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

茨木俊行*・池田浩暢*・太田英明**

Effects of Several Atmosphere Compositions on Keeping Quality of Welsh Onion (*Allium fistulosum* L.)

IBARAKI Toshiyuki*, IKEDA Hironobu* and OHTA Hideaki**

*Fukuoka Agricultural Research Center,
578 Yoshiki Chikushino, Fukuoka 818

**Department of Food Science and Nutrition, Nakamura Gakuen University
5-7-1 Befu, Jonan-ku Fukuoka 814-01

The effects of several atmosphere compositions on respiration rates, chemical components and keeping quality of Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) were investigated during storage at 15°C. Carbon dioxide production from Welsh onion under continuous stream of air (the flow rate was 7 liter/hr) was 111mgCO₂/kg/hr, it being reduced under continuous streams of low oxygen and high carbon dioxide levels. Ascorbic acid, sugar and chlorophyll retention under low oxygen level were better than those in air. Sensory score of Welsh onion withering leaf tip was reduced under low oxygen and high carbon dioxide levels. From these results, atmosphere compositions such as 7.6% O₂ + 12.6% CO₂ and 4.1% O₂ + 17.1% CO₂ respectively, gave better keeping quality of Welsh onion while avoiding physiological injury.

(Received Jul. 1, 1996)

青果物では、雰囲気ガス濃度組成を低酸素・高二酸化炭素にすることにより鮮度保持が延長されることが知られている¹⁾。フィルムのガス透過性と青果物の呼吸作用により簡易に低酸素・高二酸化炭素状態が得られるMA (Modified Atmosphere) 貯蔵は、その簡便さから多くの研究がなされ、実用化されている。MA貯蔵により鮮度保持効果が顕著に認められるブロッコリーでは、特に多くの研究がなされ^{2)~6)}、呼吸の抑制、アスコルビン酸やクロロフィルなどの成分保持に効果が認められている。筆者ら⁷⁾もポリプロピレンフィルム密封包装が葉ネギの鮮度保持に有効であることを明らかにした。

一方、MA貯蔵はその特性から、フィルム内のガス濃

度組成を厳密にコントロールすることは難しい。とりわけ、青果物の呼吸作用による酸素吸収速度の方がフィルム表面からの酸素透過速度より優れる場合は、青果物にとって極端な酸素不足に陥る場合がある⁷⁾。このような状態では、青果物は正常な呼吸ができず、エタノールやアセトアルデヒドを生成し、異臭やビッティングを生じたりする^{1),3)}。このため、最近ではこれらの障害を防止する目的で、プラスチックフィルムに微細な孔を開けたり、凹凸を施したフィルムが開発され、それらを用いた研究も実施されている^{8),9)}。しかし、これらの研究の多くは、数種のフィルムに青果物を密封包装し、その鮮度保持結果よりMA条件を求めているものが多い。

*福岡県農業総合試験場 (〒818 福岡県筑紫野市大字吉木587)

**中村学園大学食物栄養学科 (〒814-01福岡市城南区別府5-7-1)

本報は葉ネギの適正なMA条件を得ることを目的とし、濃度組成が既知の種々のガス環境を作り出し、これらの雰囲気ガスが葉ネギの呼吸速度、成分および鮮度保持に及ぼす影響を検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

平成8年1月に福岡県朝倉町で生産された九条系葉ネギ「博多万能ねぎ」を供試した。収穫、調整（1束100g）後、1夜5℃で予冷したものを試験場に搬入した。

2. 実験方法

1) 雰囲気ガス環境 本実験で設定した雰囲気ガス組成をTable 1に示した。設定にあたっては次の点に留意した。フィルム内のガス濃度組成は、青果物の呼吸作用とそのフィルム特有のガス透過性などにより決定されるが、多くのプラスチックフィルムでは、ガス透過性は窒素、酸素、二酸化炭素の順に高くなる³⁾。そのため、貯蔵期間が長くなると相対的に窒素濃度が高くなる¹⁰⁾。しかし、この割合は貯蔵期間や青果物の呼吸速度、フィルムのガス透過性により異なる。一方、最近注目を浴びている、微細な孔を開けた機能性フィルムは、その孔の数によってガスの透過割合を自由にコントロールできる。この場合、貯蔵期間が長くなってもフィルム内の窒素濃度はほぼ同じ値を示す^{8), 9)}。つまり、酸素と二酸化炭素の合計は約21%のままになる。そこで、本試験では、二酸化炭素濃度と酸素濃度の合計を21%に設定した。

2) 呼吸速度の測定 葉ネギ400gを12.2ℓのアクリル樹脂製チャンバーに入れ、Table 1に示すガスを毎時7ℓの流速で1夜導入しチャンバー内のガスを置換した。測定はエアポンプを用いてチャンバー内の空気を密閉式で循環させ、1時間ごとのガス濃度を島津製作所製のガスクロマトグラフ（GC-8A, カラム：モレキュラーシーブ+ポラパックN）により測定し、単位時間当たりに変化した酸素濃度と二酸化炭素濃度から呼吸速度を算出した。

3) ガス制御チャンバーによる貯蔵試験 葉ネギ600gを上記チャンバーに入れ、Table 1に示すガスを

毎時7ℓの流量でチャンバー内に導入した。以後1日おきにチャンバーを開け、還元型アスコルビン酸、全糖、クロロフィル含量および葉先枯れの程度を測定した。

調査後直ちにチャンバーの蓋を閉じ、ガスを導入した。チャンバーの開放時間は1試験区当たり約15分であった。これらの実験はすべて15℃の貯蔵庫内で行った。

① 還元型アスコルビン酸の定量：定量には根を切除した個体を用いた。測定は須田ら¹¹⁾の方法を参考に行った。即ち、葉ネギを5%メタリン酸で抽出・遠心分離し、No.5Bの濾紙で濾過後25mlに定容した。試験管にpH7.0の0.2Mリン酸緩衝液5mlと、抽出濾液0.5ml、1mg/mlのワサビ製ペルオキシダーゼ200μℓ、50mMの過酸化水素水20μℓを加えて加振した。35℃の恒温水槽内に20分間保持した後、265nmの波長で吸光度を測定した。過酸化水素水を加えないものを対照にして、吸光度の差を求めた。標準アスコルビン酸の吸光度より還元型アスコルビン酸含量（以後還元型アスコルビン酸をアスコルビン酸と略す）を求めた。

② 全糖の定量：アスコルビン酸と同様に根を切除した個体を用い、80%の熱エタノールで抽出した。抽出液中の非還元糖を0.1Nの塩酸で加水分解した後中和し、これをソモギ・ネルソン法で測定した¹²⁾。

③ クロロフィルの定量：測定には葉先20cmの葉身部分を用いた¹³⁾。これを80%の熱エタノールで抽出し、遠心分離後定容し、665nmと649nmの波長の吸光度を與座らの方法に準じて測定した¹⁴⁾。

上記成分分析には各区6反復行った。

④ 葉先枯れの程度の調査：葉先が全く枯れていない状態を0、先端が0～2cm枯れている状態を1、2～5cm枯れている状態を2、5～10cm枯れている状態を3、10cm以上枯れている状態を4に分類し、前報⁷⁾に従い葉先枯れの程度を評価した。チャンバー内のすべての葉ネギに対して葉先枯れの程度を調査した（70～130個体）。

実験結果

1. 雰囲気ガス環境が呼吸速度に及ぼす影響

Table 2 Effect of several atmosphere compositions on respiration rates of Welsh onion during storage at 15℃.

Respiration rates	A ^{a)}	B	C	D	E
carbon dioxide production ^{b)}	111	97	78	62	53
oxygen consumption ^{c)}	88	76	66	53	45
respiration quotient	0.89	0.93	0.86	0.85	0.84

a) See Table 1 for abbreviation.

b) mgCO₂/kg/hr. c) mgO₂/kg/hr.

Table 1 Atmosphere compositions used in this experiment.

chamber	N ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
A		air	
B	79.2	15.1	5.7
C	78.8	11.5	9.7
D	79.8	7.6	12.6
E	78.8	4.1	17.1

各雰囲気ガス環境下における葉ネギの呼吸速度を Table 2 に示した。二酸化炭素排出速度はチャンバー A 内の葉ネギ（以下特に記さない限りチャンバー A 内の葉ネギを A 区、同様に、B 区、C 区、D 区、E 区と略す）で $111 \text{ mgCO}_2/\text{kg/hr}$ であった。しかし、酸素濃度が低くなる（二酸化炭素濃度が高くなる）とともに二酸化炭素排出速度は低下し、酸素濃度が最も低い（二酸化炭素が最も高い）E 区では $53 \text{ mgCO}_2/\text{kg/hr}$ と、約半分にまで低下した。同様に、酸素吸収速度も E 区は A 区の約半分の値であった。

今回の実験ではいずれのチャンバー内の葉ネギにおいても異臭は認められなかった。また、呼吸商もほぼ同じ値を示したことから、酸素濃度が 4.1% と最も低い設定の E 区においても無気呼吸はなかったと考えられる。

2. 雰囲気ガス環境が成分および鮮度に及ぼす影響

アスコルビン酸含量は、A 区では経時的に減少し、貯蔵 2 日後には貯蔵前の約 80%，8 日後には約 60% にまで減少した（Fig. 1）。また、B 区および C 区でも経時的に減少したが、高酸素・低二酸化炭素濃度に設定した雰囲気下のものほど減少割合が高かった。一方、酸素濃度が低く、二酸化炭素濃度が高い D 区および E 区では、アスコルビン酸含量の減少傾向は貯蔵 8 日後まで認めら

Fig. 1 Effect of several atmosphere compositions on ascorbic acid content of Welsh onion during storage at 15°C .

Welsh onion (600 g) were stored in the acrylic chambers (12.2 l each) for 8 days at 15°C under a continuous stream (7 l/hr) of gas composition shown in Table 1. These acrylic chambers were opened every other day for evaluating ascorbic acid. □ : 0 day. □ : 2 days in storage. □ : 4 days in storage. □ : 6 days in storage. □ : 8 days in storage. See Table 1 for abbreviation.

Vertical bars are the standard deviation. $n=6$

Fig. 2 Effect of several atmosphere compositions on sugar content of Welsh onion during storage at 15°C .

Symbols are the same shown in Fig. 1.

See Table 1 for abbreviation.

れなかった。全糖含量もアスコルビン酸含量とほぼ同様に、高酸素・低二酸化炭素濃度に設定した雰囲気下のものほど減少した（Fig. 2）。しかし、その減少割合はアスコルビン酸含量ほど大きくはなく、A 区では、貯蔵 4 日後には貯蔵前の 90%，最も値が低かった 6 日後でも 81% に留まった。

クロロフィル含量も同様に、高酸素・低二酸化炭素濃度に設定した雰囲気下のもネギほど早くから低下し、A 区では貯蔵 4 日後から、B 区および C 区では 6 日後から減少した。その減少割合は酸素濃度が高いほど（二酸化

Fig. 3 Effect of several atmosphere compositions on total chlorophyll content of Welsh onion during storage at 15°C .

Symbols are the same shown in Fig. 1.

See Table 1 for abbreviation.

Fig. 4 Effect of several atmosphere compositions on score of withering leaf tip of Welsh onion during storage at 15°C.

Symbols are the same shown in Fig 1.

See Table 1 for abbreviation.

Score of withering leaf tip of Welsh onion was defined as follows.

$$\frac{N_0 \times 0 + N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3 + N_4 \times 4}{N}$$

N_0 : a number of Welsh onions that did not have withering leaf tip.

N_1 : a number of Welsh onions that had withering leaf tip less than 2cm in length. N_2 : a number of Welsh onions that had withering leaf tip 2~5cm in length. N_3 : a number of Welsh onions that had withering leaf tip 5~10cm in length. N_4 : a number of Welsh onions that had withering leaf tip longer than 10cm. N : a number of Welsh onions that was investigated in this test.

炭素濃度が低いほど) 顕著で、特にA区では6日後に貯蔵前の約56%にまで低下した。D区およびE区ではクロロフィル含量の減少傾向は認められなかった (Fig. 3)。

葉先枯れの程度の経時変化をFig. 4に示した。葉先枯れは、見た目の商品性を大きく左右する。指数が10を超えると枯れた部分が目立ってくる。更に、指数が20を超えると商品性が認められない程に枯れている状態を示す。A区では貯蔵2日後にすでに指数14となり、4日後には48と急激に増加し、商品性がなくなった。同様にB区では2日後に指数10、4日後には35に達した。C区では2日後では指数5であったが、4日後には24となった。したがって、程度の差こそあれ、A区~C区では葉先枯れの進行が早くから進み、貯蔵4日後には商品性を失った。一方、D区およびE区では、4日後までは指数10未満で商品性を保つことができたが、6日後にはそれぞれ45と35と急激に増加し、商品性がなくな

で葉先枯れが進行した。

考 察

葉ネギでは、他の青果物と同様に、低酸素・高二酸化炭素条件下でアスコルビン酸含量、全糖含量およびクロロフィル含量の経時的な減少を抑えることができた。特に、D区およびE区ではこれらの成分の減少は貯蔵8日後においても認められなかった。一方、葉先枯れなどの外観変化では、成分と同様に低酸素・高二酸化炭素条件下で劣化を少なく抑えることができた。しかし、D区およびE区においても貯蔵6日後から葉先枯れが発生することから、葉ネギではアスコルビン酸や糖などの成分変化(減少)より外観の変化が先に現れた。D区およびE区では、貯蔵6日後以降、葉先枯れが顕著であるにもかかわらずクロロフィル含量は低下しなかったが、この現象は次のように考えられる。即ち、クロロフィルは、葉先20cmの葉身部分100g当たりのミリグラム数で示したが、枯れている部分の重量は枯れていない部分の重量に比べて極端に少ないため、全体の重量の多くは枯れていない部分が占めている。したがって、葉先20cm葉身の一部が枯れていても、測定されたクロロフィル含量は枯れていない緑色を残した部分を代表した値となった。この結果は、葉先20cmのクロロフィル含量の変化は葉先枯れの変化とよく一致するという松本の報告¹³⁾とは異な

った。異臭が認められなかったことや、各チャンバー内の葉ネギの呼吸商が一律であったことから、15°Cでは酸素濃度が4.1%の雰囲気下でも葉ネギは無気呼吸しなかったものと考えられる。しかしながら、20°Cにおいては、酸素濃度が5%を下回ると一部ではあるが無気呼吸する個体が認められた⁷⁾。そのため15°Cにおいても酸素濃度が4%以下では無気呼吸する可能性があるものと考えられる。

これらのことから、15°Cの恒温下においては、雰囲気中の酸素と二酸化炭素の組成比を7.6:12.6から4.1:17.1の間に保つことにより、アスコルビン酸含量や全糖含量を収穫時と同等に保持できるとともに、葉先枯れを少なくとも4日間は抑制できると見なされた。葉ネギを15°Cで貯蔵する場合、収穫時期により鮮度保持力が異なり、外気温が低い冬期には鮮度低下が早くなることが認められている¹⁵⁾。このため、1月に収穫した今回の実験では、鮮度保持期間は4日間であったが、他の時期にはより長く品質を保つことが可能と推測される。

近年、青果物の呼吸速度などを定量解析して数式モデルを作り¹⁶⁾、包装材料のガス透過性と組み合わせたシミ

ュレーション手法により適正な包装設計を行おうという種々の試みがなされている^{17),18)}。今回明らかにした、MA貯蔵に適した酸素濃度と二酸化炭素濃度組成を基礎に、シミュレーション手法を取り入れることによって、葉ネギの適正な包装設計が可能になるものと推察される。

要 約

葉ネギのMA貯蔵に適した雰囲気ガス条件を得るため、15℃の環境下において種々のガス濃度組成が呼吸速度、成分および鮮度保持力に及ぼす影響を検討した。

二酸化炭素排出速度は、大気下の葉ネギでは111mg CO₂/kg/hrであったが、酸素濃度の低下（二酸化炭素濃度の上昇）とともに減少した。大気下や、酸素濃度が高く、二酸化炭素濃度が低い雰囲気下のものではアスコルビン酸含量、全糖含量およびクロロフィル含量は経時的に減少した。しかしながら、酸素濃度と二酸化炭素濃度がそれぞれ7.6と4.1%のものではこれらの成分の低下は認められなかった。葉先枯れも酸素濃度が低いほど抑制できた。葉ネギの鮮度を保つには酸素と二酸化炭素の濃度をそれぞれ7.6%と12.6%から4.1%と17.1%に保つと良いと考えられた。

本研究に際し、試料の提供等協力頂いたJA筑前あさぐらの万能ねぎ部会、福岡県園芸農業協同組合連合会に対し謝意を表します。

文 献

- 1) Adal A KADER : Postharvest Physiology of Vegetables, 25~43 (1987)
- 2) 川嶋和子・浅見逸夫・田中喜久・杉浦正治・堀井満正・鈴木隆敏 : 園学要旨, 昭63春, 516~517 (1988)
- 3) 太田英明・與座宏一・中谷明雄・椎名武夫・井尻

- 勉・石谷孝佑 : 日食低誌, 17, 106~111 (1991)
- 4) 與座宏一・太田英明・野方洋一・石谷孝佑 : 日食工誌, 39, 800~805 (1992)
- 5) 山下市二・永田雅靖・高麗朴・黒木利美 : 日食工誌, 40, 764~770 (1993)
- 6) 宮本裕子・今堀義洋・茶珍和雄 : 園学雑, 62 (別2), 590~591 (1993)
- 7) 茨木俊行・池田浩暢・打田宏・太田英明 : 日食低温誌, 21, 67~72 (1995)
- 8) 與座宏一・田中敦・野方洋一・斉藤隆秀・太田英明 : 日食低温要旨, 38, 3 (1993)
- 9) 鈴木芳孝・岡林秀典 : 高知農技セ研報, 5, 90~97 (1996)
- 10) 茨木俊行 : 農業技術体系 (果樹編 : 貯蔵~加工), 78の30~33 (1994)
- 11) 須田郁夫・西場洋一・古田収 : 九州農業研究, 57, 41 (1995)
- 12) 大阪府立大学農学部園芸学教室編 : 園芸学実験・実習, 156~159 (1986)
- 13) 松本明芳 : 園芸学会秋季大会シンポジウム講演要旨, 136~143 (1988)
- 14) 與座宏一・野方洋一・武田裕子・小役丸孝俊・太田英明 : 日食低温誌, 19, 107~110 (1993)
- 15) 茨木俊行・池田浩暢・太田英明 : 日食低温要旨, 44 (1996)
- 16) LEE, D. S., HAGGAR, P. E., LEE, J. and YAN, K. L. : J. FOOD SCIENCE, 56, 1580~1585 (1991)
- 17) 椎名武夫・河野澄夫・岩元睦夫 : 園学雑, 56, 486~492 (1988)
- 18) 平田孝 : 近畿アグリハイテク・シンポジウム講演要旨, 13~37 (1995)

(平成8年7月1日受理)