

# 気密性を高めた段ボールによるブロッコリーの品質保持

池田浩暢・茨木俊行  
(生産環境研究所)

ブロッコリーの品質を保持するために、ガス気密性を高める機能を持つ市販の機能性段ボールに以下のような、さらに気密性を高める改良を行った。段ボールの改良は、気密性を高める機能をもつ市販の機能性段ボールを用いた。機能性段ボールの内フラップと外フラップに、厚さ10 $\mu$ mのポリ塩化ビニリデンフィルムを張り合わせた。ブロッコリーを5種類の容器(発泡スチロール、普通段ボール、ポリエチレン折込段ボール、機能性段ボールおよび上記の改良段ボール)に詰めて、15 $^{\circ}$ Cで保存した。保存中の改良段ボールの酸素濃度および二酸化炭素濃度は、それぞれ10~12%および9~12%で推移した。この濃度は、普通段ボールや機能性段ボールに比べ、低酸素・高二酸化炭素状態となった。クロロフィル含量の低下は、普通段ボールや機能性段ボールではそれぞれ保存4日後と6日後から発生したが、改良段ボールでは8日後まで認められなかった。普通段ボールや機能性段ボールに比べると、改良段ボールでは全糖やアスコルビン酸などの減少はほとんど認められなかった。これらの結果から、改良段ボールでは普通段ボールや機能性段ボールに比べて、MA効果によりブロッコリーの品質が高く保持されたと考えられた。

[キーワード: ブロッコリー, 出荷容器, 雰囲気ガス組成, 成分含量, 品質]

Quality Maintenance of Broccoli Stored in Cardboard Shipping Container Modified to Function as a Gas Barrier.

IKEDA Hironobu, Toshiyuki IBARAKI (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549 Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.*22:52-55 (2003)

For the purpose of improving the gas barrier function of the cardboard shipping container, functional cardboard shipping containers found on the market. To further improve the airtightness of the cardboard shipping container, 10 $\mu$ m polyvinylidene film was applied to the inside and the outside flaps of the functional cardboard shipping container. For comparison purposes, broccoli was packaged in an expanded polystyrene container, a cardboard shipping container, a cardboard shipping container lined with polyethylene, a functional cardboard shipping container as well as the improved cardboard shipping container and was stored at 15 $^{\circ}$ C. The total chlorophyll content of broccoli in the cardboard shipping container and the functional cardboard shipping container decreased after 4 to 6 days, but broccoli stored in the improved cardboard shipping container maintained chlorophyll content during storage for 8 days. The level of decrease in chemical components including total sugar and ascorbic acid of broccoli in the improved cardboard shipping container was also less than in the cardboard shipping container or the functional cardboard shipping container. The concentrations of carbon dioxide and oxygen in the improved cardboard shipping container were 9-11% and 10-12% respectively throughout the storage period. The oxygen concentration was lower and the carbon dioxide concentration was higher as compared to those in the cardboard shipping container or the functional cardboard shipping container. These results suggest that the quality of broccoli in the improved cardboard shipping container was successfully maintained because of the modified atmosphere in the container.

[Key words: Broccoli, shipping container, chemical components, modifying the atmosphere]

## 結 言

プラスチックフィルム等で密封包装し、青果物の呼吸によって雰囲気ガス濃度組成を低酸素・高二酸化炭素状態にするMA包装(Modified Atmosphere Packaging)は青果物の鮮度保持に効果的であることが知られている。しかし、MA条件は青果物の呼吸とフィルムのガス透過性によって作り出されるため、雰囲気ガス組成を厳密にコントロールすることは困難である。さらに、流通過程での品温変化は避けられないため、青果物の呼吸の急激な変動によって過度の低酸素・高二酸化炭素状態となり、かえって青果物の品質が低下する場合もある。ブロッコリーではフィルムで密封包装すると花蕾の黄化は抑制される一方で、過度の低酸素、高二酸化炭素状態となり異臭が発生しやすい<sup>6-9)</sup>。このため、現在ブロッコリーは普通段ボールにフィルム包装せずに縦詰めで出荷されているが、流通過程において花蕾の黄化が問題となっ

ている。花蕾の黄化を抑制するためにフィルム包装を行わずにMA条件を作り出す方法として、気密性の高い発泡スチロールや気密性を高めた機能性段ボール<sup>1,6,9)</sup>による出荷が検討されてきた。ところが、発泡スチロールでは環境に与える負荷が大きいこと、機能性段ボールではMA効果を十分発揮するほど気密性が高くないなどの改善すべき点が挙げられている。

そこで、筆者らは環境に与える負荷が少ない機能性段ボールに注目し、気密性をさらに高めるための改良を行い、これを用いたブロッコリーの品質保持効果を検討したので報告する。

## 実験方法

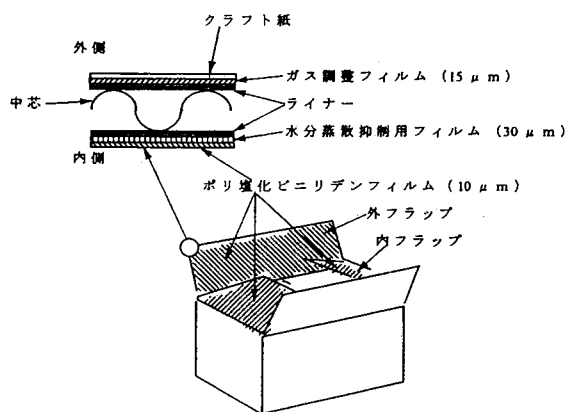
### 1 供試材料

平成9年3月に福岡県二丈町で収穫されたブロッコリー(*Brassica oleracea* var. *italica*, 'ビッグドーム')

を供試した。収穫後、5℃で4～5時間予冷した2Lサイズのブロッコリーを試験場に搬入した。

### 2 出荷容器

試験には、次の5種類の出荷容器を供試した。すなわち、1)発泡スチロール、2)箱の両側面中央部に各2個ずつ2cm×4cmの楕円の穴を開けた慣行の普通段ボール、3)2)の容器に厚さ20μmの低密度ポリエチレンフィルム袋を入れ、上部をハンカチ折り込み包装した普通段ボール(以下、PE折込段ボールと略す)、4)外ライナーに厚さ15μmのガス調整フィルムを、内ライナーに厚さ30μmの水分蒸散抑制用ラミネートフィルムをコーティングして気密性を高めた段ボール(東罐興業社製)で、外フラップ部をテープでI字に張り合わせる方法(以下、I字貼りと略す)に対応できるように、コーナー部の空隙を少なくするためにフラップ部分の切れ込みを半分にした市販容器(以下、機能性段ボールと略す)、5)4)の機能性段ボールを基本に筆者らがさらに気密性が高まるように改良した容器で、段ボールの内フラップと外フラップの接触面に厚さ10μmのポリ塩化ビニリデンフィルムを張り合わせた容器(以下、改良段ボールと略す)である(第1図)。供試した発泡スチロールの内寸は、縦37cm×横28.5cm×高さ19cm、普通段ボールおよび機能性段ボールの内寸は、縦36.7cm×横28cm×高さ19.5cmであり、内容積は同等であった。



第1図 改良ダンボール

### 3 品質保持試験

ブロッコリー9花蕾を上記の出荷容器に縦詰めし、プラスチックテープにより梱包した後、15℃の恒温庫中に静置した。テープ貼りの方法は、発泡スチロールは周囲を、その他の容器はI字貼りで行った。以後1日おきに、容器内の酸素および二酸化炭素濃度をガスクロマトグラフ(島津製作所製:GC-8A, 検出器:TCD, カラム:ポラパックN+モレキュラーシーブ, カラム温度:80℃, キャリアガス:ヘリウム)で測定した後、各1箱を開封した。容器開封時の異臭の程度、減量率、茎硬度、総クロロフィル含量、花蕾の黄化程度、還元型アスコルビン酸含量(以下、アスコルビン酸含量と略す)および全糖含量を測定した。成分分析、調査は前報<sup>2,3)</sup>で用いた方法に従い、分析は各容器それぞれ6反復で行った。

### 実験結果

出荷容器内の酸素濃度および二酸化炭素濃度の経時変化を第1表に示した。出荷容器内のガス濃度はいずれも保存2日後にはほぼ平衡に達し、中でも発泡スチロールが最も低酸素・高二酸化炭素条件となり、酸素濃度は4～6%、二酸化炭素濃度は13～15%となった。PE折込段ボールでは、酸素濃度は発泡スチロールとほぼ同じ3～6%であったが、二酸化炭素濃度は9～10%とやや低く推移した。また、普通段ボールでは保存期間中ほぼ大気条件と同じ状態で推移し、機能性段ボールでは酸素濃度は11～15%、二酸化炭素濃度は6～9%であった。これに対して、今回開発した改良段ボールでは、酸素濃度は10～12%と発泡スチロールやPE折込段ボールよりもやや高くなったが、二酸化炭素濃度は9～11%とPE折込段ボールとほぼ同じであった。開箱時の異臭は、容器内の酸素濃度が最も低く推移した発泡スチロールやPE折込段ボールでも、保存8日後まで認められなかった。

第1表 出荷容器と容器内のガス濃度変化(%)

出荷容器	ガス	保存日数(日)				
		0	2	4	6	8
発泡スチロール	CO <sub>2</sub>	0.0	14.2	14.2	13.7	14.6
	O <sub>2</sub>	21.0	4.3	5.3	5.8	4.4
普通段ボール	CO <sub>2</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	O <sub>2</sub>	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
PE折込段ボール	CO <sub>2</sub>	0.0	10.1	8.7	9.1	9.9
	O <sub>2</sub>	21.0	4.2	5.1	5.5	3.3
機能性段ボール	CO <sub>2</sub>	0.0	6.1	7.2	8.9	8.9
	O <sub>2</sub>	21.0	14.4	13.2	11.8	11.3
改良段ボール	CO <sub>2</sub>	0.0	9.8	9.7	9.4	10.9
	O <sub>2</sub>	21.0	11.2	11.5	11.4	9.8

出荷容器が減量率に及ぼす影響を第2表に示した。普通段ボールでは減量率は試験開始直後から高く推移し、2日後には約5%、4日後には約10%、8日後には約20%に達した。一方、機能性段ボール、PE折込段ボール、発泡スチロールでは減量率は低く推移し、8日後においても1%以下であった。改良段ボールでも8日後の減量率は1%以下であり、発泡スチロールやPE折込段ボールと同等の減量抑制効果が認められた。

出荷容器が茎硬度に及ぼす影響を第2図に示した。茎硬度は、普通段ボールでは保存2日後から急激に低下し、4日後には試験開始時の約30%であった。一方、その他の出荷容器では2日後から漸減したが、その減少割合はごく僅かであり、8日後においてもそれぞれ試験開始時の約85%を保持していた。各処理区の茎硬度の経時変化は、減量率の経時変化と概ね一致していた。

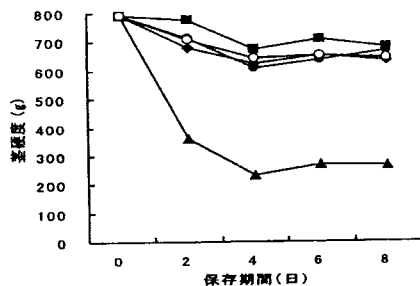
出荷容器がクロロフィル含量に及ぼす影響を第3図に示した。クロロフィル含量は、普通段ボールでは保存4日後から、機能性段ボールでは6日後から減少し、8日後にはそれぞれ試験開始時の約10%、45%となった。一方、発泡スチロールやPE折込段ボールでは保存8日後までほぼ収穫時の含量を保持していた。改良段ボールでは、発泡スチロールやPE折込段ボールに入れたブロッコリーほどではないものの、クロロフィル含量の減少を

抑制することができ、8日後においても試験開始時の約80%を保つことができた。

出荷容器が花蕾の黄化程度に及ぼす影響を第4図に示した。花蕾の黄化程度は、普通段ボールでは保存4日後から、機能性段ボールでは6日後から急激に進行した。一方、発泡スチロールやPE内装段ボールでは保存8日後まで花蕾の黄化はほとんど認められなかった。改良段

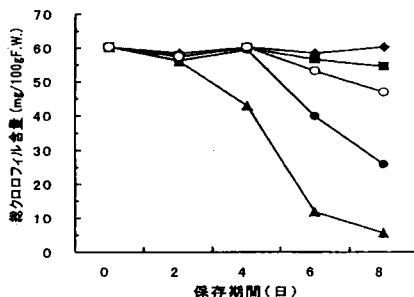
第2表 出荷容器とブロッコリーの減量率(%)

出荷容器	保存日数(日)				
	0	2	4	6	8
発泡スチロール	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
普通段ボール		4.5	10.4	14.6	19.5
PE折込段ボール		0.2	0.4	0.5	0.7
機能性段ボール		0.1	0.3	0.4	0.6
改良段ボール		0.1	0.2	0.4	0.5



第2図 出荷容器とブロッコリーの茎硬度<sup>2)</sup>(g)

- 1) ◆: 発泡スチロール, ▲: 普通段ボール,  
■: ポリエチレン折込段ボール,  
●: 機能性段ボール, ○: 改良段ボール  
2) 直径10mmの球形のプランジャーを用い、茎表面が0.5mm歪むのに要する力を測定した。



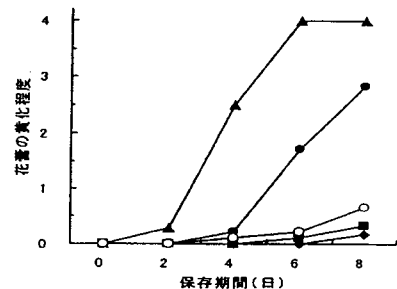
第3図 出荷容器とブロッコリーの総クロロフィル含量

凡例は第2図に準ずる。

ボールでは発泡スチロールやPE内装段ボールほどではないものの、8日後まで花蕾の色調変化をほぼ抑制することができた。

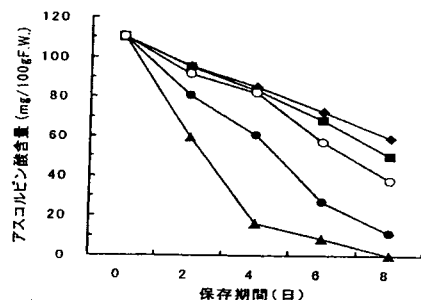
出荷容器がアスコルビン酸含量に及ぼす影響を第5図に示した。アスコルビン酸含量は、いずれの容器に入れた場合でも時間の経過とともに減少した。特に、普通段ボールでは保存2日後から、機能性段ボールでは4日後から、改良段ボールでは6日後から、PE折込段ボールでは8日後から急激に低下した。保存8日後におけるアスコルビン酸含量は、普通段ボールおよび機能性段ボールではほとんど検出できないレベルまで低下した。これに対して、PE折込段ボールや発泡スチロールではそれぞれ試験開始時の約55と45%を保持しており、改良段ボールではこれらには劣るものの、約35%を保持していた。

出荷容器が全糖含量に及ぼす影響を第6図に示した。全糖含量は、容器の違いにかかわらず時間の経過とともに緩やかに減少した。普通段ボールおよび機能性段ボールでは6日後以降急激に減少し、8日後にはそれぞれ試験開始時の約30および35%まで減少した。PE折込段ボールや発泡スチロールでは、8日後においてもそれぞれ試験開始時の60%以上を保持していた。改良段ボールでは発泡スチロールやPE折込段ボールにはわずかに劣るものの、8日後における全糖含量は試験開始時の約55%であった。



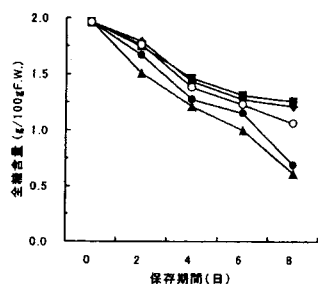
第4図 出荷容器とブロッコリーの花蕾の黄化程度

凡例は第2図に準ずる。



第5図 出荷容器とブロッコリーのアスコルビン酸含量

凡例は第2図に準ずる。



第6図 出荷容器とブロッコリーの全糖含量

凡例は第2図に準ずる。

## 考 察

段ボールに蒸散抑制やガス気密性などの機能を付加するために、容器のライナーにプラスチックフィルムを積層したもの、中芯にフィルムを混ぜ込んだもの、容器の内側のみにフィルムを張り合わせたものなど様々な機能性段ボールが開発されている<sup>1,4-6,9)</sup>。このうち、蒸散抑制効果のみを期待する場合は、容器の包装方法は外フラップ部分をプラスチックテープ等でI字貼りするだけで十分である<sup>4)</sup>。一方、ガス気密性を期待する、すなわちMA効果を発揮させる場合には、このI字貼りではフラップ端面やコーナー部分にガスの抜け道が生じるため不十分である<sup>4)</sup>。容器のガス気密性を確保するためには、外フラップ部分をH字に貼り合わせる(以下、H字貼りと略す)必要があるが、このH字貼りは作業効率が劣るだけでなく、機械による包装が困難である<sup>1,6,9)</sup>。

今回用いた市販の機能性段ボールでは、フラップ部分の切り込み幅を調整することで、作業性の良好なI字貼りでもガス気密性が高まるように改良されていたが、筆者らはこの機能性段ボールの内フラップと外フラップの接触面にポリ塩化ビニリデンフィルムを貼り合わせ、フィルム同士の粘着によりガス気密性をさらに向上させることを試みた。その結果、改良段ボールでは改良前の機能性段ボールに比べて酸素濃度で約2%低く、二酸化炭素濃度で約3%高く、普通段ボールに比べると酸素濃度で約10%低く、二酸化炭素濃度で約10%高くなった。すなわち、今回開発した改良段ボールを用いると、市販の機能性段ボールや現行の普通段ボールよりも、容器内のガス条件は低酸素・高二酸化炭素状態となり、ガス気密性を高めることを目的とした改良の効果は十分に認められた。

筆者らは、すでに15℃におけるブロッコリーの鮮度保持に好適な雰囲気ガス条件として、酸素濃度は3~7%、二酸化炭素濃度は14~17%であることを報告<sup>3)</sup>しており、大気条件からこのガス条件の範囲内では、低酸素・高二酸化炭素状態ほどブロッコリーの呼吸は抑制され、クロロフィル含量やアスコルビン酸含量などの内容成分は保持されることを明らかにしている。クロロフィル含量の減少は普通段ボールおよび機能性段ボールでは急速に進行したが、改良段ボールではほとんど認められなかった。また、花蕾の黄化程度の経時変化は、クロロフィル含量の減少割合と良く一致していた。さらに、アスコルビン酸含量や全糖含量は、改良段ボールでは普通段ボールや機能性段ボールに比べて、試験期間を通じて高く保たれ

ていた。これは、改良段ボール内のガス条件が普通段ボールや機能性段ボールに比べて低酸素・高二酸化炭素状態で推移したことで、MA効果が発揮されたためと考えられる。これに対し、減量率の増加や茎硬度の低下は慣行の普通段ボールでは急激に進行したが、改良段ボールおよび市販の機能性段ボールではほとんど認められなかった。これは、容器内の湿度条件が改良段ボールと機能性段ボールにおいてほぼ同等に推移したためと考えられ、ガス気密性の違いにかかわらず蒸散抑制効果は十分に発揮されることが確認された。

以上のことから、今回行った段ボールの改良によって市販の機能性段ボールよりもさらにMA効果が発揮され、ブロッコリーの品質を高く保持できることが明らかになった。また、改良段ボールを用いることによって、MA効果を発揮するためにこれまで用いられてきたものの環境負荷が懸念されている発泡スチロールや、縦詰めする際に作業性が著しく低下するために敬遠されているPE折込段ボールのいずれの欠点も解決できると考えられる。これによって、今後は環境負荷を低減した、しかも作業性を損なわない方法でブロッコリーが出荷できる。ただし、箱詰め形態を現行の縦詰めから横詰めに変更できれば、今回の試験でも改良段ボールよりMA効果が認められたPE折込段ボールを用いることによって、さらに品質を高く保持したブロッコリーの流通が可能になると考えられる。

## 引用文献

- 1) 川合良岳・平 和雄(1994) 段ボールによる青果物のCA包装. 包装技術. 32(2): 162~165.
- 2) 池田浩暢・茨木俊行(1999) 輸送振動がブロッコリーの呼吸速度および内容成分に及ぼす影響. 福岡農総試研報. 18: 76~79.
- 3) 池田浩暢・茨木俊行(1998) 雰囲気ガス組成がブロッコリーの呼吸速度・内容成分及び品質に及ぼす影響. 福岡農総試研報. 17: 102~105.
- 4) 池田浩暢・茨木俊行(1997) 蒸散抑制による夕方収穫したナスの鮮度保持. 福岡農総試研報. 16: 59~62.
- 5) 打田 宏(1993) 青果物流通の変化と最新流通技術. 東京: 流通システム研究センター, pp. 64~74.
- 6) 内野敏剛・永尾宏臣・村田 敏・河野敏夫・塚崎守啓・中村宣貴(1996) MA段ボール箱によるブロッコリーの鮮度保持と容器内ガス濃度の予測. 農業機械学会九州支部誌. 45: 36~40.
- 7) 山下市二・永田雅靖・高 麗朴・黒木利美(1993) 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. 日食工誌. 40(11): 764~770.
- 8) 與座宏一・太田英明・野方洋一・石谷孝佑(1992) 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. 日食工誌. 39(9): 800~805.
- 9) 與座宏一・野方洋一・武田裕子・子役丸孝俊・太田英明(1993) ポリエチレン積層段ボール箱包装が常温貯蔵中におけるブロッコリーの鮮度保持に及ぼす効果. 日食保蔵誌. 19(3): 107~110.