017年4月に新潟県津南町で収穫された雪下貯蔵後のはまべに五寸人参と、雪下貯蔵後の京くれない人参を試料として用いた。人参は収穫後、分析まで -80°C に保存し、分析においては、根端および葉柄基部を含まない可食部を試料として用いた。ジュース加工においては、はまべに五寸人参、京くれない人参ともに、商品化に向けた保存性向上と味の調整のため、同等の加工法によりレモン果汁と梅エキスが添加されたものを用いた（人参98%）。ペースト加工物はジュースと同様に調製し、濃縮したものを用いた。それぞれのジュース加工物は、新潟県津南町のフジミヤが加工製造し、ペースト加工物は津南高原農産が加工処理を行い、パウダー加工物は新生バイオが乾燥・粉末化の加工処理を行った。

成分測定

それぞれの人参とその加工物に含まれる一般成分量は、食品分析センター SUNATEC に外注して分析を行った。水分量は減圧加熱乾燥法、たんぱく質量はケルダール法（係数：6.25）、脂質量は酸分解法、灰分量は直接灰化法、ナトリウム量は原子吸光光度法で測定し、炭水化物量は差し引き法で算出した。エネルギー量は可食部100gあたりのたんぱく質、脂質、炭水化物量（g）のそれぞれにエネルギー換算係数（たんぱく質4、脂質9、炭水化物4）を乗じて算出した。また、食味に関わる遊離アミノ酸、糖類（ブドウ糖、単糖、ショ糖、麦芽糖）、有機酸（酢酸、酒石酸、コハク酸、リンゴ酸、クエン酸、ギ酸）の量についても同様に食品分析センター SUNATEC に分析を依頼し、アミノ酸自動分析機あるいは高速液体クロマトグラフ（HPLC）法を用いた方法により測定した。

カロテノイド量の測定

人参中のカロテノイドは伊藤らによる方法⁷⁾で抽出した後、HPLCによりそれぞれの成分を分離および定量した。人参は中央部分20gを1分30秒ミキサー（TL180、テスコム）により破碎後、水で100mLに定容したものを試料として用いた。それぞれの試料に10倍量のジエチルエーテル：メタノール7：3（3%ピロガロールを含む）を添加し、1分間振盪混和したのち3,000rpmで5分間遠心分離し、上層を回収した。下層に再度同量のジエチルエーテル：メタノール7：3を添加し、遠心分離と上層の回収を下層の色が消失するまで繰り返した。得られた上層をエタノールで10倍に希釈し、0.5 μm フィルタ（DISMIC-13）に通した後、HPLC（LaChrom一式、日立ハイテクノロジーズ製）で分析した。分析条件としては、インジェクション量：20 μL ループ；カラム：Inertsil ODS-3, 4.6 \times 150mm（ジーエルサイエンス）；移動相：メタノール：テトラヒドロフラン（95：5）イソクラテック；流速：

1.0 mL/分；カラム温度：30℃の条件により分離し、波長452 nmの吸光度測定により検出した。 α -カロテン、 β -カロテン、リコピンのそれぞれのピークは、標準品（和光純薬工業）を用いた検量線法により同定・定量した。

抗酸化活性の測定

雪下はまべに五寸人参、雪下京くれない人参の冷凍物それぞれ3本について、葉柄部分と根端部分を除いた可食部（皮を含む）から調製した試料を用いた。電子スピン共鳴（electronic spin resonance, ESR）法による測定と一重項酸素消去能評価（singlet oxygen absorption capacity, SOAC）法による抗酸化活性の測定は、メディカル青果物研究所に依頼して行った。人参より抽出したカロテノイドに関しては、リポソーム-チオバルビツール酸（thiobarbituric acid, TBA）法を用いた過酸化脂質量の測定で評価した。リポソーム-TBA法においては、1 mgの卵黄フォスファチジルコリンに5 nmol相当量のそれぞれの人参から抽出したカロテノイドを加え、窒素吹きつけにより溶媒を除去した後、0.1 mMのアスコルビン酸とFeSO₄を含む水溶液50 μ Lに分散させ、37℃で30分間加温振盪することにより過酸化反応を起こさせた。その後、0.7% TBA溶液0.1 mLと5 mM EDTA-2Na水溶液0.05 mL、1%リン酸水溶液0.3 mLを順次加えて95℃で45分間加熱発色させ、水冷後色素をn-ブタノール0.4 mLで抽出し、532 nmでの吸光度を測定した。測定値は1,1',3,3'-テトラエトキシプロパンを標準液としてマロンジアルデヒド量に換算するとともに、Trolox標準液を用いた検量線によりTrolox相当量として表した。

香気成分の分析

それぞれの試料に含まれる香気成分に関して、ヘッドスペース法による香気成分の捕集と、ガスクロマトグラフィー質量分析器（GC-MS）を用いた分析により測定した。人参に関しては中央部分20 gを採取し、水30 mLを加えてミキサー（TML180）で均一化したもの、ジュースはそのままの状態、ペーストは水で5倍希釈したもの、パウダーは10倍量の水を加えたものを用いた。各試料10 mLを香気捕集瓶（Clean Pin Hole Septum with Vial, ジーエルサイエンス）に採取し、捕集瓶のふたの下にモノトラップ（MonoTrap RGE18TD, ジーエルサイエンス）を針金で固定し、30℃で60分加温振盪することにより、揮発した香気を吸着させた。各試料の香気を吸着させたモノトラップを匂い嗅ぎ付きのGC-MS（GCMS-QP2020, 島津製作所）に設置し、分析した。それぞれのピークに関しては、マススペクトルライブラリのシミュラリティ検索により同定するとともに、匂い嗅ぎによるピーク香気の特徴づけを行った。

味覚センサーによる分析

人参（中央部分を5倍量の水で均質化）、ジュース、

ペースト（5倍希釈）、パウダー水溶液（50倍量の水に分散）について、ガーゼで固形物を除いた後、味覚センサー（Taste Sensing System SA402B, インテリジェントセンサーテクノロジー）により味成分を分析した。味覚センサーでは、5種のセンサー膜を使用し、基準液への出力相対値による先味5種（酸味：CA0, 塩味：CT0, 旨味：AAE, 苦味雑味：C00, 渋味刺激：AE1）と、CPA（change of membrane potential by adsorption）値⁸⁾による後味3種（酸性苦味：C00, 渋味：AE1, 旨味コク：AAE）についての特徴を測定した。

官能評価

官能評価の試料として、人参は中央部分を2倍量の水で均質化したものを用いた。また、ジュースはそのままの状態、パウダーは2倍に希釈したもの、パウダーは10倍量の水を加えて混和したものを用いた。35 mLプラスチックコップに各試料を10 mLずつ入れ、人参とジュースについては記号で、ペースト、パウダーについてはそれぞれの名で表記し供試した。新潟県立大学の学生25名（20～22歳の女性）をパネルとして、それぞれの試料について、香り（強さ、人参香、好ましさ）、味（苦味、旨味、塩味、甘味、渋味、雑味、コク、まろやかさ、好ましさ）、総合評価の観点から5段階評価法で評価を行った。

統計学的解析

統計解析はRプログラム（v 3.1.3）を用いて行った。検定は2群比較ではt検定、多重比較では一元配置分散分析とTukey-Kramer法による多重検定で行った。全ての検定において、有意水準はP値<0.05とした。

結果及び考察

雪下はまべに五寸人参と雪下京くれない人参に含まれる成分の比較

それぞれの試料の一般成分量をTable 1に示した。雪下はまべに五寸人参と雪下京くれない人参の比較では、人参、加工ジュースともにエネルギー、水分、たんぱく質、脂質、炭水化物、灰分の量に大きな差はみられなかった。雪下はまべに五寸人参は雪下京くれない人参の約4倍量のナトリウムを含んでいたが、食塩相当量としては微量であり、栄養成分としては大きな差異ではないと考えられる。加工品として、ジュースとペーストは人参自体と類似した組成であったが、パウダーは水分が約1/30に減少しており、水分以外の成分量が10倍程度に増加していたことから、成分が濃縮されていることが確認された。

味に関与する成分の比較でも、糖、遊離アミノ酸、有機酸組成のいずれも雪下はまべに五寸人参と雪下京くれない人参との間で大きな差はみられず、類似した味成分であることが示された（Table 2）。雪下はまべに五寸人参と雪下京くれない人参のジュース比較でも、冷凍と同様に大きな

Table 1 Nutrient compositions of Hamabeni and Kyo-kurenai snow carrots and its products.

	Hamabeni		Kyo-Kurenai			
	Carrot	Juice	Carrot	Juice	Paste	Powder
Energy (kcal)	42	29	39	36	29	376
Water (g)	89.1	92.5	89.9	90.7	92.6	2.7
Protein (g)	0.7	0.5	0.8	0.6	0.6	7.2
Lipid (g)	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	2.5
Carbohydrate (g)	9.3	6.4	8.3	8.0	6.1	81.1
Ash (g)	0.7	0.4	0.7	0.5	0.5	6.5
Sodium (mg)	11.4	7.8	2.8	4.4	4.5	46.0
Sodium chloride equivalent (g)	0.03	0.02	< 0.01	0.01	0.01	0.12

The nutrient compositions are represented per 100 g of each edible portion.

Table 2 Contents of taste components in Hamabeni and Kyo-kurenai snow carrots and its products.

	Hamabeni		Kyo-Kurenai				
	Carrot	Juice	Carrot	Juice	Paste	Powder	
Free amino acid (mg)	Arginine	6	7	12	14	13	125
	Lysine	2	N.D.	2	N.D.	N.D.	6
	Histidine	4	2	4	2	2	14
	Phenylalanine	9	4	8	4	4	30
	Tyrosine	6	2	4	1	1	10
	Leucine	5	2	4	1	1	14
	Isoleucine	10	5	8	4	4	32
	Methionine	4	2	2	1	N.D.	8
	Valine	14	7	9	7	7	68
	Alanine	101	85	124	81	80	766
	Glycine	1	1	1	1	1	10
	Proline	8	4	6	6	6	41
	Glutamic acid	9	21	6	25	24	158
	Serine	20	15	22	20	20	148
	Threonine	8	5	6	5	5	38
	Aspartic acid	28	18	12	22	22	102
	Tryptophan	4	2	3	2	2	18
	Cystine	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Sugar (g)	Glucose	0.5	0.8	1.1	1.4	1.3	3.1
	Fructose	0.6	2.3	1.0	2.7	2.7	7.7
	Sucrose	4.9	2.0	3.7	2.1	2.0	35.8
	Maltose	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Organic acid (mg)	Acetic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Tartaric acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Succinic acid	N.D.	N.D.	15	N.D.	N.D.	130
	Malic acid	310	200	330	220	210	2700
	Citric acid	15	140	N.D.	180	180	93
	Formic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

All values are represented per 100 g of each edible portion. N.D., not detected.

差は見られず、人参と類似した組成であったが、加工ジュースとペーストでは添加物（梅エキス等）に由来するクエン酸が多く検出された（Table 2）。

人参および加工物のカロテノイド組成

それぞれの人参およびその加工物に含まれるカロテノイド含量を Table 3 に示した。日本食品標準成分表 2015（七訂）に記載されている生人参のカロテノイド含量は、100 g あたり α -カロテンが 3300 μg 、 β -カロテンが 6900 μg

であり、雪下はまべに五寸人参に含まれるカロテノイドはこれと近い値であった。一方、雪下京くれない人参は総カロテノイド量としては雪下はまべに五寸人参と同程度であったが、雪下はまべに五寸人参にはほとんど含まれていないリコピンを多く含んでいた。一方、加工ジュースに含まれるリコピンとカロテン量はほぼ生人参と同程度であり、組成も類似していたが、加工ペーストは 100 g あたり 4 倍以上のカロテノイドを含んでおり、加工によって濃縮されていることが確認された。ただし、パウダー加工物で

Table 3 Carotenoid contents of Hamabeni and Kyo-kurenai snow carrots and its products.

	Hamabeni		Kyo-Kurenai			
	Carrot	Juice	Carrot	Juice	Paste	Powder
α -carotene	2351	2383	1214	947	3485	2155
β -carotene	6970	5749	4936	4710	19134	9645
Lycopene	129	125	2700	2627	12661	4815
Total	9450	8256	8851	8284	35280	16615

All values are represented as μg per 100 g of each edible portion.

は一般成分は人参の10倍程度に濃縮されていたにもかかわらずカロテノイド量は2倍程度であったことから、加工による損失が示唆され、パウダー加工においては遮光や酸化防止等の工夫が必要であるものと考えられる。

人参およびカロテノイドの抗酸化性の比較

人参の機能性は脂溶性の抗酸化成分であるカロテノイドが中心的な役割を果たしているが、クロロゲン酸などのポリフェノールや、ビタミンC、ヒスチジンのような水溶性の抗酸化成分も含まれている。まず、これらの水溶性成分の抗酸化活性をESR法により評価した。Fig. 1に示したように、スーパーオキシド消去活性、ヒドロキシラジカル消去活性、一重項酸素消去活性のいずれにおいても、雪下京くれない人参の方が高い消去活性を示したことから、カロテノイド以外の水溶性成分において雪下京くれない人参の方が高い抗酸化活性を持つことが示された。

一方、カロテノイドの抗酸化活性は一重項酸素消去活性が中心であり、これはSOAC法によって測定可能である。Fig. 2Aに示したように、SOAC法において雪下京くれない人参は重量あたり雪下はまべに五寸人参の1.7倍の一重項酸素消去活性を示し、高い抗酸化活性を持つことが示された。前述のように、雪下はまべに五寸人参と雪下京くれない人参に含まれるカロテノイドの総量としては同程度であることから (Table 3)、この活性の差はリコピン含有量の相違に基づくものと考えられる。

さらに、実際にカロテノイド組成の差により抗酸化活性に差がみられるかを確認するため、5 nmol相当量のそれぞれのカロテノイドを含む卵黄フォスファチジルコリンで脂質リポソームを作製し、鉄-アスコルビン酸で脂質過酸化反応を起こさせることにより、これらのカロテノイドが過酸化脂質の生成をどの程度抑制できるかを測定した。リポソーム-TBA法で評価した脂質過酸化量では、雪下京くれない人参に含まれていたカロテノイドの方が雪下はまべに五寸人参のものよりも有意に強く脂質過酸化物の生成を抑制した (マロンジアルデヒド換算量として、カロテノイドなし: 14.8 ± 1.2 nmol, 雪下はまべに五寸人参: 4.7 ± 0.9 nmol, 雪下京くれない人参: 2.4 ± 0.1 nmol; Tukey-Kramer法において全ての群間で $P < 0.05$)。Trolox量に換算したカロテノイド nmolあたりの抗酸化活性は、リポソーム-TBA法においても雪下京くれない人参が雪下はまべに五寸人参の1.8倍の値を示した (Fig. 2B)。これら

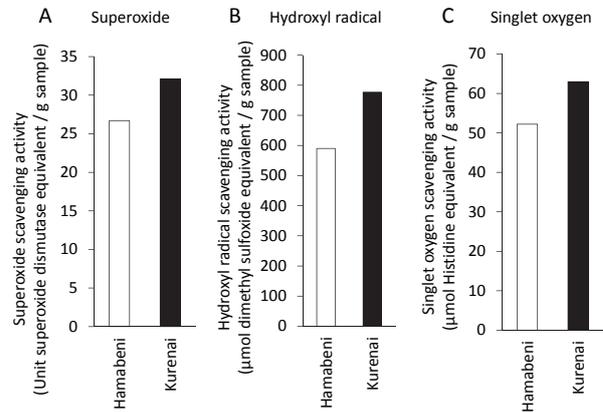


Fig. 1 Antioxidant activity of water-soluble components in Hamabeni and Kyo-kurenai snow carrots.

Antioxidant activity of water-soluble components was measured by ESR method. A, superoxide scavenging activity represented as unit of superoxide dismutase equivalent per g of sample. B, hydroxyl radical scavenging activity represented as μmol dimethyl sulfoxide equivalent per g of sample. C, singlet oxygen scavenging activity represented as μmol histidine equivalent per g of sample. Each bar represents mean value of three samples.

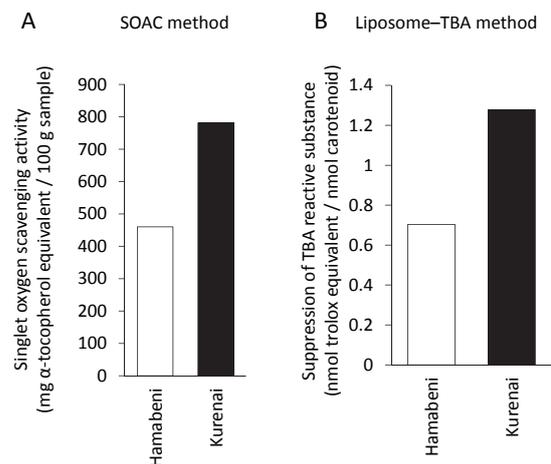


Fig. 2 Antioxidant activity of carotenoids in Hamabeni and Kyo-kurenai snow carrots.

A, antioxidant activity of carotenoids evaluated by SOAC method. Singlet oxygen scavenging activity was represented as mg α -tocopherol equivalent per 100 g of sample. B, antioxidant activity of carotenoids evaluated by liposome-TBA method. Suppression of TBA reactive substance formation was represented as nmol trolox equivalent per nmol carotenoid. Each bar represents mean value of three samples.

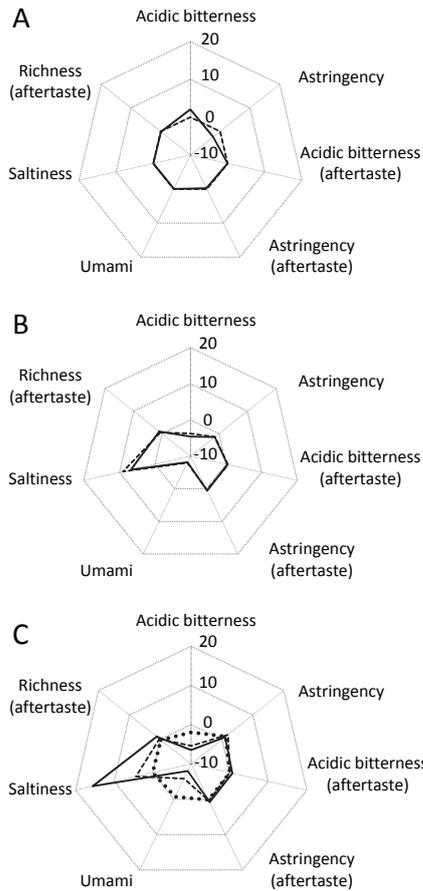


Fig. 3 Taste sensor analysis of Hamabeni and Kyo-kurenai snow carrots and its products.

Carrot homogenates, juices, paste, and water suspension of powder were analyzed by a taste sensor system. A, comparison between snow carrots. Values obtained from Hamabeni snow carrot are represented as 0. Dashed line, Hamabeni snow carrot; solid line, Kyo-kurenai snow carrot. B, comparison between juice products. Values obtained from Hamabeni carrot are represented as 0. Dashed line, Hamabeni snow carrot juice; solid line, Kyo-kurenai snow carrot juice. C, comparison among juice, paste, and powder made from Kyo-kurenai snow carrot. Values obtained from Kyo-kurenai snow carrot are represented as 0. Solid line, juice; dashed line, paste; dotted line, powder.

の結果から、水溶性成分、脂溶性成分の両方ともに、雪下はまべに五寸人参よりも雪下京くれない人参の方が高い抗酸化活性を持つことが示された。

味覚センサーによる味成分の分析

それぞれの試料の味成分について、味覚センサーを用いた解析によりその特徴を明らかにした。同程度の味の強さとなるように水で希釈あるいは均質化した試料を5種のセンサープローブで測定し、先味として酸味、塩味、旨味、苦味雑味（酸性苦味）、渋味刺激（先味）を測定するとともに、吸着成分による後味として旨味コク、苦味（一般苦味：後味の酸性苦味）、渋味を計測した。解析では、全ての試料で酸味が閾値以下であり味がないと判定されたため、それ以外の項目についての測定結果を Fig. 3 に示した。雪

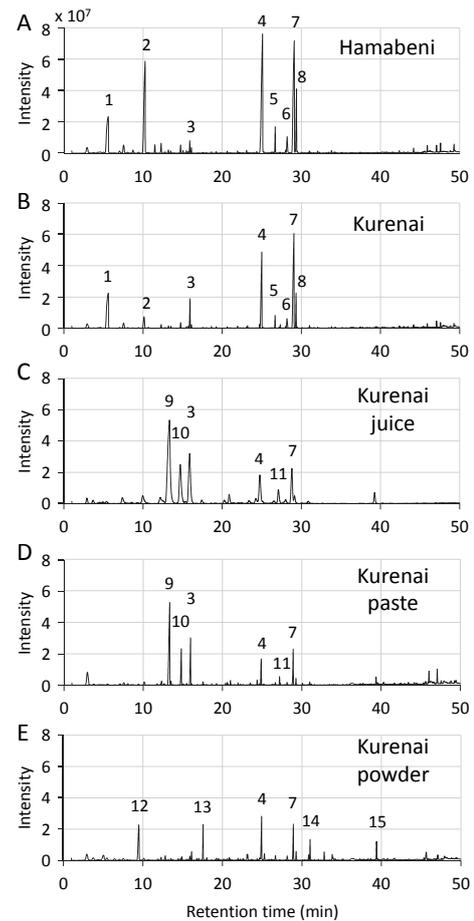


Fig. 4 GC-MS chromatograms of volatiles from Hamabeni and Kyo-kurenai snow carrots and its products.

Volatile compounds were analyzed by headspace GC-MS and identified via library search. A, Hamabeni snow carrot. B, Kyo-kurenai snow carrot. C, Juice product prepared from Kyo-kurenai snow carrot. D, paste product prepared from Kyo-kurenai snow carrot. E, powder product prepared from Kyo-kurenai snow carrot. Peak 1, ethanol; 2, β -pinene; 3, terpinolene; 4, β -caryophyllene, 5, 8, α -humulene; 6, β -bisabolene; 7, α -bergamotene/ α -patchoulene; 9, D-limonene, 10, γ -terpinene; 11, α -terpineol; 12, hexanal; 13, methylheptenone; 14, trans-geranylacetone; 15, myristicin.

下はまべに五寸人参を基準（0）とした人参同士の比較では、両者ともほぼ類似した味の傾向であったが、雪下京くれない人参は雪下はまべに五寸人参よりやや苦味雑味（苦味物質由来で、低濃度ではコク、雑味、隠し味に相当⁹⁾）が高く、渋味刺激が少ないという評価であった（Fig. 3A）。また、加工ジュース同士の比較でも雪下京くれない人参のジュースはわずかに塩味が少ないという評価であったが、ほぼ同じ味の傾向を示した（Fig. 3B）。雪下京くれない人参を基準（0）とした人参加工物同士の比較では、パウダーは生人参とほぼ類似した特性であったが、ペーストと加工ジュースは人参自体とは異なっており、苦味雑味と旨味が少なく、塩味が高いという評価であった（Fig. 3C）。これは加工時に加えられた添加物の影響であると考えられ、消費者向けジュースとして飲みやすく調製されていることが

確認された。加工物においては製品ごとに味の特徴が異なっていることから、その特性に応じた利用がなされることが望まれる。

匂い嗅ぎ付き GC-MS による香気成分の分析

それぞれの試料について、均質化後 30℃ で揮発させた香気成分を匂い嗅ぎ付き GC-MS で分析することにより、どのような香気成分が含まれるかについて分析した。雪下はまべに五寸人参と雪下京くれない人参はほぼ類似した香気成分であり、 β -カリオフィレンや α -フムレン、 α -ベルガモテンのような人参に特徴的な香気成分であるセスキテルペン類が同程度検出された。匂い嗅ぎでは、保持時間 25 分付近 (β -カリオフィレン) で人参香、28 分付近 (α -ベルガモテン等) で爽やかな香りが感じられた。それとともに、雪下はまべに五寸人参は松葉様の香りを示すピネンを多く含んでおり、雪下京くれない人参はライム様の香りを持つテルピノレンを比較的多く含んでいた (Fig. 4)。一方、ジュースとペーストに関しても人参と同様の香気成分が検出されたが、加工中に添加されたものと考えられる D-リモネンや γ -テルピネンのような柑橘香が高く検出された。パウダーに関しては、人参に特徴的な β -カリオフィレンや α -ベルガモテンは検出されたものの減少しており、一方でオフフレーバーの原因となるヘキサナールのような成分が増加していたことから、加工途中における香気の変化が示唆された。味成分と同様に香気成分においても、雪下はまべに五寸人参と雪下京くれない人参の間、またジュースとペーストとの間の成分は類似しており、これらが近い味と香りを持つことが示唆された。

官能検査による評価

それぞれの人参から調製したフレッシュジュースと加工ジュースについて官能検査を行い、5段階評価による比較法で評価した。また、加工ペーストとパウダーについても、希釈あるいは水に溶解させたものについて、その味の傾向を確認した。雪下はまべに五寸人参と雪下京くれない人参の間では、旨味、甘味、総合評価の項目において雪下はまべに五寸人参が有意に高い評価であったが、類似した味の傾向を示した (Fig. 5A)。また、加工ジュースにおいては香りの好ましさは雪下はまべに五寸人参ジュースで有意に高い評価であったが、香りの強さ、コクについては雪下くれないジュースで有意に高い評価が得られ、総合評価でも有意ではないものの雪下くれないジュースの方が高い値を示した (Fig. 5B)。一方、加工品同士の比較では、製品によってその味の傾向が大きく異なることから、その特性に応じた利用がなされることが望まれる (Fig. 5C)。

これらの結果から、雪下京くれない人参は人参自体の味としては高い評価をうけている従来の雪下人参にやや劣るものの、ジュースのような加工物ではその特徴を活かした加工により、同様の食味を得ることができるものと考えられる。パウダーとペーストにおいては試作品の段階である

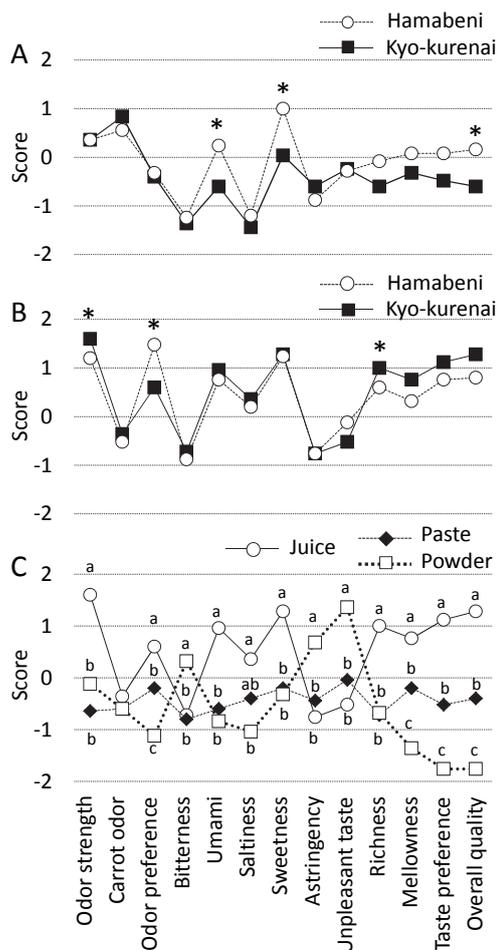


Fig. 5 Sensory evaluation of Hamabeni and Kyo-kurenai snow carrots and its products.

A, comparison between snow carrots. Open circles and dashed line, Hamabeni snow carrot; closed squares and solid line, Kyo-kurenai snow carrot. Asterisks indicate significant differences ($P < 0.05$, t test). B, comparison between juice products. Open circles and dashed line, Hamabeni snow carrot juice; closed squares and solid line, Kyo-kurenai snow carrot juice. Asterisks indicate significant differences ($P < 0.05$, t test). C, comparison among juice, paste, and powder made from Kyo-kurenai snow carrot. Open circles and solid line, juice; closed diamonds and dashed line, paste; open squares and dotted line, powder. ^{a, b, c} Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$, Tukey-Kramer method). Each attribute was expressed on a five-point scale from -2 (bad) to +2 (good).

が、その保存性と応用範囲の広さから、食味と栄養価を失わない製造方法によりその利用が拡大することが期待される。

結 論

本研究は雪下貯蔵後の京くれない人参について、その成分と食味、機能性について従来のまべに五寸人参を用いた雪下人参と比較しながら評価するとともに、その加工物であるジュース及びペースト、パウダーについても同様に

分析を行った。その結果、雪下京くれない人参は機能性成分として多くのリコピンを含みながら、従来の雪下人参にはやや劣るものの近似した香りと食味を持つことが示された。

従来の農産物の雪中貯蔵や雪下貯蔵では、主にその品質保持と食味向上効果に焦点が当てられており、機能性に着目した雪利用貯蔵の例はこれまでほとんどない。「食味」の良さをアピールしている従来の雪下人参はその流通期間も限られており、安定供給が難しいうえ一定の割合で規格外品が発生する問題点がある。雪下京くれない人参に含まれるリコピンの機能性はジュースやペーストのような加工製品でも残存していることから、これらの規格外野菜を有効活用できることに加え、雪下人参の収穫できる春のみならず、通年流通のための商品開発に繋げることが可能である。さらに、ペーストやパウダーなどの加工製品は長期保存できることから、高齢者用食品や健康食品を含むさまざまな食品に適用でき、食品の三次機能である機能性を目的とした高付加価値食品の製造においても大きな意義があるものと考えられる。

このように、新しい雪下人参である雪下京くれない人参は、その機能性という従来とは異なる指標によりこれまでの雪利用商品との差別化が可能であることから、新たな地域特産品としてのブランド化（「雪くれない」）が期待される。本研究では京くれない人参の雪下貯蔵による機能性成分の変化については検討を行っていないが、京くれない人参を含むさまざまな機能性農産物について雪利用貯蔵による機能性の変化が明らかにされることにより、今後機能性に着目した食品の雪利用が広がることを希望している。

謝 辞

本研究は一般財団法人地域総合整備財団（ふるさと財団）による平成29年度ふるさとものづくり支援事業Aタイプ補助金の助成を受けた開発事業（「機能性野菜（にんじん）の雪下栽培「(仮)雪くれない」商品開発事業」）の一部として、公益財団法人津南町農業公社より委託を受けて行いました。研究開始にあたっては津南町地域振興課の丸山敦史様と保坂大輔様および新潟県立大学の市川彰様、人参の栽培にあたっては津南町農業公社、材料加工にあたっては有限会社フジミヤと株式会社新生バイオ、事業化

にあたっては公益財団法人にいがた産業創造機構（NICO）にご支援とご協力を頂きました。分析にあたっては、味覚センサーでは株式会社大庄総合科学新潟研究所、匂い嗅ぎ付きGC-MSでは新潟県農業総合研究所食品分析センターの渡辺聡先生と西脇俊和先生、奥原宏明先生にご協力を頂きました。深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 下條明, 佐藤嘉一, 安藤健介, 長谷川雅明, 加納義高, 高橋聡, 渡辺聡 (2012) 「『ばれいしょ』の雪室貯蔵による品質向上効果の検証～低炭素社会にふさわしい雪による新たなニイガタブランドの創造～」. 食品の試験と研究 46: 69.
- 2) 石原和夫, 鈴木裕行, 土田早苗, 馬克己, 萩幸男, 横山泰裕 (2005) ニンジンの雪下貯蔵に伴う香気成分の変化. 園芸学研究 4: 353-357.
- 3) 曾根英行, 押味真里菜, 伊藤美咲, 石黒真理子, 辻友美, 小林和也, 渡辺聡, 神山伸 (2014) 雪室貯蔵によるコーヒー豆の香気成分の変化について（雪室を再現したモデル実験による検討）. Trace Nutrients Research 31: 12-16.
- 4) 神山伸, 櫛原詩野, 本間千裕, 萩原真, 曾根英行 (2017) 雪室貯蔵が小麦粉の品質と製パン性に与える影響. 日本食品工学会誌 18: 19-24.
- 5) 深井洋一, 鈴木生美, 西井賢悟, 大熊桂樹 (2010) 雪室貯蔵を活用した低温熟成による地場発酵食品の高付加価値化. 日本調理科学会誌 43: 246-259.
- 6) 神山伸, 白井歩, 曾根英行 (2018) 日本酒の香気に及ぼす雪利用貯蔵の効果——官能評価とモデル実験による検討——. 新潟の生活文化 24: 10-13.
- 7) 伊藤秀和, 堀江秀樹 (2009) トマトのリコピン抽出に適した溶媒の選択と迅速定量法への応用. 野菜茶業研究所研究報告 8: 165-173.
- 8) 都甲潔 (2016) 味とにおいを数値化するセンサの開発. 日本醸造協会誌 111: 86-94.
- 9) 池崎秀和 (2013) 味覚センサーによる味の物差し創りと味の見える化. 日本バーチャルリアリティ学会誌 18: 93-97.