

# 雪室貯蔵ニンジン ‘ひとみ5寸’ の香気成分

石原和夫\*、鈴木裕行\*、中村麻美子\*\*、馬野克己\*\*\*、萩 幸男\*\*\*

## Volatile Constituents of ‘Hitomi 5 sun’ Carrots Stored in a Low Temperature, High Humidity Room Encased in Snow

Kazuo Ishihara, Hiroyuki Suzuki, Mamiko Nakamura, Katumi Umano  
and Yukio Hagi

### 緒 言

新潟県をはじめとして積雪の多い地域では、雪を利用した食品の貯蔵法がある。ニンジン为例に取れば、本来、秋に収穫するニンジンも収穫せず、そのまま冬季の積雪下で貯蔵し、春3月雪下から掘り起こす雪下貯蔵ニンジンがあり、栽培地では“雪味ニンジン”や“雪割りニンジン”などと称している。また、このほか、シートや貨物輸送用コンテナ、鉄筋コンクリート等を利用して貯蔵室を作り、この貯蔵室を積雪の中に埋没させ、その中で貯蔵する雪室貯蔵ニンジンがあり、1月から4月の間注文に応じて出荷される。

雪を利用して野菜を貯蔵する場合、実施する地域の積雪条件や対象とする野菜の種類によってはその鮮度に影響を受ける。積雪地帯の中でも新潟県の雪は湿雪であり、しかも $-10^{\circ}\text{C}$ のような低温になることも少なく、また、30~40cm以上の積雪下の土中温度はほぼ $0^{\circ}\text{C}$ であり、凍害発生の恐れもない。このため、新潟県の多くの地域では低温・多湿の一定条件下で野菜を貯蔵することが可能である。しかし、この雪下貯蔵ニンジンの場合、1月~3月の積雪下中での出荷には雪を掘るといふ多大な労力が必要である。これに対し雪室貯蔵の場合、いつでも簡単に注文に応じることができ、且つ、どちらかといえば雪国で厄介視される雪の積極的な利用法であり、夏の家屋の冷房への利用などと

共に大いに期待される。また、このように雪を利用して貯蔵した野菜類は食味が優れ、特に雪下貯蔵ニンジンや雪室貯蔵ニンジンの味はマイルドで甘く、且つ、ニンジン特有の青臭さが少ないと言われている。

ニンジンの香気に関する研究には、Butteryら(1968, 1979)やHeatherbellら(1971)の報告があり、さらに後者らは生ニンジンの香気に加え、ニンジンの缶詰および凍結乾燥物の香気についても検討した。また、ニンジンの揮発性テルペノイド類に関する研究として、Yooら(1997)、Simon(1982a, 1982b)、Senalik・Simon(1987)などの報告がある。さらにニンジンの香気に対する品種、栽培、貯蔵、加工などの影響に関する研究として、Heatherbell・Wrolstad(1971)、Simon(1985)、Alasalvarら(1999)などの報告がある。しかし、ニンジンの香気と貯蔵に関する研究としては、ポリエチレン袋を用いた場合(Heatherbell・Wrolstad, 1971)や貯蔵温度の影響に関する研究(Alasalvarら, 1999)などがあるが、雪下貯蔵および雪室貯蔵ニンジンの香気に関する報告は見あたらない。本報では雪室貯蔵ニンジンの香気成分について、その減圧蒸留物のジクロロメタン抽出物を用いて行った研究結果について報告する。

\*生活科学科食物栄養専攻・専攻科食物栄養専攻 \*\*専攻科食物栄養専攻 \*\*\*高田香料株式会社(兵庫県尼崎市塚口本町7-22-2)

材料および方法

1. 材料

雪室貯蔵ニンジン ‘ひとみ五寸’ (以下、‘ひとみ五寸’) は、新潟県小千谷市のミノリ農産(有) で生産されたものを材料とした。この供試ニンジンは1997年11月下旬に収穫した後シートなどで密封し、その上を2~3mの雪で覆った雪室で貯蔵されたもので、同社では一冬で30万本取り扱々とされる。実験には、その雪室の中で約3ヶ月半貯蔵されたものを1998年4月14日に新潟県総合生協を通じて入手し、ポリエチレン袋に入れ5℃の冷蔵庫に保管のうえ、1週間以内に香気成分分析用試料として調製した。

また、‘ひとみ五寸’の対照として、全国的に一番多く栽培されている品種・‘向陽2号’ニンジンを選んだ。実験には徳島県内産‘向陽2号’ニンジン(以下、‘向陽2号’)を1998年5月1日に新潟市内の青果店より購入し、雪室ニンジンと同様に処理し実験に供した。

2. 試料の調製

重さ200~300gのニンジン3本の頭部と尾部を各々約5mm切り落とし、剥皮後縦に8等分したうえ、それぞれを約1cm幅に切った。切断されたニンジンが500gになるように各々のニンジンから平均して採取し、その500gに純水300mlと飽和食塩水100mlを加え、業務用ミキサーで3分間ホモジナイズした。ホモジナイズした試料は、石原ら(1985)の組立てた減圧蒸留装置を用いて50℃の減圧下(35mmHg)で蒸留し、約950mlの蒸留物を得た。蒸留物は分液ロートを用いて、50mlのジクロロメタンで3時間振盪抽出した。さらに、50mlのジクロロメタンで2時間振盪抽出を繰り返した。一連の操作を4回繰り返した。

すなわち、各試料ニンジン12本用いて採取した2kgからそれぞれ400mlのジクロロメタン抽出物を得た。抽出溶媒のジクロロメタンはVigreux columnで蒸留して除き、抽出物を1mlにした。

3. ガスクロマトグラフィー (GC)

GCはJ&W Scientific社製のPEGに相当するDB-WAX capillary column (60m×0.25mm i.d.×2.25µm Film)を用いて、Hewlett-Packard社製HP6890(検出器:FID)により行った。注入部と検出器の温度は共に250℃とした。カラム温度は40℃で2分間保った後、1分間当たり2℃の昇温で40℃から200℃までとした。キャリアーガスはヘリウムを用い、1分間当たり1.7mlの流速で、スプリット比は1:30であった。GCは1試料につき、2回繰り返して、定量には島津クロマトパックC-R7Aを用いた。

4. ガスクロマトグラフィー

-質量分析 (GC-MS)

GC-MSはHP6890ガスクロマトグラフとHP5973 Mass Selective Detectorを連結したものにより、イオン化電圧20eV、イオン源温度180℃の条件で行った。カラムはDB-WAX 60m×0.25mm i.d.×2.25µm Film (J&W Scientific)を用い、カラム温度40℃-(2min)-40℃-(2℃/min)-200℃、注入部温度250℃、キャリアーガス(He)流速1.2ml/min、スプリット比1:10であった。

なお、試料中の揮発性成分の同定は、GC-MSのデータシステム、標準物質のGC-MSデータ及び標準物質のRetention timeとKovats Indexをもとに行った。

結果および考察

各ニンジンの香気成分のガスクロマトグラムを図1に示し、GCおよびGC-MSによる香気成

第1表 ‘ひとみ五寸’ ニンジン(雪室貯蔵)と‘向陽2号’ ニンジンの香気成分

GCピーク No. <sup>a</sup>	No. <sup>b</sup>	化合物名	K.F	ピーク面積 (%) <sup>d</sup>		文献 <sup>e</sup>
				‘ひとみ五寸’	‘向陽2号’	
	3	1,1-dichloroethene	730	-	382 (0.14)	
7	4	acetone	839	1065 (0.25)	800 (0.30)	5,6
9	5	(E)-1,2-dichloroethene	856	5746 (1.37)	5554 (2.07)	
	6	2-chloro-2-methylbutane	868	-	1670 (0.62)	
10		ethyl acetate	911	73 (0.02)	-	
11	8	dichloromethane (solvent)	922	9830040 (0)	11661000 (0)	
21	18	chloroform <sup>*</sup>	1017	5942 (1.41)	3368 (1.25)	

第1表 (つづき1)

GC ピーク		化合物名	KI <sup>c</sup>	ピーク面積 (%) <sup>d</sup>		文献 <sup>e</sup>
No. <sup>a</sup>	No. <sup>b</sup>			'ひとみ5寸'	'向陽2号'	
21	18	2-methyl-2-butanol*	1017	510 (0.12)	632 (0.24)	
24		propanol	1039	814 (0.19)	-	
26		isobutanol	1093	579 (0.14)	-	
27		butanol	1145	154 (0.04)	-	
29	22	2-methyl-1-buten-3-ol	1172	603 (0.14)	299 (0.11)	
30		2-methylbutanol	1209	351 (0.08)	-	
31		3-methylbutanol	1210	1035 (0.25)	-	
33	23	$\gamma$ -terpinene	1238	924 (0.22)	1186 (0.44)	1,2,4-7,10
	24	p-cymene	1263	-	162 (0.06)	1,2,5,6
37		terpinolene	1275	387 (0.09)	-	1,2,4-10
39		acetoin	1280	8225 (1.96)	-	
41		octanal	1285	170 (0.04)	-	2,5,6
	29	3-methyl-2-buten-1-ol	1323	-	148 (0.06)	
43	30	6-methyl-5-hepten-2-one	1334	512 (0.12)	trace***	
45	31	hexanol	1357	330 (0.08)	285 (0.11)	
50		heptanol	1459	trace	-	
51	32	2-ethylhexanol	1492	1712 (0.41)	1320 (0.49)	
53		(E)-2-nonenal	1531	1030 (0.25)	-	2
	33	octanol	1561	-	186 (0.07)	
	34	bornyl acetate	1574	-	880 (0.33)	1,2,4-7,9
59	36	$\beta$ -caryophyllene	1588	159177 (37.89)	75281 (27.99)	1,4-9
60	37	2-hydroxy-2,6,6-trimethylcyclohexanone	1598	1133 (0.27)	699 (0.26)	
62	39	4-methyloctanol	1619	1978 (0.47)	979 (0.36)	
67		(E)-2-decenal	1639	239 (0.06)	-	2,5,6
69	43	$\alpha$ -humulene*	1661	11384 (2.71)	5656 (2.10)	1
69	43	trans- $\beta$ -farnesene*	1661	1557 (0.37)	1286 (0.48)	
71		3-methylbutanoic acid	1670	1127 (0.27)	-	
	45	heptadecane	1690	-	175 (0.07)	
75	47	germacrene D	1699	1925 (0.46)	662 (0.25)	
	49	zingiberene	1713	-	344 (0.13)	
77	50	$\beta$ -bisabolene	1720	2887 (0.69)	3943 (1.47)	1,2,5,6
80	53	cis or trans- $\gamma$ -bisabolene	1751	47984 (11.42)	41084 (15.28)	1,4-9
83	55	trans- $\alpha$ -bisabolene	1767	14807 (3.52)	34111 (12.68)	
87	59	(E,E)-2,4-decadienal	1806	2015 (0.48)	249 (0.09)	2
88	60	cuparene	1814	200 (0.05)	294 (0.11)	
91	61	$\alpha$ -ionone*	1846	807 (0.19)	595 (0.22)	
91		hexanoic acid*	1846	807 (0.19)	-	
92	62	geranyl acetone	1852	5765 (1.37)	4478 (1.66)	3
	68	geranyl 2-methylbutanoate	1893	-	1984 (0.74)	3
100	71	benzothiazole	1950	2240 (0.53)	2132 (0.79)	
	73	dihydro- $\beta$ -ionol	1965	-	340 (0.13)	
102	75	caryophyllene oxide	1981	15848 (3.77)	6201 (2.31)	
104	76	5,6-epoxy- $\beta$ -ionone	1989	640 (0.15)	279 (0.10)	
109		methyl eugenol	2009	887 (0.21)	-	
110		$\alpha$ -humulene oxide	2035	418 (0.10)	-	
	81	trans-nerolidol	2039	-	391 (0.15)	
113	82	octanoic acid	2061	4186 (1.00)	548 (0.20)	
	83	2,6-di-tert-butyl-p-cresol	2099	-	970 (0.36)	

第1表 (つづき2)

GC ピーク No. <sup>a</sup>	No. <sup>b</sup>	化合物名	K.I. <sup>c</sup>	ピーク面積 (%) <sup>d</sup>		文献 <sup>e</sup>
				'ひとみ5寸'	'向陽2号'	
115		cuminy alcohol	2100	1252 (0.30)	-	
118		nonanoic acid	2168	574 (0.14)	-	
121	89	$\beta$ -bisabolol	2214	786 (0.19)	1297 (0.48)	3
122		elemicin	2225	13209 (3.14)	-	
	93	dibenzofuran	2251	-	244 (0.09)	
125		ethyl hexadecanoate	2253	1310 (0.31)	-	
131	97	gossonorol	2303	1746 (0.42)	1666 (0.62)	
未同定ピーク面積				93078 (22.15)	66209 (24.62)	
総ピーク面積 d				420128 (100.00)	268969 (100.00)	

<sup>a</sup> GC ピーク No. は第1図 'ひとみ5寸' 参照 <sup>b</sup> GC ピーク No. は第1図 '向陽2号' 参照 <sup>c</sup> Kovats index on DB-WAX Column

<sup>d</sup> 総ピーク面積値と (%) は溶媒の dichloromethane を除いて算出

<sup>e</sup> 文献記載の化合物は既にニンジンの香気成分として報告されているもの

<sup>f</sup> 各々のピーク面積値は GC-MS 分析による組成比より算出 \*\* "-" はピーク不検出 \*\*\* trace<0.001%

文献<sup>f</sup> no.:

- 1: Alasalvar, C. et al. 1999. Food Chem. 65: 391 - 397.
- 2: Buttery, R. G. et al. 1968. J. Agric. Food Chem. 16: 1009 - 1015.
- 3: Buttery, R. G. et al. 1979. J. Agric. Food Chem. 27: 1 - 3.
- 4: Cronin, D. A. and P. Stanton. 1976. J. Sci. Food Agric. 27: 145 - 151.
- 5: Heatherbell, D. A., R. E. Wrolstad et al. 1971a. J. Food Sci. 36: 219 - 224.
- 6: Heatherbell, D. A. and R. E. Wrolstad. 1971b. J. Food Sci. 36: 225 - 227.
- 7: Senalik D. and P. W. Simon. 1987. Phytochemistry. 26: 1975 - 1979.
- 8: Simon, P. W. 1982a. Phytochemistry. 21: 875 - 879.
- 9: Simon, P. W. 1982b. Phytochemistry. 21: 1299 - 1303.
- 10: Yoo, K. S., L. M. Pike et al. 1997. HortScience. 32: 714 - 716.

分の同定結果を表1にまとめた。

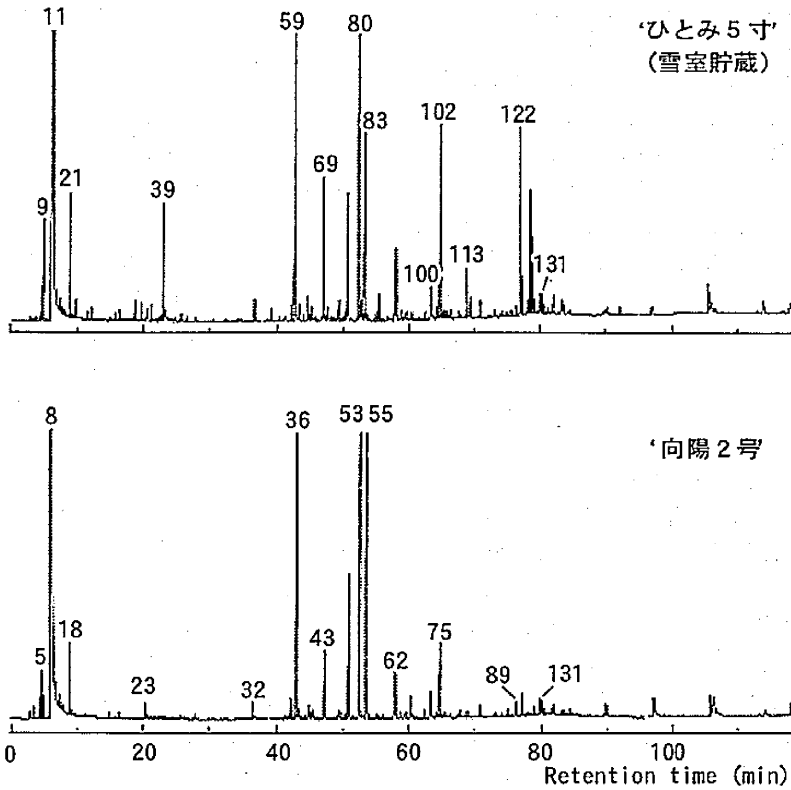
ニンジンの香気成分に関する研究は Buttery ら (1968) から始まった。その実験方法は水蒸気蒸留と溶媒抽出を用いた通常の方法で、この方法の特徴は低沸点化合物の損失が認められることである。そのため Heatherbell ら (1971) は、ニンジンの水抽出物中の揮発性成分をカラムに吸着させるヘッドスペース法を用いた。逆にこの方法では、テルペンやセスキテルペン類などの分離同定には不利であった。

著者らは Buttery ら (1968) の方法に準じて GC 分析を行った結果、'ひとみ5寸' および '向陽2号' よりそれぞれ 148、110 のピークが検出され、そのうち、GC および GC-MS によって同定された香気成分は 'ひとみ5寸' および '向陽2号' がそれぞれ 48、41 で、香気成分総数は両者合わせて 61 であった。そして、既にニンジンの香気成分として報告されている化合物については第1表で文献を示し、文献の示さ

れていない 45 化合物は著者らがニンジンの香気成分として初めて同定した化合物である。

各ニンジンの香気成分量の指標となるピーク総面積値 (溶媒のジクロロメタンを除く) は 'ひとみ5寸' の方が大きく、'向陽2号' の 1.6 倍であった。

各ニンジンの主なる香気成分として、両ニンジンに共通していた化合物は、 $\beta$ -caryophyllene、cis or trans- $\gamma$ -bisabolene、trans- $\alpha$ -bisabolene、caryophyllene oxide、 $\alpha$ -humulene、(E)-1, 2-dichloroethene、geranyl acetone、chloroform などであり、量的には trans- $\alpha$ -bisabolene を除き、'ひとみ5寸' の方が '向陽2号' を上回っていた。'ひとみ5寸' の  $\beta$ -caryophyllene は '向陽2号' の約 2.1 倍であり、その占める割合は 'ひとみ5寸' および '向陽2号'、共に最も大きく、それぞれ 37.9%、28.0% であった。そして、 $\beta$ -caryophyllene に次いで多かったのが cis or trans- $\gamma$ -bisabolene で、'ひとみ五



第1図 ニンジン香気成分のガスクロマトグラム

GC条件: ガスクロマトグラフ: HP6890  
 カラム: DB-WAX 60m × 0.25 mmID × 0.25 μm Film  
 (J&W Scientific)  
 カラム温度: 40°C -(2 min)-40°C -(2°C/min)-200°C

寸’および‘向陽2号’に占めた割合は、それぞれ11.4%、15.3%であった。逆に、‘向陽2号’が上回った *trans-α*-bisabolene は ‘ひとみ5寸’ の2.3倍で、その占める割合は12.7%であった。

一方、‘ひとみ5寸’にのみに同定された化合物は20あり、そのうち propanol, isobutanol, butanol, 2-methylbutanol, 3-methylbutanol, heptanol, cuminyl alcohol のアルコール類が7種類、octanal, (*E*)-2-nonenal, (*E*)-2-decenal のアルデヒド類が3種類検出され、‘向陽2号’に比べ大きな特徴を示した。すなわち、‘向陽2号’のみに認められた化合物は13で、そのうちアルコール類は 3-methyl-2-buten-1-ol, octanol, dihydro-β-ionol, *trans*-

nerolidol の4種類で、この13化合物のうちにはアルデヒド類は認められなかった。ただし、アルデヒド類の中でも最も有力な香気成分とされる (*E, E*)-2,4-decadienal に関しては、両ニンジン中でその存在が認められた。そして、それぞれの香気成分中で各ニンジンでのみ認められた化合物の占める割合は ‘ひとみ5寸’ の elemicin (3.1%), acetoin (2.0%) を除き他は全て1%未満であった。

Butteryら(1968, 1979)は、ニンジンの香気成分として34化合物を報告し、その主体を占めたのが、terpinolene(38%)で、次いでγ-bisabolene(6.6%)、γ-terpinene(5.4%)、caryophyllene(5.1%)、sabinene(4.0%)、limonene(3.8%)などであった。ま

た、Simon(1982a)によれば、一般にニンジンの香気は telpinolene, caryophyllene,  $\gamma$ -bisaboleneが主体であり、例外もあるが、通常 caryophyllene and/or  $\gamma$ -bisabolene量が telpinolene量を上回ると報告した。そして、Alasalvarら(1999)も生ニンジンの主要な香気成分として、 $\beta$ -caryophyllene,  $\gamma$ -bisaboleneの他、 $\alpha$ -pinene, sabinene, myrcene, limonene,  $\gamma$ -terpinene, terpinoleneなどをあげた。

これら化合物のうち、terpinoleneは‘ひとみ五寸’で認められたが量的に少なくその割合は0.1%で、Simon(1982a)と同様、 $\beta$ -caryophyllene量(37.9%)と *cis* or *trans*- $\gamma$ -bisabolene量(11.4%)は共に telpinolene量を上回っていた。さらに、Simon(1982a)は myrcene量が多いと caryophyllene 含量が高く、terpinoleneは低量であったと報告したが、本研究では $\beta$ -caryophylleneが圧倒的に多く、myrceneは両ニンジンとも検出されなかった。この myrceneのほか、上記化合物のうち  $\alpha$ -pinene, sabinene, limoneneなども検出されなかった。

一方、Heatherbellら(1971)はヘッドスペース法により、生ニンジンの香気成分として23化合物を同定し、diethyl ether, acetaldehyde, acetone, propanal, methanol, ethanolなどの低沸点化合物を初めて報告した。これら化合物のうち acetoneのみが両ニンジンのジクロロメタン抽出物中で同定されたことから、低沸点化合物の分析には溶剤抽出法に比べヘッドスペース法の有利性が示唆された。

さらに Heatherbellら(1971)は、生ニンジンの香気重要な特徴を与える化合物として、acetaldehyde, sabinene, myrcene, terpinolene、また、Cronin・Stanton(1976)は、2-methoxy-3-*sec*-butylpyrazineをあげている。これら化合物のうち terpinoleneのみが‘ひとみ五寸’で検出された。なお、Heatherbellら(1971)はニンジン特有の香気を示す化合物、すなわち、鍵化合物は捕捉しにくいとも示唆している。このことはニンジンの香気の特徴づける単一な化合物はなく、ニンジン香気はその香気成分の種類とそれらの量的な関係で決定されることを示唆している。

Butteryら(1968)はニンジンの香気成分に対する個々の成分の寄与率を調べ、アルデヒド類の2

-nonenalは量的には0.3%であったが、寄与率は高く22%であったという。これに対して、‘ひとみ五寸’中の(*E*)-2-nonenalも0.3%であった。なお、Simon(1985)によれば、2-nonenalは調理によって生じるフレーバーと述べている。さらに、Butteryら(1968)は2-nonenalに加え、octanalと2-decenalがそれぞれ、2%、0.8%のニンジン香気に対する寄与率を示すことから、アルデヒド類の重要性を指摘している。‘ひとみ五寸’中の octanalと(*E*)-2-decenalの割合は共に0.1%未満であった。そして、アルデヒド類の中でも最も有力な香気成分とされる(*E,E*)-2,4-decadienalの‘ひとみ五寸’および‘向陽2号’に占めた割合は、それぞれ0.5%、0.1%であった。

また、Butteryら(1968, 1979)がニンジンの香気成分として報告した34化合物の中に、geranyl isobutyrateや geranyl 2-methylbutanoateなどの geraniolのエステル類がある。geranyl isobutyrateは両ニンジン中では検出できなかったが、ニンジンのエッセンシャルオイル中でその存在が珍しく、快い甘い芳香を持つという geranyl 2-methylbutanoateは‘向陽2号’中で0.7%認められた。

Heatherbell・Wrolstad(1971)は、各種ニンジン中の高沸点揮発性成分について調べ、“green”で“toppy”な香気、いわゆる青臭く、揮発性の高い臭いを持った品種のニンジンは、sabineneと myrcene量が多く、エッセンシャルオイルのうち、約30%を占めたと報告した。逆に、sabineneと myrcene量が約4%と少ない品種のニンジン香気は、“mild”で“perfumy”、すなわちマイルドで、芳香であり、加えて、この種のニンジンは“perfumy”な香気を示す terpinoleneが約50%占め、次いで caryophylleneが約24%を占めたと報告した。なお、sabineneと myrceneに関しては、Butteryら(1968)も“green tops”いわゆる青臭さを与え、両者はニンジンの葉柄香気的主要成分であったと報告した。

‘ひとみ五寸’および‘向陽2号’では sabinene, myrcene共に検出されず、terpinoleneが量的には少ないが‘ひとみ五寸’で認められたことは‘向陽2号’との香の違いの一因になると考えられる。

以上、本研究の結果からは、‘ひとみ五寸’と‘向陽2号’の品種の違いによるそれぞれの香気成分

の特徴を解析することはできたが、ニンジン香味の品質改善に対する雪を利用しての貯蔵効果については解析することはできなかった。そこで、今後はニンジンの雪下あるいは雪室での貯蔵に伴う香気成分の変化などについて検討する必要があると考えている。また、本研究において香気成分としての未同定ピーク面積値が両ニンジン共に約20%占めるので、これら未同定ピークの解明も今後の課題と考えている。

### 摘要

試料の雪室貯蔵ニンジン 'ひとみ五寸' (以下、'ひとみ五寸') は、圃場より収穫後シートなどで密封し、その上を2~3mの雪で覆った雪室の中で約3ヶ月半貯蔵されたものを用いた。また、'ひとみ五寸'の対照として、全国的に一番多く栽培されている品種・'向陽2号' ニンジン (徳島県内産、以下、'向陽2号') を選んだ。香気成分の分析は各ニンジンの香気成分のジクロロメタン抽出物を用い、常法に準じて、ガスクロマトグラフィー (以下、GC) およびガスクロマトグラフィー-質量分析 (以下、GC-MS) によって行った。

GC および GC-MS 分析の結果、'ひとみ五寸' および '向陽2号' の香気成分として、それぞれ48、41化合物、総数として61化合物を同定し、これらのうち45化合物は著者らが初めてニンジンの香気成分として検出した。ニンジンの香気成分量の指標となるピーク総面積値は、'ひとみ五寸'の方が大きく、'向陽2号'の約1.6倍であった。

各ニンジンの主なる香気成分として、両ニンジンに共通していた化合物は、 $\beta$ -caryophyllene、*cis* or *trans*- $\gamma$ -bisabolene、*trans*- $\alpha$ -bisabolene、caryophyllene oxide、 $\alpha$ -humulene、(E)-1,2-dichloroethene、geranyl acetone、chloroform などであり、量的には *trans*- $\alpha$ -bisabolene を除き、'ひとみ五寸'の方が'向陽2号'を上回っていた。'ひとみ五寸'の $\beta$ -caryophylleneは'向陽2号'の約2.1倍であり、その占める割合は'ひとみ五寸'および'向陽2号'共に最も大きく、それぞれ37.9%、28.0%であった。そして、 $\beta$ -caryophylleneに次いで多かったのが*cis* or *trans*- $\gamma$ -bisaboleneで、'ひとみ五寸'および'向陽2号'に占めた割合は、それぞれ11.4%、15.3%であった。逆に、'向陽2号'が上回った*trans*- $\alpha$ -bisaboleneは'ひとみ五寸'

の約2.3倍で、その占める割合は12.7%であった。

一方、'ひとみ五寸'のみに同定された化合物は20あり、そのうちpropanol、isobutanol、butanol、2-methylbutanol、3-methylbutanol、heptanol、cumyl alcoholのアルコール類が7種類と、ニンジン香気への寄与率が高いとされているoctanal、(E)-2-nonenal、(E)-2-decenalのアルデヒド類が3種類検出され、'向陽2号'に比べ大きな特徴を示した。また、'ひとみ五寸'では $\beta$ -caryophylleneと共に"mild"で"perfumy"、すなわちマイルドで、芳香な香気を与えるとされるterpinoleneが認められたが量的には少なくその割合は0.1%であった。逆に、ニンジンの香気で青臭さを与えるとされるsabineneとmyrceneは、'ひとみ五寸'および'向陽2号'では共に検出されなかった。

一方、'向陽2号'のみに認められた化合物は13で、そのうちアルコール類は3-methyl-2-buten-1-ol、octanol、dihydro- $\beta$ -ionol、*trans*-nerolidolの4種類で、この13化合物のうちにはアルデヒド類は検出されずひとみ五寸との違いであった。なお、アルデヒド類の中でも最も有力な香気成分とされる(E, E)-2,4-decadienalに関しては、'ひとみ五寸'および'向陽2号'、それぞれ0.5%、0.1%認められた。また、ニンジンのエッセンシャルオイル中でその存在が珍しく、快い甘い芳香を持つというgeranyl 2-methylbutanoateが向陽2号中で0.7%検出された。そして、各ニンジンでのみに認められた化合物の占める割合は、'ひとみ五寸'のelemicin (3.1%)、acetoin (2.0%)を除き他は全て1%未満であった。

また、生ニンジンの香気成分の低沸点化合物として、diethyl ether、acetaldehyde、acetone、propanal、methanol、ethanolなどが報告されているが、これら化合物のうちacetoneのみが両ニンジンのジクロロメタン抽出物中で同定されたことから、低沸点化合物の分析には溶剤抽出法よりもヘッドスペース法の有利さが示唆された。

謝辞 実験にご協力をいただいた本学の坂内弘子氏と本研究への社員の参加にご理解とご協力をいただいた、高田香料株式会社代表取締役社長高田正二氏に深く感謝申し上げます。

引用文献

Alasalvar, C., J. M. Grigor and P. C. Quantick. 1999. Method for the static headspace analysis of carrot volatiles. *Food Chem.* 65: 391-397.

Buttery, R. G., R. M. Seifert, D. G. Guadagni, D. R. Black and L. C. Ling. 1968. Characterization of some volatile constituents of carrots. *J. Agric. Food Chem.* 16: 1009-1015.

Buttery, R. G., D. R. Black, W. F. Haddon, L. C. Ling and R. Teranishi. 1979. Identification of additional volatile constituents of carrot roots. *J. Agric. Food Chem.* 27: 1-3.

Cronin, D. A. and P. Stanton. 1976. 2-Methoxy-3-sec-butylpyrazine-an important contributor to carrot aroma. *J. Sci. Food Agric.* 27: 145-151.

Heatherbell, D. A., R. E. Wrolstad and L. M. Libbey. 1971. Carrot volatiles.1. Characterization and effects of canning and freeze drying. *J. Food Sci.* 36: 219-224.

Heatherbell, D. A. and R. E. Wrolstad. 1971. Carrot volatiles.2. Influence of variety, maturity and storage. *J. Food Sci.* 36: 225-227.

石原和夫・本間伸夫・小笠原長宏. 1985. 味噌酵母の生成する揮発性有機酸. *醸工.* 63: 279-287.

Senalik D. and P. W. Simon. 1987. Quantifying intra-plant variation of volatile terpenoids in carrot. *Phytochemistry.* 26: 1975-1979.

Simon, P. W. 1982a. Genetic variation for volatile terpenoids in roots of carrot, *Daucus carota*, backcrosses and F<sub>2</sub> generations. *Phytochemistry.* 21: 875-879.

Simon, P. W. 1982b. Genetic variation for volatile terpenoids in roots of carrot, *Daucus carota*, inbreds and F<sub>1</sub> hybrids. *Phytochemistry.* 21: 1299-1303.

Simon, P. W. 1985. Carrot flavor: Effects of genotype, growing conditions, storage, and processing, p. 315-328. In H. E. Patte (ed.).

Evaluation of quality of fruits and vegetables. A VI Publishing Co, Westport, Conn.

Yoo, K. S., L. M. Pike and B. K. Hamilton. 1997. A direct headspace sampling technique to rapidly measure low boiling point volatile terpenoids in carrots. *HortScience.* 32: 714-716.