

## 段ボール容器の改良によるブロッコリー (*Brassica oleracea* var. *italica*) の鮮度保持

池田浩暢\*・石井利直\*\*・茨木俊行\*・太田英明\*\*

Quality maintenance of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)  
stored in improved cardboard container

IKEDA Hironobu\*, ISHII Toshinao\*\*  
IBARAKI Toshiyuki\* and OHTA Hideaki\*\*

\* Fukuoka Agricultural Research Center  
587, Yoshiki, Chikushino-shi, Fukuoka 818-8549

\*\* Department of Food Science and Nutrition, Nakamura Gakuen University  
5-7-1, Befu, Johnan-ku, Fukuoka 814-0198

The cardboard shipping container for broccoli was improved to raise gas barrier. The broccoli packaged in expanded polystyrene container, cardboard shipping container, cardboard shipping container lining polyethylene, functional cardboard shipping container and the improved cardboard shipping container were stored at 15°C for 8 days. The yellowing occurred after storage of 4 or 6 days with broccoli in the usual container or the functional container, but not in the improved cardboard shipping container during storage of 8 days. The level of decrease in chemical components including chlorophyll, total sugar and ascorbic acid of broccoli in the improved cardboard shipping container was also less than that in usual or 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 carbon dioxide concentration higher as compared to that in a usual cardboard shipping container or functional cardboard shipping container with both sides plastic film lining. These results suggest that the quality of broccoli in the cardboard shipping container was successfully kept due to modifying the atmosphere in the container.

(Received Sep. 10, 2001 ; Accepted Jan. 18, 2002)

プラスチックフィルム等で包装し、青果物の呼吸によって雰囲気的气体組成を低酸素・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おり、ブロッコリーではすでに多くの研究がなされてい

る<sup>1)~4)</sup>。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、雰囲気的气体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・

\* 福岡県農業総合試験場 (〒818-8549 福岡県筑紫野市大字吉木587)

\*\* 中村学園大学食物栄養学科 (〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府5-7-1)

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<sup>1)</sup>。

これらの研究の応用として、発泡スチロール容器やポリエチレン袋を内装した段ボール容器<sup>5)</sup>、機能性段ボール容器<sup>2), 4), 6)</sup>による出荷が検討されてきた。ところが、発泡スチロール容器では環境に与える負荷が大きいこと、ポリエチレンフィルム袋内装段ボールではブロッコリーを縦詰めする際に作業性が著しく低下すること、機能性段ボール容器ではMA効果を十分発揮させるために外フラップ部をテープでH字に張り合わせる必要があることなどの欠点があげられる。

そこで、筆者らは再生が可能で、箱詰め作業性が低下しない機能性段ボール容器に注目し、その欠点を補うような改良を行い、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

福岡県二丈町で栽培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2 Lサイズのブロッコリーを直ちに試験場に搬入した。

### 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発泡スチロール容器、②箱の両面中央部に各2個ずつ2 cm × 4 cmの楕円の穴を開けた慣行の普通段ボール容器、③②の容器に厚さ0.02 mmの低密度ポリエチレンフィルム袋を内装した普通段ボール容器(以下、PE内装段ボール容器と略す)、④外ライナーに厚さ0.015 mmの低密度ポリエチレンフィルムを、内ライナーに厚さ0.03 mmのラミネートフィルムをコーティングした段ボール容器(東罐興業社製)で、I字貼り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幅を半分の7 cmとしたもの(以下、機能性段ボール容器と略す)、⑤④の機能性段ボールを元に当試験場で改良した段ボール容器で、容器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張り合わせたもの(以下、改良段ボール容器と略す)である(Fig. 1)。供試した発泡スチロール容器の内寸は、縦37 cm × 横28.5 cm × 高さ19 cm、普通段ボール容器および機能性段ボール容器の内寸は、縦36.7 cm × 横28 cm × 高さ19.5 cmであった。

### 3. 品質保持試験

ブロッコリー9果を上記の出荷容器に縦詰めし、ブ

ラスチックテープにより包装した後、15℃の恒温庫中に静置した。テープ貼りの方法は、発泡スチロール容器は周囲を、その他の出荷容器は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-8 A, 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、調査には各容器6反復行った。

(1) 茎硬度の測定 茎を下部から約5 cm切り出し、これを縦に半分に切り、レオナーメーターで表面が0.5 mm歪むのに要する力を測定した。

(2) 総クロロフィル含量の測定 ブロッコリーの花蕾を先端から約3 mm切り出し、この一定量を測定に用いた。総クロロフィル含量の測定は、80%熱エタノールで磨砕抽出し、遠心分離した上澄液をさらにNo.2の濾紙でろ過、試料溶液とした。100 mlに定容後、750, 665, 649 nmにおける吸光度を測定し、奥座<sup>2)</sup>らの方法に従って総クロロフィル含量を算出した。

(3) 花蕾の黄化程度の測定 花蕾の黄化程度は、全く黄化していない状態を0、花蕾の1/8までが黄化している状態を1、1/8~1/4が黄化している状態を2、1/4~1/2が黄化している状態を3、花蕾全体が黄化している状態を4とした。

(4) 還元型アスコルビン酸含量の測定 総クロロフィル含量と同様に花蕾の先端部分を用いた。アスコルビン酸の測定は、須田<sup>7)</sup>らの方法を参考に行った。すなわち、花蕾に5%メタリン酸を加え磨砕抽出し、

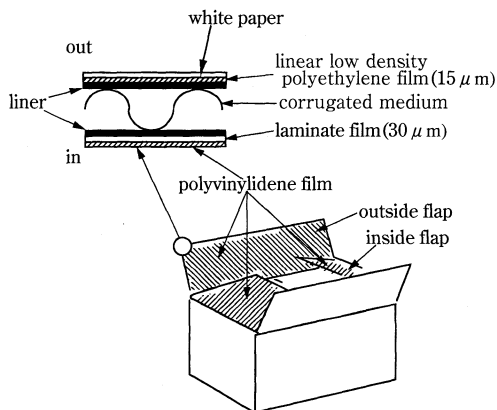


Fig. 1 Breaking energy of gobugayu

遠心分離後 (3,000 rpm, 10 min, 室温) 得られた上澄を、さらに No.5 B の濾紙でろ過し、試料溶液とした。25ml に定容した後 0.5ml を採り、これに pH 7.0 の 0.2 M リン酸緩衝液 5 ml, 1 mg/ml ペルオキシダーゼ (わさび製) 0.2 ml, 50 mM 過酸化水素水 0.02 ml を加え、37℃ の恒温槽で 20 分反応させた。過酸化水素水を加えなかったものを対照として 265nm における吸光度を測定した。吸光度の差から、アスコルビン酸含量を算出した。

(5) 全糖含量の測定 総クロロフィル含量の抽出時に得られた上澄液を試料溶液とした。100ml に定容後、この一定量を塩酸を用いて一晩加水分解処理し、中和後ソモギ・ネルソン法により測定した。

## 実験結果および考察

### 1. 容器内酸素および二酸化炭素濃度の変化

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 Table 1 に示した。出荷容器内のガス濃度は、いずれの出荷容器においても保存 2 日後にはほぼ平衡に達した。出荷容器内のガス濃度は、発泡スチロール容器で最も低酸素・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% に達した。PE 内装段ボール容器では、酸素濃度は発泡スチロール容器とほぼ同じ 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、普通段ボール容器では保存期間中ほぼ大気条件と同じ状態で推移し、機能性段ボール容器では酸素濃度は 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容器では、酸素濃度は 10~12% と発泡スチロール容器や PE 内装段ボール容器よりもやや高くなったが、二酸化炭素濃度は 9~11% と

PE 内装段ボール容器とほぼ同じであった。開箱時の異臭は、出荷容器内の酸素濃度が最も低く推移した発泡スチロール容器や PE 内装段ボール容器においても、保存 8 日後まで認められなかった。

段ボール容器に蒸散抑制やガスバリアー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さまざまな機能性段ボール容器が開発されている<sup>2),4),6),8),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>8)</sup>。一方、ガスバリアー性を期待する、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>6)</sup>。容器のガスバリアー性を確保するためには、外フラップ部分を H 字貼りの必要があるが、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>2),4),6)</sup>。

今回用いた市販の機能性段ボール容器では、フラップ部分の切り込み幅を調整することで、I 字貼りにも適応でき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容器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バリアー性をさらに向上させることを試みた。その結果、改良段ボール容器では、改良前の機能性段ボール容器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、普通段ボール容器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容器を用いることで、メーカーで改良され

Table 1 Changes in carbon dioxide and oxygen concentration (%) in shipping container during storage

Shipping container	Gas	Days in storage				
		0	2	4	6	8
Expanded polystyrene container	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
Cardboard shipping container	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
Cardboard shipping container lining polyethylene	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
Functional cardboard shipping container	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
Improved cardboard shipping container	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

た機能性段ボール容器や現行の普通段ボール容器よりも、容器内のガス条件は低酸素・高二酸化炭素状態となり、ガスバリア性を高めることを目的とした改良効果は十分に認められた。

## 2. 減量率および茎硬度の変化

出荷容器が減量率に及ぼす影響を Table 2 に示した。普通段ボール容器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、機能性段ボール容器、PE内装段ボール容器、発泡スチロール容器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。改良段ボール容器でも8日後の減量率は1%以下であり、発泡スチロール容器やPE内装段ボール容器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 Fig. 2 に示した。茎硬度は、普通段ボール容器では保存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わずかであり、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。

## 3. クロロフィルおよび花蕾の黄化程度の変化

出荷容器がクロロフィル含量に及ぼす影響を Fig. 3 に示した。クロロフィル含量は、普通段ボール容器では保存4日後から、機能性段ボール容器では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、発泡スチロール容器やPE内装段ボール容器では保存8日後までほぼ収穫時の含量を保持していた。改良段ボール容器では、発泡スチロール容器やPE内装段ボール容器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。

Table 2 Changes in weight loss (%) of broccoli in shipping container during storage

Shipping container	Days in storage				
	0	2	4	6	8
Expanded polystyrene container	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
Cardboard shipping container		4.5	10.4	14.6	19.5
Cardboard shipping container lining polyethylene		0.2	0.4	0.5	0.7
Functional cardboard shipping container		0.1	0.3	0.4	0.6
Improved cardboard shipping container		0.1	0.2	0.4	0.5

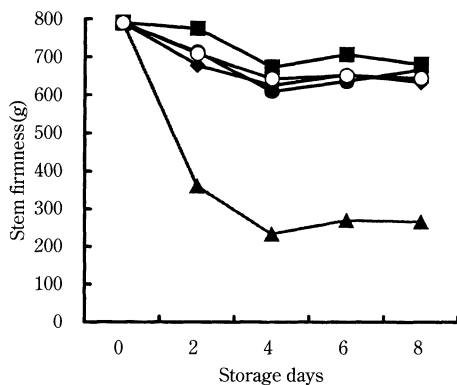


Fig. 2 Changes in stem firmness of broccoli during storage at 15°C

- ◆ : expanded polystyrene,
- ▲ : cardboard shipping container,
- : cardboard shipping container lining polyethylene,
- : functional cardboard shipping container,
- : improved cardboard shipping container

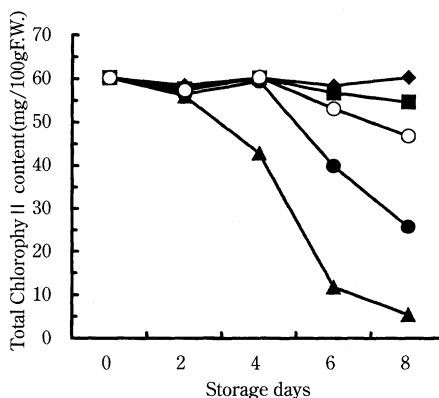


Fig. 3 Changes in total chlorophyll content of broccoli during storage at 15°C

Symbols are the same as shown in Fig. 2

出荷容器が花蕾の黄化程度に及ぼす影響を Fig. 4 に示した。花蕾の黄化程度は、普通段ボール容器では保存4日後から、機能性段ボール容器では6日後から急激に進行した。一方、発泡スチロール容器やPE内装段ボール容器では保存8日後まで花蕾の黄化はほとんど認められなかった。改良段ボール容器では発泡スチロール容器やPE内装段ボール容器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。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よく一致していた。

4. アスコルビン酸含量および全糖含量の変化

出荷容器がアスコルビン酸含量に及ぼす影響を Fig. 5 に示した。アスコルビン酸含量は、いずれの出荷容器で包装した場合でも時間の経過とともに減少した。特に、普通段ボール容器では保存2日後から、機能性段ボール容器では4日後から、改良段ボール容器では6日後から、PE内装段ボール容器では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、普通段ボール容器および機能性段ボール容器ではそれぞれ試験開始時の約0および10%まで低下した。これに対して、PE内装段ボール容器や発泡スチロール容器ではそれぞれ試験開始時の約55と45%を保持しており、改良段ボール容器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 Fig. 6 に示した。全糖含量は、出荷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。普通段ボール容器および機能性段ボール容器では、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内装段ボール容器や発泡スチロール容器では、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。改良段ボール容器では発泡スチロール容器やPE内装段ボール容器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。

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>10)</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、クロロフィルやアスコルビン酸含量などの成分含量や花蕾の黄化などの外観品質は保持されるこ

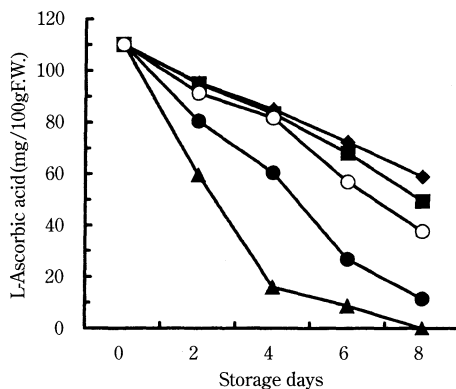


Fig. 5 Changes in L-ascorbic acid content of broccoli during storage at 15℃

Symbols are the same as shown in Fig. 2

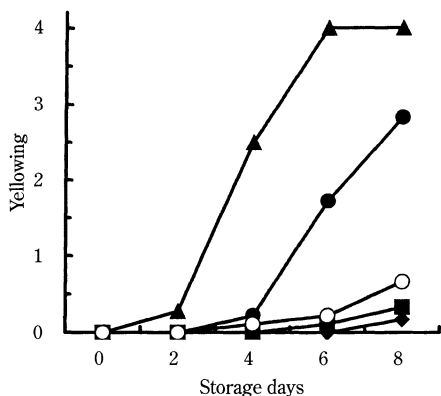


Fig. 4 Changes in yellowing of flower bud of broccoli during storage at 15℃

Symbols are the same as shown in Fig. 2

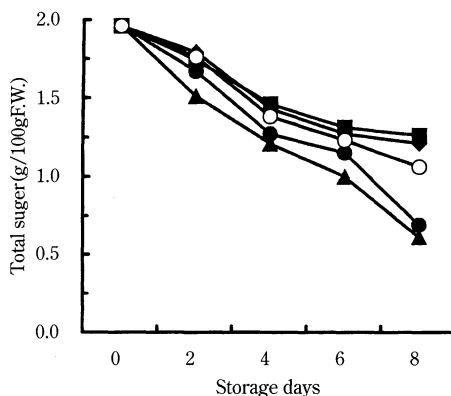


Fig. 6 Changes in total sugar content of broccoli during storage at 15℃

Symbols are the same as shown in Fig. 2

とを明らかにした。クロロフィル含量の減少や花蕾の黄化は、普通段ボール容器および機能性段ボール容器では急速に進行したが、改良段ボール容器ではほとんど認められなかった。また、アスコルビン酸含量や全糖含量は、改良段ボール容器では普通段ボール容器および機能性段ボール容器に比べて、試験期間を通じて高く保たれていた。これは、改良段ボール容器内のガス条件が普通段ボール容器や機能性段ボール容器に比べて低酸素・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容器では急激に増加したが、改良段ボール容器および市販の機能性段ボール容器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容器と機能性段ボール容器においてほぼ同等で推移したためと考えられ、ガスバリアー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容器の改良によってMA効果が発揮され、市販の機能性段ボール容器や普通段ボール容器に比べて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、改良段ボール容器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発泡スチロール容器やPE内装段ボール容器の欠点であったリサイクルの問題や作業性の低下を改善できることから、今後は高品質で環境に優しいブロッコリーが出荷できると考えられる。

### 要 約

ガス気密性を向上させるような段ボール容器の改良を行った。ブロッコリーを5種類（発泡スチロール容器、普通段ボール容器、ポリエチレン内装段ボール容器、機能性段ボール容器およびこの改良段ボール容器）に詰めて、15℃下で保存した。保存中の改良段ボール容器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、普通段ボール容器や機能性段ボール容器に比べ、低酸素・高二酸化炭素状態となった。花蕾の黄化は、普通段ボール容器や機能性段ボール容器ではそれぞれ保存4日後と6日後から発生したが、改良段ボール容器では8日後まで認められなかった。普通段ボール容器や機能性段ボール容器に比べると、改良段ボール容器ではクロロフィルや全糖およびアスコルビン酸などの減少もほとんど認められなかった。以上のことから、改良段ボール容器では普通段ボール容器や機能性段ボール容器に比べて、ブロッコリーの品質が高く保持されていた。

### 文 献

- 1) 與座宏一・太田英明・野方洋一・石谷孝佑：日食工誌, 39, 800 (1992)
  - 2) 與座宏一・野方洋一・武田裕子・子役九孝俊・太田英明：日食保蔵誌, 19, 107 (1993)
  - 3) 山下市二・永田雅靖・高麗朴・黒木利美：日食工誌, 40, 764 (1993)
  - 4) 内野敏剛・永尾宏臣・村田敏・河野敏夫・塚崎守啓・中村宣貴：農機学九州支部誌, 45, 36 (1996)
  - 5) 池田浩暢・茨木俊行：福岡農総試研報, 18, 76 (1999)
  - 6) 川合良岳・平和雄：包装技術, 32, 162 (1994)
  - 7) 須田郁夫・西場洋一・古田 収：九州農業研究, 57, 41 (1995)
  - 8) 池田浩暢・茨木俊行：福岡農総試研報, 16, 59 (1997)
  - 9) 打田 宏：青果物流通の変化と最新流通技術（流通システム研究センター出版, 東京), p.241 (1993)
  - 10) 池田浩暢・茨木俊行：福岡農総試研報, 17, 102 (1998)
- (平成13年9月10日受付, 平成14年1月18日受理)