多孔質鉱物練り込みフィルムの包装による 数種野菜の品質保持効果

龔 一平*・阿部一博*・茶珍和雄*

Effect of Packaging with Porous-Mineral Mixed Plastic Films on Keeping Quality of Several Vegetables

Yiping GONG*, Kazuhiro ABE* and Kazuo CHACHIN*

** College of Agriculture, University of Osaka Prefecture,
Mozu-umemachi, Sakai, Osaka 591*

Several plastic films mixed with porous minerals were developed as packaging use for vegetables and fruits, aiming at elimination of accumulated ethylene in the package. Using several types of these films the effect on keeping quality of some vegetables were investigated comparing with ordinary polyethylene film. In both cases when vegetables were packaged or ethylene only was enclosed, no special ability to eliminate the ethylene was found with the mineral-mixed film bags, while ethylene leaked out gradually in almost the same manner as ordinary polyethylene bag. The gas permeability, however, differed among films suggesting some differences in quality-keeping characteristics.

With shredded cabbage, half-cut cabbage and half-cut lettuce, substantial difference was not found among various films in the effect on keeping freshness. With broccoli, however, the difference of packaging effect was obvious among films. In the films with low gas permeability, green appearance and ascorbic acid content were well kept during storage, but an unfavorable off-flavor occurred with cut-broccoli.

(Received May 11, 1990)

緒 言

近年、機能性フィルムなどと呼ばれる青果物包装用プラスチックフィルムが開発され、各種のものが市販されている。これらのフィルムは、エチレンのような老化を促進するガスをフィルム自体が吸着、あるいは透過することによって除去できる機能を主として謳っており^{1),2)}、大谷石やゼオライトなど多孔質鉱物の微粉末をポリエチレンに練り込んだものが多い^{3),11)}。しかし、実際にこのようなフィルムで青果物を包装した場合、可変要因の多い条件下で、公表されている機能が十分に発揮されるかについては疑問がある。

そこで本実験では、数種類のいわゆる機能性フィルムと従来の低密度ポリエチレンによる青果物の品質保持効

果を数種類の野菜を用いて比較検討した。

実験材料および方法

1. 実 験 1

使用したプラスチックフィルムと包装形態は、A区—普通の低密度ポリエチレン密封(厚さ0.03 mm)、B区—鉱物質を含む低密度ポリエチレン(b社製)密封(0.035 mm)、C区—鉱物質を含む低密度ポリエチレン(c社製)密封(0.03 mm)、D区—鉱物質(大谷石)を含む低密度ポリエチレン(d社製)密封(0.035 mm)、E区—鉱物質を含む高密度ポリエチレン(e社製、試作品)密封(0.05 mm)、F区—通気・透湿性の大きいフィルムを片面とし低密度ポリエチレンを片面として合成した袋(f社製、試作品)で密封(0.03 mm)、およびG区—有

* 大阪府立大学農学部(〒591 堺市百舌鳥梅町)

孔低密度ポリエチレン包装(0.03 mm, 23×26cmの袋の両面に直径0.5cm穴を計24個)の7種類であった。

実験材料のブロッコリー、キャベツ、レタスは堺市中央卸売市場で1988年8月に購入した。ブロッコリーは1袋(23×26 cm) 当り2個(約300 g)、キャベツは幅4～5 mmの千切りとしたものを1袋当り約300 g、キャベツとレタスはそれぞれ半切りとしたものを1袋当り1個ずつ(それぞれ約600 gと約250 g)を包装した。千切りキャベツと半切りキャベツについてはフィルムFは使用しなかった。真空包装機(古川製作所, 卓上真空包装機TM-4, 0.5気圧に調節)により, 密封を行い, その後, ブロッコリーは8℃あるいは20℃, その他の青果物は8℃で貯蔵し, 適宜鮮度の観察と成分分析を行った。アスコルビン酸含量(A SA)はヒドラジン法⁴⁾を用い, ブロッコリーは花蕾, 半切りキャベツと半切りレタスでは外葉から3枚目の葉からサンプリングした試料について測定した。色調は測色計(日本電色工業製, ND-1001DP型)によって, アスコルビン酸含量測定とほぼ同じ部位について測定し, 半切りキャベツと半切りレタスについてはそれぞれ茎の切口の褐変程度も測色計によって測定し, 結果はハンター値として表わした。

2. 実験 2

使用したプラスチックフィルムと包装形態はA区—低密度ポリエチレン(厚さ0.03 mm)密封, H区—低密度ポリエチレン(0.05 mm)密封, I区—数種乾物粉末を練り込んだ低密度ポリエチレン(N社製, 試作品)密封(0.03 mm), J区—アルミナ・シリカを主として遠赤外線を放射するとされる粉末練り込みポリエチレン(N社製, 試作品)密封(0.03 mm)の4種類であった。

実験材料は大阪府中央卸売市場より購入したブロッコリーの頂花蕾を分割し(平均12 g), 約100 gずつを上記

4種のフィルム(24×15cm)で密封し, 8℃と20℃で貯蔵した。このカットブロッコリーのクロロフィル含量は80%アセトン抽出液を比色(645nm, 663nm)定量し⁴⁾, 糖含量はソモギ・ネルソン法⁴⁾で定量した。

官能検査は青果物の色調, 香り, はり, 切口の褐変および総合評価の項目に関して10～18人のパネルメンバーにより順位法で行った。

結果および考察

1. 袋内のCO₂, O₂及びエチレン濃度の変化

青果物貯蔵中における袋内CO₂濃度の変化はF区と有孔包装G区はすべて低い値を示し(Table 1), B, D, E区は他のものより高い傾向があり, AとC区が中間の値を示した。千切りキャベツは半切りキャベツより袋内CO₂濃度が非常に高かった。ブロッコリーの袋内でもかなり高く, 半切りレタスではかなり低い値であった。

袋内のO₂濃度はCO₂と逆の関係にあり, G区は有孔包装のため当然高く, F区も高い値であり, 総体にB, D, E区が低かった(Table 2)。千切りキャベツでは半切りキャベツよりすべての区において低かった。

ブロッコリー, キャベツ, レタスのいずれもエチレン生成が認められたが, 袋内のエチレン濃度はFとG区がすべて低い値を示し, B, D, E区では高い傾向がみられた(Table 3)。C区はAとほぼ同じランクに位置するようであった。CO₂濃度と同様に, 千切りキャベツ包装内のエチレン濃度は半切りキャベツのそれよりも高い傾向がみられた。

これらの結果から, 実際に青果物を包装した条件下において, B, D, EのフィルムはAとCのそれよりもガス透過性は小さく, フィルムFのガス透過性は非常に大きいと思われる。普通の低密度ポリエチレンフィルムに

Table 1 CO₂ concentration in film bags in which vegetables were packaged

			<1%	1～3%	3～6%	6～10%	10～13%	13～15%
Broccoli	20°C 3 days		F, G		C	A, B, D	E	
	8°C 15 days		G	C, E	A, D	B, E		
	8°C 21 days		F, G		A, B, C, D, E			
Shredded cabbage	8°C 3 days		G			A, C, D	B, E	
	8°C 6 days		G			C	A, E	B, D
Half-cut cabbage	8°C 7 days		G	A, C, E	B, D			
	8°C 17 days		G	A, C	B, D, E			
Half-cut lettuce	8°C 5 days		C, F, G	A, B, D, E				
	8°C 10 days		A, C, D, F, G	B, E				

Treatments A: Polyethylene (0.03 mm) seal; B: Mineral-mixed (b Co., 0.035 mm);
C: Mineral-mixed (c Co., 0.03 mm); D: Mineral-mixed (d Co., 0.03 mm);
E: Mineral-mixed (e Co., 0.05 mm); F: Moisture permeable (f Co., 0.03 mm);
G: Perforated polyethylene (0.03 mm).

Table 2 O₂ concentration in film bags in which vegetables were packaged

		1 ~ 3 %	3 ~ 6 %	6 ~ 10 %	10 ~ 13 %	13 ~ 15 %	15 ~ 21 %
Broccoli	20°C 3 days	E	A, B	C, D			F, G
	8°C 15 days		A, B, D, E		C		F, G
	8°C 21 days		B, D	A, C	E		F, G
Shredded cabbage	8°C 3 days	C	A, D, E	B			G
	8°C 6 days	D, E	A, B, C				G
Half-cut cabbage	8°C 7 days				A, D	B	C, E, G
	8°C 17 days			D	B	A, E	C, G
Half-cut lettuce	8°C 5 days				B		A, C, D, E, F, G
	8°C 10 days			B	E		A, C, D, F, G

Treatments are the same as Table 1.

Table 3 C₂H₄ concentration in film bags in which vegetables were packaged

		0 ~ 0.1ppm	0.1 ~ 0.3ppm	0.3 ~ 0.6ppm	0.6 ~ 1 ppm	1 ~ 1.7ppm
Broccoli	20°C 3 days	F, G	A, E	C		B, D
	8°C 15 days	F, G	A, C, D	B, E		
	8°C 21 days	F, G	A	C, D, E	B	
Shredded cabbage	8°C 3 days	G			B, D, E	A, C
	8°C 6 days	G			C	A, B, D, E
Half-cut cabbage	8°C 7 days	G	C, E	A, D		B
	8°C 17 days	G	A, B, C, E			D
Half-cut lettuce	8°C 5 days	A, C, F, G	B, D, E			
	8°C 10 days	F, G	E	A, C, D		B

Treatments are the same as Table 1.

べて、鉱物質を含むフィルム B, C, D, E のエチレン除去効果は明らかでなかった。これは鉱物質を含む数種類のフィルムによるブロッコリーの包装効果に関する北川らの報告⁹⁾ とほぼ同様な結果であった。

千切りキャベツでは、袋内の CO₂ 濃度は半切りキャベツより顕著に高く、O₂ 濃度は低かったが、この結果は PRIEPKE ら⁷⁾ の角切りレタスと輪切りニンジンに関する報告と同傾向である。このような現象は組織の切断による呼吸作用の増大に基づいているものと考えられ、切断の程度によっても異なると思われる。また、千切りキャベツでは、袋内のエチレンの蓄積も半切りキャベツより高い傾向がみられた。多くの植物組織は傷害を受けるとエチレン生成が著しく増加することはよく知られている⁸⁾。

品質劣化をもたらすエチレン濃度の閾値は、青果物の種類¹³⁾、エチレンに対する感受性^{14), 15)}、温度^{14), 15)} などによって異なり、また本実験のように環境ガス組成が変わる場合は、それにも影響されるから、一概にいえませんが、0.5 ~ 1ppm 以上のエチレンが蓄積するのは好ましくないと考えられる。

2. 鉱物質練り込みフィルムのガス透過性

上述のように、多孔性鉱物質を練り込んだフィルム

は、実際の貯蔵条件下で、従来の低密度ポリエチレンフィルムと比べ、特にエチレンを吸着・除去できる機能がみられないように思われた。そこで、上記の市販鉱物質練り込みフィルム B, C, D について、普通の低密度ポリエチレンフィルム A と H を対照とし、青果物を入れずに、ガスの透過・吸着性を調べた。すなわち、所定濃度のエチレンおよび CO₂ を、フィルム袋に封入して、20°C に置き、経時的に袋内のエチレン、CO₂ 濃度の変化を調べた。

フィルム袋に封入したエチレン（初濃度 4.5ppm）の残存率の変化は Fig. 1 左に示すように、C フィルムの減少が速く、B と H の減少が遅かった。初濃度 1ppm の場合も同様傾向であった。

12% の CO₂ を封入した場合の残存率の変化を Fig. 1 右に示す。この場合もフィルム C の減少が速く、H が最も遅くて、各区のエチレンの減少は CO₂ の減少とほぼ同様の傾向が認められた。B と D のフィルムのガス透過性も小さかったが、これは前述の青果物を包装した袋内のガス組成の状況から推察された結果と一致する。結局、鉱物質練り込みフィルムにおけるエチレン濃度の減少は CO₂ 濃度の減少のように単なる透過によるもので、特異的にエチレン除去吸着する機能はないと考えられる。

Fig. 1 Decreases of C_2H_4 and CO_2 concentration in various film bags.

●: A; Polyethylene (0.03mm), ○: B; mineral-mixed (0.035mm),
 ■: C; mineral-mixed (0.03mm), □: D; Mineral-mixed (0.03mm),
 ▲: H; Polyethylene (0.05mm)

Fig. 2 Effect of various films packaging on changes in yellowing index of broccoli during storage. Treatments are the same as Table 1.

中谷ら¹⁰⁾がLYSSYのガス透過率測定機で測定した結果でも、鉱物練り込みフィルムのガス透過性は、低密度ポリエチレンとあまり変わらなかったとしている。

ただし、一般の低密度ポリエチレンでもフィルムの厚さにはむらがあり、0.03 mmなどと称してもフィルムの個所によって厚さと透過性は相等異なると思われる。鉱物質を練り込んだ場合には、平均的な透過性も変わり、フィルムの局部的透過性のむらは一層大きくなると推測される。そのようなことで、青果物を包装した場合の袋内ガス組成が変わって貯蔵性に影響を与える可能性があ

る。その影響のしかたは青果物の種類や温度その他の条件で変わるので、結局は試料毎に実際に検討してみなければならないと考えられる。

3. 貯蔵中の緑色の变化

本実験材料ではブロッコリーで貯蔵中明かな黄化がみられたが、半切りキャベツと半切りレタスでは貯蔵中の変化が少なかった。

ブロッコリーは黄化につれてL値とb値が増大し、a値はマイナス域で絶対値が減少する。それで $L \cdot b/|a|$ を変化の指数として貯蔵中の変化を示した (Fig. 2)。F,

Fig. 3 Changes of chlorophyll content in cut-broccoli during storage.

Treatments A: Polyethylene (0.03mm) seal; H: Polyethylene (0.05mm) seal,
I: Mineral-mixed-1 (N Co., 0.03mm); J: Mineral-Mixed-2
(N Co., 0.03mm).

Table 4 Total ascorbic acid content of broccoli packaged with various film bags

	Film	Total-ASA mg/100g f.w.
20°C 3 days	A	51.05
	B	58.39
	C	59.28
	D	36.66
	E	49.98
	F	26.57
	G	41.62
8°C 15 days	A	55.59
	B	70.06
	C	51.75
	D	53.91
	E	72.41
	F	49.33
	G	49.82
8°C 21 days	A	45.36
	B	51.13
	C	25.46
	D	48.27
	E	73.64
	F	29.48
	G	41.05

Treatments are the same as Table 1.

およびG区は20℃3日で顕著に黄化し、8℃でも15日目に若干、21日目には顕著に黄化した。C区は20℃3日目では目立たないが、8℃では顕著な黄化がみられた。

A, B, D, E区では変化は少なく、よく緑色を保持した。

黄化指数の対数と袋内のCO₂あるいはO₂濃度との関係を調べてみると、それぞれ $r = -0.78^{**}$ 及び $r = 0.86^{**}$ ($n=21$) という有意な相関がみられ、高CO₂濃度及び低O₂濃度が緑色保持に有効なことを示している。

Fig. 3はカットブロッコリー8℃貯蔵中のクロフィル含量の変化を示しているが、CO₂濃度が最も高く、O₂濃度が低いH区のクロフィルの含量が高く、他の区は貯蔵14日目には急減していた。

4. 貯蔵中のアスコルビン酸含量の変化

総アスコルビン酸含量は、千切りキャベツは8℃6日、半切りキャベツは8℃17日、半切りレタスは8℃10日の実験期間中にはほとんど変化しなかった。ブロッコリーでは貯蔵中のアスコルビン酸含量の減少は明らかで、その程度はフィルムの種類による差が大きかった (Table 4)。20℃3日貯蔵ではBとC区の残存率が大きく、8℃では15日貯蔵で残存率が大きかったのはB区とE区で、21日貯蔵ではE区であった、すなわち、ブロッコリーのアスコルビン酸の保持にはB, E区が良好であった。

なお、アスコルビン酸含量 (X mg/100 g) とブロッコリーの黄化指数の対数 ($Y = \log (Lb/a)$) の間にはほぼ直線的な関係で、負の相関 ($Y = -20.5X + 94.7$, $r = -0.78^{**}$) のあることがわかった、茶珍ら^{5), 6)} もブロッコリーの貯蔵において、アスコルビン酸含量は花蕾の黄化と平行して、急激に減少すると報告している。

Fig. 4 Changes of sugar content in cut-broccoli during storage.
Treatments are the same as Fig. 3.

Table 5 Organoleptic test on cut-broccoli packaged with various film bags

	Color		Aroma		Wilting		Cut surface browning		Overall evaluation	
	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.
8°C 7 days					H					
8°C 14 days	H	J			H	J	H			
8°C 22 days	H	J	A	H	H	J	H	J	A	J
20°C 5 days	H	J	A	H	A	J	H	J	A, I	J

Treatments judged as superior (sup) or inferior (inf) at 5% level.

Treatments are the same as Fig. 3.

5. カットブロッコリーの品質変化

カットブロッコリーの糖含量はFig. 4に示すように、8℃及び20℃とも貯蔵に伴い減少したが、とくにH区は顕著に減少した。

カットブロッコリーの官能検査の結果、5%レベルで有意差がみられたものをTable 5に示す。8℃貯蔵では、色調、はり、切口の褐変の3項目に対して、H区が優れ、J区が劣った。しかし、香りの項目では、H区が異臭のために劣り、A区が優れると評価された。20℃貯蔵でもほぼ同様の結果であった。総合評価として、8℃でA区が、20℃ではA区とI区が優れ、両温度ともJ区が劣ると評価された。

これらの結果をみると、袋内にCO₂濃度が最も高く、O₂濃度が低いH区では、嫌気呼吸が起こって、糖含量の減少が顕著であったと推測される。また異臭の発生も嫌気呼吸と関係が深いものと思われる。宮崎らも、ブロッコリーのポリエチレン包装(厚さ0.03mm)で異臭の発生を報告し、O₂濃度が一時的にも0.5%前後になるためとしている¹²⁾。

6. 結 び

以上のように、青果物を包装した状態、並びにエチレ

ンガスだけ封入した状態で、鉱物質を練り込んだフィルムに明らかなエチレンの吸着・除去機能がみられないと判断された。大谷石など多孔性鉱物質はエチレンなどのガス吸着特性を確かに持っているが^{3),11)}、フィルムに練り込んだ量は微量であるから、実質的に効果が現れないのであろう。しかし、鉱物を練り込んだことによりガス透過性に違いが生じるから、そのため普通のポリエチレンと比べて青果物貯蔵効果に多少の差が出てくることになる。それがプラスになるかマイナスになるかは種々の条件で異なる。

本実験では品質保持に問題が多いカット野菜を主として用いたが、半切りキャベツと半切りレタスでは包装区間に著しい差がなかった。これに対して、ブロッコリーは生理活性が強く、品質劣化が速いためか、包装区間に差が出やすいようであった。

要 約

本実験は鉱物質を練り込んだ数種類のフィルムと従来の低密度ポリエチレンについて、包装による青果物の品質保持効果を比較検討した。

鉱物質を含むフィルムの袋において、青果物を包装し

た場合、及びエチレンのみを密封した場合のいずれにおいても、明確なエチレン除去効果は認められなかった。ただし、ガス透過性に差異があるので貯蔵効果には多少の差が生じると思われた。

フィルムの種類の違いによる包装効果は、千切りキャベツ、半切りキャベツおよび半切りレタスでは余り差がなかった。ブロッコリーでは差が明かで、ガス透過性が小さいフィルムは緑色やアスコルビン酸の保持がよいがカットブロッコリーにおいては異臭を生じた。

謝 辞 本実験をまとめるに当たり、御指導並びに御校閲を賜った大阪府立大学農学部岩田 隆教授に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 大久保増太郎：食品定温流通，16，2 (1987)
- 2) 漆崎末夫：食品定温流通，16，2 (1987)

- 3) 漆崎末夫：食品定温流通，16，9 (1987)
- 4) 大阪府立大学農学部園芸学教室編：園芸学実験・実習（養賢堂）
- 5) 茶珍和雄：食品の鮮度保持と保存技術Ⅰ，工業技術会，p.69 (1987)
- 6) 北川博敏・松井年行・川田和秀：園学要旨，昭和63春季会，p.520 (1988)
- 7) PRIEPKE P.E., L.S.WEI and A.I.NELSON: *J. Food Sci.*, 41, 379 (1976)
- 8) 今関英雅：植物の化学調節，24，1 (1989)
- 9) 茶珍和雄・田村順介・緒方邦安：園学要旨，昭和56秋季大会，p.318 (1981)
- 10) 中谷明雄：野菜の鮮度保持に関する技術開発課題別研究会資料，p.49 (1990)
- 11) 漆崎末夫：農産物の鮮度保持—エチレン制御とその利用，p.100，（筑波書房）
- 12) 宮崎丈史：園芸要旨（秋），p.410 (1981)
- 13) ABELES, E.B.: Ethylene in Plant Biology (Academic Press, New York), (1973)
- 14) 茶珍和雄：園芸学会シンポジウム要旨（昭和62年度秋大会），p.129 (1987)
- 15) 稲葉昭次・久保康隆・中村怜之輔：園芸雑，58，713 (1989)

（平成2年5月1日受理）