

# 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

池田浩暢・茨木俊行  
(生産環境研究所)

ブロッコリーに適したMA (Modified Atmosphere) 条件を明らかにするために、数種の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を検討した。ブロッコリーの呼吸速度は、酸素濃度が低く二酸化炭素濃度が高くなるほど抑制された。アスコルビン酸含量や全糖含量及びクロロフィル含量は、酸素濃度が高い試験区ほど経時的に低下した。しかし、酸素濃度を7%~3%に設定すると、これらの成分の低下は抑制された。黄化も同様の傾向を示した。したがって、15℃で貯蔵した場合、ブロッコリーの品質を保つためには、雰囲気酸素と二酸化炭素の組成比を7% : 14%から3% : 17%にすると良い。

[キーワード：ブロッコリー、雰囲気ガス組成、呼吸速度、内容成分、品質]

Effects of atmosphere compositions on respiration rates, chemical components and quality of Broccoli. IKEDA Hironobu, Toshiyuki IBARAKI (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549 Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.*17:102-105 (1998)

The effects of several atmosphere compositions on respiration rates, chemical components and keeping quality of broccoli were investigated during storage in order to appear the suitable condition of modified atmosphere. The respiration rates of broccoli was reduced under continuous streams of low oxygen and high carbon dioxide levels. Ascorbic acid, sugar and chlorophyll components were deteriorated as oxygen concentrations increase or storage time increase, and were kept under 7% to 3% O<sub>2</sub>. Yellowing of broccoli florets was reduced under low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> levels. From these results, atmosphere compositions such as 7% O<sub>2</sub> and 14% CO<sub>2</sub> to 3% O<sub>2</sub> and 17% CO<sub>2</sub> respectively, gave better keeping quality of broccoli while avoiding physiological injury during storage at 15 °C.

[Key words : broccoli, atmosphere compositions, respiration rate, chemical components, keeping quality]

## 緒 言

ブロッコリーは未熟な花蕾を収穫するために他の野菜に比べて呼吸速度が高く、出荷後の比較的早い時点から花蕾の黄化などの品質低下が起りやすい野菜である。産地で予冷が行われていても低温流通体制が完備されていない現状では、プラスチックフィルム袋などを利用したMA包装が最も効果的な品質保持方法として注目されている。ブロッコリーについては、これまでもMA包装に関する研究が行われてきたが<sup>4)~8,11)~13)</sup>、その多くがガス透過量の異なる数種のプラスチックフィルム袋で包装し、その品質保持結果から適した包装フィルムを選定したにすぎず、設定した雰囲気ガス組成下におけるブロッコリーの品質変化等については十分な検討はなされていない。

そこで、本研究ではブロッコリーに適したMA条件を明らかにするために、数種の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を検討した。

## 材料及び方法

### 試験1 ブロッコリーの雰囲気ガス組成と呼吸速度

福岡県二丈町で生産されたブロッコリー (品種：グリーンビューティー) を供試した。収穫、調整後直ちに試

験場に搬入した。ブロッコリー12個 (約1500g) を内容積14.1ℓの亚克力樹脂製チャンパーに入れ、恒温庫内に保存した。貯蔵温度は小売店のショーケース内の温度を想定し、15℃とした。第1表に示す組成に設定したガスを毎時7ℓの流量でチャンパー内に通気し、ブロッコリーの雰囲気ガス組成と品温を安定させるために、この状態で約15時間保存した後ガスの通気を一時中断し、チャンパーを密閉し、エアーポンプ (流量8ℓ/min) を用いてチャンパー内の空気を密閉式で循環させた。貯蔵中のチャンパー内のガス組成を第1表に併せて示した。1時間ごとにチャンパー内のガスを採取し、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) を用いて、酸素及び二酸化炭素組成を測定した。単位時間当たりに変化するこれらのガス組成から、呼吸速度 (二酸化炭素排出速度) 及び呼吸商を算出した。呼吸速度測定後は、再びガスを通気した。

### 試験2 ブロッコリーの雰囲気ガス組成と品質変化

福岡県二丈町で生産されたブロッコリー (品種：グリーンビューティー) を供試した。収穫、調整後直ちに試験場に搬入した。ブロッコリー12個 (約1500g) を内容積14.1ℓの亚克力樹脂製チャンパーに入れ、試験1と同じ組成に設定したガスを毎時7ℓの流量でチャンパ

第1表 通気ガス組成と貯蔵中のチャンパー内ガス組成(%)

試験区	通気ガス組成		チャンパー内ガス組成	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
①	21	0.04	20	1
②	16	5	14	7
③	12	9	10	10
④	9	13	7	14
⑤	4	18	3	17

一内に通気し、15℃の恒温庫内で貯蔵した。貯蔵中のチャンパー内のガス組成は試験1と同等であった。2, 4, 6, 8日後にチャンパー内よりブロッコリーを3個ずつ取り出し、アスコルビン酸含量、全糖含量、クロロフィル含量を測定するとともに、黄化の程度及び異臭の程度を調査した。調査後は直ちにチャンパーを密閉し、再びガスを通気した。調査に要した時間(チャンパーの開放時間)は約30分であった。

① アスコルビン酸含量の測定

ブロッコリーの花蕾を先端から約3mm切り出し、この一定量を測定に用いた。アスコルビン酸の測定は、須田<sup>9)</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、遠心分離後(3,000rpm, 10min, 室温)得られた上澄を、さらにNo.5B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pH7.0の0.2Mリン酸緩衝液5ml, 1mg/mlヘルオキシダーゼ(わさび製)0.2ml, 50mM過酸化水素水0.02ml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。

② 全糖含量の測定

アスコルビン酸含量と同様に花蕾の先端部分を用い、80%熱エタノールで磨砕抽出し、遠心分離した上澄を試料溶液とした。100mlに定容後、この一定量を塩酸を用いて一晚加水分解処理し、中和後ソモギ・ネルソン法により測定した。

③ クロロフィル含量の定量

全糖含量の抽出時に得られた上澄液を、さらにNo.2の濾紙でろ過し、試料溶液とした。100mlに定容後、750, 665, 649nmにおける吸光度を測定し、與座<sup>13)</sup>らの方法に従ってクロロフィル含量を算出した。

④ 黄化の程度の測定

黄化の程度は、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。

⑤ 異臭の程度の測定

異臭の程度は、異臭が認められない状態を0、極くわずかに認められる状態を1、わずかに認められる状態を2、強く認められる状態を3、激しく認められる状態を4とした。

結 果

試験1 ブロッコリーの霧囲気ガス組成と呼吸速度

貯蔵中のチャンパー内のガス組成は、通気ガス組成と比較するとブロッコリーの呼吸作用により、酸素濃度は1~2%低く、二酸化炭素濃度は1~2%高い値を示した(第1表)。

霧囲気ガス組成がブロッコリーの呼吸速度に及ぼす影響を第2表に示した。大気条件下(①区)におけるブロッコリーの呼吸速度は175mgCO<sub>2</sub>/kg/hrであった。しかし、酸素濃度が低くなるにつれて呼吸速度は低下し、最も酸素濃度が低い⑤区では51mgCO<sub>2</sub>/kg/hrとなり、大気条件下の1/3以下にまで低下した。呼吸商はいずれの試験区でも1以下であったが、酸素濃度が低い④、⑤区では他の試験区に比べてやや高い値を示した。

試験2 ブロッコリーの霧囲気ガス組成と品質変化

霧囲気ガス組成がアスコルビン酸含量に及ぼす影響を第1図に示した。アスコルビン酸含量の低下は、酸素濃度が高くなるほど早くから認められ、①区では貯蔵2日後にすでに低下が認められた。また、②、③区では2日後までほぼ貯蔵開始時の含量を保持していたが、それ以降急激に低下した。一方、酸素濃度が低い④、⑤区では、それぞれ4、6日後からアスコルビン酸含量の低下が認められたが、その低下割合は緩やかであり、8日後においてもそれぞれ貯蔵開始時の34%、50%を保持していた。

霧囲気ガス組成がブロッコリーの全糖含量に及ぼす影響を第2図に示した。大気条件下である①区では全糖含量は2日後以降に急激に低下した。②~⑤区では2日後に糖含量はやや低下したものの、2日後から6日後にかけての低下はほとんど認められなかった。これらの試験区では8日後には全糖含量は低下したが、その低下割合は酸素濃度が低い試験区ほど緩やかであった。

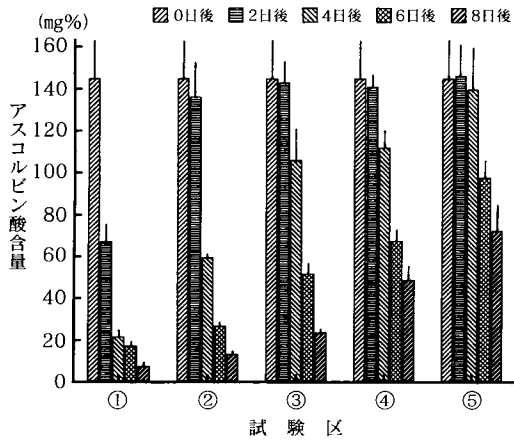
霧囲気ガス組成がクロロフィル含量に及ぼす影響を第3図に示した。クロロフィル含量の変化はアスコルビン酸含量の変化と同様に、酸素濃度を高く設定した試験区ほど早くから低下した。①、②、③区では8日後にそれぞれ貯蔵開始時の14、26、64%まで低下したのに対し、酸素濃度を低く設定した④、⑤区では、8日後までクロロフィル含量の低下は認められなかった。

霧囲気ガス組成が黄化の程度に及ぼす影響を第4図に示した。①区では貯蔵開始直後から黄化は進行し、6日後には花蕾全体が黄化した。②区では4日後から黄化が認められ、以後急速に進行した。③区では4日後から黄化は認められたものの、その程度は極くわずかであった。一方、④、⑤区では、8日後まで黄化は認められなかった。黄化の程度の経時変化とクロロフィル含量の経時変化は良く一致していた。

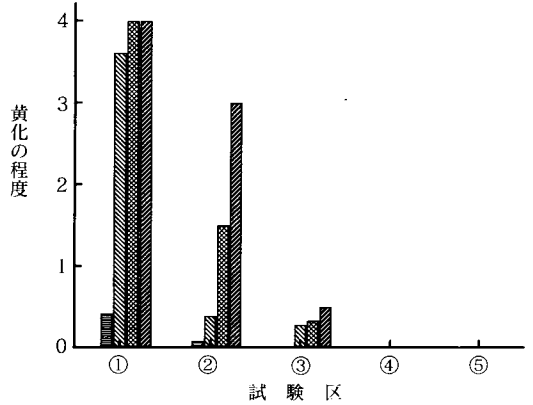
第2表 霧囲気ガス濃度組成がブロッコリーの呼吸速度<sup>1)</sup>及び呼吸商に及ぼす影響

試験区	①	②	③	④	⑤
呼吸速度	175	111	99	80	51
呼吸商	0.76	0.79	0.76	0.81	0.90

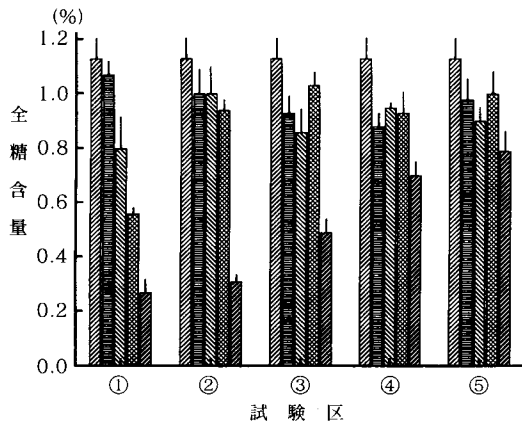
1) 二酸化炭素排出速度(mgCO<sub>2</sub>/kg/hr)



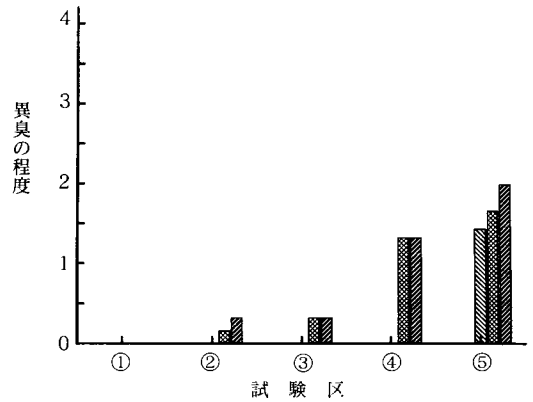
第1図 雰田気ガス組成がブロッコリーのアスコルビン酸含量に及ぼす影響  
垂直線は標準偏差を示す(n=3)。



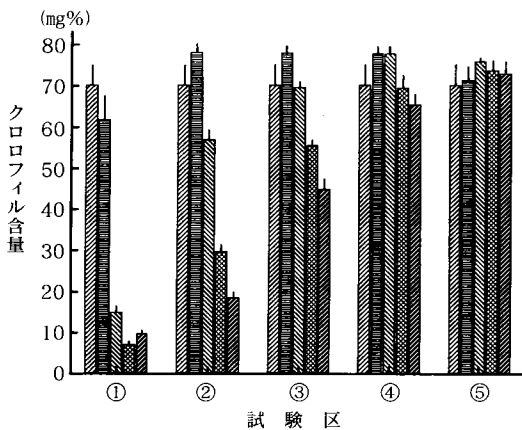
第4図 雰田気ガス組成がブロッコリーの黄化の程度に及ぼす影響  
凡例は第1図に準ずる。



第2図 雰田気ガス組成がブロッコリーの全糖含量に及ぼす影響  
凡例は第1図に準ずる。  
垂直線は標準偏差を表す(n=3)。



第5図 雰田気ガス組成がブロッコリーの異臭の程度に及ぼす影響  
凡例は第1図に準ずる。



第3図 雰田気ガス組成がブロッコリーのクロロフィル含量に及ぼす影響  
凡例は第1図に準ずる。  
垂直線は標準偏差を表す(n=3)。

雰田気ガス組成が異臭の程度に及ぼす影響を第5図に示した。①区では8日後まで異臭は認められなかった。②、③区では6日後から認められたが、その程度は極く

わずかであった。一方、酸素濃度が低い④区では6日後から、⑤区では4日後から異臭が認められ、それ以降徐々に進行した。しかし、8日後においてもわずかに異臭が認められる程度で、小売り可能であると判断された。

### 考 察

ブロッコリーのMA包装に関する研究の多くは、ブロッコリーをポリエチレンフィルム(PE)を主体とした数種のプラスチックフィルム袋で包装し、その品質保持結果から適したMA条件を導き出しているにすぎない<sup>4,7,11~13)</sup>。しかし、PEは透明性が劣るフィルムであるため、実際に青果物を包装し流通されている例はほとんどない。一方、透明性に優れたフィルムの1つにポリプロピレンフィルム(OPP)があるが、このフィルムはガス透過量が低い<sup>4)</sup>ためMA包装には向かず、ほとんど穴開き包装に用いられている。近年、このOPPに微細な孔を開けガス透過量を自由に制御できるフィルムが開発され、青果物のMA包装への応用が期待されている<sup>8)</sup>。このフィルムはガスの種類にかかわらずガス透過量はほぼ同じであるため、貯蔵期間が長くなっても酸素濃度と二酸化炭素濃度の合計

は約21%で推移することが多い<sup>3,10)</sup>。そこで、本報では微細孔フィルムを想定して酸素濃度と二酸化炭素濃度の合計が約21%になるように雰囲気ガス組成を設定した。今回設定した酸素・二酸化炭素組成の範囲では、アスコルビン酸含量やクロロフィル含量は経時的に低下したが、雰囲気中の酸素と二酸化炭素の組成比が7%：14%及び3%：17%に達した④、⑤区では、その低下割合を抑制することができた。これは、低酸素に設定した試験区ほど呼吸速度が抑制されたためと考えられる。呼吸商が1より小さいことからアスコルビン酸が呼吸基質として使われたとは考えられないが、これまでの研究で呼吸が抑制されるほど内容成分の低下も抑制されることが示されている<sup>2)</sup>。この④、⑤区では、8日後まで黄化は認められなかったが、6日後より異臭がわずかに認められた。一般に、青果物が無気呼吸すると呼吸商の上昇を伴ってアセトアルデヒドやエタノールが生成し、異臭が発生する<sup>1)</sup>。今回④、⑤区ではわずかではあるが異臭は認められ、呼吸商はわずかながら上昇した。これらの状況を考えてみると、酸素濃度が3%を下回り二酸化炭素濃度が17%を越えるようなガス組成下では、呼吸商の更なる上昇が予測されるため、このガス組成が有気呼吸の限界であり、MA包装に適した条件と推察される。酸素濃度だけを比較すると、今回の値は今まで報告<sup>3,7)</sup>されていた酸素濃度0.5～3%よりも高くなっている。これは二酸化炭素濃度の違いによるものと考えられる。すなわちPEを用いた場合は二酸化炭素濃度は5%程度と低濃度であったが、今回は17%と高く設定したため、二酸化炭素が呼吸抑制として作用したのと考えられる<sup>1)</sup>。

これらのことから、春期に収穫したブロッコリー「グリーンビューティー」を15℃に貯蔵した場合、適したMA条件は酸素濃度3%、二酸化炭素濃度17%であると考えられる。しかし今回、酸素濃度7%、二酸化炭素濃度14%でも、8日後までアスコルビン酸含量などの内容成分の低下を抑制し、黄化の進行も認められなかった。したがって、ブロッコリーをMA包装する場合には雰囲気中の酸素と二酸化炭素の組成比を3%：17%から7%：14%の間に保つと良い。

## 参 考 文 献

- 1) ADAL A KADER. (1987) Postharvest Physiology of Vegetables. (J.WEICHMANN, ROBERT C.HERNER TUDOR H.THOMAS eds.) , New York, USA : Marcel Dekker Inc.,pp25～43.
- 2) 茨木俊行・池田浩暢・太田英明 (1997) いくつかの雰囲気ガス濃度組成が葉ネギの鮮度保持に及ぼす影響. 日食保蔵誌. **23**(1) : 3～7.
- 3) T.HIRATA, Y.MAKINO, Y.ISHIKAWA, S.KATSUURA, Y.HASEGAWA (1996) A Theoretical Model for Designing Modified Atmosphere Packaging with a Perforation. *Amer.Soc.Agri.Engi.* **39**(4): 1499～1504.
- 4) 平田 孝・中谷敦志・石川 豊・山田千賀子・勝浦ソニア (1995) MA包装ブロッコリー中の色素・アスコルビン酸・グルタチオンの挙動. 日食科学誌. **42**(12) : 996～1002.
- 5) KASMIRE R.F.(1974) Influence of Aeration Rate and Atmospheric Composition during Simulated Transit Visual Quality and Off-oder Production by Broccoli. *Hortscience* **9**(3): 228～229.
- 6) 川島和子・浅見逸夫・田中喜久 (1989) ブロッコリーの高品質出荷資材に関する研究 (第1報) フィルム包装が品質に及ぼす影響. 愛知農総試研報. **21** : 197～204.
- 7) J.MAKHLOUF, F.CASTAIGNE, J.ARUL, C.WILLEMOT and A. GOSSELIN (1989) Long-term Storage of Broccoli under Controlled Atmosphere. *Hortscience* **24** (4): 637～639.
- 8) 中西英人・大竹良知・藤田 健 (1996) 機能性フィルムによるブロッコリーの品質保持. 愛知農総試研報. **28** : 199～207.
- 9) 須田郁夫・西場洋一・古田 取 (1995) 酵素反応を利用したビタミンC定量法の改良. 九州農業研究 **57** : 41.
- 10) 鈴木芳孝・岡林秀典 (1996) 微細孔フィルムを利用した小ネギの鮮度保持. 高知農技七研報. **5** : 90～97.
- 11) 山下市二・小林恭一 (1993) ブロッコリーの修整空気システムCA貯蔵. 日食低温誌. **19** : 8～13.
- 12) 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.
- 13) 興座宏一・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.