報 文

コールド・チェーンにおける青果物の品質保持と
温度許容度に関する研究

(第6報) 軟弱野菜—カイワレダイコン, ミツバ, シュンギク—について

南出隆久*・岩田 隆*

Time-Temperature Tolerance for Keeping Quality of Fresh Fruits
and Vegetables

Part VI. Time-temperature tolerance of Japanese radish seedling (*Raphanus sativus* L. cv. Osaka shijunichi), MITSUBA (*Cryptotaenia japonica* Hassk. cv. Osaka mitsuba), and Garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L. cv. Banchu-kabuhari)

Takahisa MINAMIDE,** and Takashi IWATA**

Summary

This paper describes the effect of various storage temperatures on the keeping quality and freshness of very perishable leaf vegetables. The materials used in this study were grown in the sand culture.

1. Japanese radish seedlings (*Raphanus sativus* L. cv. Osaka shijunichi) which were harvested 7-10 days after sowing deteriorated rapidly showing yellowing of cotyledon and discoloration of root hair during storage at 20°C. Ascorbic acid (ASA) content also decreased rapidly but isothiocyanate content, pungent principles of radish, almost did not change during the storage. The approximate shelf life was estimated to be 23 days at 1°C, 10 days at 6°C, and 3 days at 20°C.
2. The characteristic flavor of MITSUBA (*Cryptotaenia japonica* Hassk. cv. Osaka mitsuba) was changeable after harvest, showing the change of gas chromatogram of volatiles and lowering of aroma within 5 days at 1°C. ASA content increased temporarily during 2 to 5 days at 1°C storage, but transferring to 20°C from 1°C storage resulted in marked decrease of ASA content as well as rapid deterioration of quality. The salable quality was approximately kept for 30 days at 1°C, 15 days at 6°C, and 5 days at 20°C.
3. It was found that ASA content of stored garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L. cv. Banchu-kabuhari) which was packed hermetically with polyethylene film bag (30μ thickness, 20x30cm) decreased rapidly within 3 days at 1°C. But the packaging kept freshness, leaf color, and ASA content at 6°C and 20°C storage. The approximate shelf life was 15 days at 1°C, 7 days at 6°C, and 3 days at 20°C.

緒 言

近年, 近郊農業の作目は土地利用率高く, 鮮度を売

りものにして, 市場への距離が短いという立地条件を十分に生かせる軟弱野菜や軟化・つまもの野菜が主要な位置を占めている。しかし, これら野菜の収穫後の生理化学特性の理解や鮮度保持について十分な考慮がなされていないため, その取扱いの不備により商品性の低下

*大阪府立大学農学部

**College of Agriculture, University of Osaka Prefecture

Table. 1 Harvesting times of several leaf vegetables*

Materials	Harvesting periods											
	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY.	JUNE.	JULY.	AUG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
Japanese radish seedling (<i>Raphanus sativus</i> L.) MITSUBA (<i>Cryptotaenia japonica</i> Hassk.) Garland chrysanthemum (<i>Chrysanthemum coronarium</i> L.)												

* sand culture

したものも販売されているのが現状である。

このようなことから、筆者らはこれまで種々な青果物の品質保持における温度許容度 (T.T.T.) について明らかにしてきたが^{2)~6)}、今回は大阪近郊で砂耕栽培されている軟弱野菜、特にカイワレダイコン、ミツバ、シュンギクを用い、収穫後の鮮度ならびに品質に及ぼす温度許容度について調べ、若干の知見を得たので報告する。

材料および方法

材料は大阪府堺市で砂耕栽培されたカイワレダイコン (*Raphanus sativus* L. 品種；四十日ダイコン)、ミツバ (*Cryptotaenia japonica* Hassk. 品種；大阪ミツバ)、シュンギク (*Chrysanthemum coronarium* L. 品種；晩抽株張) の収穫適期のものを用い実験に供した。なお、本実験で用いた各野菜は、同一のは場で栽培された、Table 1 に示した収穫期間内のものを得た。

収穫した野菜は、洗浄後、発泡スチロールのトレイに各100gずつのせ、ポリエチレンフィルム (厚さ30μ, 20×30cm) 袋に入れ、有孔 (8孔/20×30cm) 処理区、袋の端を折り曲げた非密封区、およびヒートシールした密封区を設け、1℃、6℃、20℃の各温度に貯蔵した。また、変温処理も設け冷蔵遅延や冷蔵中断による鮮度変化についても検討した。

アスコルビン酸含量の測定：試料の2%メタリン酸抽出液を用いヒドラジン法により測定した。

イソチオシアナート含量の測定：カイワレダイコンの辛味成分を調べるため、CHONG らの方法⁷⁾ に準じ測定した。

クロロフィル含量の測定：試料のアセトン抽出液にエ

ーテルを加えエーテル分画を得た後、642.5, 660nmにおける吸光値よりクロロフィル a, b を求めた。

葉の表面色の測定：カイワレダイコンの子葉について、葉の表面色を日本電色製カラースタジオにより HUNTER L, a, b, 値を測定し、 $L \times b/|a|$ 値を黄化の指標とした。

揮発性成分の測定：ミツバの葉柄10gを5mmに細断し、100mlの三角フラスコに入れ、密栓後、37℃で30分保持し、ガスクロマトグラフィー (GLC) で分析した。カラムは Diasolid S (60~80 mesh) を担体として、5% behenic acid と 20% Tween 20 をコーティングしたものを用い、60℃で分析した。

鮮度評価：各野菜の収穫後における鮮度変化は Fig 4 に示した指標で評価し、2を商品性の限界とした。カイワレダイコンでは子葉の黄化、根毛のかっ変、本葉の伸長がみられたとき、ミツバでは葉の黄化、萎凋、根毛の黒変が現れたとき、シュンギクでは葉の黄化、萎凋ならびに葉身が水浸状態になったときを、それぞれの商品性限界とした。

実験結果ならびに考察

1. カイワレダイコンの品質保持と温度許容度

カイワレダイコンは関西では播種後7日から10日で収穫し、本葉の展開しない子葉の状態のものが好まれる。カイワレダイコンの商品価値は白色の葉柄と緑色の子葉、それに食べた時のダイコン特有の辛味である。しかし、播種後1~2週間しかたっておらず、植物体として生育途上にあることから、収穫後鮮度低下が急速に起こるものと推測される。そこで、収穫後における品質変化

Fig. 1 Changes of the chlorophyll content and the leaf color of Japanese radish seedling during storage

について調べた。

まず、カイワレダイコンを1℃、6℃、20℃の各温度に貯蔵し、収穫後の子葉の黄化程度をクロロフィル含量とハンター表色法による表面色から測定した。結果は Fig 1 に示したように、クロロフィル a、b とも貯蔵に伴い減少するが、特に20℃では3日で半減した。また、6℃という比較的低い温度で貯蔵してもクロロフィルの減少は顕著であった。子葉は本葉とは違い植物体が成長する過程で必要な物質を貯蔵する器官であるが、6℃においては収穫後数日で本葉の伸長が始まることから、本葉の伸長に伴い老化が生じたものと思われる。一方、子葉の黄化程度を知る指標として $L \cdot b / |a|$ を用い、収穫後の変化を測定したところ、 $L \cdot b / |a|$ 値が約55以上になると外観からも黄化していることがわかった。 $L \cdot b / |a|$ が55になるのは、1℃で約23日、6℃では10日前後、20℃では約3日であった。

一般に葉菜類ではアスコルビン酸が多く、葉の黄化に伴い減少することが知られている。そこで、カイワレ

ダイコンの品質の指標の一つとして収穫後におけるアスコルビン酸含量の変化について調べた。子葉と葉柄の収穫時における還元型アスコルビン酸(A S A)含量は、子葉では22~26mg/100g f. wt.、葉柄は16~17mg/100g f. wt. であった。Fig 2 は、子葉と葉柄を一緒にして測定したものであるが、貯蔵温度が高い程 A S A は急減した。しかし、1℃でもクロロフィルはかなり保持されているのに対して、A S A は収穫後20日で当初の約半分程に減少した。

ダイコンの辛味成分はイソチオシアネートで品種により含量は異なり、根部よりも葉部で多く、生育とともに根部の含量は減少し、葉部で増加することが報告されている^{7,8)}。発芽初期のものにも含まれており、この成分がカイワレダイコンの品質の要素となる。そこで、収穫後の子葉のイソチオシアネート含量の変化を調べたところ (Fig 3)、クロロフィルやアスコルビン酸含量の急減に比べ、貯蔵中やや減少する程度であった。また、すでに商品価値のないものを食べてみても十分辛味が残って

Fig. 2 Changes in ascorbic acid content of Japanese radish seedling during storage

Fig. 3 Changes in isothiocyanate content of Japanese radish seedling during storage

Fig. 4 Time-temperature tolerance of japanese radish seedling

* Freshness score 8 : Fresh
6 : Slightly deteriorated 4 : Deteriorated
2 : Markedly deteriorated but salable
0 : Not salable

いることから、この成分は貯蔵に伴う変化は品質上あまり問題にならないと思われる。

これら内容成分の変化のほか、外観から総合的に見た貯蔵に伴う鮮度変化を調べたところ、Fig 4 で明らかなように、20℃で約3日、6℃では約12日、1℃では約23日で商品性限界となることがわかった。また、20℃に1日あるいは2日においた後、1℃に貯蔵したものでは、収穫後直ちに1℃に貯蔵したものに比べ、それぞれ10日あるいは15日商品性保持期間が短くなった。カイワレダイコンの商品性の低下は、子葉の黄化、萎凋、葉柄の軟化、それに根毛のかっ変、軟化、腐敗によるものであった。

このようなことから、カイワレダイコンは他の葉菜類と同様、収穫後できるだけ早く低温に貯蔵し、子葉の黄化を防ぎ、鮮度保持をはかる必要のあることがわかった。

2. ミツバの品質保持と温度許容度

関西のミツバは葉ミツバまたは糸ミツバと呼ばれる

“アオミツバ (大阪ミツバ)” が多く栽培され、播種後70～90日で収穫される。ミツバの品質の大きな要素は独特の香りにあるが、この香気の主成分はクリプトテネンとミツバエンであることが知られている⁹⁾。ミツバの香りは葉よりも葉柄で強く感じられたので、葉柄を用い貯蔵に伴う揮発成分の変化を Head space 法でGLCにより分析した。この方法では上述した主成分は検出できないが、まず測定 of 簡便な低沸点の揮発成分について品質変化との関係を調べたものである。

その結果、外観は鮮度がよく保されている1℃5日のものでもピークのパターンに変化がみられ、特にピーク5の割合が増大した (Fig 5)。また、実際に香りを嗅いでみると1℃の低温に貯蔵したものでも収穫後3～5日で香りの強さの低下が認められた。収穫時期では、冬 (12月～2月) よりも春 (3月～5月) に収穫したもので香りの強いことがわかった。この傾向は、アスコルビン酸の含量についてもみられ、冬のものよりも春のもので約3倍も多く含有されていた (Fig 6)。

一方、収穫後1℃と20℃にミツバを貯蔵し、ASA含量の変化を調べたところ (Fig 7)、ASAは葉身で多く、葉柄の5～6倍含有しており、20℃貯蔵では収穫後2～3日で $1/3$ に急減したのに対し、1℃では貯蔵2～5日かけてASAは増加し、その後漸減した。葉柄でも20℃で急減、1℃で漸次減少した。また、根付きと根を除いたものを貯蔵し、1℃での葉身のASA含量の変動を調べたところ、根を除いたものでも、わずかに増加するが、根を付けたものでは、その傾向が明らかで貯蔵3日までかなり高いレベルを示した。しかし、20℃では根付きの方がむしろASAの減少は早いことがわかった。そこで、収穫後ASAが増加する1℃に1、3日と5日貯

Fig. 5 Changes in gas-chromatogram of volatile compounds of MITSUBA during storage (head space gas analysis)

Fig. 6 Ascorbic acid content MITSUBA harvested in the different seasons

Open bar (□) shows L-ascorbic acid (ASA)

Solid bar (■) shows L-dehydro ascorbic acid (DHA)

Fig. 7 Effect of the part of plant (left) and the presence of root (right) on the changes of ascorbic acid content of MITSUBA during storage

Fig. 8 Effect of the transferring the storage temperature on the changes of ascorbic acid content of MITSUBA

蔵し、その後20℃に変温した後のASA含量の変化について調べた。結果は Fig 8 に示したように、ASAが増加した時点で変温すると、むしろASAは急減する傾向がみられた。

ミツバの鮮度におよぼす温度の影響は、Fig 9 のようであり、1℃では約30日、6℃で約15日、20℃で5日前後商品性が保たれ、1℃と6℃を毎日交互に変温させた区では6℃定温区とほとんど変らなかった。また、1℃から20℃へ変温した区では1℃での貯蔵期間が長いものほど変温後の鮮度低下は著しく、このことは、Fig 8 のASA含量の結果からも明らかで、ミツバは他の青果物に比べ昇温の影響を強く受けるものと思われる。

ミツバの鮮度低下は、葉の黄化とともに葉柄の軟化、腐敗、それに根毛の異変によっている。根の有無は、低温に貯蔵した場合にはASAの保持効果に影響し、また20℃貯蔵では、水分を補給する点からは根を付けておいた方が良くと考えられる。このことは、水耕栽培に用い

Fig. 9 Time-temperature tolerance of MITSUBA

* The same as that in Fig. 4

Table. 2 Effect of packaging on ascorbic acid content of garland chrysanthemum*

Type of packaging with poly-ethylene bag (30 μ , 20 $\times$ 30cm)	Storage temperature (°C)					
	1		6		20	
	A S A	D H A	A S A	D H A	A S A	D H A
Perforated with 8 holes	13.4	3.9	10.2	4.4	4.1	6.8
Non-hermetical package (folding the open end)	16.5	5.1	13.2	4.0	6.4	3.1
Hermetical sealing	7.2	14.1	11.6	3.9	7.4	3.8
Gas composition (%) in sealed bag**	19.0-2.0		17.6-3.4		14.0-7.0	

* 3 day after harvest. Initial ascorbic acid content (mg/100g fresh weight) is 21.7 (ASA) and 1.3 (DHA)

** O₂-CO₂

られるウレタンに根を付けたもので、普通栽培の根を露出させたものに比べ鮮度保持効果の顕著なことから明らかである¹⁰⁾。

3. シュンギクの品質保持と温度許容度

シュンギクの収穫後の鮮度保持をはかるためポリエチレンフィルム袋(厚さ30 μ ; 20 $\times$ 30cm)を用い、有孔(8穴)、無効で非密封、および密封した区を設け、アスコルビン酸含量などを指標してその効果を調べた。1℃では、無孔の非密封、密封両区で外観は良く保持されていたのに対し、有孔区では葉の一部に萎凋がみられた。6℃、20℃とも有孔区で葉が萎凋し、20℃では貯蔵3日で一部黄化した葉もみられ商品性限界であった。密封、非密封区は20℃貯蔵3日でもまだ十分商品性があった。

Table 2は、処理開始後3日の1℃、6℃、20℃におけるアスコルビン酸量である。1℃の場合、外観は良好なのであるが、密封区でASAは収穫当日の1/3程度に減少し、酸化型アスコルビン酸(DHA)が多くなっていた。この時の袋内ガス組成はO₂ 19.0%、CO₂ 2.0%となり、6℃あるいは20℃のものに比べCO₂濃度は低けれども、いわゆるCA状態となっていることがわかった。

シュンギクは1℃でCA貯蔵した場合、CO₂濃度が3%以上になると数日でASAがなくなること¹¹⁾が知られている。このようにフィルム包装した場合でもASAの急減が生じ、外観鮮度の保持と内容品質の低下という相反する効果が現れるから、包装する際には注意する必要がある。しかし、6℃、20℃で袋内CO₂濃度が1℃よりも高いにもかかわらず、ASAが減少していないの

は、CO₂の作用が温度によって異なるものと考えられるが、この点について今後さらに検討する必要がある。

シュンギクの鮮度保持期間は、他の野菜に比べ短く、1℃で約15日、6℃で約7日、20℃では2～3日程度であった。1℃に長く貯蔵した場合は、葉が水浸状態となり鮮度低下をきたした。

要 約

大都市近郊で栽培され、新鮮さが要求される軟弱野菜について収穫後の品質変化と温度許容度を調べた。材料として、砂耕栽培したカイワレダイコン、ミツバ、シュンギクを用いた。

1. カイワレダイコンは収穫後子葉の黄化、根毛の変色などにより急激に鮮度低下をきたすとともに、還元型アスコルビン酸(ASA)含量も急減した。しかし、辛味成分のイソチオシアナートはほとんど変らなかった。商品性保持期間は1℃で約23日、6℃で10日前後、20℃で3日であった。

2. ミツバは香りが大切であるが、1℃に貯蔵しても5日程で揮発成分に変化が現れ、香りの低下をきたした。しかし、ASA含量は1℃で貯蔵2～5日にかけて一時増加した。1℃1日、3日、5日貯蔵後、20℃に変温すると、むしろ20℃のものに比べASAは急減した。ミツバは1℃で30日、6℃で15日、20℃で5日で商品性の限界に達した。

3. シュンギクをポリエチレンフィルム(厚さ30 μ , 20 $\times$ 30cm)包装する場合、密封の状態では1℃貯蔵すると有孔のものに比べASAが急減した。しかし、6℃および20℃ではそのようなことはないし、むしろ密封包装に

より緑色保持の効果があつた。シュンギクの商品性保持期間は、1℃で約15日、6℃で7日、20℃では2～3日と他の野菜に比べ貯蔵性のないことがわかった。

本研究は財団法人、園芸振興松島財団の研究助成によるものであることを記すとともに、材料の提供と御教示を賜つた的場定次郎氏ならびに実験遂行に協力して頂いた益山佳子氏にそれぞれ深謝の意を表する。

文 献

- 1) 増井貞雄・岩見直明・沢池信康・西垣繁一：軟弱・軟化・つまもの野菜，家の光協会（1976）
 - 2) 岩田 隆・緒方邦安：園学雑，40，437（1971）
 - 3) 伊東卓爾・岩田 隆・緒方邦安：園学雑，41，223（1972）
 - 4) 緒方邦安・伊東卓爾・岩田 隆：食品工誌，21，394（1974）
 - 5) 南出隆久・緒方邦安：コールドチェーン研究，4，58（1978）
 - 6) 南出隆久・田村順介・緒方邦安：コールドチェーン研究，5，150（1979）
 - 7) CHONG, C. and BIBLE, B.: J. Amer. Soc. Hort. Sci., 99, 159（1974）
 - 8) 江崎秀男・小野崎博通：栄養と食糧，33, 161（1980）
 - 9) 最新園芸大辞典，p. 1736，誠文堂新光社（1971）
 - 10) 南出隆久：未発表
 - 11) 緒方邦安・南出隆久・田尻尚士：コールドチェーン研究，2，11（1976）
-