

青果物の鮮度保持における機能性段ボール包装の効果

I. 普通段ボール箱との比較

高橋 徹, 佐藤 正典*, 後藤 隆子, 奥 正和, 高橋 基*, 森 大蔵**

Effect of Functional Corrugated Board Box on Keeping Freshness in the Packaging of Fruits and Vegetables

I. Comparison with Conventional Corrugated Board Box

Toru Takahashi, Masanori Sato*, Takako Goto,
Masakazu Oku, Motoi Takahashi* and Daizo Mori**

The TOKAN-CONTROLLED ATMOSPHERE® (T-CA®) is one of the TAMOTSU-chan® series, which is a functional type of corrugated board box manufactured by TOKAN KOGYO CO., Ltd. T-CA was developed for the purpose of keeping freshness of fruits and vegetables. It has been used for green kabosu and apples under low temperature storage with sealing by the three-strip taping method (sealing with adhesive tape at the seam and both ends of the outer flap on top and bottom of the box).

The objective of this study is to evaluate the effect of T-CA on keeping freshness for other types of produce, at other storage temperatures and with simpler sealing method. Mature-green mume fruits and spinach were packed in T-CA sealed by the single-strip taping method (sealing only at the seam of the outer flap on top and bottom of the box), and stored at 5°C or room temperature (25°C for mature-green mume, 20°C for spinach). The effectiveness of T-CA for keeping freshness was compared with conventional corrugated board box (control).

The relative humidity in T-CA was kept high (about 95% and greater) during storage at both temperatures. Weight loss of mume and wilting of spinach were lower in T-CA than in the control. Under low temperature storage, reduction of oxygen concentration and elevation of carbon dioxide concentration in the atmosphere of T-CA were not sufficient to obtain modified atmosphere (MA) effect. Under room temperature storage, gas concentrations were remarkably changed in T-CA, and the yellowing of mume and spinach were delayed. Therefore, the use of T-CA extended the shelf-life of both types of produce at room temperature storage based on measures of humidity retention and MA effect. From these results, T-CA, even when sealed by the single strip taping method, seemed to be superior to conventional corrugated board box for keeping freshness of fruits and vegetables.

Key words: keeping freshness, T-CA, corrugated board box, modified atmosphere packaging, mature-green mume, spinach, yellowing, shelf-life.

青果物の鮮度保持では、呼吸や蒸散といった生命活動を可能な限り抑制し、消耗や変化を少なく、あるいは遅らせる事が基本方針となる。そのためには、温度を下げる、湿度を高く保つ、雰囲気を大気より酸素濃度が低く二酸化炭素濃度が高いガス組成に調節する、という管理が必要となる。CA貯蔵 (Controlled Atmosphere Storage) はこれらの管理点全てを調節できるが、大がかりな設備とその維持費が必要となるために、適用できる品目は限られる。MA

包装 (Modified Atmosphere Packaging) は、青果物を適度なガス透過性と低い透湿性とを備えた包装体で包むという簡便な方法で、温度管理と組み合わせる事で基本的にあらゆる品目に適用できる。MA包装体としてはLDPE等のプラスティックフィルムの袋が最も良く用いられるが、これのみでは輸送性が悪いために、段ボール箱を外装容器として組み合わせる場合もある。一方、段ボール箱そのものに耐水性やMA包装体としての機能を持たせた「機能性段

* : 東罐興業株式会社

** : 元 東洋食品工業短期大学

ポール」等と呼ばれる製品がある。

「たもっちゃん『T-CA』」(以下、T-CA)は、東罐興業株が開発・上市している機能性段ボールの一つである(現在はトーカンパッケージングシステム(株)が販売)。本製品は内外のライナーにLDPEフィルムがラミネートされており(Fig.1), これによって保湿とともにガス透過を制御し、CA貯蔵庫がなくても同様の鮮度保持効果を得ることが出来るとされている。本製品はカボスの低温貯蔵用として開発され、現在はりんごの低温貯蔵等にも使用されている¹⁾⁻²⁾。T-CAは一部果実の低温貯蔵だけでなく、輸送効率と鮮度保持性を兼ね備えた一般的な青果物の鮮度保持流通容器となる可能性がある。しかし、他の青果物に適用した場合の鮮度保持効果や、冷蔵よりも高い温度条件(流通途中で室温付近にさらされる事も十分にあり得る)での同

効果に関しては十分なデータがあるとは言えない。さらにカボスやりんごの低温貯蔵では、箱は全てのラップ隙間をテープで目張りする、「H字貼り」と呼ばれる方法で封かんされるが、これは非常に手間がかかる。流通場面での作業効率を考えると、外側ラップの合わせ部のみを一本線状に目張りする「I字貼り」が現実的と考えられる。この封かん方法でも鮮度保持効果を得られるかどうかについても十分なデータがあるとはいえない。

そこで、T-CAに関して、これまでとは異なる①品目、②保持温度、③封かん方法(I字貼り)での青果物貯蔵試験を行い、その鮮度保持効果(MA包装効果)を評価するとともに普通段ボールと比較した結果、幾つかの知見が得られたので報告する。

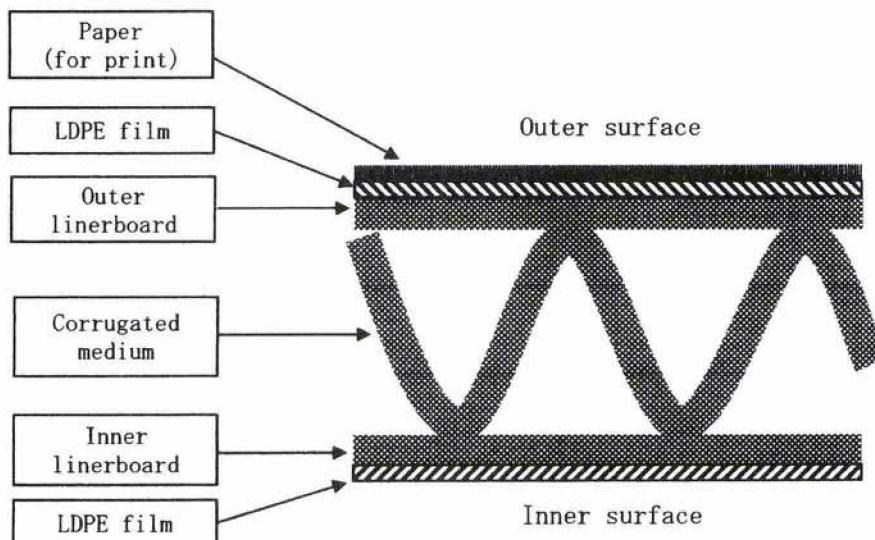


Fig. 1 Sectional structure of T-CA board

実験方法

1. 材料

青ウメ (*Prunus mume* Sieb. Et Zucc., 品種: '南高', 产地: 和歌山県), およびホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L., 品種: 'バンドラ', 产地: 徳島県) の2品目を用いた。产地の出荷場にて購入した後、クール便で搬送し、一晩5℃の冷蔵庫で静置した後に供試した。

それぞれの产地にて出荷に使われている普通段ボール箱を対照とし、これと同寸法のT-CAを使用した。容器は未使用のものを新たに用いたが、青ウメでは対照の箱を入手できなかったため搬送時の容器を再使用した。箱には内部のヘッドスペースガスを採取するためのPP製アダプターを取り付けた。

2. 貯蔵試験

材料を一度箱から取り出し、損傷の有無を検品した後、青ウメはバラ詰め、ホウレンソウはできる限り箱内の配置

が購入時と同じとなるように試験用の容器に詰め替え、封かんした。箱詰め量は青ウメでは10kg、ホウレンソウでは6kgであった。T-CAの封かんはPP粘着テープによるI字貼りで、対照の封かんはステープル止めで行った。青ウメは5℃および25℃、ホウレンソウは5℃および20℃で貯蔵した。

貯蔵中に箱内の温度、湿度、ガス濃度(酸素、二酸化炭素、エチレン)、内容物の鮮度・品質等を調査した。

3. 測定方法

温度および湿度は温湿度記録計(株佐藤計量器製作所: SK-L200TH)のセンサーを容器内に設置して測定した。

箱内のガス濃度はガスクロマトグラフで測定した。箱に取り付けたガス採取用アダプターよりガスタイトシリジンを用いて内部ヘッドスペースガスを採取し、酸素および二酸化炭素はGC-3BT(株島津製作所: 充填材/シリカゲル+Molecular sieve, 検出器/TCD)で、エチレンはGC-

9A (株)島津製作所: 充填材/活性アルミナ, 検出器/FID) でそれぞれ測定した。

内容物の鮮度は主に外観観察により評価した。その他の指標として重量保持率, 等を適宜調査した。青ウメでは, 20果について産地指定のカラーチャートに基づいて熟度を判定し, 青ウメと認められる果実の割合を緑色果率として算出した。ホウレンソウでは萎れ, 黄化等の変色, オフフレーバーの発生を鮮度の指標とした。

結果と考察

1. 青ウメの貯蔵試験

青ウメは未熟果であり, 室温では急激に追熟して黄化や軟化が発生し, 商品性が低下する³⁾。一方低温で貯蔵すると果肉が変色する等の低温障害が発生する事がある^{4)~5)}。

貯蔵中の青ウメの緑色果率をTable 1に示した。5℃貯蔵ではT-CA, 対照とも徐々に低下する傾向を示したが, 21日後でも半数以上は緑色であった。値はT-CAの方がやや高いものの差は小さかった。ピッティングや果肉の褐変といった低温障害の発生は少なかった。25℃貯蔵では, 対照は2日目以降にほとんどの果実が黄化し, 緑色果率は急激に低下した。一方, T-CAは3日目まで高い緑色果率を維持した(Fig. 2)。しかし, 4日目以降には果肉に水浸状軟化や褐変が発生した果実が多くなり, 緑色果率も低下

した。果実の目減りは5℃貯蔵の21日目ではT-CAが0.6%, 対照が4.1%でT-CAの方が目減りは少なかった。25℃貯蔵の3日目ではT-CAの1.1%に対して, 対照の目減りは6.5%と大きかった(データ省略)。

Table 1 Ratio of green-color fruits^x in mature-green mume fruits during storage (%)^y

Days of storage	5℃		25℃	
	Control	T-CA	Control	T-CA
1	80	100	90	80
2	95	90	10	80
3	100	95	0	75
4	95	90	0	15
7	70	75	0	0
10	60	80	—	—
21	60	70	—	—

^x Fruit which over 60% of surface area was green was defined as "green-color fruit".

^y Rate of green-color fruits in 20 fruits that randomly sampled from box



Fig. 2 Mature-green mume fruits after 3 days stored at 25℃
Package / A : Control, B : T-CA

箱内の温度は5℃貯蔵, 25℃貯蔵とともに貯蔵庫内とほぼ同じで, 対照とT-CAの間に大きな差はなかった。湿度は, 5℃貯蔵ではどちらも貯蔵庫内とほぼ同じで100%近くであった。25℃貯蔵では庫内の湿度は60%であったが, T-CAは95%程度を保っていた。一方, 対照はやや低く85~90%であった。(データ省略)。

箱内の酸素および二酸化炭素濃度の変化をFig. 3に, エチレン濃度の変化をFig. 4に示した。T-CAの5℃貯蔵では酸素16%・二酸化炭素5%, 25℃貯蔵では酸素4~5%・二酸化炭素20%程度で推移した。対照では酸素・二酸化炭素ともに大気と同レベルの濃度で推移した。エチレン濃度はT-CAの5℃貯蔵では徐々に増加して14~15日頃に約11ppmでピークとなり, 以後は低下傾向を示し

た。25℃貯蔵では2日目以降急激に上昇して4日目に400ppmでピークとなり, それ以降は低下した。対照のエチレン濃度は5℃貯蔵では0.1~0.2ppm, 25℃貯蔵では5.0~7.5ppmでT-CAと比べて低かった。貯蔵庫内のエチレン濃度も対照と同じ程度まで上昇していたことから, 対照箱の青ウメから発生したエチレンのほとんどは箱の外へ流出し, 貯蔵庫内に蓄積したと考えられる。

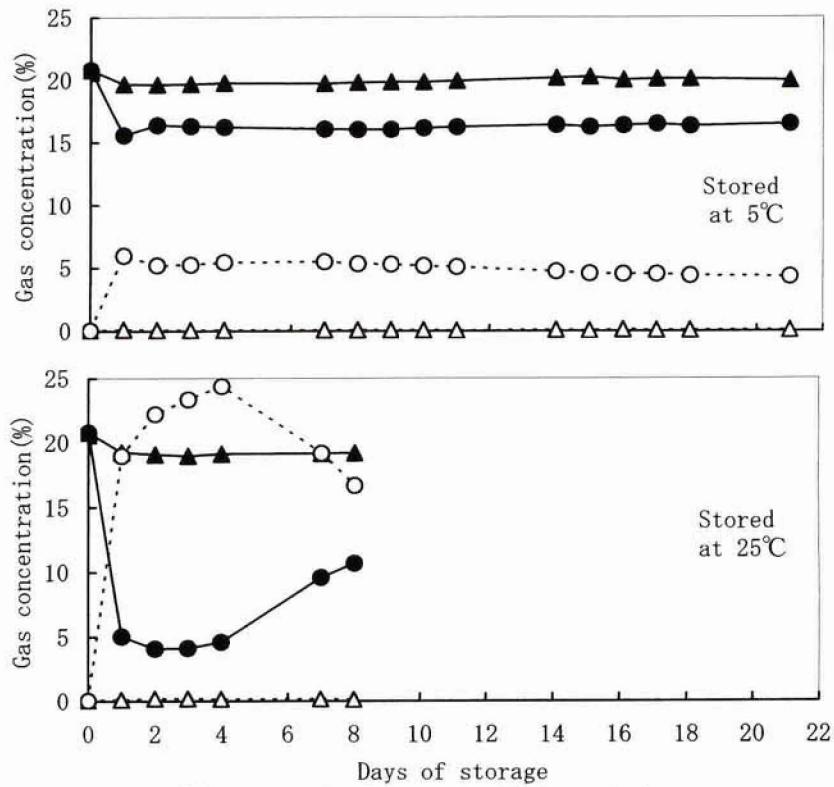


Fig. 3 O₂ and CO₂ concentration in control or T-CA packaging mature-green mume fruits during storage

—▲— Control / O₂ —●— T-CA / O₂
 —△— Control / CO₂ —○— T-CA / CO₂

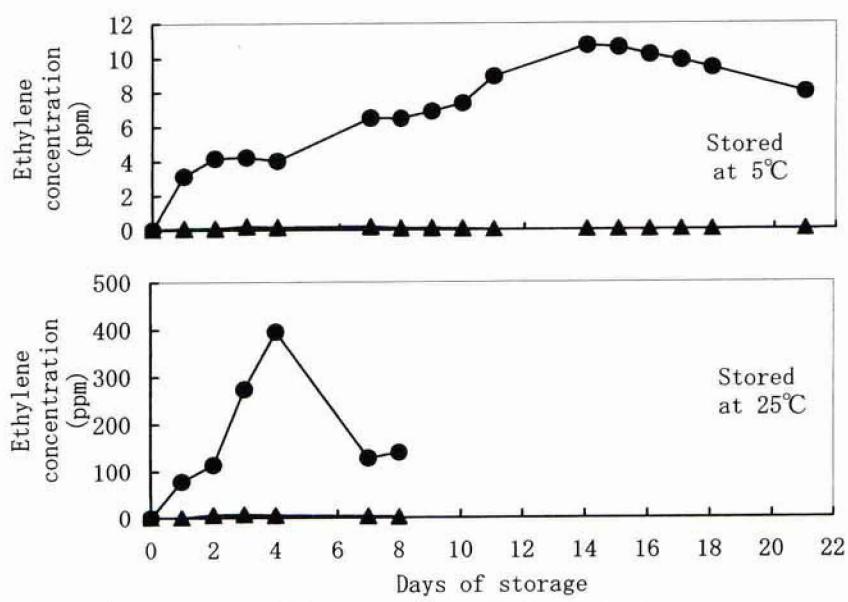


Fig. 4 Ethylene concentration in control or T-CA packaging mature-green mume fruits during storage

—▲— Control —●— T-CA

青ウメの貯蔵、すなわち追熟抑制にとって好適なガス濃度は低温では酸素2~3%・二酸化炭素5%^{6)~7)}、室温では酸素3~5%・二酸化炭素10%前後^{8)~10)}であると考えられる。5℃貯蔵においては、T-CA内の二酸化炭素濃度は好適な濃度となつたが、酸素濃度の低下は不十分であつた。その結果、追熟抑制効果が十分ではなく、徐々に追熟が進んだために緑色果率が対照とそれほど変わらなかつたものと推察される。25℃貯蔵では酸素濃度は好適な領域にあり、上昇した二酸化炭素濃度と相まって追熟抑制がなされたと考えられる。一方、T-CA内の二酸化炭素濃度は好適濃度よりかなり高かった事から、4日目以降にみられた果肉の異常はこれが原因となって引き起こされた可能性が考えられる^{11)~12)}。T-CA内のエチレン濃度が増加したことから、エチレン生成は完全に抑制されたわけではなさそうである。今回はエチレン生成速度を測定していないので、エチレン生成が対照より少ないかどうかは明らかではない。

普通段ボールについては追熟抑制効果を全く期待できないことが分かった。また重量保持率の変化から、貯蔵温度が高い、または環境の湿度が低い場合には、重量低下（目減り）が大きくなると考えられた。

2. ホウレンソウの貯蔵試験

ホウレンソウは呼吸量が多く、萎れや老化の指標である

葉の黄化が発生しやすいため、特に室温では鮮度保持が難しい品目である¹³⁾。

貯蔵中のホウレンソウの品質変化をTable 2に示した。5℃貯蔵では10日目まで鮮度が保たれ、T-CAと対照との間に差はなかった。14日目になると対照では黄化および萎れが発生し、一方T-CAでは異臭が発生してそれぞれ鮮度低下が明らかとなった。25℃貯蔵では、対照は3日目に葉の萎れや黄化が発生して鮮度が著しく低下したのに対し、T-CAではこれらの変化が少なく、3日目の時点では対照より鮮度が優れた。しかし、6日目には強い異臭が発生し、鮮度低下が明らかとなった。

箱内の温度は対照では貯蔵庫内と同じであった。T-CAは5℃貯蔵では貯蔵庫内と同じであったが、20℃貯蔵では貯蔵庫内よりやや高く22.7℃となった。今回のホウレンソウは箱に隙間無く、きつく詰められていた（一箱に20束詰め）。ホウレンソウは比較的呼吸の活発な野菜のため^{14)~15)}、T-CAでは呼吸に伴って発生した熱（呼吸熱）が中にこもり、箱内の温度がやや高くなってしまったものと推察される。箱内の湿度については、5℃貯蔵では貯蔵庫内の湿度自体が95%と高かったためか、どちらも100%近くであった。20℃貯蔵では庫内の湿度は30%程度と低かったが、T-CA内は98%程度と高い湿度に保たれた。対照では1日目の90%程度から徐々に低下し、6日目には75%となった。（データ省略）

Table 2 Changes of quality attributes in spinach during storage

Quality attributes*	Storage temp. (℃)	Package type	Days of storage				
			1	3	6	10	14
Yellowing	5	Control	1	1	1	2	3
		T-CA	1	1	2	2	2
	20	Control	1	3	4		
		T-CA	1	2	3		
Wilting	5	Control	1	1	2	2	3
		T-CA	1	1	1	1	2
	20	Control	1	3	4		
		T-CA	1	2	3		
Off-flavor	5	Control	1	1	1	1	2
		T-CA	1	1	1	1	3
	20	Control	1	1	3		
		T-CA	1	2	4		
Freshness	5	Control	1	1	1	2	3
		T-CA	1	1	1	2	3
	20	Control	1	3	4		
		T-CA	1	2	4		

* : Score

Appearance of yellowing, wilting and off-flavor / 1 : non, 2 : slightly, 3 : apparently, 4 : remarkably

Freshness / 1 : fresh, 2 : slightly deteriorated, 3 : apparently deteriorated (not salable), 4 : extremely deteriorated

箱内のガス濃度の変化をFig. 5に示した。T-CA箱内は5℃貯蔵では酸素18%・二酸化炭素3.5%, 20℃貯蔵では酸素8.5%・二酸化炭素13.5%程度で推移した。対照は5℃

貯蔵, 20℃貯蔵ともにほとんど変化が無く, 大気と同レベルの濃度で推移した。

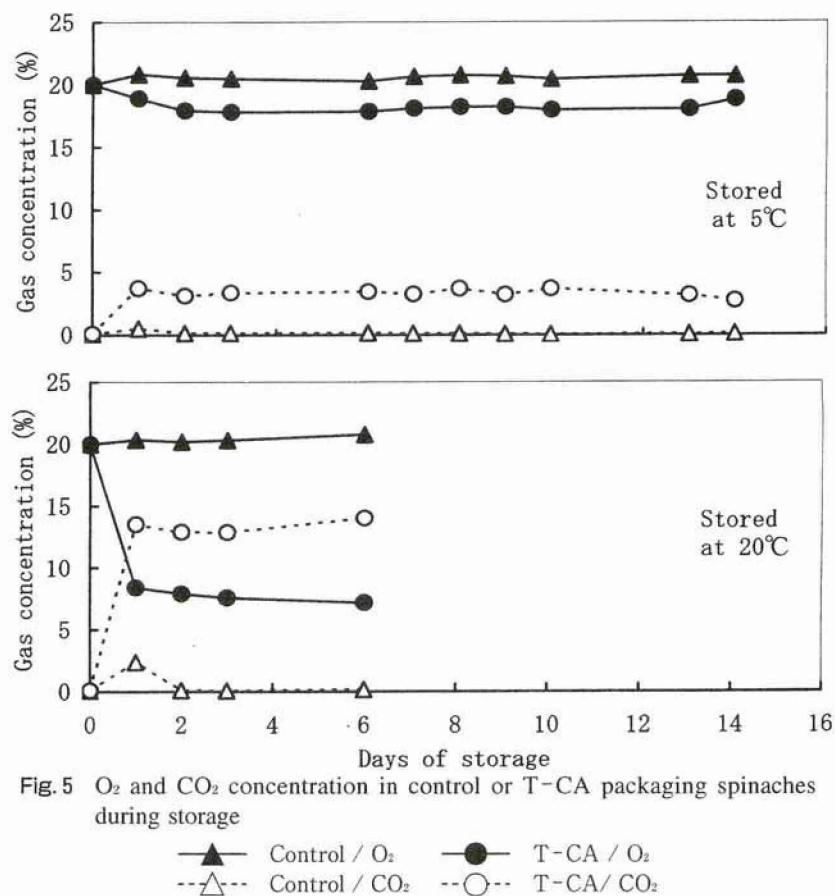


Fig. 5 O₂ and CO₂ concentration in control or T-CA packaging spinaches during storage

▲ Control / O₂ ● T-CA / O₂
△ Control / CO₂ ○ T-CA / CO₂

文献等によるとホウレンソウの鮮度保持に好適なガス濃度は、低温では酸素5~10%・二酸化炭素5~10%¹⁶⁾、室温では酸素11~18%・二酸化炭素3~9%¹⁴⁾と考えられる。T-CAでも5℃貯蔵ではガス濃度があまり変化せず、好適レベルに達していなかった。そのため呼吸が十分に抑制されず、要因は異なるものの鮮度低下が対照と同様になったと考えられる。20℃貯蔵のT-CA包装では湿度の保持と酸素濃度が低下したことにより蒸散や呼吸が抑制され、その結果として対照よりも萎れや黄化の進行が遅らされたと考えられる。しかし、好適なレベルと比較して酸素濃度は低く、二酸化炭素濃度は高い状態となってしまったために、異臭の発生につながったと推察される。対照の普通段ボールでは青ウメの結果と同様に鮮度保持効果は無く、室温では湿度を高く保つ事ができずに萎れが発生し、また酸素濃度も高かった事から老化が速く進み黄化が発生したと考えられる。

3. T-CAの鮮度保持効果

T-CA箱内の温度は貯蔵庫内とほぼ同じとなり、冷蔵庫では内容物が普通段ボールと同じく低温に保たれる事が分

かった。室温域ではホウレンソウの結果でみられたように、呼吸量が多い品目を隙間無く詰めた場合には、その呼吸熱が内部にこもって外気よりも箱内の温度が高くなる事が考えられる。従って、箱詰めに際してはこの点に留意する必要がある。

T-CA箱内の湿度は低温貯蔵、室温貯蔵のどちらにおいても95%以上と高く保たれ、蒸散抑制・萎れの防止効果を得られる事が分かった。

ガス濃度の変化によるMA包装効果の有無に関しては、低温貯蔵では酸素濃度・二酸化炭素濃度ともに変化が少なく、効果を得にくいと考えられた。これはI字貼りでの封かんではH字貼りより密封性が劣るためと考えられた。室温域での貯蔵・流通では酸素濃度の低下、二酸化炭素濃度の上昇が大きく、I字貼りで封かんしてもMA包装効果を得られる事が分かった。ただし箱内のガス濃度は必ずしも最適な濃度域を達成できるとは限らず、長期間の鮮度保持は困難であることも分かった。この問題に関しては、品目ごとに包装条件を検討してやることである程度解決できるのではないかと考えられる。

4. 普通段ボール箱と比較したT-CA

普通段ボールでは貯蔵庫内の湿度が低い場合には、内容物の水分損失が大きくなり、目減りや萎れが発生して鮮度・品質が低下する可能性が高い事が分かった。一方、T-CAでは貯蔵庫内の湿度環境にかかわらず、箱内の湿度は常に高く保たれるため目減りや萎れを少なく抑えることができる。普通段ボールでは箱内のガス濃度は大気とほとんど同じであるため、MA包装効果は全く期待できない。T-CAは室温域ではMA包装効果により、鮮度低下の速い品目の商品寿命を普通段ボールより1~2日延ばすことが可能である。以上より、T-CAは普通段ボールより鮮度保持性において優位であると考えられる。

要 約

東罐興業(株)の「たもっちゃん[®]T-CA[®]」(以下、T-CA)は青果物の鮮度保持段ボール箱として開発された。本製品はカボスやりんごを箱詰めしてH字貼りで厳重に封かんし、冷蔵すればCA貯蔵のみの鮮度保持効果が得られる。このT-CAについて①他の青果物に適用した場合、②冷蔵よりも高い温度条件で貯蔵した場合、③H字貼りよりも簡便なI字貼りで封かんした場合における鮮度保効果を評価し、普通段ボール箱を対照として比較した。

青ウメを5℃および25℃で貯蔵した結果、5℃貯蔵では鮮度変化の差は小さかったが、25℃貯蔵では対照が2日目以降に急激に追熟して黄化したのに対して、T-CAでは3日目まで緑色を保持できた。このとき、T-CA内の酸素濃度は貯蔵に好適なレベルにあり、上昇した二酸化炭素濃度と相まって追熟による黄化が抑制されたと考えられる。

ホウレンソウを5℃および20℃で貯蔵した結果、5℃貯蔵では鮮度変化の差は小さかった。20℃貯蔵では対照が3日目に葉の萎れや黄化の発生によって鮮度が低下したのに対して、T-CAではこれらの変化が少なく、3日目の時点では対照より鮮度が優れた。しかし、6日目には強い異臭が発生して鮮度は低下した。20℃貯蔵のT-CA内は湿度が高く、また酸素濃度が低下したことにより蒸散や呼吸が抑制され、その結果萎れや黄化の進行が遅くなったと考えられる。しかし、好適なレベルより酸素濃度は低く、二酸化炭素濃度は高くなつた事が異臭の発生につながつたと推察される。

T-CAはどちらの品目においても箱内の湿度が高く、普通段ボールと比べて水分損失による目減りや萎れが少なかった。低温貯蔵では箱内のガス濃度変化が小さくMA包装効果を得にくかった。室温貯蔵ではI字貼り封かんでも箱内の酸素濃度の低下、二酸化炭素濃度の上昇が起こり、その結果として追熟や老化を抑制し、普通段ボールよりも商品寿命を1~2日延長することが可能であった。以上より、T-CAは普通段ボールより鮮度保持性において優位であると考えられる。

文 献

- 1) 川合良岳, 平 和雄: 包装技術, 32, 162~165 (1994).
- 2) 城所 東, 松丸義晴, 長澤重樹, 平 和雄, 川合良岳: 包装技術, 33, 142~148 (1995).
- 3) 稲葉昭次, 中村怜之輔: 園学雑, 49, 601~607 (1981).
- 4) 岩田 隆, 緒方邦安: 園学雑, 44, 422~428 (1976).
- 5) 岩田 隆, 木下光子: 園学雑, 47, 97~104 (1978).
- 6) 田村 勉: 青果保藏汎論, 203, 建帛社, 東京 (1977).
- 7) 農產物流通技術研究会 編: 2000年版農產物流通技術年報, 218, 流通システム研究センター, 東京 (2000).
- 8) 小役丸孝俊, 塔田和宏, 小野嘉則, 迫田直一: 園学雑, 64, 639~648 (1995).
- 9) 小役丸孝俊: 園学雑, 66, 409~418 (1997).
- 10) 加地浩章, 池辺哲郎, 箕島 豊: 日食工誌, 38, 787~803 (1991).
- 11) 浅見逸夫, 田中喜久: 愛知県農業総合試験場報告, 22, 259~265 (1990).
- 12) 浅見逸夫, 田中喜久: 愛知県農業総合試験場報告, 22, 267~274 (1990).
- 13) 緒方邦安, 伊藤卓爾, 岩田 隆: 日食工誌, 21, 395~399 (1974).
- 14) 永井耕介, 羽瀬維子, 小河拓也, 中川勝也: 日本食品保藏科学会誌, 23, 133~138 (1997).
- 15) 日坂弘行: 日食工誌, 36, 956~963 (1989).
- 16) 濱口啓一: フードパッケージング, 31, 45~63 (1987).