

平成9・10年度県立新潟女子短期大学共同研究事業実績報告書

研究課題：「雪と食とのかかわりあい」

—ニンジンの雪下貯蔵に伴う食味および香味成分の変化—

平成11年3月

県立新潟女子短期大学
生活科学科食物栄養専攻
専攻科食物栄養専攻

共同研究責任者：石原和夫・鈴木裕行

平成9・10年度県立新潟女子短期大学共同研究事業実績報告書

研究課題：「雪と食とのかかわりあい」

－ニンジンの雪下貯蔵に伴う食味および香味成分の変化－

平成11年3月

県立新潟女子短期大学
生活科学科食物栄養専攻
専攻科食物栄養専攻

共同研究責任者：石原和夫・鈴木裕行

目 次

はじめに（共同研究参加者一覧）	1
第1章 各種ニンジンの品質に関する官能検査	3
第1節 緒言	3
第2節 実験材料および方法	3
2-1 材料	3
2-1-1 雪下貯蔵ニンジン	3
2-1-2 雪室貯蔵ニンジン	4
2-1-3 徳島県産、埼玉県産ニンジン	4
2-2 試料の調製	4
2-3 官能検査法	5
第3節 結果および考察	5
3-1 生ニンジンについての官能検査	5
3-2 煮たもの、炒めたものについての官能検査	8
第2章 雪下貯蔵ニンジンの貯蔵期間と品質に関する官能検査	11
第1節 緒言	11
第2節 実験材料および方法	11
2-1 材料	11
2-1-1 雪下貯蔵ニンジン	11
2-1-2 千葉県産ニンジン	13
2-2 試料の調製	13
2-3 官能検査法	13
第3節 結果および考察	13
第3章 雪下貯蔵ニンジンに含まれる糖質	15
第1節 緒言	15
第2節 実験材料および方法	15
2-1 実験試料	15
2-2 試料の調製	15
2-3 薄層クロマトグラフィー	17

2-4	酵素法による糖の定量	17
第3節	結果および考察	17
第4章	雪下貯蔵ニンジンに含まれる遊離アミノ酸	21
第1節	緒言	21
第2節	実験材料および方法	21
2-1	実験試料	21
2-2	試料の調製	21
2-3	アミノ酸分析	21
第3節	結果および考察	22
第5章	雪下貯蔵ニンジンに含まれる有機酸	25
第1節	緒言	25
第2節	実験材料および方法	25
2-1	実験試料	25
2-2	試料の調製	25
2-1-1	クエン酸定量用試料	25
2-2-2	アスコルビン酸定量用試料	25
2-3	クエン酸の定量	25
2-4	アスコルビン酸の定量	26
第3節	結果および考察	26
第6章	雪下貯蔵ニンジンの物理的性質	28
第1節	緒言	28
第2節	実験材料および方法	28
2-1	実験試料	28
2-2	試料の調製	28
2-3	硬度の測定	28
2-4	測定値の処理	28
第3節	結果および考察	29
第7章	雪下貯蔵ニンジンの香気成分	34
第1節	緒言	34
第2節	実験材料および方法	34

2-1	材料	34
2-2	試料の調製	34
2-2-1	試料のホモジナイズ	34
2-2-2	減圧蒸留	34
2-2-3	蒸留物中の香気成分の抽出	36
2-2-4	ジクロロメタン抽出物の濃縮	36
2-3	ガスクロマトグラフィー (GC)	36
2-4	質量分析-ガスクロマトグラフィー (GC-MS)	36
第3節	結果および考察	37
3-1	ニンジンの雪下貯蔵に伴う香気成分の変化	37
3-2	各種ニンジンの香気成分	46
第8章	総括および結論	49
	謝辞	55

はじめに

新潟県の気象は、年間日照時間が少なく冬期に降雪量が多いという特徴がある。このような気象は、私達の暮らしや「食」に大きな影響を及ぼしている。そこで、学内共同研究テーマとして「雪と食とのかかわりあい」を設定し、雪国での食生活、健康、食品及び食品産業などに関する研究・調査を行うこととし、まず、“雪と食品”とのかかわりあいをとりあげた。

生鮮物である野菜類を新鮮かつ成分変化の少ない状態で貯蔵するためには低温・多湿が望ましく、貯蔵のための最適な温度と湿度は、それぞれ $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、90～95%とされている。そのため、冷蔵庫を使用して野菜類を貯蔵した場合、低温条件は得られても湿度が低く、野菜類は萎縮し、鮮度が低下する傾向にある。

野菜類の冷蔵庫以外の貯蔵法として、北陸の積雪の多い地域では雪を利用した雪下貯蔵や雪中貯蔵法がある。雪下貯蔵とは、収穫時期に近い野菜類を収穫せずにそのまま畑で積雪の下にし、冬期間に雪を掘りながら収穫するものである。一方、雪中貯蔵とは、シートや貨物輸送用コンテナ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る方法である。これらの方法でも、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°C のような低温になることも少なく、このため、30～40cm以上の積雪の下の土中温度はほぼ 0°C であり、凍害発生の恐れもない。すなわち、新潟県の多くの地域では最適な低温・多湿の一定条件下で野菜を貯蔵することが可能である。

また、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の味はマイルドで甘く、また、ニンジン特有の青臭さが少ないと言われている。新潟県のニンジン出荷量は8,910トン（1996年）で、このうち、555トンが新潟県中魚沼郡津南町と中里村から、それぞれ、雪味ニンジン、雪割ニンジン、すなわち、雪下貯蔵ニンジンとして出荷されている。しかし、雪下貯蔵ニンジンの香味に関する研究はほとんど見あたらない。そこで、本共同研究では、雪下貯蔵ニンジンの香味成分を分析すると共に、それら香味成分が雪下貯蔵にともないどのように変化するかを究明することを目的としている。

本共同研究を遂行するに当たり、学外からも大勢の方々の参加、協力をいただきました。ここに、本共同研究責任者として心より感謝を申し上げます。

石原和夫・鈴木裕行

共同研究参加者一覧（順不同・敬称略）

1. 県立新潟女子短期大学生活科学科食物栄養専攻・専攻科食物栄養専攻
岡田玲子・石原和夫・宮西邦夫・渡邊令子・佐藤恵美子・笠原賀子・
鈴木裕行・太田優子・立山千草・坂内弘子・小幡敦子
本間伸夫（県立新潟女子短期大学名誉教授）
2. 県立新潟女子短期大学専攻科食物栄養専攻生
五十嵐雅恵（1期生：平成7年4月入学）
長谷川裕子（2期生：平成8年4月入学）
中村麻美子（3期生：平成9年4月入学）
土田早苗（4期生：平成10年4月入学）
以上4名の学生は、本共同研究を専攻科の特別研究および学位授与機構
提出用レポートのテーマとした。
そして、専攻科生全員（1～4期生・37名）が本共同研究の官能検査に
パネリストとして参加した。
3. 新潟県農業総合研究所高冷地農業技術センター（津南町）
横山泰裕・諸我敏夫（現新潟県農業総合研究所企画情報部企画調整室）
4. 新潟県中魚沼郡中里村役場農林課
樋口秀雄
5. 農事組合法人アイディアルファーム（新潟県中魚沼郡中里村倉俣）
大島実
6. 高田香料株式会社技術部基礎研究課（兵庫県尼崎市塚口本町7-22-2）
馬野克己・萩幸男
7. 新潟県農業総合研究所食品研究センター（加茂市）
古田道夫・渡辺聡・西脇俊和

第1章 各種ニンジンの品質に関する官能検査

第1節 緒言

官能検査とは、人間の感覚（視覚、味覚、嗅覚、触覚、聴覚）を使って対象物を評価することである。機器を測定手段として用いる理化学的検査とは本質的に異なる点が多く、特に人間の嗜好を測定できるということは、官能検査の重要な特徴となっている。官能検査は目的により、分析型官能検査と嗜好型官能検査に大別される。分析型の官能検査は、人間の感覚を測定器として、品物の特性を測ったり差を検出することを目的とし、品質検査や工程管理などに用いられる。それに対して嗜好型官能検査は、人間の好みを知ろうとする場合に、嗜好調査やイメージ調査として製品開発・市場調査などに用いられている（小林ら 1997）。

本章では、雪下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ので、各種ニンジンの品質に関して官能検査を実施し、統計的な検定を行った。

第2節 実験材料および方法

2-1 材料

2-1-1 雪下貯蔵ニンジン

- (1) 品種：はまべに五寸
- (2) 栽培地および貯蔵方法

新潟県中魚沼郡中里村倉俣の農事組合法人アイディアルファームで栽培され、1997年12月31日～1998年3月31日まで3ヶ月間、そのまま雪下で貯蔵されたものを、1998年4月1日に雪下より掘り起こし、5℃の冷蔵庫に保管の上、実験に供した。

(3) 栽培地付近の積雪状況

- 1) 初雪：1997年12月2日
- 2) 根雪初日：1997年12月31日
- 3) 最深積雪量：190cm（1998年2月1日）
- 4) 自然消雪日：1998年4月10日

なお、根雪初日から最深積雪量日までの土中温度の測定は、本試料に関して

は実施しなかったが、前年度の根雪初日（1997年1月8日）から最深積雪量日（1997年2月12日）のデータ（第3章 表3-2）によれば、積雪下の地表：0.1～0.3℃、土中の深さ10cm：0.9～1.0℃、土中の深さ20cm：1.4～1.7℃であった。本年度と比較して、根雪初日と最深積雪量日のずれが10日前後あるが、最深積雪量は190cm（1997年2月12日）で同じであった。このことから、本年度の土中温度も前年度のデータにほぼ準じているものと思われる。

2-1-2 雪室貯蔵ニンジン

(1) 品種：ひとみ五寸

(2) 栽培地および貯蔵方法

新潟県小千谷市のミノリ農産（有）で生産されたものを供試した。1997年11月下旬に収穫したニンジンをシート等で密封し、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30万本取り扱うとされる。官能検査には、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、雪下貯蔵ニンジンと同様、5℃の冷蔵庫に保管の上、1週間以内に処理した。

2-1-3 徳島県産、埼玉県産ニンジン

(1) 品種：向陽2号（1998年度産）

(2) 栽培地：徳島県、埼玉県

新潟県のような積雪地域でない、徳島県内や埼玉県内で栽培された今年度産の向陽2号ニンジンを新潟市内の青果店より購入し、5℃の冷蔵庫に保管のうえ実験に供した。なお、青果店の取扱上の都合で、生ニンジンの官能検査には徳島県産向陽2号、煮たものおよび炒めたものの官能検査には埼玉県産向陽2号を供試した。

2-2 試料の調製

生ニンジンの官能検査には、各ニンジンの頭部と尾部を各々約5mm切り落とし、剥皮後、スティック状に縦に16等分し供した。

また、煮る場合は、前述の剥皮したニンジンを縦2つ割りし、厚さ5mmの半月状したものを沸騰水で5分間加熱、冷却後検体とした。そして、炒める場合には、厚さ5mmの半月状にしたものを、食用油を引いた鍋で2分間加熱、冷却

後検体とした。なお、煮たものと炒めたものをパネリストに供試する場合、各ニンジンの上、中、下部より切断されたものを1枚ずつ、計3枚提供した。

2-3 官能検査法

生ニンジンの官能検査には、本学専攻科食物栄養専攻1、2年の学生19名および食品学教職員4名の計23名がパネリストとして参加した。その官能検査法は、試料に関する種々の特性について順位を付けさせる順位法によった。そして、結果の解析には、Kendall（ケンドール）の一致性の係数 W および順位法の検定表を用いた。官能検査表の例を表1-1に示した。

煮たものおよび炒めたものの官能検査は、材料入手面の都合により、雪下貯蔵ニンジンと埼玉県産向陽2号についての2点比較法によった。その官能検査項目は、生ニンジンの場合に準じた。

第3節 結果および考察

3-1 生ニンジンについての官能検査

生ニンジンについての順位法による官能検査の結果を表1-2に示した。官能検査の結果がKendall一致性の係数の検定で有意差が認められた場合、何らかの基準でパネリスト23人の好みまたは、評価が一致していることを示す。また、順位法の検定表で有意差が認められた場合は、その二種の試料間に嗜好差または評価に差があることを示している。これらをもとに考察を行った。

雪室貯蔵ニンジンは、雪下貯蔵ニンジンや徳島県産ニンジンに比べ、赤みが強く、黄色みが弱いと判定された。逆に、徳島県産ニンジンは、黄色みが強く、赤みが弱く、また、雪下貯蔵ニンジンの赤みと黄色みの強さは、他の二者の中間に位置づけられた。そして、ニンジンの赤みと黄色みは、それぞれの試料間に有意差のあることが認められた。色彩色差計により2分割したそれぞれの試料の内側の色度を測定し、色相（主波長）を求めたところ、雪室：588nm、雪下：586nm、徳島県産：584nmと順に値が小さくなる（赤色から黄色側に寄る）ことが示され、官能検査の結果が裏付けられた。これらの色合いなどが反映する外観の好みは、雪室貯蔵ニンジン、雪下貯蔵ニンジン、徳島県産ニンジンの順位で一致し、雪室貯蔵ニンジンと徳島県産ニンジンの間には、嗜好の差が認

められた。すなわち、赤みの強かった雪室貯蔵ニンジンの方がより好まれた。

表 1-1 官能検査表の例

人参の官能検査表

1. 題目：ニンジンの嗜好、及び、色やニンジン臭さなどの強弱テスト
2. 方法：順位法：一番好ましいと思われるもの、または、強いと思われるものから
1、2、3と順位をつける。
3. 実施日： 年 月 日
4. 試料：生(スティック状) A、B、Cの3種類
5. パネルのきき味順位：A→C、C→A (どちらか○をつけて下さい)

ニンジンの嗜好、及び、強弱テスト結果：生

実験項目	A	B	C	感想
1. 外観の好ましい方				
2. 赤みの強い方				
3. 黄色みの強い方				
4. 香の好ましい方				
5. ニンジン臭さの強い方				
6. 味の好ましい方				
7. 味の強い方				
8. 甘味の強い方				
9. 食感の好ましい方				
10. 硬さの強い方				
11. 歯切れのよい方				
12. 総合評価				

表1-2 生ニンジンの官能検査(順位法)による評価

項目	順位合計(Ti)			kendall一致性の係数				検定	順位法の検定表		
	試料		S	W	Fo	雪下-徳島	雪下-雪室		徳島-雪室		
	雪下	徳島								雪下-徳島	雪下-雪室
1、外觀の好ましい方	44	57	206	0.19	5.16	13	7	20	*	*	
2、赤みの強い方	47	66	842	0.8	88	19*	22**	41**	*	*	
3、黄色みの強い方	45	26	842	0.8	88	19*	22**	41**	*	*	
4、香りの好ましい方	50	50	96	0.09	2.18	0	12	12			
5、ニンジン臭の強い方	32	47	366	0.35	11.85	15	27**	12	*	*	
6、味の好ましい方	43	51	38	0.04	0.92	8	1	7			
7、味の強い方	32	48	344	0.33	10.84	16*	26**	10	*	*	
8、甘みの強い方	44	49	14	0.01	0.29	5	1	4			
9、食感の好ましい方	38	47	114	0.11	2.72	9	15	6			
10、硬さの強い方	38	35	546	0.52	23.45	3	27**	30**	*	*	
11、歯切れの良い方	33	47	314	0.3	9.43	14	25**	11	*	*	
12、総合	41	52	62	0.06	1.4	11	4	7			

** : 有意差あり(P<0.01) * : 有意差あり(P<0.05)

kendall 一致性の係数 : S ; (Ti-T)の平方和 W ; 一致性の係数 Fo ; 一致性の係数Wをもとに得られた値

ニンジンの香の好みの傾向には一致性が認められないが、ニンジン臭の強さの判定には一致性が認められた。すなわち、雪下貯蔵ニンジン、徳島県産ニンジン、雪室貯蔵ニンジンの順でニンジン臭が強く、雪下貯蔵ニンジンと雪室貯蔵ニンジンの間には有意差が認められた。

味の強さの順位は、雪下貯蔵ニンジン、徳島県産ニンジン、雪室貯蔵ニンジンの順で一致し、雪下貯蔵ニンジンと他の二者の間には、有意差も認められた。

ニンジンの硬さと歯切れのよさについてもパネルの判定に一致性が認められ、硬さの強い順は、徳島県産ニンジン、雪下貯蔵ニンジン、雪室貯蔵ニンジンであり、歯切れの良いものの順は、雪下貯蔵ニンジン、徳島県産ニンジン、雪室貯蔵ニンジンであった。また、硬さについては、雪室貯蔵ニンジンと他の二者間に有意差が認められ、歯切れのよさについては雪下貯蔵ニンジンと雪室貯蔵ニンジン間に有意差が認められた。

香の嗜好のほか、味の嗜好、甘味の強さ、食感の嗜好および総合的な評価に関しては、パネルの判定に一致性は認められなかった。

以上の結果から、雪下貯蔵ニンジンには、ニンジン臭が強く、味が濃くて、また、歯切れがよいと評価された。これに対して、雪室貯蔵ニンジンには、赤みが強く、黄色みが薄いと判定され、外観の評価が一番高かった。また、このものは臭いも味も淡く、物性は柔らかく、歯切れが悪いと評価された。一方、徳島県産のニンジンには、赤みが薄く、黄色みが強く、外観の評価が一番低かった。そして、徳島県産のニンジンには、他の二者に比べ、硬いと評価された。

3-2 煮たもの、炒めたものについての官能検査

結果を表 1-3 に示した。

煮たもの、炒めたもの両者について、同じ結果が得られた項目は、色合いの赤みと黄色み、そして、硬さであった。すなわち、雪下貯蔵ニンジンには埼玉県産向陽 2 号に比べ、赤く柔らかいと評価され、逆に、埼玉県産向陽 2 号は、黄色みが強く、硬いと評価された。これらの傾向は、生ニンジンの場合と同じであった。また、炒めた場合、雪下貯蔵ニンジンには埼玉県産向陽 2 号に比べ、食感が好ましく、歯切れが良く、総合的評価も高かった。

なお、生ニンジンの場合、雪下貯蔵ニンジンには、ニンジン臭が強く、味も濃

いと評価されたが、煮たり炒めたりすることで、これらの特性は失われた。このことから、雪下貯蔵ニンジンの特性を生かすには、生で食した方がより良いと考えられる。

文献

小林米治郎ら編：香料用語説明集（1997）日本香料協会

表1-3 調理したニンジンの官能検査による評価

実験項目	煮				炒			
	パネル数		検定	検定	パネル数		検定	
	雪下	埼玉産			雪下	埼玉産		
1. 外観の好ましい方	10	12		11	11			
2. 赤みの強い方	22	0	**	22	0	**	**	
3. 黄色みの強い方	0	22	**	0	22	**	**	
4. 香の好ましい方	10	12		13	9			
5. ニンジン臭の強い方	14	8		10	12			
6. 味の好ましい方	6	16		14	8			
7. 味の強い方	12	10		13	9			
8. 甘味の強い方	8	14		15	7			
9. 食感の好ましい方	12	10		20	2	**	**	
10. 硬さの強い方	5	17	**	2	20	**	**	
11. 歯切れの良い方	10	12		17	5		*	
12. 総合	7	15		17	5		*	

** ; 有意差あり (P<0.01) * ; 有意差あり (P<0.05)

第2章 雪下貯蔵ニンジンの貯蔵期間と品質に関する官能検査

第1節 緒言

第1章で、貯蔵方法と品種の異なるニンジンの品質に関する官能検査を実施した。その結果、生の場合、雪下貯蔵ニンジン（品種：はまべに五寸）は、臭いが強く、味が濃くて、また、歯切れがよいと評価された。ただし、煮たり炒めたりすることで、臭いの強さや味の濃さは他のニンジンと差が認められなくなった。

本章では、この雪下貯蔵ニンジンの雪下貯蔵期間に伴う品質の変化について官能検査を実施した。

第2節 実験材料および方法

2-1 材料

2-1-1 雪下貯蔵ニンジン

(1) 品種：はまべに五寸

(2) 栽培地

新潟県中魚沼郡津南町大字中深見の新潟県農業総合研究所高冷地農業技術センターのニンジン圃場で栽培されたものを5℃の冷蔵庫に保管の上、官能検査に供試した。

(3) 採取日およびニンジン圃場の積雪量と土中温度

1998年12月7日から1999年4月12日にかけて、ほぼ1ヶ月毎に積雪下の土中よりニンジンを採取し試料とした。その採取日と採取日におけるニンジン圃場の積雪量および土中温度を表2-1に示した。また、ニンジン越冬圃場の積雪状況を表2-2に示した。試料採取期間の最深積雪量は288cmと1998年に比べ約1m多く、いわゆる、大雪の年であった。ただし、積雪下における土中温度は1~2℃で、1998年とほぼ同じ積雪量であった、1997年1月~3月の土中温度0.4~1.7℃に比べ少し高い傾向にあった。

表2-1 ニンジン圃場土中温度の推移(新潟県高冷地農業技術センター 98~99)

調査年月日	積雪 cm	土 中 深 さ (cm)			°C
		0	10	20	
98/11/18	0	4.5	5.1		2.0
98/12/7	0	5.5	7.1		7.0
99/1/5	116	1.5	1.5		2.0
99/2/1	194	1.0	2.0		1.5
99/3/2	230	0.5	1.0		1.0
99/4/12	7	3.0	1.5		2.0

表2-2 ニンジン越冬圃場積雪状況 (新潟県高冷地農業技術センター 97~99)

区分	初雪月日 年月日	根雪初日 年月日	最深積雪 cm	同左月日 年月日	根雪日数 日	根雪終日 年月日	終雪月日 年月日
1977~98年	97/12/2	97/12/31	190	98/2/1	101	98/4/10	98/4/2
1998~99年	98/11/18	98/12/21	288	99/2/15	125	99/4/24	99/4/8

2-1-2 千葉県産ニンジン

(1) 品種：向陽 2 号

千葉県産の向陽 2 号を、雪下貯蔵ニンジンの採取日に合わせて新潟市内の青果店より購入し、雪下貯蔵ニンジンの対照として官能検査に供した。

2-2 試料の調製

本官能検査では生ニンジンについてのみ実施した。試料の調製は、第 1 章に準じた。すなわち、各ニンジンの頭部と尾部を各々約 5mm 切り落とし、剥皮後、スティック状に縦に 16 等分し供試した。

2-3 官能検査法

官能検査には、本学専攻科食物栄養専攻 1 年の学生 10 名および食品学教職員 5 名の計 15 名がパネリストとして参加した。その官能検査法は 2 点比較法により、また、官能検査項目は第 1 章に準じた。

第 3 節 結果および考察

官能検査における試食順序の影響を除くため、各々のパネリストは試料 A→B、B→A の繰り返し検査を実施し、その結果を表 2-3 に示した。

ニンジン採取期間の全期間を通じて、有意差が認められた検査項目は、甘味と総合評価についてであった。すなわち、雪下貯蔵ニンジンの方が向陽 2 号に比べ、甘さが強く、総合的な評価も高かった。

一方、雪下貯蔵期間と品質との間には明確な関連は認められなかった。しかし、雪下貯蔵ニンジンの出荷時期に当たる 4 月に採取した試料は、外観、香、味、食感に対する嗜好評価が高かった。すなわち、雪下貯蔵ニンジンは、色合いが良く、香味も好ましく、甘さがあり、歯切れも良いと評価された。このことは、「雪下貯蔵ニンジンの味はマイルドで、甘く、ニンジン特有の青臭さが少ない」と従来から言われてきたことを客観的に裏付ける結果となった。そして、これらの結果は、第 1 章で実施した官能検査結果にもほぼ一致していた。

表2-3 雪下貯蔵ニンジン(生)の官能検査(2点比較法)による評価

採取日	1998/12/7				1999/1/5				1999/2/1				1999/3/2				1999/4/12			
	パネル数		検定	パネル数		検定	パネル数		検定	パネル数		検定	パネル数		検定	パネル数		検定		
	A	B		A	B		A	B		A	B		A	B						
1.外観の好ましい方	2	24	***	16	12		16	8		21	7	*	28	2	***					
2.赤みの強い方	14	12		26	2	***	17	7		26	2	***	28	2	***					
3.黄色みの強い方	12	14		2	26	***	8	16		6	22	**	2	28	***					
4.香の好ましい方	20	6	**	18	10		24	0	***	18	10		24	6	**					
5.ニンジン臭の強い方	18	8		16	12		3	21	***	19	9		12	18						
6.味の好ましい方	22	4	***	26	2	***	24	0	***	19	9		24	6	**					
7.味の強い方	22	4	***	23	5	***	11	13		25	3	***	24	6	**					
8.甘味の強い方	26	0	***	27	1	***	24	0	***	23	5	***	25	5	***					
9.食感の好ましい方	19	7	*	11	17		16	8		18	10		29	1	***					
10.硬さの強い方	10	16		11	17		14	10		15	13		17	13						
11.歯切れの強い方	16	10		11	17		22	2	***	18	10		30	0	***					
12.総合評価	23	3	***	24	4	***	24	0	***	21	7	*	27	3	***					

A: 雪下貯蔵ニンジン(はまべに五寸), B: 向陽2号(千葉県産)

***: p<0.001有意差あり ** : p<0.01有意差あり * : p<0.05有意差あり

第3章 雪下貯蔵ニンジンに含まれる糖質

第1節 緒言

雪下貯蔵ニンジンはその呈味における特徴として、「甘味の強さ」、「全般的な味の強さ」、「爽やかな味」等が指摘されている。一般に食品の食味はそれに含有される種々の呈味成分により決定される。本研究では、ニンジンの雪下貯蔵によりそれら呈味成分の含有量にどのような変化が見られるかを解析する。これまでに、各々の味に関与する食品中の呈味成分としては表 3-1 のようなものが知られているが、これに掲げた食品成分中で特に雪下ニンジンの食味向上に関与していると考えられる、糖質、アミノ酸、有機酸について解析した。

最初にニンジンに含有される糖質の種類を調べるため、薄層クロマトグラフィーによる遊離糖の分析を行い、さらに、それぞれの遊離糖を酵素法により定量した。

第2節 実験材料および方法

2-1 実験試料

実験には以下の試料を用いた。

雪下貯蔵ニンジン：はまべに五寸（新潟県農業総合研究所 高冷地農業技術センター産・津南町）

採取日： 1) 1996年 11月 18日	入手日： 1) 1996年 11月 19日
2) 1997年 1月 8日	2) 1997年 1月 9日
3) 1997年 2月 12日	3) 1997年 2月 13日
4) 1997年 3月 28日	4) 1997年 3月 29日
5) 1997年 4月 10日	5) 1997年 4月 11日

試料の貯蔵中における圃場の積雪および土中温度は表 3-2 に示した。

2-2 試料の調製

試料は縦に4分割して約1mm厚にスライスし、凍結乾燥した後、ビニール袋中に窒素充填して封入し-20℃で分析に供するまで保存した。粉体にして混合した試料0.5gに沸騰蒸留水15mlを加え、100℃で15分間煮沸した後、テフロンホモジナイザーでホモジナイズした。ホモジネートを3000rpm、10分間遠心分離し、その上清を試料溶液とした。

表3-1 呈味に関する主要な食品成分

味	食品中の呈味成分
甘味	糖類(ブドウ糖、ショ糖、果糖など) アミノ酸類(グリシン、アラニンなど) 含窒素化合物(一部の有機塩基類、ペプチド、タンパク質など) 配糖体(ステビア類など)
酸味	有機酸類(クエン酸、酢酸、アスコルビン酸、リンゴ酸、乳酸など)
塩味	無機塩類(塩化ナトリウムなど)
苦味	アルカロイド(キニーネ、カフェインなど) 配糖体(サポニン類など) テルペン類(リモニン、フムロンなど) アミノ酸類(バリン、ロイシン、リジンなど) ペプチド
旨味	グルタミン酸関連物質(グルタミン酸ナトリウム、アスパラギン酸など) 核酸関連物質(イノシン酸、グアニル酸など)

表3-2 雪下貯蔵ニンジン圃場の積雪量および土中温度の推移

調査年月日	積雪 cm	土中深度(cm)		
		0 °C	10 °C	20 °C
96. 12. 16	0	16.3	6.1	4.6
97. 1. 8	51	0.1	1.0	1.4
1. 10	58	0.2	1.0	1.7
2. 3	184	0.3	0.9	1.5
2. 12	190	0.2	0.9	1.4
3. 19	138	0.1	0.4	0.6
4. 10	0	12.1	4.5	4.0

2-3 薄層クロマトグラフィー

薄層クロマトグラフィーは微結晶セルロース薄層プレート（フナセル SF（フナコシ薬品）10 x 20cm）を用いて行った。展開溶媒として n-butanol:methanol:H₂O（4:1:1.5）を用い、37°Cで3時間展開させた。展開した薄層プレートに発色試薬（0.635mlの0.07M aniline, 0.58mlの conc.HClを100 mlの methanolに溶かした溶液）を噴霧し120°C、20分間加熱して糖を発色させた。

2-4 酵素法による糖の定量

シュクロース、グルコース、フルクトースの定量は F-キット シュクロース / D-グルコース / D-フルクトース（ベーリンガー・マンハイム）を用い、操作は取扱説明書にしたがって行った。グルコースはヘキソキナーゼによりリン酸化し、生成したグルコース-6-リン酸をグルコース-6-リン酸デヒドロゲナーゼにより6-ホスホグルコン酸に酸化する際に共役するNADPの還元による340 nmの吸光度の増大を測定して定量した。フルクトースはヘキソキナーゼとグルコースイソメラーゼを用い、シュクロースは β -フルクトシダーゼでグルコースとフルクトースに分解した後、全てグルコース-6-リン酸に変換し同様に定量した。

第3節 結果および考察

薄層クロマトグラフィーによるニンジン中の糖の分析結果を図 3-1 に示した。糖の種類により呈色と R_f 値が異なる。実験に用いた標準物質の呈色と R_f 値を表 3-3 に示した。図 3-1 に示すようにニンジンに含まれる主要な糖はシュクロース、グルコース、フルクトースの3種であり、この3種の糖は雪下貯蔵中のいずれの時期においても存在することが明らかになった。

薄層クロマトグラフィーにより検出されたグルコース、フルクトース、シュクロースのニンジンの雪下貯蔵期間中における量的変化をより正確に分析するため、酵素法により3種の糖を定量した。結果は図 3-2 に示すように、ニンジンの主要糖質の含量は総量で約 6g/100g であり、3種の糖の中ではシュクロースの含量が最も高く、総糖質量中の60~70%を占めていた。3種の糖質の総量、それぞれの糖の構成比ともに雪下貯蔵中にほとんど変化がなかった。

小林らは雪中貯蔵したハクサイ・カブの可食部における糖含量はほとんど変

化が認められず、雪中貯蔵した野菜が「甘くおいしい」と言われる原因は低温で呼吸が抑えられ、呼吸基質である糖の消費が抑えられたため、と述べている（小林ら 1993）。また、村松は雪中（雪室）貯蔵したキャベツや5ヶ月間以上雪中貯蔵したニンジンで糖度が増加することを報告し、それは「雪に遭うことにより体内のデンプンが糖化して氷点が下がることなどの低温馴化によるもの」と考察している（村松 1987）。

雪下貯蔵ニンジンの食味の向上、特に「甘味の増加」と指摘されるものについては糖質含量の増加によるものではないと考えられるが、少なくとも雪下貯蔵法はニンジンの糖質含量の保持には有効であることが示された。

文献

小林恭一、坪内均、倉内美奈、稲木幸夫：雪中貯蔵における野菜の品質変化（1993）福井県農業試験場報告 30：79-87

村松謙生：野菜の雪中貯蔵方法とその実証（1987）北陸農業試験場報告 29：75-94

表3-3 薄層クロマトグラフィーに用いた各糖標準物質の呈色とRf値

標準物質	呈色	Rf値
グルコース	褐色	0.381
フルクトース	黄色	0.429
マルトース	薄い黄色	0.238
ラクトース	薄い黄色	0.204
シュクロース	橙色	0.313
アラビノース	赤褐色	0.435
ラフィノース	橙色	0.156
ガラクトース	橙色	0.340

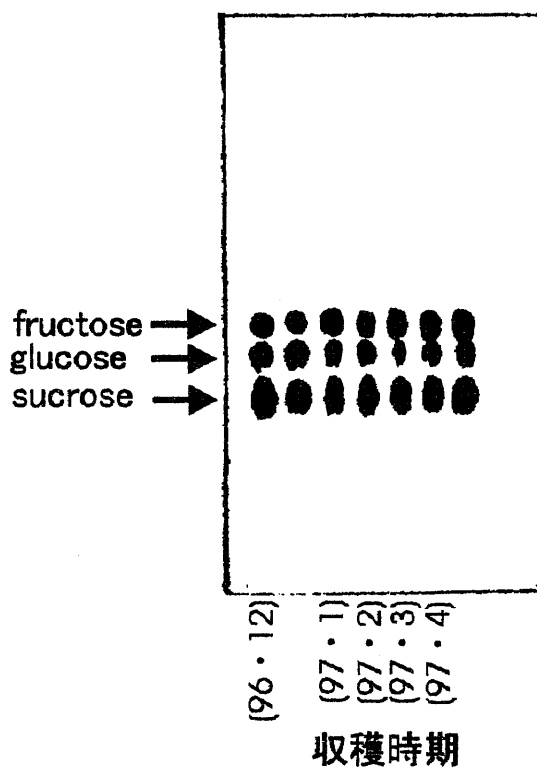


図3-1 雪下貯蔵ニンジン中の糖質の薄層クロマトグラフィー

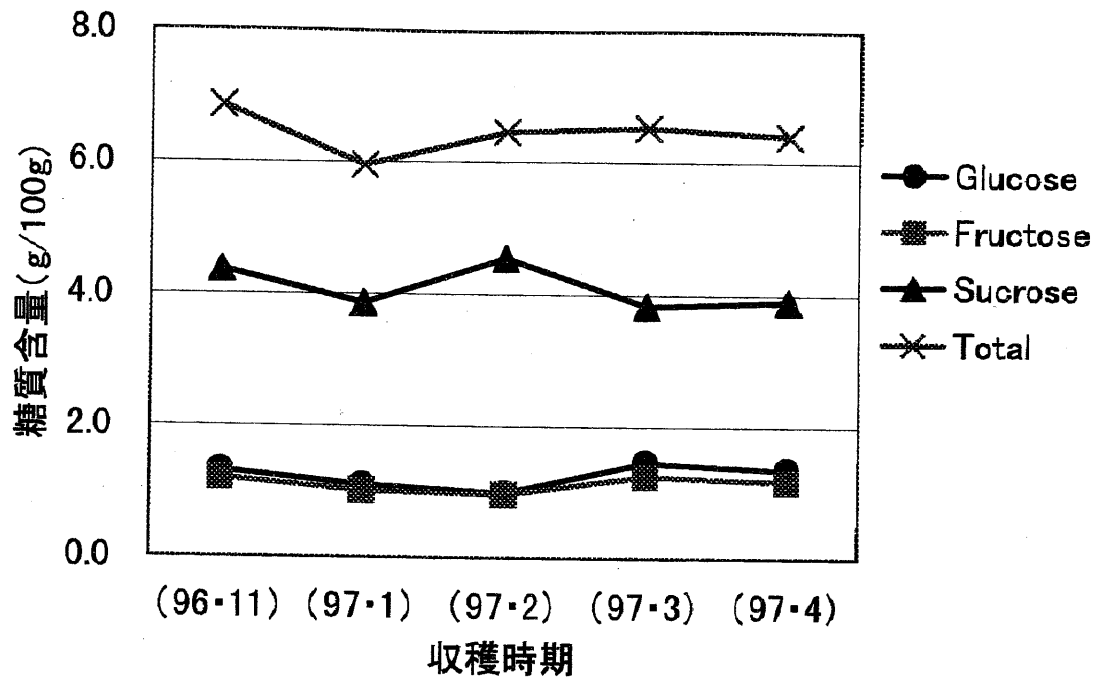


図3-2 雪下貯蔵によるニンジン中の糖質含量の変化

第4章 雪下貯蔵ニンジンに含まれる遊離アミノ酸

第1節 緒言

食品の呈味に関与する重要な成分として遊離アミノ酸が挙げられる。代表的なものとしては主要な旨味成分である L-グルタミン酸のナトリウム塩 (mono sodium glutamate;MSG) などがあるが、遊離アミノ酸の種類により旨味以外にも、甘味、苦味、酸味に関与している (表 3-1)。前章で述べたように雪下貯蔵ニンジンの食味の向上、特に甘味の増加は糖質含量の変化によるものではないことが明らかになったので、ニンジンの種々の遊離アミノ酸含量に対する雪下貯蔵の影響を解析した。

第2節 実験材料および方法

2-1 実験試料

実験試料は第3章第2節 2-1 と同一のものを用いた。

2-2 試料の調製

第3章第2節 2-2 に記したように処理し、 -20°C で保存した試料 2g に 75ml の 75%エタノールを加えワーリングブレンダーで粉碎した。これをフラスコに移し、還流冷却器を付けて 80°C 、30 分間加熱した。上清を別な容器に移し、残渣に 60ml の 75%エタノールを加え、還流冷却器を付けて 80°C 、30 分間加熱した。上清を別な容器に移し、残渣を 25ml の 75%エタノールで洗浄し、その上清と先に採取した上清を全て濾紙で濾過してナス型フラスコにまとめ、ロータリーエバポレーターで減圧乾固させた。乾固物を 20ml の蒸留水で溶解し、等量のクロロホルムを加え激しく振盪した後 3000rpm.3 分間遠心分離し、水層を別な容器に移しもう 1 度クロロホルム抽出を繰り返した。採取した水層はロータリーエバポレーターで乾固した後、10ml の 0.25N クエン酸リチウム緩衝液 (pH2.2) で溶解し、適宜希釈してアミノ酸分析に供した。

2-3 アミノ酸分析

アミノ酸分析は高速液体クロマトグラフィー (LC-10A; Shimadzu) でリチウム型イオン交換カラム (Shim-pack Amino-Li) を用いて行った。

第3節 結果および考察

雪下貯蔵ニンジンの遊離アミノ酸の解析結果を表4-1に示した。試料ニンジン中に比較的多量に存在する遊離アミノ酸はグルタミン、アスパラギン、グルタミン酸、アスパラギン酸、グリシン、γ-アミノ酪酸、セリン、バリンなどであった。塩基性アミノ酸、含硫アミノ酸の含量は全般に少なかった。雪下貯蔵に伴う量的変化について見てみると、ほぼ全ての遊離アミノ酸について雪下貯蔵の期間に伴い含有量が増加する傾向が見られた。特に存在量の多いアミノ酸についてその含有量変動を図4-1に示したが、積雪前の96年11月と消雪時の97年4月の含有量を比較してみると、顕著に増加したのはアスパラギン(29.7 → 82.4; 値は96年11月 → 97年4月、単位は $\mu\text{mol/g}\cdot\text{乾重}$ 、以下同じ)、グリシン(6.1 → 36.5)、セリン(3.7 → 15.2)、アスパラギン酸(10.7 → 19.8)などであった。雪中貯蔵されたカブの場合にも遊離アミノ酸量の増加が報告されている(小林ら 1993)。この例では増加した主なアミノ酸はスレオニン+酸アミドであり、雪下貯蔵ニンジンのアスパラギンの顕著な増加と同様の結果といえる。食品中の遊離アミノ酸はそれぞれ特有の呈味性を有しており、顕著な増加の認められたアミノ酸については、アスパラギン: 甘味・微苦味、グリシン: 甘味、セリン: 甘味・微旨味、アスパラギン酸: 甘味、微旨味をそれぞれ示すことが知られている(小俣 1986)。これらの甘味、旨味を呈する遊離アミノ酸含有量の増大ならびに主に苦味を呈する塩基性アミノ酸の含量が低いことが雪下貯蔵ニンジンの「甘味が増す」「味が濃い」といった食味の向上に関与している可能性が充分考えられる。

また、旨味に関与する代表的なアミノ酸であるグルタミン酸とその酸アミドであるグルタミンならびに多くの野菜に特徴的に見られるγ-アミノ酪酸は共通して雪下貯蔵開始後いったん増加し、消雪時にはほぼ貯蔵開始時のレベルにまで減少するという変動パターンが見られた。これら関連物質の代謝変動が雪下貯蔵中に起こっている可能性も推察される。

文献

小林恭一、坪内均、倉内美奈、稲木幸夫: 雪中貯蔵における野菜の品質変化 (1993) 福井県農業試験場報告 30: 79-87

小俣靖: "美味しさ"と味覚の科学 (1986) 日本工業新聞社

表4-1 雪下貯蔵に伴うニンジン中の遊離アミノ酸含量の変化とアミノ酸の呈味性

アミノ酸	呈味*	収穫時期			
		(96・11)	(97・1)	(97・2)	(97・4)
Asn	甘・微苦	29.7	18.3	64.2	82.4
Gly	甘	6.1	24.0	29.1	36.5
Gln	微甘・微旨	41.5	23.3	57.3	36.2
Asp	甘・微旨	10.7	10.4	16.6	19.8
Ser	甘・微旨	3.7	8.1	12.4	15.2
Val	苦・微甘	8.4	8.6	10.7	13.0
Glu	酸・微旨	9.8	11.3	13.8	10.5
GABA	微甘	7.7	8.2	10.8	7.1
Ile	苦	3.6	4.2	5.1	6.4
Thr	甘・微苦	2.5	3.0	4.3	4.5
Pro	甘・苦	tr	tr	tr	4.4
Phe	苦	2.6	1.9	2.4	4.1
Leu	苦	1.1	1.6	1.5	2.1
Tyr	苦	1.1	0.8	1.1	1.9
Cys		-	-	-	1.6
Trp	苦	tr	tr	tr	0.8
β -Ala		0.2	0.4	0.4	0.8
Lys	苦	-	-	0.4	0.5
Arg	苦	tr	tr	tr	tr
Total		128.9	124.1	230.0	247.7

tr: trace - : not detected

(μ mol/g・dry weight)

*: 小俣 1986

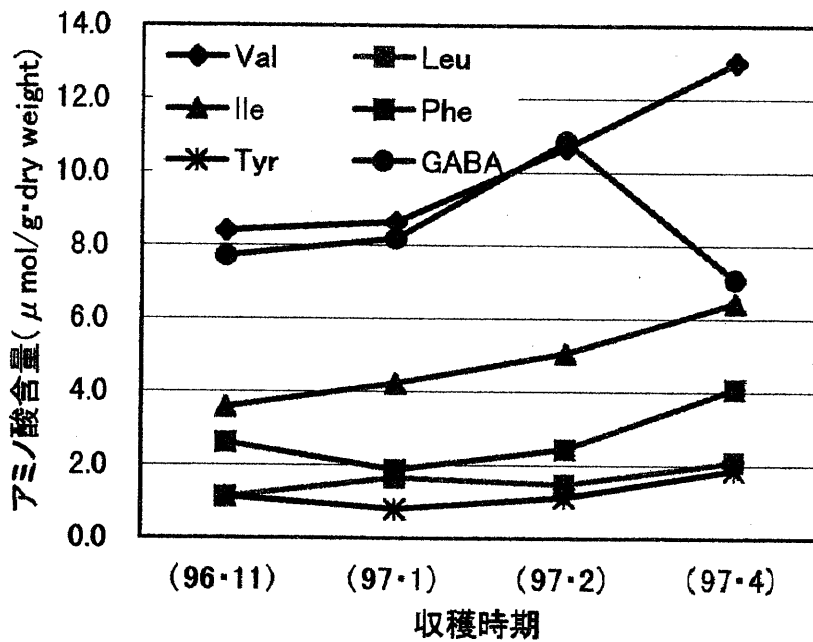
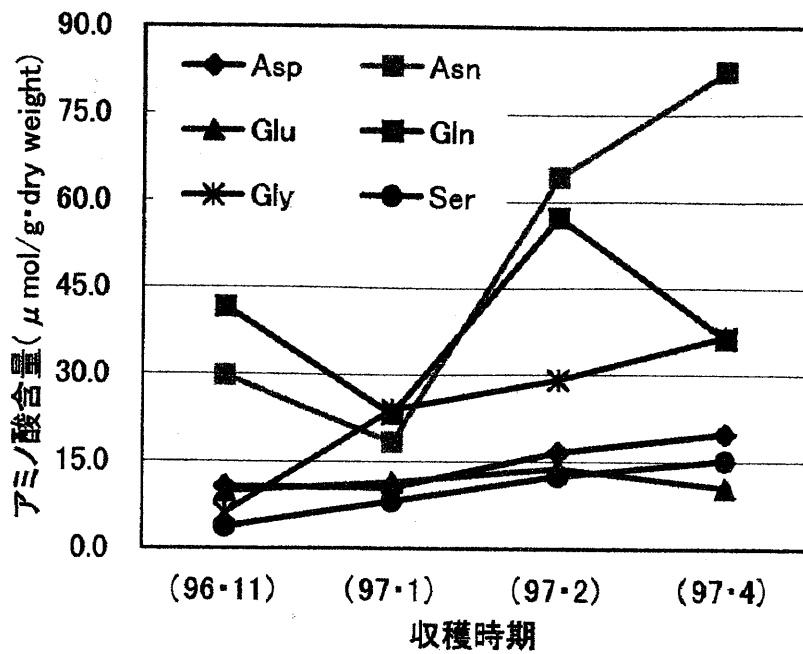


図4-1 雪下貯蔵ニンジンの遊離アミノ酸含量の変化

第5章 雪下貯蔵ニンジンに含まれる有機酸

第1節 緒論

野菜中には各種の有機酸類が含有され、これらの多くは糖代謝、アミノ酸代謝の中間産物として重要な機能を担っているが、食味の観点では酸味をもたらす主要な呈味成分である。野菜中に広く含有される有機酸としてはクエン酸、リンゴ酸、コハク酸等が知られているが、本章ではそのなかでもエネルギー代謝に深く関与するクエン酸とビタミンCとして栄養学意義の強いアスコルビン酸について雪下貯蔵中における含有量の変化を調べた。

第2節 実験材料および方法

2-1 実験試料

実験試料は第4章第2節2-1と同一のものを用いた。

2-2 試料の調製

2-2-1 クエン酸定量用試料

第4章第2節2-2の凍結乾燥試料をミルミキサー（サン株式会社製）で粉碎し、その0.5gを秤取りし10mlの1M過塩素酸を加えてテフロンホモジナイザーで2分間ホモジナイズした。ホモジネートは15mlの1M過塩素酸とともに30ml容の遠心チューブに洗いこみ、10,000rpm.で5分間遠心分離した。上清20mlを別なチューブに移し、4.9mlの5M水酸化ナトリウムを加えてよく混合し4°Cで15分間放置した後、濾過して濾液を試料溶液とした。

2-2-2 アスコルビン酸定量用試料

生の試料ニンジン10gを細切して乳鉢に入れ、5gの海砂と適量の6%メタリン酸溶液を加えてよくすり潰しペースト状にした。さらに6%メタリン酸溶液を加えて混合し100mlに定容し、濾過して濾液を試料溶液とした。

2-3 クエン酸の定量

クエン酸の定量はF-キット クエン酸（ベーリンガー・マンハイム）を用い、操作は取扱説明書にしたがって行った。試料中のクエン酸はクエン酸リアーゼによりオキサロ酢酸と酢酸に分解する。生成したオキサロ酢酸はリンゴ酸

デヒドロゲナーゼによりリンゴ酸に還元するが、その際 NADH の酸化を共役する。340 nm の吸光度の減少を測定して定量した。生成したオキザロ酢酸は不安定なため一部分解してピルビン酸になるので生成したピルビン酸も乳酸デヒドロゲナーゼにより還元するが、この際も NADH の酸化を共役する。これら 2 つの共役反応で消費される NADH の減少による、溶液の 340nm の吸光度の減少を測定することで試料中のクエン酸量を定量する。

2-4 アスコルビン酸の定量

アスコルビン酸はインドフェノール比色法により定量した（堺ら 1989）。共栓付遠沈管に 5ml の試料を秤取し、酢酸ナトリウム緩衝液 5ml、インドフェノール溶液 2ml およびキシレン 10ml を次々に混合し、栓をして 15 秒間激しく混合した後管内の液が分離するまで静置した。上層のキシレン層を取り、500nm の吸光度を測定してアスコルビン酸量を定量した。

第 3 節 結果および考察

雪下貯蔵ニンジン中のクエン酸およびアスコルビン酸の含有量を図 5-1 に示した。クエン酸含量は雪下貯蔵中に増加し貯蔵 3 ヶ月時には貯蔵開始時の約 3 倍に達するが、その後減少して消雪時には貯蔵開始時とほぼ同レベルにまで低下するという変動パターンが見られた。この変動パターンは前章で述べたグルタミン、グルタミン酸および γ -アミノ酪酸含量の変動パターンと類似している。これら 3 つのアミノ酸について見てみると、グルタミンはグルタミン酸の酸アミドであり、 γ -アミノ酪酸はグルタミン酸の脱炭酸により生成する化合物である。また、グルタミン酸の脱アミノにより生じる α -ケトグルタル酸はクエン酸の脱炭酸によっても生成する化合物である。したがって、雪下貯蔵開始 3 ヶ月後という時期にこれら一連の化合物の含有量が増加するという結果は、この時期に一過性にグルタミン酸を中心とする関連化合物（アミノ酸・有機酸）の代謝亢進が起こっているという可能性が推察される。また、アスコルビン酸含量は雪下貯蔵の期間を通じてほぼ一定（約 6mg/100g 試料）で、雪下貯蔵はニンジン中のアスコルビン酸の保持に有効であることが示された。

文献 堺敬一、伊達洋司、星祐二：フローシート食品学実験（1989）弘学出版

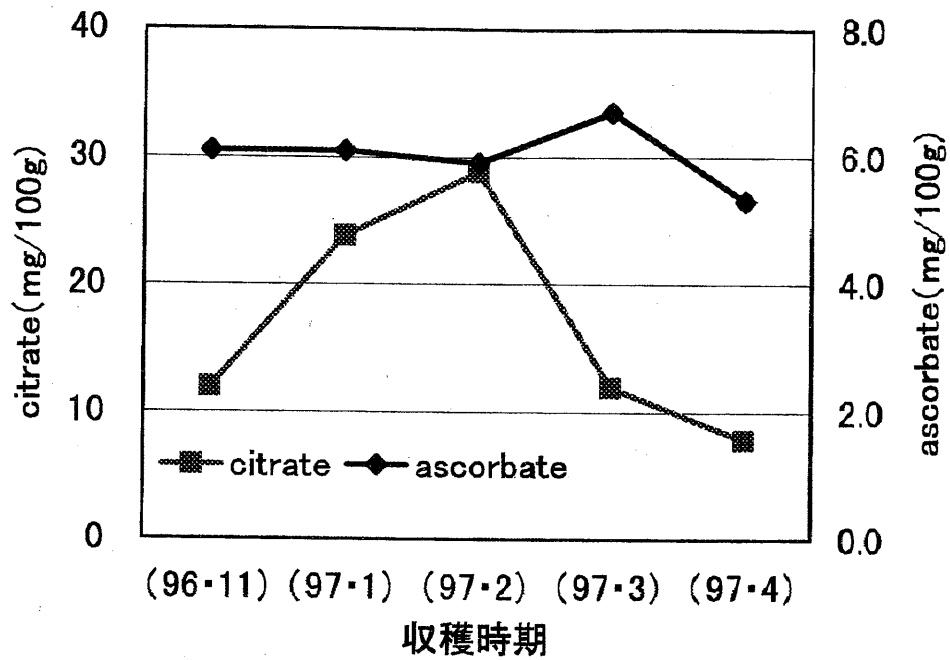


図5-1 雪下貯蔵ニンジンのクエン酸, アスコルビン酸含量の変化

第6章 雪下貯蔵ニンジンの物理的性質

第1節 緒言

野菜は貯蔵中に自身の代謝的な変化に伴いしばしばその硬度や弾性といった物理的性質にも変化を来す。冷蔵保存においても水分の損失や、低温障害により起こる物理的性質の変化が、食感に大きな影響をもたらすことがしばしば起こりうる。第1, 2章で述べたように雪下貯蔵ニンジンの食味、食感に関する官能検査の結果、雪下貯蔵ニンジンは同時期に収穫されたばかりの対照のニンジンと比べても歯切れ良さが高いなど食感の好ましさが示されている。そこで、本章では、ニンジンの歯切れ良さ等の食感に深く関連があると考えられる物理的性質とくに青果表面および中心部の硬度について解析を行った。

第2節 実験材料および方法

2-1 実験試料

実験試料は第2章第2節で述べたものを用いた。

2-2 試料の調製

ニンジン試料は剥皮した後、縦2等分しさらに葉付部分から上部、中部、下部に3部位に分割して硬度測定に用いた(図6-1a)。

2-3 硬度の測定

硬度の測定はテンシプレッサー(TTP-50BX;有)タケトモ電機製)を用いて行った。プランジャーは直径3mm、長さ70mm、移動速度は3mm/sで試料台においた皮部側を上にした試料に貫入させた。測定は各々の分割した試料あたり3回ずつ(1試料では各部位6回ずつ)行い、2ないし3本の試料の測定値の平均値を実験結果とした。

2-4 測定値の処理

テンシプレッサーでの測定値(波高値)より以下の式に基づいて硬度を算出した。

$$\text{硬度 (kg} \cdot \text{w)} = (\text{波高値} \times \text{Load cell の full scale 値}) / (\text{Multiplier} \times \text{Magnificant} \times \text{gain} \times 10)$$

第3節 結果および考察

テンシプレッサーによる測定結果の典型例を図 6-1b に示した。波高値のピークが数ヶ所見られ、図に示した 2ヶ所がそれぞれ表面皮部、および芯部へのプランジャーの貫入の際のものであり、このときの波高値より表面皮部および芯部の硬度を算出した。算出した硬度は図 6-2 (上部)、6-3 (中部)、6-4 (下部) にそれぞれ示した。上部、中部においては表面皮部、芯部のピークが比較的明瞭に判別できたが、下部においては試料の大部分を芯部が占めるためはっきりと判別できるピークはあまり見られなかった。

雪下貯蔵中にはどの部位においても硬度変化はあまり見られなかったが、消雪時の 4 月には上部、中部の芯部において硬度が若干低くなる傾向が見られた。これは、この時期に消雪に伴い水分の吸収や代謝活動の亢進が起こりその結果特に芯部で組織の軟化が生じる可能性が示唆される。それぞれ同時期に得られた向陽 2 号の硬度と比較してみると、上部、中部の表面皮部においては雪下貯蔵期間の後半では向陽 2 号は雪下貯蔵ニンジンよりも硬度が低下する傾向が見られた。これらの結果は雪下貯蔵ニンジンの「歯切れの良さ」に関連するものと考えられる。雪下貯蔵ニンジン貯蔵期間を通してほぼ一定の硬度が維持されており、雪下貯蔵による低温障害等での組織の軟化は生じないものと考えられる。

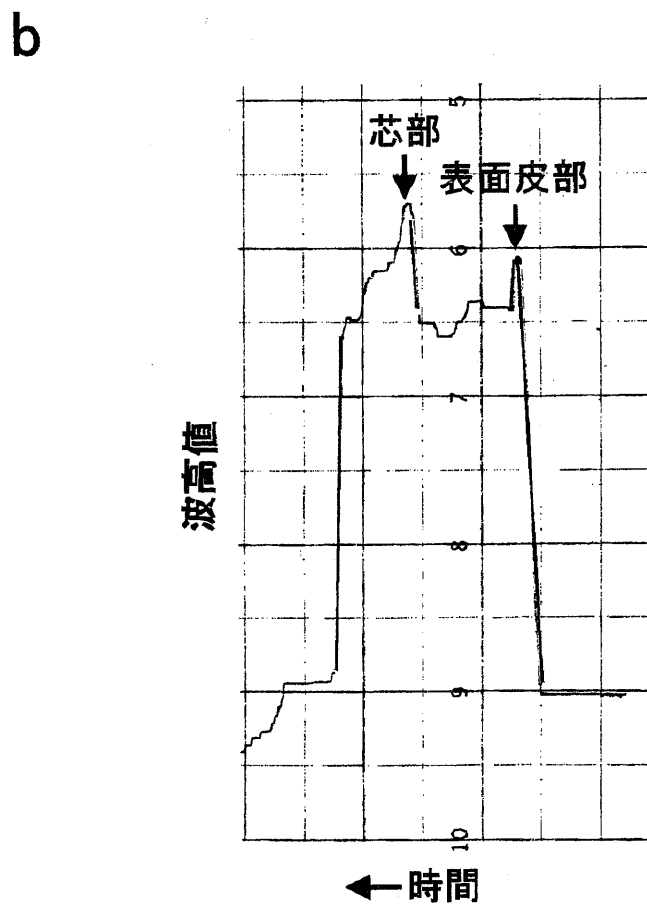
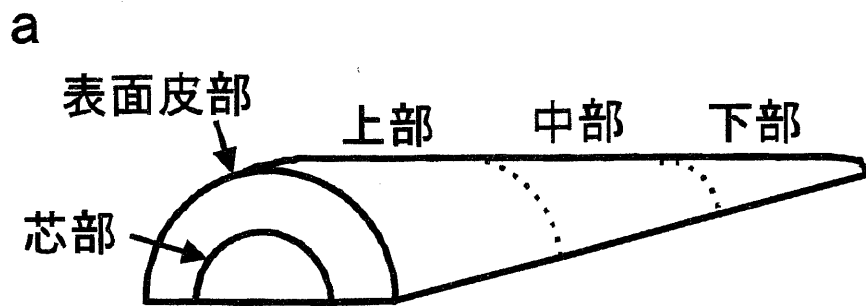
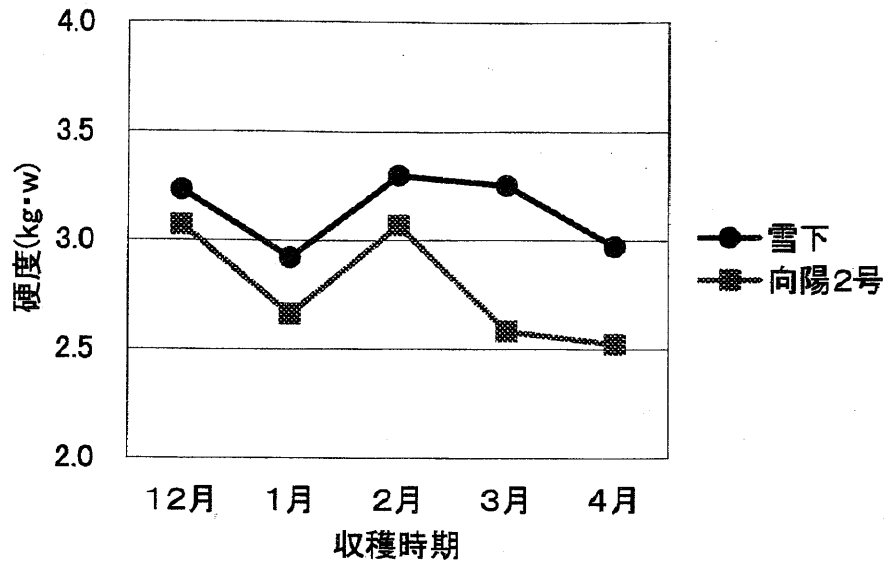


図6-1 ニンジン試料の調製(a)とテンシプレッサーによる硬度測定の例(b)

a 表面皮部



b 芯部

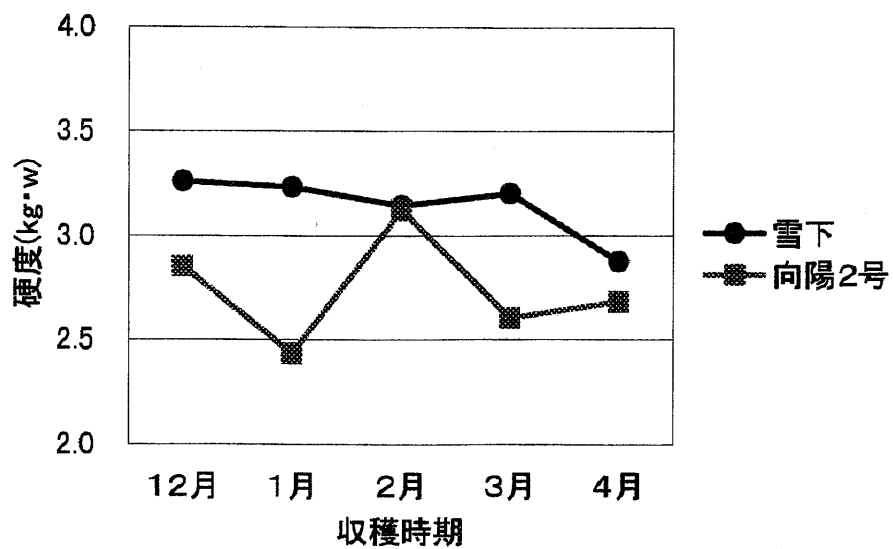
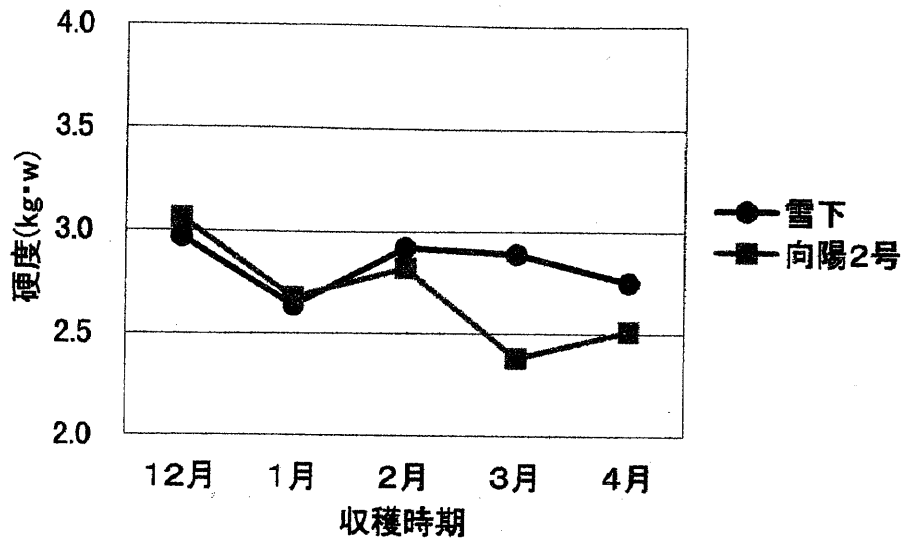


図6-2 雪下貯蔵ニンジンおよび向陽2号の硬度変化(上部)

a 表面皮部



b 芯部

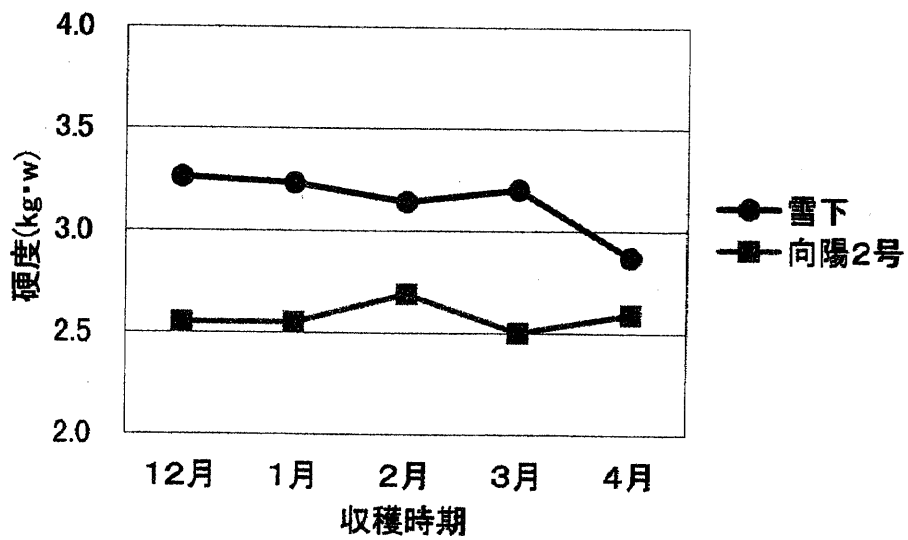
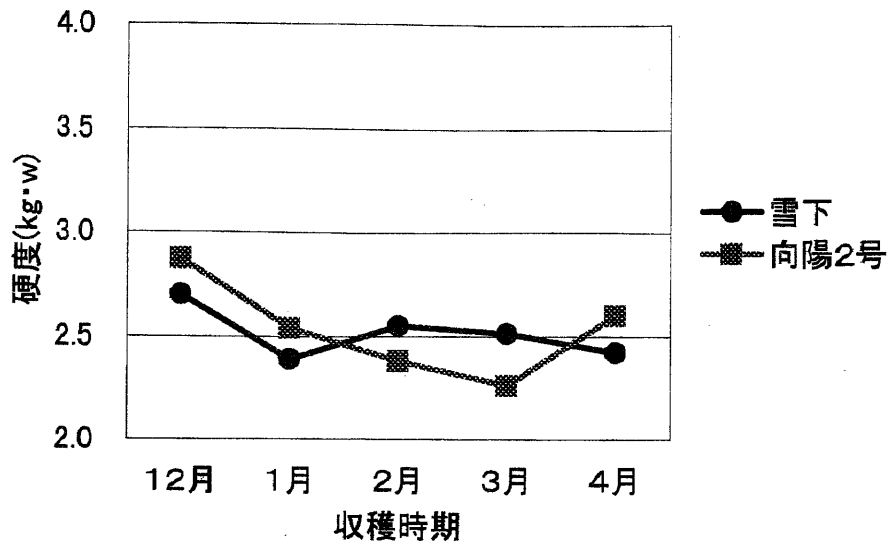


図6-3 雪下貯蔵ニンジンおよび向陽2号の硬度変化(中部)

a 表面皮部



b 芯部

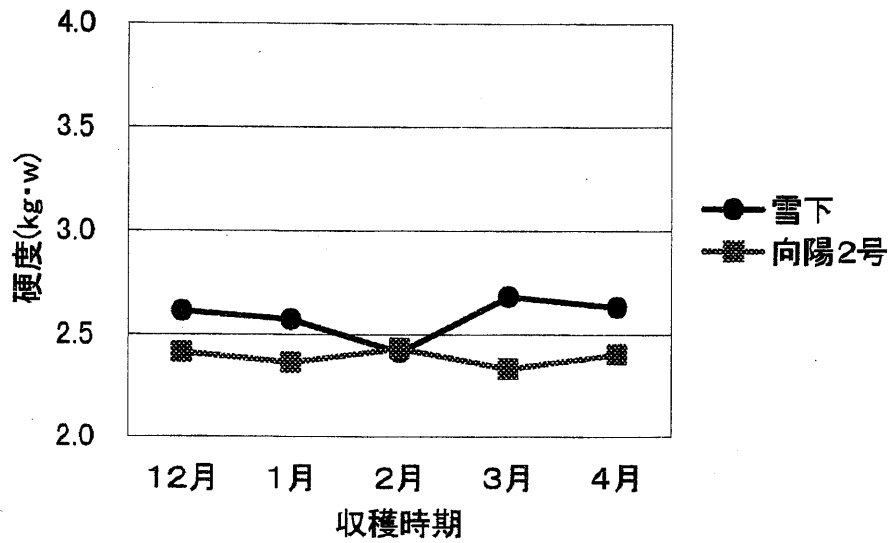


図6-4 雪下貯蔵ニンジンおよび向陽2号の硬度変化(下部)

第7章 雪下貯蔵ニンジンの香気成分

第1節 緒言

生ニンジンでの官能検査の結果、雪下貯蔵ニンジンは、ニンジン臭が強く、味が濃くて、また、歯切れがよいと評価された。ニンジン臭が強いことは、香の好みの点でマイナスの評価を受けるのではないかと予想していたが、各ニンジン間に評価の差は認められなかった。このことは、雪下貯蔵ニンジンの香気は強いが、一般に嫌われるニンジンの臭みは少ないのではないかと考えられ、ニンジン香気の構成成分についての詳細な検討を行った。

第2節 実験材料および方法

2-1 材料

ニンジンの雪下貯蔵に伴う香気成分の変化についての検討には、高冷地農業技術センター産（1998年12月～1999年4月）の雪下貯蔵ニンジン（はまべに五寸）を用いた。また、貯蔵方法および品種の異なるニンジンの香気成分の比較には、雪室貯蔵ニンジン（ひとみ五寸、1998年4月購入）および徳島県産ニンジン（向陽2号、1998年5月購入）の2種類を供試した。

2-2 試料の調製

香気成分分析用の試料調製は、UMANO, K. ら（1992）のパイナップル香気研究の際の試料調製法に準じた。以下にその概略を示した。

2-2-1 試料のホモジナイズ

各試料ニンジンの皮を剥き、縦に8分割のうえ、さらに、約1cm幅に切断した。切断した試料500gに蒸留水300mlおよび飽和食塩水100mlを加え、ミキサー（松下電器産業株式会社：ナショナルミキサー、100v、300w）に3分間かけホモジナイズした。この処理をそれぞれの試料ニンジンにつき4回くりかえした。すなわち、各ニンジン2kgずつ香気成分の分析に供した。

2-2-2 減圧蒸留

ホモジナイズした試料溶液を8分割し、それぞれを1000ml容のナス型フラスコにいれ、図7-1に示した減圧蒸留装置を用いて、ニンジン中の香気成分を減圧蒸留物として収集した。さらに、減圧蒸留終了後の残渣物に蒸留水100ml

を加え、減圧蒸留をくり返し、ニンジン中の香気成分をほぼ完全に収集した。
総量として各々のニンジンから約 4000ml の減圧蒸留物が得られた。

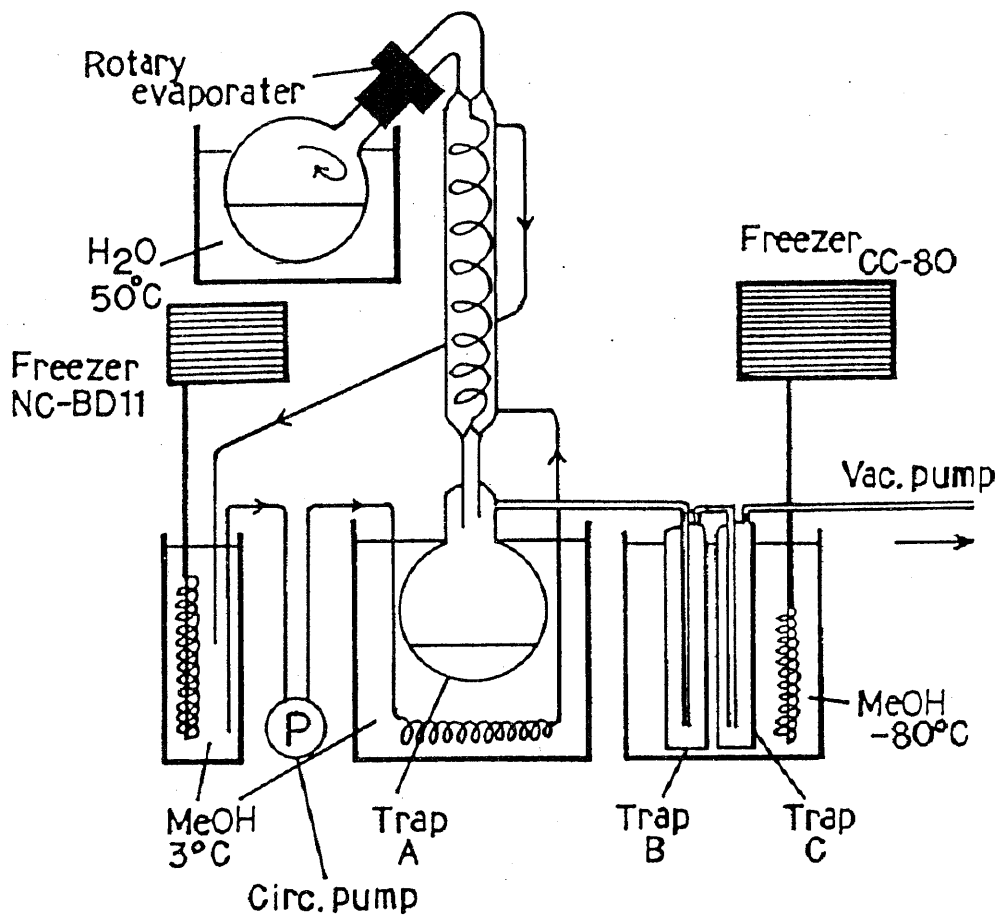


図 7-1 減圧蒸留装置

2-2-3 蒸留物中の香気成分の抽出

ニンジンの香気成分を含んだ減圧蒸留物約 4000ml を 4 分割した後、2000ml 容の分液ロート 4 個へ分注した。それぞれの分液ロートに 50ml のジクロロメタンを添加し、振とう機(大洋科学工業株式会社 : TAIYO RECIPROSHAKER SR-IIW)にセットし 3 時間振とうして抽出を行った。ジクロロメタン層を別の容器に移した後、残った水層にさらに、50ml のジクロロメタンを加え 2 時間振とうし、計 2 回抽出を繰り返した。すなわち、各々のニンジン 2kg から 100ml のジクロロメタン抽出物が得られた。

2-2-4 ジクロロメタン抽出物の濃縮

Vigreux Column(SIBATA 分留管 : Distilling Column, Vigreux)を使用して、湯浴温度 46~47°C でジクロロメタン抽出物が 1ml になるまで濃縮した。濃縮したジクロロメタン抽出物 1 μ l をガスクロマトグラフィー分析および質量分析-ガスクロマトグラフィー分析に供した。

2-3 ガスクロマトグラフィー (GC)

分析に用いた GC 条件は次のごとくであった。

ガスクロマトグラフ : Shimadzu GC-14A

カラム : CBP20-M25-025、25m \times 0.2mmID \times 0.25 μ mFilm、

Fused Silica capillary (Shimadzu)

キャリアーガス : ヘリウム 5ml/min、スプリット比 : 1 : 28

カラム温度(Oven temp.) :

40°C - (2min) - 40°C - (2°C/min) - 200°C - (38min) - 200°C、

または 60°C - (5min) - 60°C - (5°C/min) - 200°C - (7min) - 200°C、

試料導入部温度(Injection temp.) および検出器温度(Detector temp.) : 250°C

2-4 質量分析-ガスクロマトグラフィー (GC-MS)

分析に用いた GC-MS 条件は次のごとくであった。

ガスクロマトグラフ : HP6890

カラム : DBWAX、60m \times 0.25mmID \times 0.25 μ mFilm (J&W Scientific)

キャリアーガス : ヘリウム 1.2ml/min、スプリット比 : 1 : 10

カラム温度(Oven temp.) :

40°C - (2min) - 40°C - (2°C/min) - 200°C - (38min) - 200°C

試料導入部温度(Injection temp.) : 250°C

検出器 : HP5973 Mass Selective Detector、Scan Range;35~350

第3節 結果および考察

3-1 ニンジンの雪下貯蔵に伴う香気成分の変化

ニンジン香気成分のガスクロマトグラムを図 7-2、7-3 に示し、そして、ガスクロマトグラフィー（以下、GC）および質量分析-ガスクロマトグラフィー（以下、GC-MS）による香気成分の同定結果を表 7-1 にまとめた。なお、表 7-1 には後述の雪室貯蔵ニンジンおよび徳島県産ニンジンの香気成分分析結果もまとめた。そして、表 7-1 の中でピーク No.の付してない化合物は雪室貯蔵ニンジンおよび徳島産ニンジンの両者、あるいは一方にのみ検出された香気成分であることを示している。

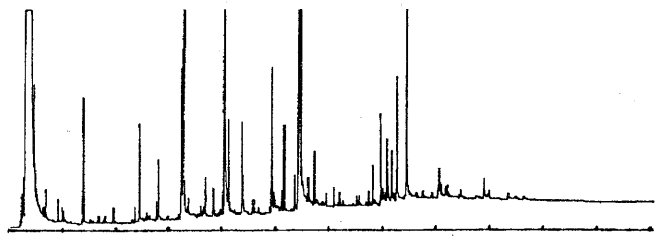
GC 分析の結果、雪下貯蔵ニンジンの各試料より 100~124 のピークが検出され、そのうち、GC および GC-MS によって同定されたピーク数は 43 であった。

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文献 (BUTTERY, R. G. ら 1968; HEATHERBELL, D. A. ら 1991a,b) を示した。

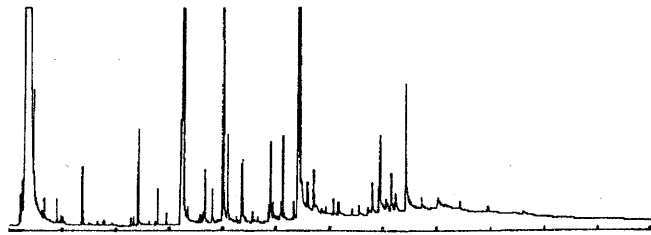
ニンジンの香気成分量の指標となる、ピーク総面積値（溶媒のジクロロメタンを除く）は、1998年12月~3月（以下、12月~3月）の間、ほとんど変化は認められなかったが、1999年4月（以下、4月）には、12月~3月に比べ、約2.7倍に増加した。すなわち、雪下に貯蔵されている期間は、総香気成分量にはほとんど変化は認められないが、雪解け近い、4月の出荷時には香気成分量が約2.7倍に増加することが確認された。

雪下貯蔵ニンジンの主なる香気成分は、 β -caryophyllene（ピーク No.38）、caryophyllene oxide（ピーク No.69）、borneol（ピーク No.49）、bornyl acetate（ピーク No.37）、*trans*- α -bisabolene（ピーク No.56）などであった。

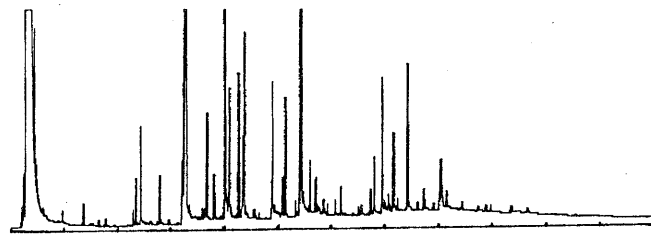
これらのうち、 β -caryophyllene（ピーク No.38）は雪下貯蔵に伴い大きく増加し、4月には、12月に比べ12.6倍に増加した。また、この化合物は4月の総香気成分の32.29%を占め、12月に占めた割合の4.7倍であった。



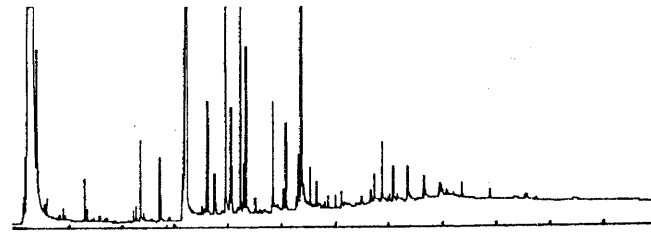
採取日：
1998/12/7



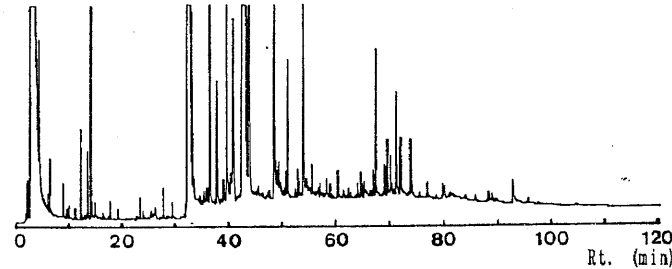
1999/1/5



1999/2/1



1999/3/2



1999/4/12

図 7-2 雪下貯蔵ニンジン香気成分のガスクロマトグラム その1

ガスクロマトグラフィー条件

ガスクロマトグラフ：Shimadzu GC-14A

カラム：CBP20-M25-025、25m×0.2mmID×0.25 μ mFilm、

Fused Silica capillary (Shimadzu)

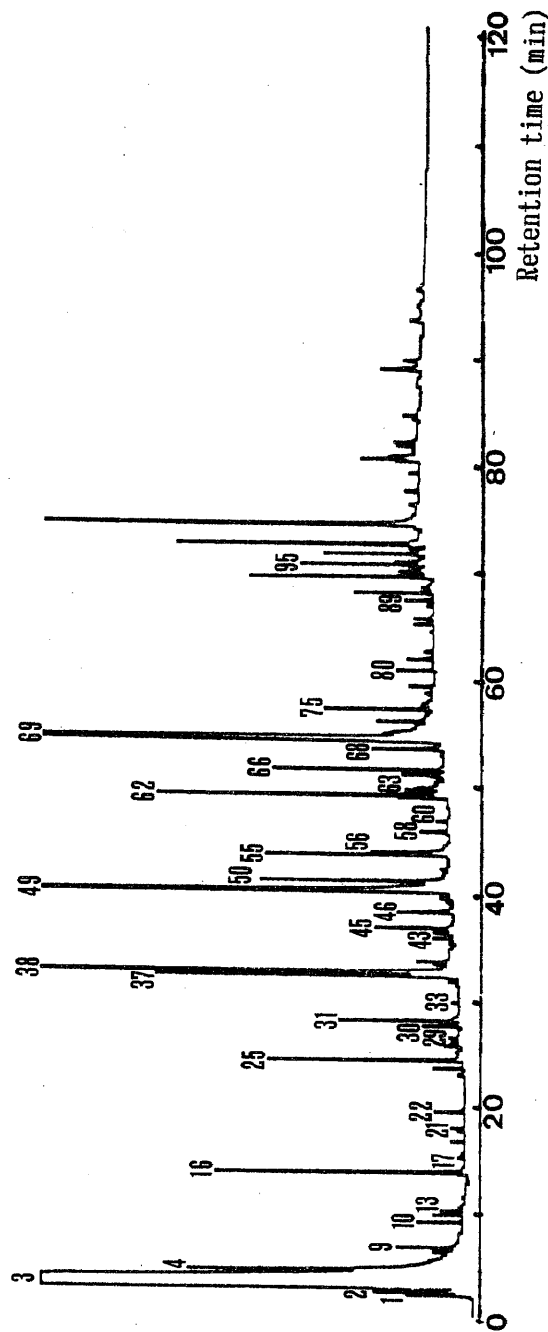
キャリアーガス：ヘリウム 5ml/min、スプリット比：1:28

カラム温度(Oven temp.)：40 $^{\circ}$ C-(2min)-40 $^{\circ}$ C-(2 $^{\circ}$ C/min)-200 $^{\circ}$ C-(38min)-200 $^{\circ}$ C

試料導入部温度(Injection temp.) および検出器温度(Detector temp.)：250 $^{\circ}$ C

ニンジン香氣成分のガスクロマトグラム その2

試料: 雪下, 採取日: 1998年12月7日



Compounds:

- | | | | | | |
|---------------------------|---|---|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1. acetone | 2. (E)-1,2-dichloroethene | 3. dichloromethane (solvent) | 4. 2-methyl-2-butanol + chloroform | 9. beta-pinene | 10. myrcene |
| 11. 2-methyl-1-buten-3-ol | 13. limonene | 16. p-cymene | 17. terpinolene | 18. octanal | 21. 6-methyl-5-hepten-2-one |
| 25. dehydro-p-cymene | 29. heptanol | 30. clovene | 31. 2-ethylhexanol | 33. camphor | 34. (E)-2-nonenal |
| 37. bornyl acetate | 38. beta-caryophyllene + 6-methyl-(E,E)-3,5-heptadien-2-one | 40. 2-hydroxy-2,6,6-trimethylcyclohexanone | | | |
| 43. 4-methyloctanol | 44. (E)-2-decenal | 45. trans-beta-farnesene + alpha-humulene | 46. alpha-amorphene | 49. borneol | |
| 50. beta-bisabolene | 55. cis or trans-gamma-bisabolene | 56. p-methylacetophenone + trans-alpha-bisabolene | 58. (E,E)-2,4-decadienal | | |
| 60. cuparene | 62. p-cymen-8-ol | 63. geranyl acetone | 66. geranyl methyl ethyl acetate | 68. benzothiazole | 69. caryophyllene oxide |
| 75. alpha-humulene oxide | 80. octanoic acid | 89. beta-bisabolol | 93. dimethyl phthalate | 95. gossonorol | |

GC conditions: Instruments: Shimadzu GC-14A Column: CBP20-M25-025 25m x 0.2mmID x 0.25 μ mFilm (Shimadzu)

Oven temp.: 40°C-(2min)-40°C-(2°C/min)-200°C-(38min)-200°C

表7-1 (1) ニンジンの香気成分

PEAK No.	化合物名	R. I.	含量 (%) ^a								文献		
			雪下 98/12	雪下 99/1	雪下 99/2	雪下 99/3	雪下 99/4	雪室 98/4	徳島 98/5				
	1,1-dichloroethene	730	-	-	-	-	-	-	-	-	382 (0.14)		2
1	acetone	839	1088 (0.43)	698 (0.29)	718 (0.30)	177 (0.07)	388 (0.06)	1065 (0.25)	800 (0.30)				
2	(E)-1,2-dichloroethene	856	3918 (1.55)	3708 (1.52)	4173 (1.75)	5524 (2.14)	3356 (0.50)	5746 (1.37)	5554 (2.07)				
	2-chloro-2-methylbutane	868	-	-	-	-	-	-	1670 (0.62)				
	ethyl acetate	911	-	-	-	-	-	73 (0.02)	-				
3	dichloromethane (solvent)	922	14638361 (0)	13414496 (0)	15786072 (0)	14141164 (0)	14280529 (0)	9830040 (0)	11661000 (0)				
4	2-methyl-2-butanol + chloroform	1017	3744 (1.48)	3058 (1.25)	4124 (1.73)	4571 (1.77)	3746 (0.56)	6452 (1.54)	4000 (1.49)				
	propanol	1039	-	-	-	-	-	814 (0.19)	-				
	isobutanol	1093	-	-	-	-	-	579 (0.14)	-				
9	beta-pinene	1102	769 (0.31)	618 (0.25)	72 (0.03)	526 (0.20)	1299 (0.19)	-	-				1,2
10	myrcene	1156	603 (0.24)	743 (0.30)	82 (0.03)	190 (0.07)	783 (0.12)	-	-				1,2
	butanol	1145	-	-	-	-	-	154 (0.04)	-				
11	2-methyl-1-buten-3-ol	1172	520 (0.21)	356 (0.15)	379 (0.16)	434 (0.17)	360 (0.05)	603 (0.14)	299 (0.11)				1,2
13	limonene	1192	487 (0.19)	365 (0.15)	+	+	+	-	-				
	2-methylbutanol	1209	-	-	-	-	-	351 (0.08)	-				
	3-methylbutanol	1210	-	-	-	-	-	1035 (0.25)	-				
	gamma-terpinene	1238	-	-	-	-	-	924 (0.22)	1186 (0.44)				1,2

表7-1 (2) ニンジンの香気成分

PEAK No.	化合物名	R. I.	含量 (%) ^a										文献
			雪下 98/12	雪下 99/1	雪下 99/2	雪下 99/3	雪下 99/4	雪室 98/4	徳島 98/5				
16	p-cymene	1263	3830 (1.52)	2138 (0.87)	676 (0.28)	1450 (0.56)	1888 (0.28)	-	162 (0.06)			162 (0.06)	1,2
17	terpinolene	1275	113 (0.05)	152 (0.06)	102 (0.04)	132 (0.05)	472 (0.07)	387 (0.09)	-			-	1,2
18	octanal	1285	141 (0.06)	99 (0.04)	109 (0.05)	154 (0.06)	163 (0.02)	170 (0.04)	-			-	1,2
	3-methyl-2-buten-1-ol	1323	-	-	-	-	-	-	-			148 (0.06)	
21	6-methyl-5-hepten-2-one	1334	280 (0.11)	307 (0.13)	289 (0.12)	212 (0.08)	545 (0.08)	512 (0.12)	-			+	
22	hexanol	1357	549 (0.22)	212 (0.09)	113 (0.05)	96 (0.04)	386 (0.06)	330 (0.08)	285 (0.11)			285 (0.11)	
25	dehydro-p-cymene	1430	3779 (1.50)	4410 (1.80)	3688 (1.55)	3349 (1.30)	329 (0.05)	-	-			-	
29	heptanol	1459	334 (0.13)	377 (0.15)	249 (0.10)	272 (0.11)	875 (0.13)	+	-			-	
30	clovene	1483	860 (0.34)	363 (0.15)	179 (0.08)	100 (0.04)	161 (0.02)	-	-			-	
31	2-ethylhexanol	1492	2477 (0.98)	1571 (0.64)	1835 (0.77)	2404 (0.93)	1122 (0.17)	1712 (0.41)	1320 (0.49)			-	
33	camphor	1506	209 (0.08)	649 (0.27)	229 (0.10)	233 (0.09)	585 (0.09)	-	-			-	
34	(E)-2-nonenal	1531	139 (0.06)	99 (0.04)	+	+	+	1030 (0.25)	-			-	1
36	octanol	1561	365 (0.15)	107 (0.04)	+	+	+	-	186 (0.07)			-	
37	bornyl acetate	1574	7715 (3.06)	6352 (2.60)	3557 (1.49)	2946 (1.14)	559 (0.08)	-	880 (0.33)			-	1,2
38	beta-caryophyllene +	1588	17176 (6.81)	37985 (15.53)	53664 (22.49)	72235 (27.96)	216396 (32.29)	159177 (37.89)	75281 (27.99)			-	1,2
40	6-methyl-(E,E)-3,5-heptadien-2-one	1598	428 (0.17)	450 (0.18)	631 (0.26)	369 (0.14)	1458 (0.22)	1133 (0.27)	699 (0.26)			-	
40	2-hydroxy-2,6,6-trimethylcyclohexanone	1598	428 (0.17)	450 (0.18)	631 (0.26)	369 (0.14)	1458 (0.22)	1133 (0.27)	699 (0.26)			-	
43	4-methyloctanol	1619	488 (0.19)	387 (0.16)	495 (0.21)	397 (0.15)	883 (0.13)	1978 (0.47)	979 (0.36)			-	

表7-1 (3) ニンジンの香氣成分

PEAK No.	化合物名	R. I.	含量(%) ^a								文献
			雪下 98/12	雪下 99/1	雪下 99/2	雪下 99/3	雪下 99/4	雪室 98/4	徳島 98/5		
44	(E)-2-decenal	1639	611 (0.24)	708 (0.29)	656 (0.28)	546 (0.21)	1481 (0.22)	239 (0.06)	-	-	1,2
45	alpha-humulene + trans-beta-farnesene 3-methylbutanoic acid	1661 1670	1926 (0.76)	3588 (1.47)	4785 (2.01)	5873 (2.27)	14524 (2.17)	12941 (3.08)	6942 (2.58)	-	1,2
46	alpha-amorphene	1681	1753 (0.70)	2266 (0.93)	2483 (1.04)	2698 (1.04)	251 (0.04)	-	-	-	-
	heptadecane	1690	-	-	-	-	-	-	175 (0.07)	-	-
49	borneol	1696	39959 (15.84)	15899 (6.50)	22890 (9.59)	11148 (4.32)	13048 (1.95)	-	-	-	-
	germacrene D	1699	-	-	-	-	-	1925 (0.46)	662 (0.25)	-	-
	zingiberene	1713	-	-	-	-	-	-	344 (0.13)	-	-
50	beta-bisabolene	1720	4938 (1.96)	5864 (2.40)	7247 (3.04)	6436 (2.49)	20025 (2.99)	2887 (0.69)	3943 (1.47)	-	1,2
55	cis or trans-gamma-bisabolene	1751	3678 (1.46)	2492 (1.02)	3490 (1.46)	2415 (0.93)	190222 (28.39)	47984 (11.42)	41084 (15.28)	-	1,2
56	trans-alpha-bisabolene + p-methylacetophenone	1768	2149 (0.85)	4214 (1.72)	9658 (4.05)	8297 (3.21)	44210 (6.60)	14807 (3.52)	34111 (12.68)	-	1
58	(E,E)-2,4-decadienal	1806	793 (0.31)	604 (0.25)	356 (0.15)	712 (0.28)	544 (0.08)	2015 (0.48)	249 (0.09)	-	-
60	cuparene	1814	292 (0.12)	338 (0.14)	284 (0.12)	255 (0.10)	583 (0.09)	200 (0.05)	294 (0.11)	-	-
	alpha-ionone	1846	-	-	-	-	-	-	595 (0.22)	-	-
	alpha-ionone + hexanoic acid	1846	-	-	-	-	-	1614 (0.38)	-	-	-
62	p-cymen-8-ol	1849	7513 (2.98)	4478 (1.83)	7062 (2.96)	5736 (2.22)	1009 (0.15)	-	-	-	-

表7-1 (4) ニンジンの香気成分

PEAK No. ^c	化合物名	R. I.	含量(%) ^a								文献
			雪下 98/12	雪下 99/1	雪下 99/2	雪下 99/3	雪下 99/4	雪室 98/4	徳島 98/5		
63	geranyl acetone	1852	2259 (0.90)	1705 (0.70)	1375 (0.58)	1055 (0.41)	2904 (0.43)	5765 (1.37)	4478 (1.67)		
66	geranyl methyl ethyl acetate	1893	3611 (1.43)	4336 (1.77)	4875 (2.04)	3780 (1.46)	5815 (0.87)	-	1984 (0.74)		
68	benzothiazole	1950	1873 (0.74)	1056 (0.43)	784 (0.33)	848 (0.33)	1454 (0.22)	2240 (0.53)	2132 (0.79)		
	dihydro-beta-ionol(T)	1965	-	-	-	-	-	-	340 (0.13)		
69	caryophyllene oxide	1981	47405 (18.79)	57909 (23.68)	27076 (11.35)	26520 (10.27)	19948 (2.98)	15848 (3.77)	6201 (2.31)		
	5,6-epoxy-beta-ionone	1989	+	+	+	+	+	640 (0.15)	279 (0.10)		
	methyl eugenol	2009	-	-	-	-	-	887 (0.21)	-		
75	alpha-humulene oxide	2035	2706 (1.07)	2548 (1.04)	1870 (0.78)	1459 (0.56)	897 (0.13)	418 (0.10)	-		
	trans-nerolidol	2039	-	-	-	-	-	-	391 (0.15)		
80	octanoic acid	2061	856 (0.34)	665 (0.27)	616 (0.26)	649 (0.25)	188 (0.03)	4186 (1.00)	548 (0.20)		
	2,6-di-tert-butyl-p-cresol	2099	-	-	-	-	-	-	970 (0.36)		
	cumyl alcohol	2100	-	-	-	-	-	1252 (0.30)	-		
	nonanoic acid	2168	-	-	-	-	-	574 (0.14)	-		
89	beta-bisabolol	2214	856 (0.34)	864 (0.35)	1199 (0.50)	1000 (0.39)	1377 (0.21)	786 (0.19)	1297 (0.48)		
	elemicin	2225	-	+	+	-	-	13209 (3.14)	-		
	dibenzofuran	2251	+	-	-	-	-	-	244 (0.09)		
	ethyl hexadecanoate	2253	-	-	-	-	-	1310 (0.31)	-		

表7-1 (5) ニンジンの香氣成分

PEAK No. ^c	化合物名	R. I.	含量(%) ^a					文献	
			雪下 98/12	雪下 99/1	雪下 99/2	雪下 99/3	雪下 99/4		雪室 98/4
93	dimethyl phthalate	2295	1685 (0.67)	1233 (0.50)	1365 (0.57)	706 (0.27)	2633 (0.39)	1548 (0.37)	1815 (0.68)
95	gossonorol	2303	2898 (1.15)	1034 (0.42)	861 (0.36)	371 (0.14)	1829 (0.27)	1746 (0.42)	1666 (0.62)
	unknown		177773 (70.45)	177005 (72.39)	174296 (73.04)	82065 (31.77)	111420 (16.63)	320373 (76.26)	204575 (76.06)
	Total area ^b		252335	244527	238624	258340	670108	420128	268969

^a dichloromethane(solvent)を除く ^b dichloromethane(solvent)を除く ^c 図7-3 ニンジン香氣成分のガスクロマトグラムその2参照

文献1: BUTTERY, R. G. et al : J. Agr. Food Chem., 16(6), 1009-1015(1968)

文献2: HEATHERBELL, D. A. et al : J. Food Sci., 36, 219-224, 225-227(1991)

なお、 β -caryophyllene (ピーク No.38) のピーク位置には、6-methyl-(E,E)-3,5-heptadien-2-one (ピーク No.38) も検出されるが、それは12月と1月のみであり、そのピーク面積のうち占める割合は、それぞれ、1.5%と2.6%であった。

β -caryophyllene と同様、雪下貯蔵に伴い増加した香気成分は、*trans*- α -bisabolene (ピーク No.56) , α -humulene (ピーク No.45) , β -bisabolene (ピーク No.50) などであった。なお、*trans*- α -bisabolene (ピーク No.56) と α -humulene(ピーク No.45)のピークには、それぞれ、*p*-methylacetophenone, *trans*- β -farnesene が検出されるが、主体は *trans*- α -bisabolene (52.15%~100%) と α -humulene (78.26%~99.87%) であった。

そして、12月~3月の間ほとんど変化がなく、4月に急激に増加した香気成分として、*cis* or *trans*- γ -bisabolene (ピーク No.55) が検出された。この化合物は、4月の香気成分のうち、28.39%占め、 β -caryophyllene に次いで多かった。

一方、雪下貯蔵に伴い減少したのが、caryophyllene oxide (ピーク No.69) , borneol (ピーク No.49) , bornyl acetate (ピーク No.37) の他、 α -humulene oxide (ピーク No.94) や前述の 6-methyl-(E,E)-3,5-heptadien-2-one (ピーク No.38) などであった。そして、3月から4月にかけて、10分の1近くに減少した香気成分として、dehydro-*p*-cymene (ピーク No.25) , α -amorphene (ピーク No.46) が認められた。

また、量的には少ないが、12月から2月にかけて一旦減少し、4月に向け再び増加傾向にあったのが、 β -pinene (ピーク No.9) , myrcene (ピーク No.10) , *p*-cymene (ピーク No.16) , benzothiazole (ピーク No.68) などであった。

β -caryophyllene の香気は芳香であり、HEATHERBELL, D. A.ら (1991a) は“perfumy”と記述している。この β -caryophyllene はニンジンの雪下貯蔵に伴い増加し、2月~4月の香気成分の約22%~32%を占めるとともに4月にはピークに達した。更に、4月には *cis* or *trans*- γ -bisabolene が急激に増加し、 β -caryophyllene とともに4月の香気成分の約61%を占めた。一方、12月と1月の香気成分の主体を占めた caryophyllene oxide や borneol, bornyl acetate, α -humulene oxide などが減少することが認められた。これら化合

物のこのような増減が、4月出荷時の雪下貯蔵ニンジンの香気の特徴づけていると考えられる。また、12月～2月の試料中の未同定ピーク面積値が約70%占め、それが、3月には約30%、4月には約17%に減少した。この未同定ピークの動向も雪下貯蔵ニンジン香気の特徴づけになっていると考えられ、この未同定ピークの解明が今後の課題と考えている。

3-2 各種ニンジンの香気成分

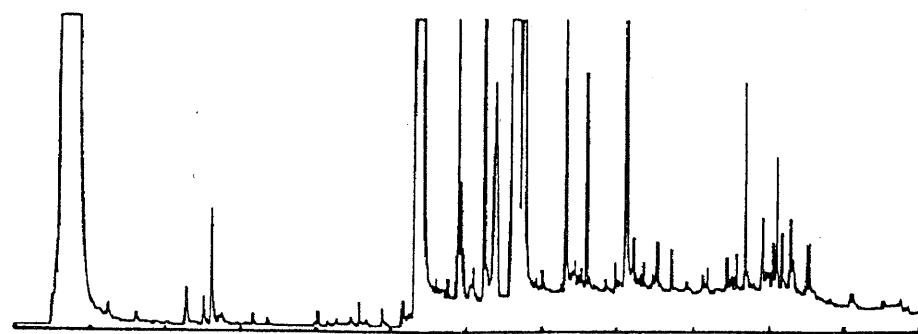
雪室貯蔵ニンジンおよび徳島県産ニンジンに検出された香気成分を前述の雪下貯蔵ニンジンの表7-1にまとめて示した。なお、雪室貯蔵ニンジンと徳島県産ニンジンの両者あるいは一方に検出されて、雪下貯蔵ニンジンに認められなかった香気成分については、雪下貯蔵ニンジンの列は負(-)で示した。また、両試料のガスクロマトグラムを図7-4に示すとともに雪下貯蔵ニンジン(1999年4月採取)のガスクロマトグラムも再掲した。

香気成分分析のための1998年4月産雪下貯蔵ニンジンの入手が困難であったため、本稿では1999年4月産雪下貯蔵ニンジンとの比較検討を行った。

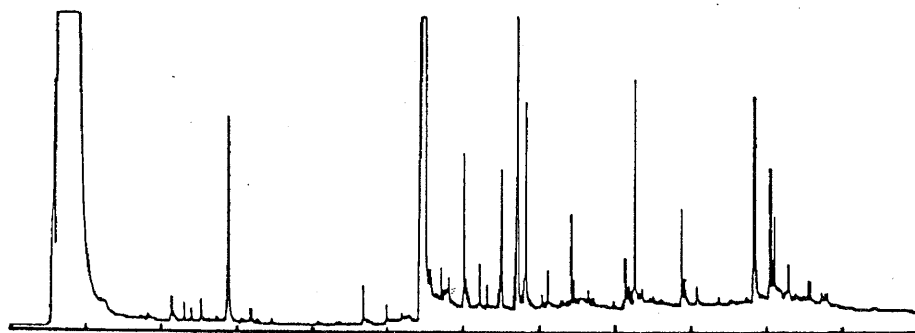
雪下貯蔵ニンジンの総ピーク面積は、雪室貯蔵ニンジンの1.6倍、徳島県産ニンジンの2.5倍であった。このことは、雪下貯蔵ニンジンが他のニンジンに比べ、ニンジン臭が強いという官能検査の結果を裏付けていると考えられる。

雪室貯蔵ニンジンおよび徳島県産ニンジンの香気成分の主体は、雪下貯蔵ニンジンと同様、 β -caryophyllene, *cis or trans*- γ -bisabolene, *trans*- α -bisabolene, caryophyllene oxide, α -humelene などであった。

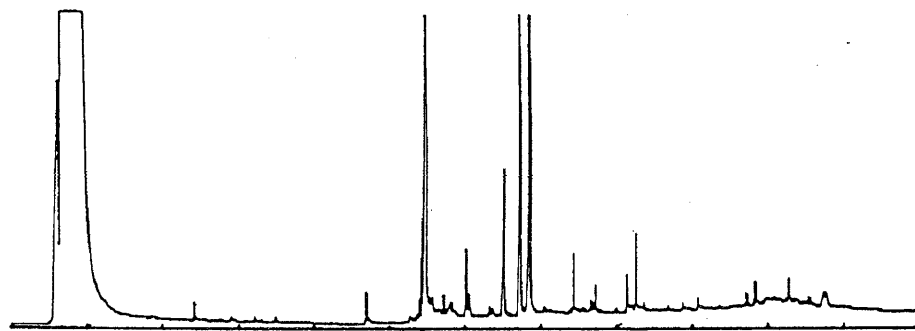
雪下貯蔵ニンジンに検出されず、雪室貯蔵ニンジンおよび徳島県産ニンジンの両者に認められた香気成分は、 γ -terpinene, germacrene D などであり、逆に、雪室貯蔵ニンジンおよび徳島県産ニンジンの両者に検出されなかった香気成分は、 β -pinene, myrcene, limonene, dehydro-*p*-cymene, clovene, camphor, α -amorphene, borneol, *p*-cymen-8-ol などであった。そして、これら化合物の他にも、それぞれの試料間に異なった香気成分が検出され、これらの違いが各々のニンジン香気の特徴づけていると考えられる。



雪下貯蔵ニンジン
 (はまべに五寸)
 1999/4/12



雪室貯蔵ニンジン
 (ひとみ五寸)
 1998/4/14



徳島県産ニンジン
 (向陽2号)
 1998/5/1

0 10 20 30 40
 Rt. (min)

図 7-4 各種ニンジン香気成分のガスクロマトグラム

ガスクロマトグラフィ条件

ガスクロマトグラフ : Shimadzu GC-14A

カラム : CBP20-M25-025、25m×0.2mmID×0.25μmFilm、

Fused Silica capillary (Shimadzu)

キャリアーガス : ヘリウム 5ml/min、スプリット比 : 1 : 28

カラム温度 (Oven temp.) : 60°C - (5min) - 60°C - (5°C/min) - 200°C - (7min) - 200°C

試料導入部温度 (Injection temp.) および検出器温度 (Detector temp.) : 250°C

本章におけるニンジン香気成分の質量分析ーガスクロマトグラフィー (GC-MS) による分離同定は、高田香料 (株) の馬野克己、萩幸男の両氏によって行われた。本学には香気成分研究に欠かせない GC-MS 装置は未設置である。両氏はこの本学の状況および本共同研究テーマにご理解をいただき、社業の激務にもかかわらず、本共同研究にご参加下さいました。心より御礼を申し上げます。

文献

BUTTERY, R. G., SEIFERT, R. M., GUADAGNI, D. G., BLACK, D. R. and LING, L. C. (1968) Characterization of some volatile constituents of carrots. *J. Agric. Food Chem.*, **16**: 1009-1015.

HEATHERBELL, D. A. WROLSTAD, R. E. and LIBBEY, L. M. (1971a) Carrot volatiles.1. Characterization and effects of canning and freeze drying. *J. Food Sci.*, **36**: 219-224.

HEATHERBELL, D. A. and WROLSTAD, R. E. (1971b) Carrot volatiles.2. Influence of variety, maturity and storage. *J. Food Sci.*, **36**: 225-227.

UMANO, K., HAGI, Y., NAKAHARA, K., SHOJI, A. and SHIBAMOTO, T. (1992) Volatile constituents of green and ripened pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.). *J. Agric. Food Chem.*, **40**: 599-603.

第8章 総括および結論

県立新潟女子短期大学生活科学科食物栄養専攻および専攻科食物栄養専攻では、学内共同研究テーマとして「雪と食とのかかわりあい」を設定し、雪国での食生活、健康、食品及び食品産業などに関する研究・調査を行うこととした。

本共同研究では、まず、多雪地域である新潟県中魚沼郡津南町や中里村などで栽培されている雪下貯蔵ニンジンを取りあげた。雪下貯蔵ニンジンとは、収穫時期にあるニンジンを収穫しないでそのまま圃場の積雪下にし、春先の雪解けを待って出荷されるもので、本報告書では、そのニンジンの雪下貯蔵に伴う食味および香味成分の変化について研究し、その成果をまとめた。

第1章および第2章では、一般に「雪下貯蔵ニンジンの香味はマイルドで甘く、また、ニンジン特有の青臭さが少ない」と言われているので、客観的な評価を求めべく官能検査を実施した。

第1章の生ニンジンの品質に関する官能検査では、雪下貯蔵ニンジン（はまべに五寸）のほか、市販の雪室貯蔵ニンジン（ひとみ五寸）、および徳島県産向陽2号を供試した。なお、ニンジンの品質に対する雪下貯蔵の効果を調べる場合、雪下貯蔵ニンジンの対照として、同品種で雪下貯蔵以外のものの入手ができれば理想的であるが、困難なため、対照として上記市販ニンジンを選んだ。雪室貯蔵ニンジンとは、11月下旬に収穫したニンジンをシート等で密封し、その上を2~3mの雪で覆った雪室で貯蔵されたものである。また、向陽2号は千葉県産や徳島県産のものが全国的に多量に流通されているが、本官能検査には徳島県産を供した。

官能検査方法は順位法を用い、各種ニンジンの色、香、味、物性などについて評価した。その結果、雪下貯蔵ニンジンとは、ニンジン臭が強く、味が濃くて、また、歯切れがよいと評価された。これに対して、雪室貯蔵ニンジンとは、赤みが強く、黄色みが薄いと判定され、外観の評価は一番高かった。また、このものは臭いも味も淡く、物性は柔らかく、歯切れが悪いと評価された。一方、徳島県産のニンジンとは、赤みが薄く、黄色みが強く、外観の評価は一番低かった。そして、徳島県産のニンジンとは、他の二者に比べ、硬いと評価された。なお、香の嗜好のほか、味の嗜好、甘味の強さ、食感の嗜好および総合的な評価に関

しては、パネルの判定に一致性は認められなかった。

つぎに、ニンジンの調理利用を想定して、雪下貯蔵ニンジンと埼玉県産向陽2号を用いて、2点比較法による煮たもの、炒めたものについての官能検査を行った。官能検査項目は、生の官能検査に準じた。その結果、煮たもの、炒めたもの両者について、同じ結果が得られた項目は、色合いの赤みと黄色み、そして、硬さであった。すなわち、雪下貯蔵ニンジンと埼玉県産向陽2号に比べ、赤く柔らかいと評価され、逆に、埼玉県産向陽2号は、黄色みが強く、硬いと評価された。これらの傾向は、生ニンジンの場合と同じであった。また、炒めた場合、雪下貯蔵ニンジンと埼玉県産向陽2号に比べ、食感が好ましく、歯切れが良く、総合的評価も高かった。なお、生ニンジンの場合、雪下貯蔵ニンジンは、ニンジン臭が強く、味も濃いと評価されたが、煮たり炒めたりすることで、これらの特性は失われた。このことから、雪下貯蔵ニンジンと生ニンジンとを比べ、生で食した方がより良いと考えた。

第2章では、雪下貯蔵ニンジンと生ニンジンとの雪下貯蔵期間に伴う品質の変化について、対照に千葉県産向陽2号を用いて官能検査を実施した。試料の雪下貯蔵ニンジンは、1998年12月7日から1999年4月12日にかけて、ほぼ1ヶ月毎に積雪下の土中より採取した。対照の千葉県産向陽2号は、雪下貯蔵ニンジンと生ニンジンとを比べ、雪下貯蔵ニンジンと生ニンジンとの採取日にあわせて青果店より購入した。

2点比較法で官能検査を行ったところ、ニンジン採取期間の全期間を通じて、有意差が認められた検査項目は、甘味と総合評価であった。すなわち、雪下貯蔵ニンジンの方が向陽2号に比べ、甘さが強く、総合的な評価も高かった。一方、雪下貯蔵期間と品質との間には明確な関連は認められなかった。しかし、雪下貯蔵ニンジンと生ニンジンとの出荷時期に当たる4月に採取した試料は、外観、香、味、食感に対する嗜好評価が高かった。すなわち、雪下貯蔵ニンジンは、色合いが良く、香味も好ましく、甘さがあり、歯切れも良いと評価された。このことは、「雪下貯蔵ニンジンと生ニンジンとの味はマイルドで、甘く、ニンジン特有の青臭さが少ない」と従来から言われてきたことを客観的に裏付ける結果となった。そして、これらの結果は、第1章で実施した官能検査結果にもほぼ一致していた。

第3章ではこれまで述べてきたように、雪下貯蔵ニンジンと生ニンジンとの食味が「マイルドで甘い」という評価を受けていることに関連して、雪下貯蔵期間に伴う糖質

量の変化について解析した。雪下貯蔵ニンジン中の遊離糖の種類と量を分析したところ、ニンジンに含まれる主要な糖はシュクロース、グルコース、フルクトースの3種であり、3種の糖の中ではシュクロースの含量が最も高く、総糖質量中の60~70%を占めることが示された。また、3種の糖質の総量(約6g/100g)とそれぞれの糖の構成比は雪下貯蔵中にほとんど変化しないことが明らかになった。このことから、雪下貯蔵ニンジンの食味の向上、特に「甘味が強い」と指摘されるものについては糖質含量の増加によるものではなく、低温での貯蔵により糖質の消費が抑えられたためと考えられる。

第4章では、雪下貯蔵ニンジンの食味形成に大きく関与すると考えられる、遊離アミノ酸量の雪下貯蔵期間に伴う変化について解析した。試料ニンジン中に比較的多量に存在する遊離アミノ酸はグルタミン、アスパラギン、グルタミン酸、アスパラギン酸、グリシン、 γ -アミノ酪酸、セリン、バリンなどであった。塩基性アミノ酸、含硫アミノ酸の含量は全般に少なかった。雪下貯蔵に伴う量的変化について見てみると、ほぼ全ての遊離アミノ酸について雪下貯蔵の期間に伴い含有量が増加する傾向が見られたが、顕著に増加したのはアスパラギン、グリシン、セリン、アスパラギン酸などであった。これらの甘味、旨味を呈する遊離アミノ酸含有量の増大ならびに主に苦味を呈する塩基性アミノ酸の含量が低いことが雪下貯蔵ニンジンの「甘味が増す」「味が濃い」といった食味の向上に関与している可能性が充分考えられる。

第5章では雪下貯蔵ニンジンの雪下貯蔵期間に伴う有機酸(クエン酸およびアスコルビン酸量)の変化について解析した。クエン酸含量は雪下貯蔵中に増加し貯蔵3ヶ月時には貯蔵開始時の約3倍に達するが、その後減少して消雪時には貯蔵開始時とほぼ同レベルにまで低下するという変動パターンが見られた。この変動パターンは前章で述べたグルタミン、グルタミン酸および γ -アミノ酪酸含量の変動パターンと類似している。これら3つのアミノ酸について見てみると、グルタミンはグルタミン酸の酸アミドであり、 γ -アミノ酪酸はグルタミン酸の脱炭酸により生成する化合物である。また、グルタミン酸の脱アミノにより生じる α -ケトグルタル酸はクエン酸の脱炭酸によっても生成する化合物である。したがって、雪下貯蔵開始3ヶ月後という時期にこれら一連の化合物の含有量が増加するという結果は、この時期に一過性にグルタミン酸を中心とする関連化合物(アミノ酸・有機酸)の代謝亢進が起こっているという可

能性が推察される。また、アスコルビン酸含量は雪下貯蔵の期間を通じてほぼ一定で、雪下貯蔵はニンジン中のアスコルビン酸の保持に有効であることが示された。

第6章では雪下貯蔵ニンジンの物理的性質について調べた。ニンジン葉付部分から上部、中部、下部の3部位に分け、それぞれの硬度を測定したところ、雪下貯蔵中にはどの部位においても硬度変化はあまり見られなかったが、消雪時の4月には上部、中部の芯部において硬度が若干低くなる傾向が見られた。それぞれ同時期に得られた向陽2号の硬度と比較してみると、上部、中部の皮部表面においては雪下貯蔵期間の後半では向陽2号は雪下貯蔵ニンジンよりも硬度が低下する傾向が見られた。これらの結果は雪下貯蔵ニンジンの「歯切れの良さ」に関連するものと考えられる。雪下貯蔵ニンジン貯蔵期間を通してほぼ一定の硬度が維持されており、雪下貯蔵による低温障害等での組織の軟化は生じないものと考えられる。

第7章では、雪下貯蔵ニンジンの香気成分について検討した。生ニンジンでの官能検査の結果、雪下貯蔵ニンジン貯蔵は、ニンジン臭が強く、味が濃くて、また、歯切れがよいと評価された。ニンジン臭が強いことは、香の好みの点でマイナスの評価を受けるのではないかと予想していたが、各ニンジン間に評価の差は認められなかった。このことは、雪下貯蔵ニンジン貯蔵の香気は強いが、一般に嫌われるニンジン貯蔵の臭みは少ないのではないかと考えられ、ニンジン貯蔵の構成成分についての詳細な検討を行った。試料の雪下貯蔵ニンジン貯蔵は、第2章の官能検査に用いたもので、1998年12月7日から1999年4月12日にかけて、ほぼ1ヶ月毎に積雪下の土中より採取した。香気成分の分析は、常法に準じて、ガスクロマトグラフィー（以下、GC）および質量分析ーガスクロマトグラフィー（以下、GC-MS）によって行った。

GC分析の結果、雪下貯蔵ニンジン貯蔵の各試料より100~124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ピーク数は43であった。ニンジン貯蔵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、1998年12月~3月（以下、12月~3月）の間、ほとんど変化は認められなかったが、1999年4月（以下、4月）には、12月~3月に比べ、約2.7倍に増加した。すなわち、雪下に貯蔵されている期間は、総香気成分量に

はほとんど変化は認められないが、雪解け近い、4月の出荷時には香気成分量が約2.7倍に増加することが確認された。

雪下貯蔵ニンジンの主なる香気成分は、 β -caryophyllene, caryophyllene oxide, borneol, bornyl acetate, *trans*- α -bisabolene などであった。これらのうち、 β -caryophyllene は雪下貯蔵に伴い大きく増加し、4月には、12月に比べ12.6倍に増加した。また、この化合物は4月の総香気成分の32.29%を占め、12月に占めた割合の4.7倍であった。 β -caryophyllene と同様、雪下貯蔵に伴い増加した香気成分は、*trans*- α -bisabolene, α -humulene, β -bisabolene などであった。そして、12月~3月の間ほとんど変化がなく、4月に急激に増加した香気成分として、*cis* or *trans*- γ -bisabolene が検出された。この化合物は、4月の香気成分のうち、28.39%占め、 β -caryophyllene に次いで多かった。

一方、雪下貯蔵に伴い減少したのが、caryophyllene oxide, borneol, bornyl acetate の他、 α -humulene oxide や 6-methyl-(E,E)-3,5-heptadien-2-one などであった。そして、3月から4月にかけて、10分の1近くに減少した香気成分として、dehydro-*p*-cymene, α -amorphene が認められた。また、量的には少ないが、12月から2月にかけて一旦減少し、4月に向け再び増加傾向にあったのが、 β -pinene, myrcene, *p*-cymene, benzothiazole などであった。

β -caryophyllene の香気は芳香であり、その β -caryophyllene はニンジンの雪下貯蔵に伴い増加し、2月~4月の香気成分の約22%~32%を占めるとともに4月にはピークに達した。更に、4月には *cis* or *trans*- γ -bisabolene が急激に増加し、 β -caryophyllene とともに4月の香気成分の約61%を占めた。一方、12月と1月の香気成分の主体を占めた caryophyllene oxide や borneol, bornyl acetate, α -humulene oxide などが減少することが認められた。これら化合物のこのような増減が、4月出荷時の雪下貯蔵ニンジンの香気の特徴づけていると考えられる。また、12月~2月の試料中の未同定ピーク面積値が約70%占め、それが、3月には約30%、4月には約17%に減少した。この未同定ピークの動向も雪下貯蔵ニンジン香気の特徴づけになっていると考えられ、この未同定ピークの解明が今後の課題と考えている。

雪室貯蔵ニンジンおよび徳島県産ニンジンの香気成分についても分析した。

雪下貯蔵ニンジンの分析結果と比較したところ、雪下貯蔵ニンジンの総ピーク面積は、雪室貯蔵ニンジンの1.6倍、徳島県産ニンジンの2.5倍であった。このことは、雪下貯蔵ニンジンが他のニンジンに比べ、ニンジン臭が強いという官能検査の結果を裏付けていると考えた。

雪室貯蔵ニンジンおよび徳島県産ニンジンの香気成分の主体は、雪下貯蔵ニンジンと同様、 β -caryophyllene, *cis* or *trans*- γ -bisabolene, *trans*- α -bisabolene, caryophyllene oxide, α -humelene などであった。

雪下貯蔵ニンジンに検出されず、雪室貯蔵ニンジンおよび徳島県産ニンジンの両者に認められた香気成分は、 γ -terpinene, germacrene D などであり、逆に、雪室貯蔵ニンジンおよび徳島県産ニンジンの両者に検出されなかった香気成分は、 β -pinene, myrcene, limonene, dehydro-*p*-cymene, clovene, camphor, α -amorphene, borneol, *p*-cymen-8-ol などであった。そして、これら化合物の他にも、それぞれの試料間に異なった香気成分が検出され、これらの違いが各々のニンジン香気を特徴づけていると考えた。

以上、新潟県が多雪地域の中山間地で栽培される、雪下貯蔵ニンジンの官能評価と呈味成分および香気成分との関係、更には、ニンジンの雪下貯蔵に伴う香味成分の変化などについて解析した。これらの一連の実験結果より、雪下貯蔵ニンジンの「マイルドで、甘く、ニンジン特有の青臭さが少ない」と一般に評される特性について、ある程度の科学的な裏付けがなされたものと言えよう。

これらの研究成果は、本学の共同研究参加者のほか、新潟県の中山間地でニンジン栽培に関係されている方々、更に、新潟県農業総合研究所および高田香料(株)の方々の参加によりはじめて得られたものであり、雪国の地域振興にいささかでも寄与できれば幸甚である。そして、この研究成果の大要は、新潟県中魚沼郡中里村で3月24日に開催された“特産品開発に伴う試験研究結果報告会”並びに“日本農芸化学会1999年度大会”(3月31日福岡市)で発表した。

謝 辞

近年、大学には地域に密着した開かれた大学運営が求められているが、本共同研究テーマはそれに沿ったものであった。そして、本共同研究を遂行するにあたり、新潟県の中山間地でニンジン栽培に関係されている方々、更に、新潟県農業総合研究所および高田香料(株)の方々の参加により、いわゆる産・官・学の共同研究にもなった。

このことは、本共同研究へ参加された方々はもとより、下記の方々のご理解とご協力があったことであり、心より感謝を申し上げます。特に、本共同研究への社員の参加に対する、高田香料株式会社代表取締役社長の高田正二様のご理解とご協力がなければ本共同研究の完成がなかったことを記して重ねて御礼を申し上げます。

高田正二様(高田香料株式会社代表取締役社長)

山本茂穂様(新潟県中魚沼郡中里村長)

阿部隆嗣様(新潟県中魚沼郡中里村農林課長)

森田 康様(新潟県農業総合研究所高冷地農業技術センター長)

水嶋豊平様(前新潟県農業総合研究所高冷地農業技術センター長)

若林 昭様(新潟県農業総合研究所食品研究センター長)

中村幸一様(新潟県農業総合研究所食品研究センター専門研究員)

佐々木博昭様(県立新潟女子短期大学教授)

終わりに、本共同研究は、本学の平成 9・10 年度共同研究事業費の配分を受けて遂行されたことを記して謝意を表します。