

称号及び氏名	博士（農学）鈴木 芳孝
学位授与の日付	平成 17 年 2 月 20 日
論文名	「新簡易包装（パーシャルシール包装）による青果物の鮮度保持に関する研究」
論文審査委員	主査 上田 悦範 副査 池田 英男 副査 阿部 一博

論文要旨

緒言

高知県は大消費地から遠隔に位置し、輸送に長時間を要するためニラや葉ネギなどの青果物では高温期における鮮度低下が問題になっている。一方、MAP(Modified Atmosphere Packaging) は青果物の呼吸と袋のガス透過のバランスにより、袋内のガス濃度を調整して鮮度を保持する方法であり、微細孔フィルムなどが上市されているが、袋の透明性の低下やコストの点から、現地に導入されにくい状況にある。

本研究において、第 1 章ではニラと葉ネギの流通および包装上の問題について、第 2 章では従来のフィルムと包装機を利用した簡易な MAP として「パーシャルシール包装」の開発およびニラの鮮度保持効果について、第 3 章ではニラの鮮度保持機構について、第 4 章ではパーシャルシール包装におけるシール形状や包装資材の変更による他の青果物への応用技術についてそれぞれ検討し、本包装による青果物の鮮度保持技術を明らかにした。

第 1 章 ニラと葉ネギにおける流通上の問題と従来の包装方法による鮮度への影響

1 . 高知県におけるニラと葉ネギの流通上の問題

ニラと葉ネギの流通実態を調査した結果、気温の低い早朝時の収穫や、予冷、冷蔵コンテナ輸送など、低温管理による鮮度保持対策が講じられていたが、出荷調整作業時や市場到着後などに不十分な面もみられ、特に高温期には鮮度低下が問題となっていた。

2 . 従来の包装方法によるニラと葉ネギの鮮度への影響

ニラ、葉ネギはいずれも、無包装では葉の萎凋が激しく、有孔包装では 20 以上で葉の黄化や腐敗が発生し、密封包装では 10 以上で異臭が発生するなど、これらの方法ではい

ずれも鮮度低下が問題となった。一方、微細孔フィルムを利用したニラ、葉ネギの包装では高い鮮度保持効果が認められ、孔の数を変えた実験から、ニラ、葉ネギの適正な貯蔵ガス条件を見出した。しかし、微細孔フィルムは袋の透明性の低下や価格の点で問題を残した。

第2章 パーシャルシール包装の開発とニラの鮮度保持技術

1. パーシャルシール包装のガス透過性

簡易な MAP として、青果物をフィルムで機械包装する際に、溶着する部分に一定間隔でシールをしない部分を残し、その結果生じる微細な空隙でガス透過性を調整する「パーシャルシール包装」を考案した。ニラの鮮度保持包装として、第1章の結果より、袋内を酸素 5%程度、二酸化炭素 10%程度になるように目標設定を行った。20におけるニラの呼吸量は大気条件下では $76.3 \text{ CO}_2\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、酸素 5%、二酸化炭素 10%の条件下では $38.0 \text{ CO}_2\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ であり、100 g のニラを入れた1袋あたりの呼吸量に換算するとそれぞれ 93.2、46.4 ml/day に相当する。大きさ 85mm×600mm の OPP 製袋でシール部幅 4 mm のタテ目、溶着幅 0.4 mm、非溶着幅 0.6 mm とするパーシャルシール包装のガス透過量は、酸素が $4,110 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ 、二酸化炭素が $9,300 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ であり、袋内濃度を酸素 5%、二酸化炭素 10% として袋あたりの透過量に換算すると、酸素 67 ml/day、二酸化炭素 95 ml/day となることから、本法は鮮度保持包装として適当であると考えられた。

2. パーシャルシール包装内のガス組成

貯蔵温度ならびに空隙数の違いが袋内のガス組成に及ぼす影響を検討した結果、酸素濃度の変動は大きい、二酸化炭素濃度の変動は小さかった。さらに、包装機械で連続的に作成した袋間の酸素濃度のばらつきは大きい (1.3% ~ 11.7%) が、二酸化炭素濃度のばらつきは小さい (8.0% ~ 13.2%) ことが確認され、袋内の二酸化炭素濃度が安定する特性を示した。

3. パーシャルシール包装によるニラの鮮度保持効果

包材に OPP を用い、タテ目、溶着幅 0.4 mm、非溶着幅 0.6 mm とするパーシャルシール包装のシール部幅を 2 ~ 6 mm で検討したところ、シール部幅を 4 mm とした場合にニラの品質が最も高く、シール強度も実用的であった。この包装を行い、20 で 5 日間貯蔵した結果、平均酸素濃度が 5.3%、二酸化炭素濃度が 11.4% となり、葉の黄化や腐敗の発生が著しく抑制され、クロロフィル、糖およびアスコルビン酸含量が高く保持された。さらに、本包装法を用いた新出荷法による夏季の輸送シミュレーション試験ならびに 8 月に実施した大阪市場への輸送試験においても高い鮮度保持効果が認められた。

第3章 ガス環境によるニラの鮮度保持機構

1. 酸素、二酸化炭素およびエチレンがニラの呼吸と鮮度に及ぼす影響

厳密にガス条件を設定できる装置を用い、ガス条件がニラの呼吸量および鮮度に及ぼす

影響を調べた。低濃度酸素、高濃度二酸化炭素のいずれの条件下でもニラの呼吸が抑制され、葉の黄化および腐敗の発生が著しく抑制された。さらに、低濃度酸素と高濃度二酸化炭素を組み合わせた条件下では、鮮度保持効果が一層高くなった。ニラはエチレン生成量が非常に少なく、エチレン処理による鮮度への影響は小さかった。

2．低濃度酸素条件がニラの障害および代謝に及ぼす影響

ニラを 0、1、3、5、10%の酸素濃度下（バランス：窒素）および空気下（対照）に 20 で 7 日間貯蔵した結果、0%酸素のみで異臭が発生し、アセトアルデヒド（AA）およびエタノール（EtOH）含量が急激に増加した。ピルビン酸脱炭酸酵素（PDC）の活性は 0%および 1%酸素で、また、アルコール脱水素酵素（ADH）の活性は 0%～3%酸素で対照に比べてやや高かった。

3．高濃度二酸化炭素条件がニラの障害および代謝に及ぼす影響

ニラを 10、20、30%の二酸化炭素濃度下（バランス：空気）および空気下（対照）に 20 で 7 日間貯蔵した結果、30%二酸化炭素のみで異臭が発生し、EtOH、ピルビン酸の増加も認められた。TCA サイクルのコハク酸脱水素酵素（SDH）の活性は、対照では貯蔵当初の一定レベルであったが、高濃度二酸化炭素下では低下し、特に 30%でその程度は著しかった。以上、ガス条件がニラの代謝に及ぼす影響を検討した結果、今回設定したニラのパーシャルシール条件では品質保持が期待できるガス条件下にあり、代謝異常を起こす範囲ではないことが明らかとなった。

第4章 他の青果物へのパーシャルシール包装の応用

1．パーシャルシール包装による葉ネギの鮮度保持技術

葉ネギの呼吸量はニラの約 1.3 倍であり、葉ネギの包装ではニラ用の袋よりもガス透過性を高める必要がある。タテ目のシール形状ではフィルムの走行性の問題から非溶着幅を 0.6 mmよりも広げることが困難であるので、斜め目のシール形状を用いて検討した。その結果、包材に OPP を用いたシール部幅 3 mmの斜め目、溶着幅 7.6 mm、非溶着幅 2.4 mmとする包装法が葉ネギに適していることを明らかにした。夏季の輸送シミュレーション試験を行った結果、パーシャルシール包装による新出荷法では、袋内の酸素濃度が約 4%、二酸化炭素濃度が 10～12%で安定して推移した。本法は発泡スチロール容器を用いた現行法に比べて葉先枯れの発生が著しく抑制されるとともに、糖および還元型アスコルビン酸含量が保持された。

2．パーシャルシール包装によるミョウガの鮮度保持技術

ミョウガは呼吸量が小さいため、包材に OPP を用いたシール部幅 4 mmの斜め目、溶着幅 27.6 mm、非溶着幅 2.4 mmとする包装法が適していることを明らかにした。夏季の輸送シミュレーション試験を行った結果、パーシャルシール包装による新出荷法では、袋内の酸素濃度が約 1%、二酸化炭素濃度が 6～11%で推移した。本法は発泡スチロール容器を用いた現行法に比べて小花の突き出しが著しく抑制された。

3 . パーシャルシール包装によるナバナの鮮度保持技術

ナバナの呼吸量は $301.4 \text{ CO}_2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ と大きいため、包材にポリスチレン (OPS) を用いたシール部幅 4 mm のタテ目、溶着幅 0.4 mm、非溶着幅 0.6 mm とする包装法が適していることを明らかにした。4 月の輸送シミュレーション試験を行った結果、パーシャルシール包装による新出荷法では、袋内の酸素濃度が 10 ~ 12%、二酸化炭素濃度が 7 ~ 9% で推移した。本法は発泡スチロール容器を用いた現行法に比べて花らしい黄化が著しく抑制された。

4 . パーシャルシール包装による青ウメの鮮度保持技術

青ウメでは、20 貯蔵において、包材に OPS を用いたシール部幅 4 mm のタテ目、溶着幅 0.4 mm、非溶着幅 0.6 mm とする包装法によって、袋内の酸素濃度が約 5%、二酸化炭素濃度が 11 ~ 18% で推移し、果実の黄化および軟化抑制効果が認められた。

まとめ

青果物の鮮度保持を目的として、簡易な MAP の方法を検討した結果、青果物をフィルムで機械包装する際に、溶着する部分に一定間隔でシールをしない部分を残し、その結果生じる微細な空隙でガス透過性を調整するパーシャルシール包装法を開発した。ニラ用の OPP フィルムを用いたシール部幅 4 mm のタテ目、溶着幅 0.4 mm、非溶着幅 0.6 mm のパーシャルシール包装では、袋内の平均酸素濃度が 5.3%、二酸化炭素濃度が 11.4% となり、高い鮮度保持効果が認められた。1% 以下の酸素および 30% 以上の二酸化炭素条件下ではアルコール発酵により異臭の発生が認められたが、本包装法は極端なガス条件にならないように、シール形状や包材の変更により袋のガス透過性を微細に調整できる。また、この方法は葉ネギ、ミョウガ、ナバナおよび青ウメにも応用できることを実証した。なお、高知県では現在、ニラと葉ネギのパーシャルシール包装による出荷が始まり、年間 47 億円の販売に利用されている。

本研究に関する論文

- 1 . 鈴木芳孝・岡林秀典・石川 豊・今堀義洋・上田悦範 . 2003 . 新簡易包装 (パーシャルシール包装) によるニラの鮮度保持技術の開発 . 日本食品保蔵科学会誌 . 29(3) : 141-146 .
- 2 . 鈴木芳孝・永田雅靖・今堀義洋・上田悦範 . 2004 . ニラの呼吸と品質に及ぼす低濃度酸素、高濃度二酸化炭素およびエチレンの影響 . 日本食品保蔵科学会誌 . 30(4) : 173-177 .
- 3 . Yoshihiro Imahori , Yoshitaka Suzuki , Kazuko Uemura , Izumi Kishioka , Hitomi Fujiwara ,
Yoshinori Ueda , Kazuo Cyachin . 2004 . Physiological and quality responses chinese chives leaves to low oxygen atmosphere . Postharvest Biol. Technol . 2004 . 31 : 295-303 .
- 4 . 鈴木芳孝・今堀義洋・上田悦範 . パーシャルシール包装による葉ネギの鮮度保持技術 . 日本食品保蔵科学会誌 (印刷中)
- 5 . 鈴木芳孝・岡林秀典 . 2002 . 青果物の鮮度保持方法、青果物包装品、包装方法および包装資材 . 特許第 3259166 号 .

参考文献

- 1 . 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 . 高知県農業技術センター研究報告 . 5 : 90-97 .
- 2 . 鈴木芳孝・岡林秀典 . 1997 . ミョウガの品質保持に及ぼす包装資材の影響 . 高知県農業技術センター研究報告 . 6 : 46-52 .
- 3 . 鈴木芳孝・岡林秀典 . 1999 . ニラの鮮度に及ぼす微細孔フィルム個包装の影響 . 高知県農業技術センター研究報告 . 8 : 39-45 .

審査結果の要旨

青果物の産地から大消費地への輸送は、コールドチェーンが発達したことにより、周年供給や夏場での輸送品目の増加に役立っている。しかし集積、出荷や市場でのコールドチェーンの不徹底等によって高温に遭遇し、品質の劣化も見られるのが現状である。そのような状況においても、プラスチックで包装し、内部ガス環境をコントロールするモディファイドアトモスフェア包装 (MAP) は青果物の品質を保持することが知られている。しかし包装資材のガス透過と、気温により変動する呼吸量とのバランスを取ることは至難の技とされる。

本研究では、ニラと葉ネギについて、高知県から大消費地に輸送した時の従来輸送法の問題点を調べ、種々の包装資材による MAP の可能性を調べた。高価なレーザー光による微細孔フィルムが適していることを確かめたが、自身でも従来のフィルムと包装機を利用した簡易な、また調節の容易な MAP としての「パーシャルシール包装」を開発し、各種青果物にその応用を実践した。さらに、青果物のガス環境に対する反応も生理学的に調べている。

以下にその成果を各章ごとに要約する。

第 1 章では、ニラと葉ネギにおいて、流通上の問題と従来の MAP による対策を論じている。実際の流通上の温度変化、市場におけるクレーム数等を調べ夏場における流通上の問題を浮き彫りにした。また従来の包材に加えてレーザー微細孔フィルムを供試し、上記品目の最適な MAP 条件を探求しているが、微細孔フィルムの有利性を認めているものの、高価なことや、包材のフィルムが濁ること等、産地では採用するまでには至らなかった。

第 2 章では、前章の結果を踏まえ、新しい発想による MAP であるパーシャルシール包装を開発している。この方法は、青果物の包装機のカムを工夫し、包装する際にシールするところに溶着しない部分を一定間隔で残し、その結果生ずる微細な空隙でガス透過性を調節するものである。包材 (ポリプロピレン) のガス透過性、シール部からのガス透過性、野菜の呼吸量から計算し、適切なシール方法を見いだしている。本方法によるニラの品質保持効果を従来の出荷包装と比べたところ、葉の黄化や腐敗率が著しく抑えられた。内容成分についても、クロロフィル、アスコルビン酸および糖の保持効果が確認できた。また、夏場の市場へのお荷試験においても、良好な成績を得た。袋内ガス濃度について、貯蔵温度、空隙数による変動、およびシール間ばらつきによる変動を見たところ、酸素 (O_2) 濃度は変動幅が大きい (1.3~11.7%) ものの二酸化炭素 (CO_2) 濃度は安定して高濃度 (8.0~13.2%) であった。

第 3 章では、内部のガス条件がどのようにニラの品質保持に効果があるのかを生理学的に追求した。厳密にガス条件を設定できる装置を用い、低 O_2 、高 CO_2 環境を作り

調べている。低 O₂、高 CO₂のいずれの条件でもニラの呼吸量が抑制され、葉の黄化および腐敗が抑制された。両条件の組み合わせはさらに効果が大きかった。ニラはエチレン生成が非常に少なく、またエチレン処理による鮮度への影響も少なかった。

1%以下の低 O₂になると 20 日では嫌気呼吸を起こし品質を損ねた。高 CO₂の場合は 30%を超すと嫌気呼吸の様相を示した。パーシャルシール包装では、適度な高 CO₂条件が品質保持に役立っているが(前章)、この効果は TCA サイクル上のコハク酸脱水素酵素活性の CO₂による抑制が代謝回転を遅くすることに因ることを明らかにした。

第 4 章では、ニラで開発されたパーシャルシール包装を他の品目に応用している。葉ネギの場合は、ニラに比べて呼吸量が多いので、シールの非溶着部分を広げる必要があったが、シールの機械的な強度も下がってしまうので、この場合は溶着部分を斜めにすることで解決した。ミョウガは、逆に呼吸量が小さいため非溶着部分の間隔を伸ばすことで調節している。ナバナは葉ネギよりも呼吸量が大きいため、包材をポリスチレンに換え、ニラと同様のシール目にすることで解決した。青ウメの場合も、ナバナと同様なシールで効果を確認している。これらは外観、内容分析で効果を確認すると共に、市場に出荷して評価を得ている。

本論文は産地における流通調査から問題点を見つけ、開発の目的意識を明確にした上で自身のアイデアであるパーシャルシール包装で流通上の青果物の品質向上に貢献したもので、注目に値する。この技術は、実際に産地においてニラを初めとして、2,3 の品目での採用が広まっているが、さらに多くの青果物の呼吸特性や、季節による温度変動を考慮して条件を決めることができる応用しやすい長所を含んでいる。またこの論文は、MAP 法におけるガス調節の生理的な意味も明らかにしている。よって、学力確認の結果とあわせて、博士(農学)の学位を授与することを適当と認める。