

一般論文

ブロッコリーを用いた各種保冷容器の評価

青果物鮮度保持出荷のための保冷用資材に関する研究 (第3報)

打田宏* 中村洋** 東城清秀***
渡辺兼五*** 太田英明****

Evaluation of Cold Insuration Effects of Various Type of Containers for Broccoli Studies on Cold Insulating Materials for Keeping Freshness of Fruits and Vegetables (Part 3)

Hiroshi UCHIDA*, Hiroshi NAKAMURA**, Seishyu TOJO***,
Kengo WATANABE***, Hideaki OHTA****

Keeping freshness and cold properties of fruits and vegetables in various type of containers such as double faced corrugated boxes and expanded polystyrene containers by the way of pre-cooling methods for broccoli were evaluated in the paper.

As results, there are no different in cool-retaintion times between several type of packaging materials and methods.

However, in the case of the retention periods of freshness measured by discoloration for broccoli, expanded polystyrene containers were observed longer time to other containers.

It is estimated that the expanded polystyrene containers plays a role of modified atomsphere controle effects as well as for combination packaging method with corrugated boxes and enveloping film to package broccoli.

Finally, this paper proposes a experimental equation to estimate the shelf life of broccoli.

Keywords : Broccoli, Storage, Fresh keeping, Cold-insulating, Package, EPS, Corrugated box, MA effect, Respiration rate, Prediction of shelf life.

1. ブロッコリーにおける保冷容器の利用について

ブロッコリーのように呼吸量が多く、呼吸熱が高い品目を保冷用包装材料に入れると保冷時間が縮まり、各種包装材料間の保冷時間の差は小さいものとなった。

現在のブロッコリーの流通においては、発泡スチロール容器による鮮度保持効果は保冷よりもガス変成効果 (MA効果) が大きかった。また、このMA効果は段ボール箱とフィルム袋の組合せによっても得られた。

2. 呼吸量から求めたブロッコリーの鮮度保持モデル化

包装されたブロッコリーの一定呼吸量を変色限界として鮮度保持日数を算出すると、実際の鮮度保持期間とよく合致した。総呼吸量により鮮度を管理する可能性が見いだされ、流通の間や流通後の市場着荷、および小売り店頭などにおける鮮度レベル把握に利用が考えられた。

キーワード : ブロッコリー、貯蔵、鮮度保持、保冷、包装、発泡スチロール、段ボール、MA効果、呼吸量、鮮度予測

* 全国農業協同組合連合会 (〒100 東京都千代田区大手町1-8-3) : National Federation of Agricultural Co-operative Associations, 1-8-3, Ootemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100 ** 全国農業協同組合連合会東京支所 (〒101 東京都千代田区内神田1-1-2) : Tokyo branch, National Federation of Agricultural Co-operative Associations, 1-1-2, Uchikanda, Chiyoda-ku, Tokyo, 101 *** 東京農工大学農学部 (〒183 東京都府中市幸町3-5-8) : Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8, Saiwai-cho, Fuchu-shi, Tokyo, 183 **** 農林水産省中国農業試験場 (〒721 広島県福山市西深津町6-12-1) : Chugoku National Agricultural Experiment Station, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, 6-12-1, Nishifukatsu-cho, Fukuyama-shi, Hiroshima, 721

1. 緒言

鮮度の高い野菜へのニーズが高まり、予冷出荷される青果物は品目、量とも増大してきた。同時に産地の遠隔地化が進んでおり、収穫から消費までの時間も増大傾向にある。青果物の鮮度を保持する基本は低温維持である。そのため青果物の予冷処理、保冷トラックでの輸送と同時に保冷用資材が利用されている。しかし、実際の流通では市場着荷時の温度が低温で維持されていないものも多い¹⁾。

青果物の低温貯蔵、予冷や低温流通に関する研究、報告²⁾は多いが、保冷用資材の保冷効果についての研究が少なく、さらに青果物用保冷資材の研究は体系的に行われていなかった。

そこで保冷用資材の適切な利用に向けて、前報³⁾までに保冷用外装材の材料の断熱性や模擬果実を用いた容器の保冷特性、さらに蓄冷材の特性を求めてきた。

今回は、実際の青果物流通で保冷用容器が多く利用されているブロッコリーを用いて、保冷用容器の特性把握を行った。また、包装材料による鮮度保持のメカニズム解析と、前報⁴⁾で想定されたフィルム袋による保冷と

MA効果による鮮度保持の検証を行った。さらに、包装による鮮度低下抑制とその定量化、鮮度レベルの把握、鮮度予測に向けて検討し、いくつかの知見を得たので報告する。

2. 実験材料

2.1 冷却ブロッコリーを用いた容器の保冷性

(1) 実験方法

供試ブロッコリーは春夏作の埼玉県産“緑嶺”で、前日予冷出荷されたものを早朝に神奈川県の大和生鮮食品集配センターで入手し、同農業技術センターに運び込んだ。

0℃の環境試験室(タバイエスベック製PBL-3FW2YP2NL)の中で品温が均一になるように充分冷却したブロッコリー3kgを、Table 1に示した同一内寸法392mm×283mm×180mmの各容器に入れ、フィルム袋は厚さ30μmのポリエチレン袋(700mm×800mm)を用い、上部は密封せず折り畳んだものを1実験区とした。

このブロッコリーを詰めた容器を20℃に温度設定された試験室に移し、各容器の保冷性を比較した。

なお、包装材料は、それぞれ、発泡スチ

Table 1 Changes of gaseous composition in package

Packaging materials	Inner size of container mm × mm × mm	Broccoli	1 day after		2 day after	
			CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Corrugated box	392 × 283 × 180	3 kg	0.0	20.0	0.0	20.0
Corrugated box + Film bag	392 × 283 × 180	3 kg	7.7	12.7	9.5	10.8
EPS case	392 × 283 × 180	3 kg	4.7	16.7	7.0	14.0

Corrugated box : Double faced (A flute, Single) K220g/SCP125g/K220g Thickness 5mm
(K220g : Kraft pulp linerboard 220g/m², SCP125g : Semichemical pulp corrugating medium 125g/m²)
EPS (Expanded polystyrene) : Expanded 50 times, Film bag : PE (Polyethylene), 30 μ m, 700 × 800mm

ロール、段ボール製造会社から入手した (Table 1)。

(2) 測定法

温度測定は包装材料内部ヘッドスペースおよびブロッコリー果芯部をサーミスタで測定し、個々の包装内に同封した小型データロガーに10分間隔で記録した。

また、これとは別に包装内ガス組成の測定を目的に、Table 1と同様の試験区をもう一組設け、1日後、2日後の包装材料内のガス組成をガスクロマトグラフ (GLサイエンス製 GC-380、GLサイエンス製 Lyssy カラム [モレキュラーシーブ、Porapak Q並列カラム]、カラム温度 100℃)⁹⁾ で分析した。

2.2 予冷出荷を想定した包装内環境変化と品質変化

(1) 包装材料内ブロッコリーの冷却特性と冷却法

包装材料はTable 2によるものとし、いずれも蓋、フィルム袋を開放し冷却した。冷却方法は強制通風型予冷庫を想定した冷風による

冷却と冷水冷却の2通りとした。冷風冷却は0℃に設定した環境試験室で行い、冷水冷却は氷を入れた0℃、約30リットルの冷水を用いた。

(2) 保冷性と品質

冷却後は20℃に温度設定された試験室に移した。なお、プラスチックコンテナ (通気性のあるプラスチック製通気容器) に入れた冷風冷却と冷水冷却したブロッコリーは冷却後、段ボール箱に詰めなおして20℃に移し、保冷性を調べた。測定は、温度および外観品質について行った。

2.3 供試ブロッコリーの生理

(1) MA条件下での供試ブロッコリーの呼吸量測定

今回供試したブロッコリーの呼吸量は、通常大気 (酸素20%、二酸化炭素0%) とガス組成を変更した人工空気 (酸素10%、二酸化炭素10%) の2つの条件下で測定した。測定法はデシケータ法とし、容器内にブロッコリーを入れて設定ガスで置換し、数時間安定

Table 2 Shelf life by package and way of pre-cooling on broccoli

Package	Way of pre-cooling	Inner size of container	Off color	Partially yellowing	Whole yellowing
Corrugated box	Air cooling	392mm × 283mm × 180mm	3 days	4 days	6 days
Corrugated box (Air hole)	Air cooling	392mm × 283mm × 180mm	3	4	6
Corrugated box + Film bag	Air cooling	392mm × 283mm × 180mm	4	6	-
EPS case	Air cooling	392mm × 283mm × 180mm	4	6	-
Plastic container*	Air cooling	392mm × 283mm × 180mm	3	4	6
Nothing*	Hydro cooling	392mm × 283mm × 180mm	3	4	6

Corrugated box : Double faced (A flute, Single) K220g/SCP125g/K220g Thickness 5mm
 (K220g : Kraft pulp linerboard 220g/m², SCP125g : Semicemical pulp corrugating medium 125g/m²)
 EPS (Expanded polystyrene) : Expanded 50 times, Film bag : PE (Polyethylene), 30 μ m, 700 × 800mm

*Packaging broccoli in a corrugated box after cooling

させた後にガスの出入りを止め、1時間後のガス組成変化とデシケータおよびブロッコリーの容積から呼吸量を算出した。

デシケータの内容積は、蓋と容器本体各々に水を満たし、後に水の容積を計測して求めた。ブロッコリーの容積は、試料を水に沈めて容積を測定した。

(2) 供試ブロッコリーの貯蔵性

供試ブロッコリーの常温、低温での貯蔵性および貯蔵限界はTable 1と同じ段ボール箱に詰めたブロッコリーを0℃と5℃恒温槽(タバイエスベック製 PR3FT)、並びに20℃設定の実験室内に置き、各々の外観変化を観察して判定した。

3. 結果および考察

3.1 冷却ブロッコリーを用いた容器の保冷性と包装材料内ガス組成変化

(1) 品温の変化はFig. 1に示す通りであり、発泡スチロール容器区が4~8時間の間では

段ボール箱区に比べ約2℃低い、16時間で逆に他の包装材料区より高くなった。フィルム袋使用区は段ボール箱区と発泡スチロール容器区の間を保冷性である。全体的には包装材料間の差はあるが、その差は小さい。ヘッドスペース温度はFig. 2に示す通りであり、発泡スチロール容器区の温度が他の試験区に比べ僅かであるが低く保たれていた。

前報⁴⁾の模擬果実(ゲル状のCMC250gをナイロン袋にいたしたもの)3kgを用いての保冷用容器の保冷特性実験では、品温を0℃から10℃で比較すると、発泡スチロール容器は段ボール箱の約1.5倍の保冷時間を示した。今回のブロッコリーを入れた実験は、同じ包装材料、温度設定、内容物重量で行ったが、品温の比較では包装材料間の温度差は小さく、保冷性の差は小さかった。

したがって、実際の青果物では中身が活発に呼吸し、呼吸熱により品温上昇するために保冷時間が縮まり、また保冷用容器が逆に保温材の効果も示すため、包装材料間の差が縮

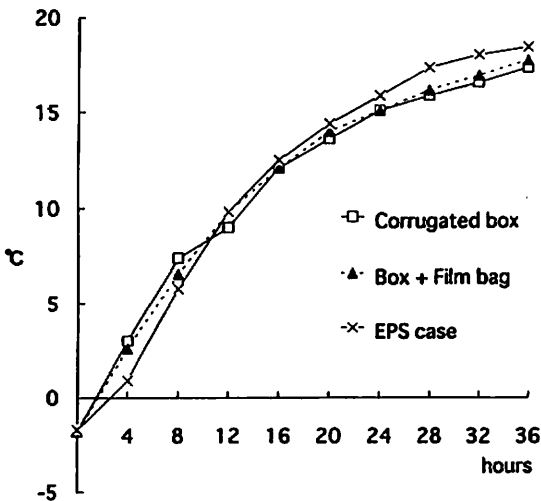


Fig. 1 Temperature variation of cooling broccoli in package

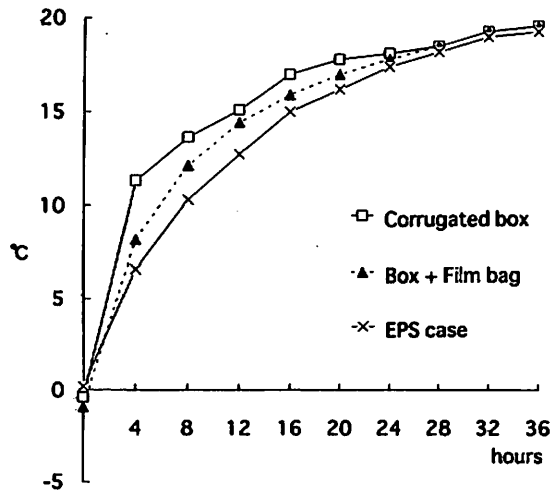


Fig. 2 Temperature variation of headspace in broccoli package

小したと推定される。

(2) 一方、包装材料内ガス組成は Table 1 の様で、発泡スチロール容器やフィルム袋使用区のように密封度の高い包装では、ブロッコリーの呼吸により酸素が減少し、二酸化炭素が増加した。しかし、段ボール箱では密封性はなく、ほとんど外気とガス組成が変わらなかった。

3.2 予冷出荷を想定した包装内環境変化と品質変化

(1) 冷却速度を強制通風型の冷却方法と比較すると Fig. 3 の様であり、冷却速度は包装材料により大きな差が見られた。断熱性が高く、密封度も高い包装材料では冷却速度が遅い。発泡スチロール容器やフィルム袋を用いた包装材料は蓋やフィルム袋の口は開放しているが冷却速度は遅い。他方、プラスチックコンテナでの冷却や冷水冷却では早く低温になった。

強制通風予冷庫は、朝に収穫された青果物

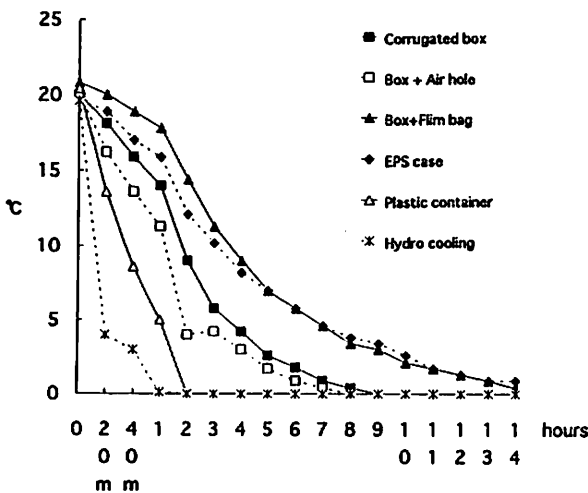


Fig. 3 Temperature variation of broccoli treated by cooling

が運び込まれ、夕方に出荷される作業体系のなかで予冷および保冷库として利用される。そのため、包装された状態での冷却速度をみたが、段ボール箱では約3時間で品温が5°Cに低下するが、フィルム袋があると6~7時間を要した。実際の予冷库では多くの容器が積み上げられ冷風がさえぎられるなど、さらに冷却に長い時間がかかるものと思われる。

従って、冷却のためには充分な時間をとるか、他の予冷方法を用いる必要がある。

なお、冷却後の品温上昇は Fig. 4 の様で、実験 2.2 と同様に一様に上昇し、包装資材間の差は見られるものの小さいものであった。

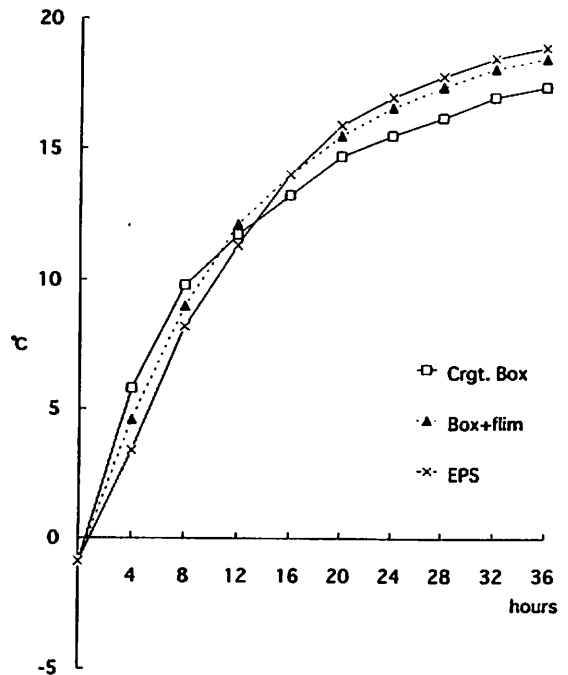


Fig. 4 Temperature variation of broccoli treated by cooling during storage

(2) ブロッコリーの品質観察の結果は Table 2 の様に3日後までは包装材料間に差がなかったが、4日後では緑色が失われるなど品質の差が生じ、発泡スチロール容器やフィルム

袋などの包装材料で包まれたブロッコリーは鮮度が保持されていた。

この場合、ブロッコリーの温度に大きな差は見られないが、密封性の高い包装材料区の鮮度が他の区に比べて長く保持されていたのは、包装材料内のガス組成変化によりブロッコリーの呼吸量が抑制された結果と思われる。従って、予冷されたブロッコリーを発泡スチロール容器で包装した場合、鮮度保持効果は保冷の効果よりも、MA効果が大きいと思われる。

3.3 供試ブロッコリーの生理

(1) MA条件下での供試ブロッコリーの呼吸量
ブロッコリーの呼吸量は Table 3 のように計測された。また、今回設定した低酸素、高二酸化炭素条件（酸素 10%、二酸化炭素 10%）では呼吸量が減少し、大気条件の約半分となった。

Table 3 Changes of respiration rate on broccoli

Temp.	CO ₂	O ₂	Rate of respiration
20℃	0%	20%	178 CO ₂ mg/kg/h
20℃	10%	10%	92 CO ₂ mg/kg/h

(2) 供試ブロッコリーの貯蔵性

ブロッコリーの貯蔵性は Table 4 の様で、20℃では2日後まで異常なく、0℃では14日まで緑色を保持していた。

また、実際の予冷・保冷库では設定温度と実際温度との誤差や庫内温度のバラツキが避けられないが、この温度差の影響をみるために設定した5℃区では10日間であった。

Table 4 Discoloration of broccoli in storage test

Temp.	Partially yellowing	Whole yellowing
0℃	14 days	20 days
5℃	10	14
20℃	2	3

3.4 呼吸量から求めたブロッコリーの鮮度レベルと鮮度保持の予測

ブロッコリーの安定流通のためには、市場着荷時および小売り店頭での鮮度レベルの把握が必要である。そのため、今回供試したブロッコリーの総呼吸量を試算して各実験区の変色限界と比較した。

青果物の呼吸速度は Arrhenius 式で表されるが、その近似式である Gore の式で代用できる⁹⁾。そこで、ここでは Gore の式を用いた。

$$R = R_a \exp(a\theta)$$

ここで、R : 呼吸速度 (CO₂ mg/kg・h)
R_a : 青果物固有の係数
a : 青果物固有の温度係数
θ : 温度

呼吸速度 R は、今回の実験 2.3 で求めた値とし、温度による呼吸量変化割合を午流ら⁷⁾ の研究結果を引用して、

$$R = 36.3 \exp(0.0794\theta)$$

を得た。なお、ガス変成に伴う呼吸抑制は実験 2.3 で求めた結果と同様に実験開始から一律 1/2 と仮定し、試算した。

実験開始から変色までのブロッコリー品温の経時変化をもとにブロッコリー総呼吸量を次式から推定し、結果を Table 5 に示した。

Table 5 Modeling for shelf life measured by respiration on broccoli

Way of preservation & packaging	Change of temp.	Actual shelf life	Respiration vol.(CO ₂)	Operation shelf life
Corrugated box	20°C constant	2 days	8538 mg/kg	2.0 days
Cool preservation	0°C constant	14	11997	13.2
Cool preservation	5°C constant	10	10646	9.5
Corrugated box	Pre-cool→20°C	4	10338	3.6
Corrugated box + Film bag	Pre-cool→20°C	6	9155	5.9
EPS case	Pre-cool→20°C	6	9736	5.7
Cold water cooling	Pre-cool→20°C	4	9768	3.7

Corrugated box : Double faced (A flute, Single) K220g/SCP125g/K220g Thickness 5mm
(K220g : Kraft pulp linerboard 220g/m², SCP125g : Semichemical pulp corrugating medium 125g/m²)

EPS (Expanded polystyrene) : Expanded 50 times, Film bag : PE (Polyethylene), 30 μm, 700 × 800mm

$$Bt = \int_{0}^{t} Rdt$$

ここで、Bt : ブロッコリー総呼吸量
(CO₂ mg/kg · h)
t : 時間 (h)

さらに、一定呼吸量 8600 (CO₂ mg/kg) を変色限界として、温度変化から変色までの日数を求めると、実際の鮮度保持期間とよく一致した。

4. 結 論

今回の研究では、ブロッコリーにおける保冷容器の利用方法と鮮度レベルの把握で知見が得られた。

今後は、産地から消費地への実際流通での検証が必要である。また、今回の実験では保冷用容器の保冷性に実験の中心を置いたが、包装システムとしてブロッコリーの鮮度保持に関しては引き続き研究したい。さらに、今回は緑色保持を鮮度の指標としたが、他の指標での検証も必要であり、種々の温度、ガス

組成下における呼吸量をより正確に求め、精度の高い予測につなげる必要がある。これらを今後の研究につなぎたい。

<引用文献>

- 1) 邨田卓夫、兵藤宏、山脇和樹、田中邦明、園芸学会雑誌、60 (別2)、634 (1991)
- 2) U. S. DA Agriculture Handbook, No.66, p.54 (1986)
- 3) 打田宏、中村洋、東城清秀、太田英明、日本包装学会誌、4 (1)、33 (1995)
- 4) 打田宏、中村洋、東城清秀、太田英明、日本包装学会誌、4 (1)、40 (1995)
- 5) 太田英明、興座広一、中谷明雄、椎名武夫、井尻勉、石谷孝祐、日本低温保蔵学会誌、17 (3)、106 (1991)
- 6) 村田敏、宮内樹代史、王延耀、農業機械学会誌、55 (2)、69 (1993)
- 7) 午流清志、武田吉弘、中山利明、宮島吉彦、長野農業総合試験場報告、3, p.27 (1989)

(原稿受付1993年11月17日)

(審査受理1995年2月14日)