

高ガス透過度のフィルム資材を利用した MA貯蔵によるブロッコリーの品質保持

堀田 博¹⁾、名和義彦²⁾、佐藤和憲¹⁾、石谷孝佑³⁾
竹下耕二⁴⁾、高橋麻子⁴⁾、中川義博⁴⁾

Quality preservation of broccoli by modified atmosphere packaging with two types of film having a high gas permeability

Hiroshi HORITA¹⁾, Yoshihiko NAWA²⁾, Kazunori SATO¹⁾, Takasuke ISHITANI³⁾
Koji TAKESHITA⁴⁾, Asako TAKAHASHI⁴⁾ and Yoshihiro NAKAGAWA⁴⁾

Several types of micro-perforating (MP) films, having a high gas permeability, were made by processing plastic film surface by passing through press perforating rollers.

MP films have an sufficient strength to being operated with packaging machine. Several type of MP films having different gas permeability could be reproductively made with established press perforating procedure, and a mass production of MP films were possible.

The gas permeability of MP films did not depend on the temperature, and were almost similar between oxygen and carbon dioxide, this quality was different from the case of polyolefinic films as the polyethylene that has selective gas permeation between oxygen and carbon dioxide. The gas permeability of MP films declined when micro-perforations were covered with small drops of water.

When the broccoli (*Brassica oleracea L. italica*) was packaged with the MP film, the inner gas concentration of carbon dioxide was higher than that of polyolefinic films, and quality of broccoli was preserved with modified atmosphere packaging. Furthermore, reduction in inner gas volume of the package during storage did not occurred.

The gas permeability of polymethylpentene (PMP) film was 10 times higher than that of the polyethylene film of the same thickness, and this film has a selective gas permeability between oxygen and carbon dioxide.

We made PMP basic films laminated with polyethylene, and these films have a high gas permeability of both oxygen and carbon dioxide.

Quality of broccolis packaged with PMP basic films were preserved in modified atmosphere packaging, and an oxygen starvation in the packaging was avoided. But these films have an insufficient strength to be operated with packaging machine, we concluded that polymethylpentene basic laminated films could not be used in a commercial packaging at present.

¹⁾ 農林水産省農業研究センター (〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1) : National Agriculture Research Center. 〒305-8666 1-1-3 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki

²⁾ 同上 (現在 農林水産省国際農林水産業研究センター、〒305-8686 茨城県つくば市大わし1-2) : Japan International Research Center for Agriculture Sciences, 〒305-8686 2-1 Oowashi, Tsukuba, Ibaraki

³⁾ 同上 (現在 農林水産省東北農業試験場、〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字赤平4) : Tohoku National Agricultural Experiment Station, 〒020-0123 4 Aza-akahira, Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate

⁴⁾ 凸版印刷(株)包装研究所 (〒345-0046 埼玉県北葛飾郡杉戸町高野台南4-2-3) : Packaging Division, Toppan Printing Co., LTD. 〒345-0046 3-2-4 Takanodai-minami, Sugito-machi, Kita-katsushika gun, Saitama

フィルム表面を特殊技術で穿孔した、ガス透過度が非常に高い微細孔フィルムを数種類試作した。そのフィルムは包装機械適性のある強度を持ち、目標透過度に近いものが再現性良く加工可能となり、安定的に量産できた。なお、フィルム面に水滴が付くとその微細孔が水で塞がれるため透過度が悪くなった。特徴として、温度によるガス透過度の差はほとんどなく、酸素と二酸化炭素の選択透過性も余りない。そのため、青果物を密封包装すると内部はポリオレフィン系フィルム（例；PE）に比べ高二酸化炭素状態となり、MA効果により青果物の鮮度保持の延長が可能であった。ポリオレフィン系フィルムの場合でみられる密封包装の減圧状態は、このフィルムの場合には起こらない。

ポリメチルペンテン(PMP)フィルムは、同じ厚さのPEフィルムの約10倍のガス透過度があり、その高透過度を持ちながら酸素と二酸化炭素のガス透過比を調整したフィルムを設計・製造した。その結果、密封包装内部の酸欠を回避し、品質保持に効果があった。現段階では、包装資材として強度不足のため包装機械適性がなく、実用性がないと判断した。

1. 緒言

青果物の流通・貯蔵温度は、一部のものが例外はあるが、5℃前後の低温を保ったコールドチェーンで流通させるのが理想である¹⁾。しかし、生産現場から集荷場に集められた野菜は予冷され²⁾、断熱性の良い段ボール箱や発泡スチロール箱等に詰められて、保冷トラックで消費地の野菜市場や流通センター等に

運ばれて来るが、そこには保冷施設がほとんどなく放置される場合が多いため、品温が上がり（品温もどり）^{3・4)}、夏期では30℃近くまで上昇し、品質が落ちるという結果⁵⁾が得られている。さらに、小売り店頭でも全ての青果物が冷蔵ショーケースに収容されるわけではない。即ちせっかくのコールドチェーンが繋がっていないのである⁶⁾。

そこで、20℃前後の温度帯に置いた場合でも品質低下を抑えることができるよう、青果物を密封包装し、その呼吸によって内部を低酸素・高二酸化炭素濃度にして、その後の青果物自体の呼吸量を抑制するMA効果（呼吸抑制効果）により、品質保持期間の延長を目指した研究^{7~14)}と、その実用例¹⁵⁾が増えている。

これは、ほとんどの小売り店での販売形態が、取り扱い易さや、消費者が他人の触っていない物を望む傾向、さらにバーコード等の売値ラベルを貼り付けるのに適当な、小袋パック詰めになっているため¹³⁾、同じ袋詰めのコストをかけるならばそのまま密封包装を導入した方がよいという考えによるためであろう。しかし、フィルムのガス透過度やその他の性質を考慮に入れずに密封包装すると、袋内が酸欠状態になり嫌氣的異臭が生じ、逆に品質低下を加速してしまう場合^{8・11)}もある。そのため、呼吸量の多い野菜にはガス透過度の高いフィルム材質が要求される¹⁶⁾。従来のフィルムの中ではガス透過度が高い低密度ポリエチレンフィルム¹⁶⁾が有望であるが、呼吸量の大きな青果物に適應させるにはかなり薄くしなければならず、それでは実用的な強度が得られないので、包装資材には採用しがたいという問題がある。

今回は、呼吸量の大きい青果物の密封個別包装に対応可能なガス透過度の非常に高いフィルムとして、近年開発された微細孔フィルム¹⁵⁾とポリメチルペンテンフィルムを用いてブロッコリーの品質保持効果について検討した。前者はフィルム表面から微細な穴を開けてガス透過度を調節するタイプのものであり、後者は透過度が非常に高い素材であるポリメチルペンテン¹⁶⁾の単層およびこれを主体とした積層フィルムである。

これらのMA包装資材としての実用性を評価するため、MA効果による貯蔵期間延長実験を行ったので、ここに報告する。

なおブロッコリーは呼吸量が大きく、密封包装した場合その内部の酸素濃度が高いと花蕾が黄変し、逆に少な過ぎるとアブラナ科特有の強い嫌氣的異臭を生成するなど、その変質の兆候が明らかであり、密封貯蔵試験の終点の判定が容易であるため³⁾、試験材料として用いた。

2. 実験方法

1) 試験材料

材料としたブロッコリーは、当農業研究センター圃場で栽培収穫した1993年産の“緑嶺”および、長野県の浅間農協小沼支所管内で栽培収穫された“ハイツ”を使用した。後者は発泡スチロール箱に氷詰めした集荷態勢で5℃以下に保ち、クール便により集荷翌日の午前中に当センター到着したものをを用いた。

2) 使用フィルム

高ガス透過度のフィルムとして、微細孔系フィルム [ポリエチレンと延伸ポリプロピレ

ン (OPP) の積層フィルムに特殊技術 (株ポーラステクノ)¹⁷⁾で穿孔したもの] およびポリメチルペンテン系選択透過性フィルム (ポリメチルペンテンとポリエチレンの積層フィルム、PMP系) を用いた。いずれも凸版印刷(株)包装研究所で試作されたものを使用した。直鎖低密度ポリエチレンフィルム (PE系) は昭和電工(株)より供試のものを、銀ゼオライト練り混みフィルム (ポリエチレンに5% 銀置換粒子を3% 練り混みしたもの、AG系) はシナネン(株)から供試されたものをそれぞれ使用した。

Table 1 Oxygen and carbon dioxide gas permeabilities of various plastic films

Film type	Thickness (μ m)	Permeability ^{a)}		Permeability ratio of CO ₂ to O ₂	
		O ₂	CO ₂		
MP ^{b)}	type-1	39.3	67,000	100,000 (22,000) ^{c)}	1.5 : 1
	type-2	39.7	19,000	28,000 (13,000)	1.5 : 1
	type-3	39.6	9,000	10,000 (5,700)	1.1 : 1
PMP ^{d)}	type-1	29.9	36,000	140,000	3.9 : 1
	type-3 ^{e)}	33.6	20,000	79,000	4.0 : 1
PE ^{e)}	type-1	15.1	7,000	36,000	5.1 : 1
	type-2	18.4	5,400	29,000	5.4 : 1
	type-3	25.9	4,100	16,000	3.9 : 1
AG ^{f)}	type-1	26.2	7,800	37,000	4.7 : 1

^{a)} Permeabilities were measured at 15 °C ($\text{ml} / \text{m}^2 \cdot 24\text{hr} \cdot \text{atm}$)

^{b)} MP: Micro-perforating

^{c)} The permeability when MP film surface was covered with small drops of water

^{d)} PMP: Polymethylpentene

^{e)} PE: Polyethylene

^{f)} AG: Polyethylene mixed with synthetic zeolite powder containing silver

^{g)} PMP and PE laminated film

それぞれのフィルムのガス透過度は表1に示す通りである。

3) ガス透過度の測定法

①日本分光製ガス透過測定装置 (ガスパーム)¹¹⁾による測定

本装置を15℃恒温室 (実測16℃) 内に設置して、二酸化炭素および酸素の純ガス (純度99.99%) を使い、一定面積の固定したフィルム面に1気圧の気圧差をかけて一定時間透

過させ、その量を測定した。

②容器内部のガス置換速度を直接測定する方法¹⁸⁾

片側が開口したアクリル製の円筒容器（内径 13 cm、高さ 15 cm）の開口部にフィルムを固定し、内部の炭酸ガス濃度を約 80% にして、恒温恒湿室（15℃、70%）に置き、ガスクロマトグラフ（GLC）用の注入口ゴムでフタをした横の小孔（ ϕ 3 mm）から内部ガスを経時的に約 0.5 ml サンプリングし、GLC で酸素と二酸化炭素の濃度を測定した。

4) 袋内の酸素および二酸化炭素濃度の測定

袋の表面に粘着ゴム板（東レエンジニアリング製）を貼り、袋内雰囲気ガスをガスタイトシリンジで 0.5 ml 採取し、GLC で酸素と二酸化炭素、窒素ガス量を測定した。その分析条件は、モレキュラーシーブ 5 A とポラパック Q を充填した並列カラム（ともに内径 3 mm \times 2 m）を装着し、TCD 検知器を設置した島津 GC 3 A ガスクロマトグラフを用いて行い、カラム恒温槽は 60℃ 定温、キャリアーガスは He ガス 1 ml/分の条件で、採取ガス量 0.5~1 ml を注入して分析した。得られたクロマトグラムは島津 C-R 1 A データ処理装置により解析し、酸素、二酸化炭素、窒素のそれぞれの組成を % 濃度として求めた。

5) 保存試験

保存試験は、20℃・相対湿度（RH）90%、および 10℃・RH 90% の恒温恒湿条件で行った。

6) L-アスコルビン酸の定量

青果物約 10 g に 2% メタリン酸を約 80 ml 加えてミキサーで粉碎・抽出し、100 ml にフィルアップした後、ろ紙（東洋ろ紙 No. 2）とミリポアフィルター（0.45 μ m）でろ過したものを、高速液体クロマトグラフ（島津 6 A システム）で分析した¹⁹⁾。その条件は、溶離液は 1% メタリン酸、流量 1 ml/分、カラムはガードカラム付の Shim-pack CLC-ODS（内径 4.6 mm \times 250 mm、島津）、検出は島津 SPD-6AV 検出器で測定波長は 254 nm、データ処理は島津 C-R4A クロマトパックを用い、定量を行った。

7) 表面色の測定は、表色計 Z1001DP（日本電色製）により、花蕾の頂部のハンター表色値（Lab）を測定した。

3. 実験結果

1) 微細孔フィルム

微細孔フィルムの微細孔は図 1 のような、

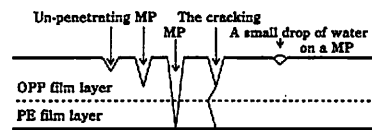


Fig. 1 The vertical cutting surface model of the MP film laminated with OPP and PE

OPP: Oriented polypropylene

A micro-perforation also can be made from the PE side
Another abbreviations are the same as those of Table 1

表面からある程度の深さまで削り取られたような形態で、その細孔径は数~数十 μ m で、貫通した穴だけではなく、未貫通や半貫通のもの、さらに割れ目を持つもの等が多数存在すると考えられる¹⁵⁾。そのため、加圧する測定操作を伴う透過度測定器（ガスパーム）では正確な透過度が測定できず（データ未掲載）、

異常に高い値となった。これは、加圧により半貫通の割れ目が開口するためと推定され、このような穴開きフィルムの透過度の測定法としては、この方法は不相当と判断し、実験方法にある②の方法で透過度の測定を行った。

フィルムの加工方法については、微妙な機械の調整や0.1 μm単位の深度の調節をする特殊技術を含め、加工について専門業者に依頼し、製造時のバラツキを小さくした結果、目標透過度に近いフィルムを大量に再現性良く加工できるようになった(データ未掲載)¹⁷⁾。

このフィルムのガス透過度は非常に高いものが製造可能である(表1)^{15)・17)}。

なお、フィルム面に水滴が付着したときに透過度が悪くなる(表1)^{9)・15)}が、これは微細孔が水で埋められるためと推定した(図1)。

5~25℃の間における温度の違いによるガス透過度の差はほとんどなく(表2)、また

Table 2 Temperature-dependent changes in oxygen permeability of MP films

Film type	Measuring temperature		
	5 °C	15 °C	25 °C
Type-4	9,000	9,500	10,000
Type-5	5,600	5,900	6,000

Abbreviation is the same as that of Table 1

酸素と二酸化炭素の選択透過性もあまりない(表1)が、わずかに見られる差は積層したポリエチレン層の厚さによるものと思われる(図1)。

貯蔵試験の結果、酸素と二酸化炭素の選択透過性があまりないため、袋内の酸素濃度が呼吸で消費されて下がるにつれて、二酸化炭素濃度が反比例して増加し、非常に高濃度になる場合もあった(図2)⁹⁾。

表3に示すように、ガス透過度が非常に高い微細孔-1の場合は、内部酸素濃度がほと

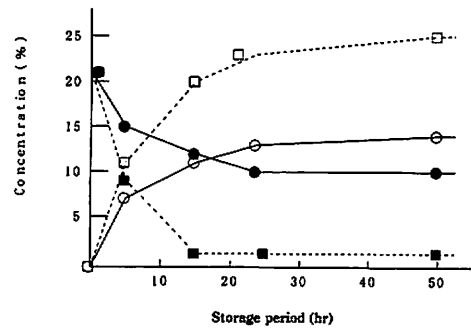


Fig. 2 Changes in oxygen and carbon dioxide concentrations in MP film packagings during storage of broccoli at 20 °C

- : Carbon dioxide concentration of MP type-1 film
 - : Oxygen concentration of MP type-1 film
 - : Carbon dioxide concentration of MP type-2 film
 - : Oxygen concentration of MP type-2 film
- Types of MP films: refer to Table 1

Table 3 The result of storing broccoli packaged with various films

Film type	Storage temp. (°C)	Concentration ^{a)}		Stable period (days)	Deterioration appeared at the end of storage ^{b)}	MA effect (%) ^{c)}
		CO ₂ (%)	O ₂ (%)			
MP type-1	10	5.5	17.0	9	CY·DF	25
	15	10.5	12.0	6	CY·Slightly DF	39
	20	13.0	9.5	4	CY·DF·R	25
MP type-2	10	18.5	6.0	10	CY·DF	76
	15	18.5	5.0	14	Partially R	27
	20	25.0	1.0	2	D·AF	41
MP type-3	10	18.5	3.0	8	DF·R	34
	15	25.0	1.0	2	AF·A	24
	20	25.0	1.0	2	D·AF	17
PMP type-1	10	2.5	17.0	4	CY·DF	100
	15	3.0	11.0	3	CY·Slightly DF	74
	20	4.5	8.0	2	CY·Slightly DF	89
PMP type-3	10	4.5	4.0	9	CY·Slightly DF	75
	15	4.5	3.0	9	CY	42
	20	5.0	3.0	4	CY·DF	33
PE type-1	15	4.5	5.0	7	Partially R	44
PE type-2	10	5.5	3.5	4	Partially R·RS	53
	20	5.5	1.5	3	D·AF	24
AG type-1	10	5.0	2.0	10	-	-
	20	7.0	2.0	2	AF	-
Non-packaging	10	-	-	7	CY	-
	15	-	-	3	CY	-
	20	-	-	2	CY	-

a) Equilibrated inner gas concentration at the end of storage

b) CY: Surface color changes to yellow, D: Decomposition has begun, R: Rotted with a germ, DF: An defensive off flavor, AF: An off flavor occurred with anaerobic condition, RS: A rotted smell

c) MA effect: Modified atmosphere effect¹⁸⁾. The ratio calculated with the respiration of broccoli in the packaging inhibited with oxygen starvation to that in air

Another abbreviations are the same as those of Table 1

んど下がらずに高いため黄変し、逆に微細孔-3の場合は酸素濃度が低過ぎて嫌氣的異臭を生成した。また、微細孔-2フィルムでは、袋内の平衡酸素・二酸化炭素濃度が貯蔵に好条件であったせい(ほぼ48時間で平衡に達した)、長期間(15℃で14日)、その外観を保持できた。むしろ10℃の方が貯蔵限界が10日

と短かった。

2) ポリメチルペンテン系選択透過性フィルム

選択透過性のあるポリオレフィンであるPMP系フィルムは、その特徴として、ガス透過度が非常に高く、同じような厚さでは、従来からある低密度ポリエチレンの約10倍近いガス透過度を持つ(表1、例えばPMP-1とPE-3)¹⁶⁾。

PMP-1はポリメチルペンテン(三井石油化学工業(株)製の樹脂を使用)だけの単層フィルムであるが、PMP-3はポリメチルペンテンとポリエチレンをラミネートして積層フィルムに加工したもので、ポリエチレンの厚さでその透過度を制御している。

これらのフィルムを使用した貯蔵試験の結果、袋内の酸素濃度も二酸化炭素濃度もともに低くなった(図3)。これは呼吸で生成した二酸化炭素の透過度が酸素の透過度より高い(4倍の選択透過性、表1)ため、二酸化

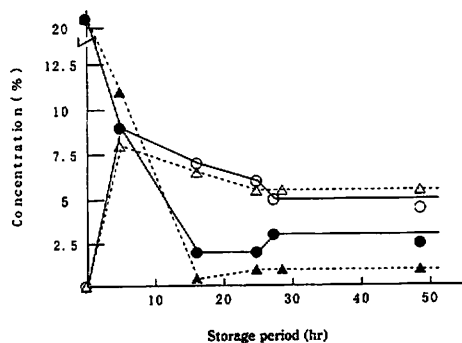


Fig.3 Changes in oxygen and carbon dioxide concentrations in PMP and PE film packagings during storage of broccoli at 20 °C
 ○ : Carbon dioxide concentration of PMP type-1 film
 ● : Oxygen concentration of PMP type-1 film
 △ : Carbon dioxide concentration of PE type-1 film
 ▲ : Oxygen concentration of PE type-1 film
 Types of PMP and PE film: refer to Table 1

炭素が袋内から出てしまうためであり、PE-1(あるいはPE-2)の透過性に近い性能を示した。

PMP系フィルムの二酸化炭素/酸素ガス透過比を、ラミネートするフィルムの厚さを調節することにより、直鎖低密度ポリエチレンの示す比約5より小さい約4にした結果、袋内の酸素濃度の低下のしすぎによる酸欠が回避でき、酸素濃度を約3%に維持できることがわかった(図3)。

なお、貯蔵の限界点では、PMP-1、-3フィルムともガス透過度が高く平衡内部酸素濃度が高いため黄変した(表3)。

3) PEおよびAGフィルム

AGフィルムの場合、10℃貯蔵の貯蔵限界は10日であったが、20℃貯蔵では内部酸素濃度が低いため、異臭が生成した(表3)。

PEフィルムでは、PE-2の場合でも内部酸素濃度は低く、嫌氣的異臭が生成した。透過度が高いPE-1の15℃での貯蔵限界は7日であった(表3)。共にフィルム内面に水滴が生じ、内部が良く見えない程になっていた。

4) フィルム密閉包装の限界

密封包装による貯蔵限界を無包装のものと比較すると、20℃の場合は2日に対して4日、15℃の場合は3日に対して最長14日と長く品質が保持される場合が多かった。なお、10℃の場合では無包装の貯蔵限界が7日に対してPE-2包装は4日と日持ち性が悪くなり、包装したことにより早く劣化した(表3)。微細孔-2の20℃、同-3の15・20℃、PE-2の10・20℃、AG-1の20℃のそれぞれの貯蔵後の異臭は嫌氣的な状態により生成したもので

ある。なお、花蕾表面の緑色は保たれていた。

5) 密閉貯蔵後のL-アスコルビン酸量および表面色の変化

密封包装したブロッコリーと無包装のものを貯蔵し、そのL-アスコルビン酸含量を分析し、残存量として表した(表4)。その結果、

Table 4 Changes of L-ascorbic acid content and the surface color of broccoli packaged with various films after storage

Film type	Storage temp. (°C)	Storage days	L-ascorbic acid residue (%) ^{a)}	Color score ^{b)}	Concentration (CO ₂ -O ₂ %) ^{c)}		
MP	type-1	10	7	50	100~200	5-18	
		20	3	60	-	13-9	
	type-2	10	10	95	70<	15-4	
		20	3	60	70<	>20-1	
	type-3	10	7	90	70<	19-4	
		20	2	95	70<	>20-1	
PMP	type-1	10	9	65	1500	2-12	
		20	3	50	100<	5-5	
	type-3	10	7	65	100<	4-4	
		20	4	50	-	5-3	
	PE	type-1	10	6	65	70<	5-6
			20	3	80	70<	6-1
type-2		10	4	100	70<	6-4	
		20	3	80	70<	7-1	
AG	type-1	10	10	100	70<	4-2	
		20	3	85	70<	9-3	
Non-packaging		10	7	20	600	-	
		20	3	40	1300	-	

a) The residue percentage of L-ascorbic acid content of broccoli after storage calculated against to that before storage

b) Color score calculated with L|b/a|. The score is 60-70 before storage, 100-150 when the surface of several buds spotty change to yellow, and over 500 when the surface of almost buds change to yellow

c) Concentration of oxygen and carbon dioxide at the end of storage

Another abbreviations are the same as those of Table 1

何れのフィルムでもMA包装したブロッコリーの場合の方が無包装のものよりもL-アスコルビン酸含量の減少が抑えられた。貯蔵終了時の酸素濃度が低い場合に特に残存量が多い傾向があった。

同時に測定した表面色値から計算したカラースコアも70以下のものは外観の変化は官能的には判定できない程度のものであり、貯蔵終了時の袋内酸素濃度が低い場合にはカラースコアはこのような低い値を示した。それに対して、微細孔-1フィルムの場合は花蕾部分の蕾の一部が点々と黄変した状態で

100~200の値であり、無包装や高ガス透過度のPMP-1フィルムで包装した場合はほぼ完全に黄変してしまい、1000以上の値を示した。

4. 考察

青果物中のL-アスコルビン酸含量の減少は品質劣化の先行指標と考えられ²⁰⁾、減少が大きい程品質劣化が著しいと考えられる。

表4のように、PMP系やPE系フィルムをはじめ、袋内が高二酸化炭素濃度になる微細孔フィルムの場合でも、MA包装資材として利用することにより、明らかにL-アスコルビン酸量の残存率が高くなり、無包装の場合に比べて品質をより長く保持できることが確認できた。しかしながら、包装内部が嫌気的かそれに近い状態だと、L-アスコルビン酸含量の減少が少なく、クロロフィル含量(データ未掲載)や外観の表面色変化がないなど、外観は非常にいい状態に保持されているように見えても(表4)、強い異臭が生じて商品価値はゼロ^{8・11)}になるような場合(表3)が観察された(微細孔-2・20℃、同-3・15℃・20℃、PE-2. 20℃、AG-1・20℃)。このように、外観やL-アスコルビン酸含量の変化がなくても青果物としての価値が失われることが密封包装した場合には起こることがわかった。袋内が嫌気的狀態にならないように、流通環境が多少高温になり呼吸量が増加しても、高温を想定して包装設計して透過度が少し高めのフィルムを使うのが良いと考えられる。

密封包装した場合の貯蔵限界を見ると(表3)、何れのフィルムの場合でも、20℃では4日程度が限度で、データの的には10℃で行な

わないと貯蔵期間延長の効果は少ないと思われる¹¹⁾。暖かい条件(20℃)で貯蔵した場合には腐敗症状が現れることが多く、密封袋内が開始後1~2時間で湿度100%に達し(データ未掲載)菌の生育環境として適した高温高湿度状態になるためと思われる。これは包装設計だけでは解決しない問題であり、畑の殺菌や作物の農薬散布歴による付着病原菌数の減少、収穫物の調製法等、プレハーベストでの改善が必要であろう。

PMP系フィルムは透過度が非常に高く、MA効果を発揮できる機能性フィルムとして実験的には優秀であるが、PMP-1、3とも包装資材としては引っ張りの強度不足のため包装機械適性がなく(データ未掲載)、樹脂の価格も高く、現段階では実用性がないと判断した。しかし、このフィルムの高透過度は捨てがたいものであり、樹脂の製造法の改良で強度が実用性ある段階まで改善されることが期待される。

AGフィルムは同じ厚さのPEフィルムに比べて透過度が約2倍高い(表1)。これはフィルム内に練り込まれた粒子により微細な隙間が生じ、高透過度のフィルムになった¹²⁾と考えられ、それによってMA効果が現れたために青果物の貯蔵期間の延長が可能になったものと推測した。

また、最近食中毒で注目されている抗菌フィルムも抗菌物質を練り込んで製造されるが、抗菌効果を出すには青果物とフィルムとが接触することが必要であり、ほとんどの場合、青果物自体に付着した菌に対する効果はないと思われる。効果を出すためにはフィルムに練り込むよりも、抗菌作用を持つ揮発性成分を袋内に充満させる方法²¹⁾が効果を発揮す

るだろう。

本貯蔵試験で、異臭や悪臭の生成を貯蔵中止理由とした場合が多いが(表3)、それらには三つの種類があった。一つは嫌気的な状態に置かれた場合に生成する嫌気的異臭で、貯蔵開始1~2日目に内部酸素濃度が急激に減少した場合に起きた(微細孔-2・20℃、同-3・15℃・20℃、PE-2、20℃、AG-1・20℃)。次に、黄変した場合に感じられた貯蔵中の臭いが蓄積したと思われるそれ程強くない異臭であった。さらに、内部に付着した水滴による腐りや軟腐病菌が原因である強烈な悪臭である腐敗臭であった。

微細孔フィルムの場合、袋内のガス組成が急変する期間を過ぎた実験開始2、3日後に袋内の一部に水滴が付着し始めた。そのため、呼吸量が少なくなった後なので内部は酸欠状態にはならず、水滴が付いて透過度が落ちた状態(表1)で、MA効果も加って、平衡ガス濃度に達した。

なお、穿孔加工のため、その面の透明性は多少悪くなり、荷姿の点では問題がないわけではなく、OPPフィルムのように包装した中身が良く見え消費者の印象も良くなる透明感¹⁵⁾は劣る。しかし、中身が全く見えなくなる訳ではないので、この高透過度フィルムを使用しているという証にもなる一つのメリットと考える。

以上のように、微細孔フィルムの特徴として、

(1) 透過度が非常に高いフィルムが製造できるので、呼吸活性の高い青果物包装に適している。そのため、包装の一部にこのフィルムを使用するトレイ包装のような包装形態も可能である。同等の透過度を得るためには、

ポリオレフィン系のPEフィルムでは厚みを数 μm 以下にしなければならず、その場合には包装資材としての強度が不足して実用性に問題が生ずる。

このように、密封包装に適応可能な高透過度の安価なフィルムが実用化されており、大きな普及が期待できる。

(2) 穿孔面は多少透明度が悪いのが欠点である。

(3) フィルム面に水滴が付着すると透過度が低下するので、その点の改善を検討中である。

(4) 高濃度の二酸化炭素による障害が起こる可能性のある青果物は、包装内の二酸化炭素濃度があまり高くないように包装設計する必要がある。

(5) 酸素より二酸化炭素の透過度が遥かに高いポリオレフィン系フィルムの場合でみられる減圧状態は、このフィルムの場合には起こらない。

(6) このフィルムは既にエノキタケの機能性包材として実用化試験が行われ、高い評価を受けた(データ未掲載)。

(7) 微細孔フィルム自体に加工費等も加わるため价格的に多少高い。そこで、現在のところ、もともと単価が高い青果物をその付加価値が落ちないように流通させる場合とか、一旦ショーケースに置いたら売れるか廃棄されるまで手をかけないコンビニでの利用(ほうれんそう、バナナ)、あるいは予冷できないきゅうりやなすなどを夏の暑さの中を事故なしに消費地まで届けるといった、消費者が経費を負担できる、あるいは合意・納得が得られる場合の用途に限定されている。

最後に、包装設計では見えてこない、プレ

ハーベスト段階での農薬散布歴や出荷形態への調製方法、あるいは密封包装で低酸素、高二氧化碳濃度下に置かれて起こる生理状態の変化は各青果物毎に、また、内部の酸素・二氧化碳濃度で異なると予測される。

そこで、流通させる青果物を使用し、その流通環境、出来れば実際の流通実地試験を行い、外観や成分変化だけでなく、実際に食べてみて味や香りに悪い変化が現れていないかを確認することも必要であり、これらの店順を踏まえた上で最適な包装フィルムの選択を行うことが望ましい。

5. 謝辞

種々の包装フィルムを試作をはじめ何かとご協力戴いた、株式会社ポラステクノ各位、ならびに農林水産省食品総合研究所食品包装研究室の各位をはじめ、ブロッコリー試料を提供下さいました農業研究センター野菜導入研究室(現在 野菜生産研究室)、各位に感謝致します。

<引用文献>

- 1) 田中俊一郎、“青果物・花き鮮度管理ハンドブック”(岩元陸夫、河野澄夫、岡村憲道、新堀二千男、西條了康、垣内典夫編)、サイエンスフォーラム、p.103 (1991)
- 2) 大久保増太郎、“野菜の高鮮度流通システムシンポジウム資料集”(プロジェクト研究第4チーム編)、農業研究センター、p.63 (1992)
- 3) 中村怜之輔、稲葉昭次、久保康隆、園芸学雑誌(別2)、550 (1992)

- 4) 土田広信、寺井弘文、水野雅史、園芸学雑誌 (別2)、552 (1992)
- 5) 堀田 博、名和義彦、青果物の簡易型スポット保冷装置による品質保持、農業および園芸、72 (1)、29 (1997)
- 6) 堀田 博、名和義彦、佐藤和憲、石谷孝佑、内海 昭、籠山 宏、伊瀬哲也、名取 寛、岡田秀美、青果物の簡易型スポット保冷装置による品質保持、日本食品保蔵学会誌、23、15、(1997)
- 7) 風見大司、佐藤隆英、中川弘毅、小倉長雄、高温短時間処理がブロッコリーの貯蔵性に及ぼす影響について、日本農芸化学学会誌、65、19 (1991)
- 8) 興座宏一、太田英明、野方洋一、石谷孝佑、常温貯蔵中におけるブロッコリーの品質に及ぼす包装資材の影響、日本食品工業学会誌、39、800 (1992)
- 9) 堀田 博、名和義彦、佐藤和憲、石谷孝佑、機能性フィルムによる野菜の品質保持、日本食品工業学会第41回大会講演集、82 (1994)
- 10) 浅見逸夫、藤田 健、青柳光昭、名和義彦、堀田 博、佐藤和憲、微細孔機能性フィルムの密閉包装による青うめの鮮度保持、“関東東海農業の新技术11号”、農業研究センター、p.325 (1995)
- 11) 山下市二、永田雅靖、高 麗朴、黒木利美、ブロッコリーのMA包装における温度条件が品質に及ぼす影響、日本食品工業学会誌、40、764 (1993)
- 12) 太田英明、興座宏一、中谷明雄、椎名武夫、井尻 勉、石谷孝佑、市販鮮度保持フィルムのエチレン透過性とブロッコリーの鮮度保持、日本食品低温保蔵学会誌、17、106 (1991)
- 13) 石谷孝佑、野菜の個包装化の条件とフィルム開発、青果物はどこでどう包装するか、食品流通技術、22、50 (1993)
- 14) 山村幸枝、中川善博、堀田 博、佐藤和憲、石谷孝佑、名和義彦、ブロッコリーのMA包装設計手法の検討、第3回日本包装学会年次大会講演要旨、70 (1994)
- 15) 竹下耕二、青果物の日持ち向上を実現する微細孔機能性フィルム「トッパンMAフィルム」、フレッシュフードシステム、25 (14)、5 (1996)
- 16) 石谷孝佑、ガス透過性包材、日本農芸化学学会誌、68、1311 (1994)
- 17) 加川清二、多孔質有機系フィルム、その製造方法および青果物鮮度保持フィルム、特公平7-47559 (1995)
- 18) 石川 豊、平田 孝、長谷川美典、プラスチックフィルムของガス透過度簡易測定手法の開発—青果物のMA包装を目的とした高ガス透過性フィルムの場合—、日本包装学会誌、6、213 (1997)
- 19) Masuda R., A. Hayakawa, N. Kakiuchi and M. Iwamoto Rep. Natl. Food Inst., 52, 30 (1988)
- 20) 渡邊好昭、荒木陽一、佐藤和憲、石谷孝佑、ブロッコリーの品質評価指標、農研センター研報、24、55 (1995)
- 21) 小川哲郎、一色賢司、食用植物、特にハーブの揮発性成分による微生物の増殖抑制、日本食品科学工学会誌、43、535 (1996)
(原稿受付 1998年2月16日)
(審査受理 1998年6月15日)