

一般論文

二酸化炭素、酸素およびその混合ガス、 並びに窒素が牛肉の保存性に及ぼす影響

荻原博和* 安田松夫** 里見弘治**
横山理雄** 矢野信禮*

Effects of CO₂, O₂, their Mixture, and N₂ Used for Modified Atmosphere Packaging on the Shelf Life of Beef

Hirokazu OGIHARA*, Matuo YASUDA**, Koji SATOMI**,
Michio YOKOYAMA**, Nobuhiro YANO*

The effects of CO₂, O₂, their mixture, and N₂ used for modified atmosphere packaging on the shelf life of beef stored at 5°C for 20 days were compared with those of air packaging.

Viable counts in beef packed with CO₂ and mixed gases were less than 10¹/g to 10³/g those in air, O₂ and N₂ packaging. At the beginning of storage, the microflora in beef were *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Aeromonas* and *Acinetobacter* and at the late stage, *Pseudomonas* and *Lactobacillus* for N₂, O₂ packages and *Lactobacillus* for N₂, CO₂ and mixed gases packages. VBN values of mixed gases and CO₂ packages on the 20th day of storage were lower than those of air, N₂ and O₂ packages. TBA and Met Mb increased for O₂ and mixed gas, but showed no change for CO₂ and N₂ packages. The meat color of N₂ and CO₂ packages changed to brown gradually, while O₂ and mixed gases showed no change until the 6th day. Meat quality after opening a package was kept essentially up to the 6, 15 and 20th day for O₂ and mixed gases packages and for N₂ and CO₂ packages, respectively, up to the 3rd day for air packages. The shelf life of mixed gas packages at 5 °C was doubled in compared with air packages.

Keywords: Modified atmosphere packaging, Shelf life, Beef

二酸化炭素、酸素およびその混合ガス、並びに窒素を用いて牛肉をガス置換包装し、5°Cで20日間の保存中における理化学的・微生物学的変化を比較検討した。

保存中の生菌数は含気包装、窒素、酸素、両混合ガス、二酸化炭素置換包装の順で高かった。保存当初の菌叢は *Lactobacillus*、*Micrococcus* などであった。保存後期の菌叢は、含気包装と酸素置換包装で *Pseudomonas*、*Lactobacillus* が優勢であったのに対し、他のガス置換包装では *Lactobacillus* のみが主体を占めた。VBN値については、二酸化炭素置換包装が低い値を示した。TBA値およびMet Mb値では、酸素置換包装が増加したのに対して二酸化炭素と窒素置換包装では増加が認められなかった。二酸化炭素置換包装では保存性は良いが、肉色の評価は低かった。両混合ガス置換包装は色の評価が良く、含気包装に比較してシルフライフを延長した。

キーワード：ガス置換包装、保存性、牛肉

* 日本大学農獣医学部食品工学科 (〒154 東京都世田谷区下馬3-34-1) : Department of Food Technology, College of Agriculture & Veterinary Medicine, Nihon University, 3-34-1, Shimouma, Setagaya-ku, Tokyo, 154

** 呉羽化学工業株式会社食品研究所 (〒169 東京都新宿区百人町3-26-2) : Kureha Chemical Industry Co., Ltd., Food Science Laboratories, 3-26-2, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo, 169

1. 緒言

近年、わが国の食肉の流通において、コンシューマパックの分野ではガス置換包装が実用化され普及しつつある。これらの包装に利用される配合ガスの組成は、酸素が70~80%と二酸化炭素が20~30%の組み合わせが一般的である。特に高濃度の酸素を配合することにより、肉色素のミオグロビンを酸素化して鮮赤色のオキシミオグロビンの状態に保ち、一方で二酸化炭素の静菌作用を利用して微生物を制御しようとするものである。しかしながら、配合するガスの組成と濃度に関しては経験的な部分が多く、品質との関連についての検討はまだ十分とはいえない。

牛肉のガス置換包装の研究に関しては、Huffmanら¹⁾、Seidemanら²⁾、Christopherら³⁾、Hannaら⁴⁾およびFuら⁵⁾などの報告があるが、これらの報告においても現状で多用されている酸素70~80%と二酸化炭素20~30%のガス組成での総合的な保存性の検討は少ない。すなわち、このガス組成の範囲内ではHannaら⁴⁾の75%O₂:25%CO₂、Christopherら³⁾の80%O₂:20%CO₂での報告があるが、いずれも微生物への影響のみを検討している。Fuら⁵⁾も微生物の挙動のほか、肉の色調、揮発性塩基態窒素(VBN)、官能的評価などを行っているが、酸素の配合割合は10~20%の範囲である。Huffmanら¹⁾、Seidemanら²⁾はいずれも100%の酸素や二酸化炭素において、微生物と肉の色についてのみ検討している。またこれらのガス置換包装の効果は牛肉の種類によっても異なると考えられるが、国産牛肉についての報告は、富岡ら⁶⁾が66%O₂:34%CO₂と37%O₂:63%CO₂

等の組成について細菌数、メトミオグロビン(Met Mb)、VBNおよび官能的検査を、岡山⁷⁾は色調を主体としたMet MbとTBAの検討を、著者ら⁸⁾においては微生物叢の挙動、VBN、色調から評価した報告が見られるにすぎない。

このようなことからコンシューマパックとしてのガス置換包装を考えると、ガス配合比、微生物叢の挙動、色(外観、Met Mb)、VBNをはじめ、高濃度の酸素ガスの脂質酸化への影響、官能検査さらにはこれらを総合的に判断した上での商品価値の判定までが必要と思われる。

本研究では国内で生産された牛肉を試料とし、ガス置換包装における微生物叢および理化成分の変化を検討し、総合的な品質保持期間の設定を試み、国産牛肉の流通技術の改善に寄与することを目的に行ったものである。

2. 実験材料および方法

2.1 試料

試料には、日本産のホルスタイン種の牛肉(サーロインのロース部)を使用した。なお、処理台や包丁、スライサーなどの使用器具、機材は消毒用アルコールを噴霧殺菌後使用した。さらに手には無菌手袋を使用し、不要な部位を取り除いた。この牛肉をスライサーを用いて厚さ1cm程度(180~200g)になるようにスライスした。

2.2 包装材と包装方法

スライスされた試料はトレイ(HIPS; High Impact Polystyrol)にのせた後に、バリアー

性の包材EVOH/PP/EVA (Ethylene vinyl-alcohol copolymer/Polypropylene/Ethylene vinylacetate copolymer、厚さ60 μ 、酸素透過度20~30cc/m²·day·atm; 30 $^{\circ}$ C·100%RH) に入れ包装機 (ムルチパック製) を用いてガス置換包装を行った。

使用したガスは二酸化炭素、窒素、酸素の3種類を用い、混合ガスの場合は酸素と二酸化炭素の組み合わせで、(80%O₂:20%CO₂) と (60%O₂:40%CO₂) の2種類を作製し、合計5種類のガス置換包装を行った。さらに対照として通常の空気を封入した含気包装も作製した。

2.3 保存方法

各ガスを置換した包装は、5 $^{\circ}$ Cのインキュベーター内で20日間保存し、保存開始後、0、3、6、10、15、20日目に取り出し、以下の試験を行った。

2.4 微生物学的試験

2.4.1 試料の調製

各包装から取り出した牛肉はクリーンベンチ内で細片とした後、ペプトン加生理食塩水 (pH7.0) を加え、ストマッカーを使用して試料原液を調製し、必要に応じて10段階希釈を行った。

2.4.2 生菌数の測定

Standard method agar (BBL社製) に各希釈液を塗抹し、30 $^{\circ}$ Cで72時間培養を行い発育した集落を計測した⁹⁾。

2.4.3 低温細菌数の測定

Standard method agar (BBL社製) に各希釈液を塗抹し、7 $^{\circ}$ C、10日間培養し集落を計測した¹⁰⁾。

2.4.4 大腸菌群の検出測定

デスオキシコーレイト培地 (栄研化学社製) に接種し、混釈重層後、35 $^{\circ}$ C、20時間培養し、完全試験並びに菌数の計測を行った⁹⁾。

2.4.5 菌叢解析

生菌数の測定に使用した平板から集落を無作為に釣菌分離し、純粹培養後これらの菌株について性状試験を行い、その結果をもとに科および属レベルでの同定を行った^{11)~16)}。

2.5 理化学的試験

2.5.1 VBNの測定

Conwayのユニットを用いる微量拡散分析法に準じて定量した¹⁷⁾。

2.5.2 TBAの測定

Tarladgisら¹⁸⁾の水蒸気蒸留法で行い、538m μ の吸光度を測定した。

2.5.3 メトミオグロビン (Met Mb) の測定

富岡ら⁹⁾の方法により測定した。

2.5.4 ガス組成の分析

酸素、窒素、二酸化炭素の組成比についてはガスクロマトグラフ (島津社製、GC-8A) を用い、下記の条件で測定を行った。

< O₂ , N₂ >

Column ; Molecular Sieve 13 \times 60-80,
Glass column 3mm \times 1.5m
Carrier gas ; He 30ml/min
Temperature ; Det/Inj 80 $^{\circ}$ C, Column 50 $^{\circ}$ C
Detector ; TCD

< CO₂ >

Column ; Activated Carbon, 60-80,
Glass column 3mm \times 1.5m
Carrier gas ; He 100ml/min
Temperature ; Det/Inj 80 $^{\circ}$ C, Column 50 $^{\circ}$ C
Detector ; TCD

2.5.5 肉色の測定

バリアー性の包材の上から色彩色差計（ミノルタ社製、CR-100）を用いて牛肉表面のL.a.b値を計測した。

2.6 官能試験

包装開封後牛肉の外観、臭気について5点法で評価し、評点の平均値を求めた。評価のパネラーは4人で行った。なお、外観、臭気の数値が3.5までを商品価値ありと判定した。

5点……優れている

4点……普通

3点……劣化が認められる

2点……商品価値無し

1点……変質

3. 結果

3.1 包装中のガス組成

包装内のガス組成の変化をTable 1に示した。単体のガスを封入した窒素ガス置換包装では、置換当初窒素が99.7%を占めていたが、保存期間が長くなるのにもとない減少し、二酸化炭素濃度は増加した。酸素ガス置換包装でも酸素が保存後半に急激に減少し、二酸化炭素が急増した。二酸化炭素置換包装では保存期間中ガス組成に顕著な変化はみられなかった。次に混合ガスを用いた80%O₂:20%CO₂置換包装では保存の経過にともない、酸素が減少したのに対して、二酸化炭素はわずかに増加する傾向を示した。一方、60

Table 1 Changes in the concentration of headspace gases inside package of raw beef during storage at 5°C

| Composition of atmosphere | | Storage periods (days) | | | | | |
|--|---------------------|------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 |
| N ₂ | N ₂ (%) | 99.7 | 94.8 | 95.1 | 93.8 | 94.4 | 91.8 |
| | O ₂ (%) | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | tr* |
| | CO ₂ (%) | —** | 4.4 | 4.7 | 4.4 | 6.7 | 6.4 |
| O ₂ | N ₂ (%) | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 1.8 |
| | O ₂ (%) | 100 | 94.9 | 94.7 | 91.7 | 82.9 | 55.1 |
| | CO ₂ (%) | — | 4.5 | 4.8 | 6.2 | 15.2 | 43.0 |
| CO ₂ | N ₂ (%) | 0.7 | 0.7 | 1.6 | 1.5 | 1.8 | 1.9 |
| | O ₂ (%) | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | tr | tr |
| | CO ₂ (%) | 99.1 | 99.0 | 98.1 | 98.4 | 97.2 | 97.9 |
| 80% O ₂ : 20% CO ₂ | N ₂ (%) | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.8 | 0.9 |
| | O ₂ (%) | 80.1 | 81.3 | 81.3 | 79.9 | 78.9 | 74.4 |
| | CO ₂ (%) | 18.3 | 18.0 | 18.0 | 18.1 | 20.4 | 22.7 |
| 60% O ₂ : 40% CO ₂ | N ₂ (%) | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 |
| | O ₂ (%) | 59.6 | 63.6 | 66.7 | 63.8 | 61.6 | 61.3 |
| | CO ₂ (%) | 39.6 | 35.7 | 32.4 | 34.6 | 36.3 | 36.2 |
| Air | N ₂ (%) | 79.6 | 76.5 | 76.8 | 80.6 | 78.9 | 79.0 |
| | O ₂ (%) | 20.4 | 17.7 | 17.5 | 13.0 | 1.1 | 0.5 |
| | CO ₂ (%) | — | 6.1 | 5.7 | 6.2 | 18.8 | 19.2 |

* : Less than 0.1%

** : Not detected

%O₂: 40%CO₂置換包装では、酸素はいったん増加した後減少し、反対に二酸化炭素は減少した後増加した。空気を封入した含気包装では、酸素が減少したのに対して二酸化炭素が増加する傾向を示した。

3.2 微生物学的変化

生菌数、低温細菌数および大腸菌群数の変化。

Fig. 1, 2は生菌数、低温細菌数の変化を示した結果である。生菌数は保存当初 2.5×10^3 CFU/gを示し、保存日数の経過とともに増加し、保存10日目には含気、酸素、窒素置換包装で 10^7 CFU/g付近に、保存20日目には両混合ガス置換包装で 10^7 CFU/gに達したが、二酸化炭素置換包装では保存中この値に達せ

ず、最も菌の発育を抑制した。なお、混合ガス包装間には明確な菌数の差は認められなかった。

低温細菌数は、生菌数とほぼ同様の変化を示したが、生菌数に比べて少ないものの、二酸化炭素の抑制作用は認められた。

大腸菌群の変化をFig. 3に示した。保存当初の牛肉からは大腸菌群は検出されなかった。大腸菌群が定量的に測定された日数は、含気と窒素置換包装で保存3日目に、酸素、両混合ガス包装で保存10日目に、二酸化炭素置換包装では保存20日目であった。他の菌数と同様保存日数の経過とともに菌数は増加する傾向がみられたが、二酸化炭素濃度が高いほど大腸菌群の検出は遅れた。

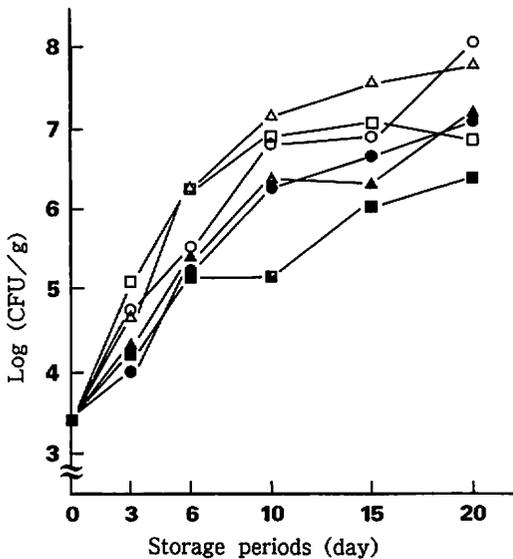


Fig. 1 Changes of total bacterial counts in raw beef during storage in modified atmosphere at 5°C

□-□ : N₂ ■-■ : CO₂ ○-○ : O₂ △-△ : AIR
 ▲-▲ : 80% O₂: 20% CO₂ ●-● : 60% O₂: 40% CO₂

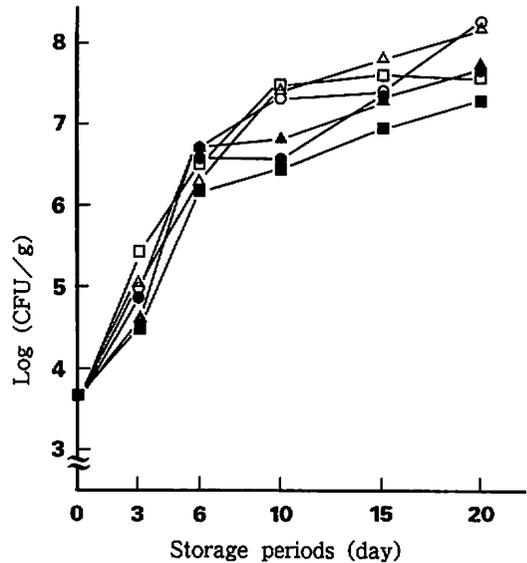


Fig. 2 Changes of psychrotrophic bacterial counts in raw beef during storage in modified atmosphere at 5°C

□-□ : N₂ ■-■ : CO₂ ○-○ : O₂ △-△ : AIR
 ▲-▲ : 80% O₂: 20% CO₂ ●-● : 60% O₂: 40% CO₂

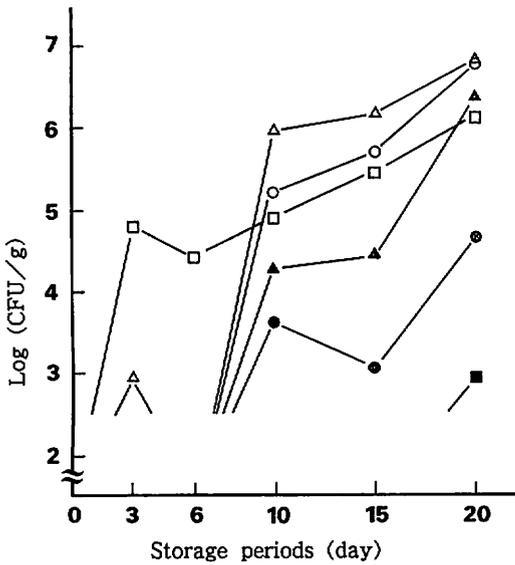


Fig. 3 Changes of coliform counts in raw beef during storage in modified atmosphere at 5 °C

□-□ : N₂ ■-■ : CO₂ ○-○ : O₂ △-△ : AIR
 ▲-▲ : 80% O₂:20% CO₂ ●-● : 60% O₂:40% CO₂

3.3 細菌叢の変化

各包装牛肉の細菌叢を Table 2, 3 に示した。保存当初検出された菌は、グラム陽性菌では *Lactobacillus*、*Micrococcus* が、グラム陰性菌では *Aeromonas*、*Acinetobacter* が多かった。細菌叢の経日的変化についてみると、窒素置換包装では、日数の経過にともない *Lactobacillus* の占める割合が増加し、保存6日目には全体の96%を占め、その後は変化しなかった。二酸化炭素置換包装でも保存3日目以降、*Lactobacillus* が優占種となった。酸素置換包装でも保存15日目までは *Lactobacillus* が主要な微生物であったが、保存20日目には *Pseudomonas* や *Acinetobacter* が多く検出された。混合ガスの60% O₂:40% CO₂ 置換包装では *Lactobacillus* が

大勢を占めたが、もう一方の80% O₂:20% CO₂ 置換包装では *Lactobacillus* が一時優勢となるものの、保存10日目以降グラム陰性菌が増加する傾向がみられた。含気包装でも保存3日目以降 *Lactobacillus* が大勢を占めたものの、その後 *Pseudomonas* や *Acinetobacter* の占める割合が増加し、他の包装よりグラム陰性菌の占める割合が高かった。このように牛肉の細菌叢に及ぼすガスの影響は、ガスの種類によって異なり、窒素や二酸化炭素が封入された包装では乳酸菌系の細菌が多く、酸素を含む包装では *Pseudomonas* を中心とするグラム陰性菌が多い結果となった。

3.4 理化学的变化

VBN値は Fig. 4 にみられるように、保存当初11.5mg/100gを示し、各包装とも日数の

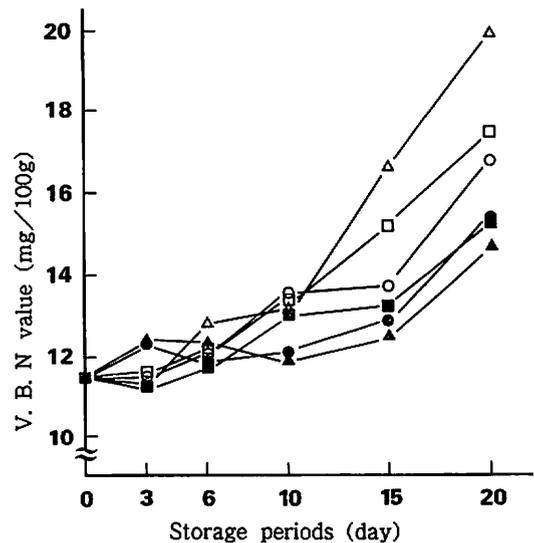


Fig. 4 Changes of volatile basic nitrogen in raw beef during storage in modified atmosphere at 5 °C

□-□ : N₂ ■-■ : CO₂ ○-○ : O₂ △-△ : AIR
 ▲-▲ : 80% O₂:20% CO₂ ●-● : 60% O₂:40% CO₂

Table 2 Changes of distribution rate of microflora in raw beef during the storage with modified atmosphere of N₂, O₂ and CO₂ at 5°C

| Organisms | Storage Period (days) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | N ₂ | | | | | O ₂ | | | | | CO ₂ | | | | | |
| | 0 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 |
| <i>Lactobacillus</i> | 10(40) | 18(72) | 24(96) | 19(76) | 23(92) | 24*(96)** | 10(40) | 23(92) | 19(76) | 17(68) | 6(24) | 18(72) | 24(96) | 24(96) | 24(96) | 25(100) |
| <i>Micrococcus</i> | 3(12) | | | | | | | | | | 1(4) | 2(8) | | | | |
| <i>Staphylococcus</i> | | | | | | | | | | | | 4(16) | | | | |
| <i>Streptococcus</i> | | | | | | | | | | | | | | | 1(4) | 1(4) |
| Other gram positive | | | | 3(12) | 1(4) | | | | | | 1(4) | | | | | |
| <i>Pseudomonas</i> | | | | | | | 2(8) | | 3(12) | 2(8) | 9(36) | | | | | |
| <i>Acinetobacter</i> | 3(12) | 1(4) | | | | | 7(28) | | | | 6(24) | | | | | |
| <i>Moraxella</i> | 1(4) | 1(4) | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Aeromonas</i> | 4(16) | | | 3(12) | 1(4) | | | | | | | | | | | |
| Enterobacteriaceae | | 5(20) | 1(4) | | | | | | 3(12) | 4(16) | 2(8) | | | | | |
| Other gram negative | | | | | | | 6(24) | | | | | | | | | |
| Unidentified | 4(16) | | | | | 1(4) | 2(8) | | 1(4) | 1(4) | 1(4) | 1(4) | 1(4) | | | |

* : Number of isolated organisms
 ** : Percent

Table 3 Changes of distribution rate of microflora in raw beef during the storage with modified atmosphere of 80% O₂ : 20% CO₂, 60% O₂ : 40% CO₂ and Air at 5°C

| Organisms | Storage Period (days) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|---------|--------|--------|--------|--|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | 80% O ₂ : 20% CO ₂ | | | | | 60% O ₂ : 40% CO ₂ | | | | | Air | | | | | |
| | 0 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 |
| <i>Lactobacillus</i> | 10(40) | 25(100) | 24(96) | 22(88) | 16(64) | 13*(52)** | 21(84) | 24(96) | 25(100) | 21(84) | 22(88) | 16(64) | 13(52) | 7(28) | 6(24) | 8(32) |
| <i>Micrococcus</i> | 3(12) | 1(4) | | | | | 1(4) | | | | | | | | | |
| <i>Staphylococcus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Streptococcus</i> | | | 1(4) | | | | | 1(4) | | | | | | | | |
| Other gram positive | | | | 2(8) | 4(16) | 1(4) | 1(4) | | | | 1(4) | | | | | |
| <i>Pseudomonas</i> | | | | | | 7(28) | | | | | | 11(44) | 8(32) | 14(56) | 5(20) | |
| <i>Acinetobacter</i> | 3(12) | | | | | | | | | | | | 2(8) | 3(12) | 7(28) | |
| <i>Moraxella</i> | 1(4) | 1(4) | | | | | 1(4) | | | | | | | | | |
| <i>Aeromonas</i> | 4(16) | | | | | | | | | | | 1(4) | 8(32) | 2(8) | | |
| Enterobacteriaceae | | | | 1(4) | 2(8) | 4(16) | | | | | | 8(32) | | 5(20) | | |
| Other gram negative | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unidentified | 4(16) | | | | 3(12) | 1(4) | 1(4) | | | 4(16) | 2(8) | 1(4) | | | | |

* : Number of isolated organisms
 ** : Percent

経過にともない増加した。保存最終日には含気包装、窒素、酸素、二酸化炭素、両混合ガス置換包装の順に高かった。両混合ガスと二酸化炭素置換包装では保存中増加する傾向を示したが、保存20日目でも16mg/100g以下であった。

TBA値はFig. 5に示すように、酸素と両混合ガス置換包装では急激な増加を示したのに対し、二酸化炭素と窒素置換包装では保存期間中増加しなかった。含気包装は保存15日

目まで増加したが、その後減少した。

次にメトミオグロビンの結果をFig. 6に示した。含気包装での数値は保存3日目以降急増し、保存15日目には最大値を示したが、その後減少した。酸素を置換した包装では、60% O₂ : 40% CO₂、酸素、80% O₂ : 20% CO₂置換包装の順に増加し、保存15日目以降では同様の変化を示した。窒素と二酸化炭素置換包装では全く変化がなかった。

牛肉の色の変化については、Table 4に示

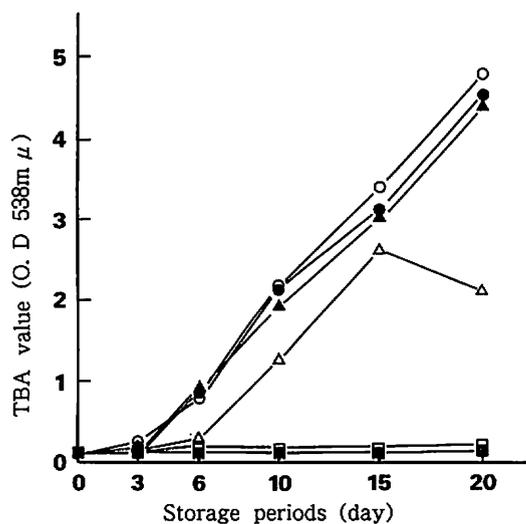


Fig. 5 Changes of TBA value in raw beef during storage in modified atmosphere at 5°C

□-□ : N₂ ■-■ : CO₂ ○-○ : O₂ △-△ : AIR
 ▲-▲ : 80% O₂:20% CO₂ ●-● : 60% O₂:40% CO₂

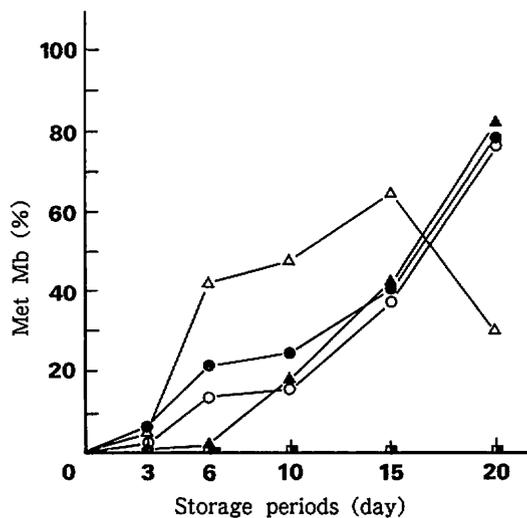


Fig. 6 Changes of Met Mb in raw beef during storage in modified atmosphere at 5°C

□-□ : N₂ ■-■ : CO₂ ○-○ : O₂ △-△ : AIR
 ▲-▲ : 80% O₂:20% CO₂ ●-● : 60% O₂:40% CO₂

Table 4 Changes of color (L.a.b) in raw beef during storage in modified atmosphere at 5°C

| Atmosphere in Package | | Storage Periods (days) | | | | | |
|---|---|------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 |
| N ₂ | L | 42.2 | 39.6 | 42.0 | 40.1 | 40.5 | 42.0 |
| | a | 16.7 | 11.2 | 11.7 | 10.8 | 9.6 | 9.6 |
| | b | 8.6 | 3.8 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.6 |
| O ₂ | L | 42.2 | 42.7 | 46.0 | 43.5 | 43.0 | 44.5 |
| | a | 16.7 | 18.9 | 16.5 | 16.3 | 12.3 | 12.6 |
| | b | 8.6 | 9.6 | 7.6 | 7.9 | 6.2 | 7.3 |
| CO ₂ | L | 42.2 | 38.8 | 39.9 | 38.7 | 40.0 | 39.7 |
| | a | 16.7 | 12.2 | 12.9 | 13.0 | 11.8 | 12.2 |
| | b | 8.6 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| 80% O ₂ :20% CO ₂ | L | 42.2 | 43.0 | 43.6 | 43.3 | 43.4 | 43.8 |
| | a | 16.7 | 17.9 | 17.6 | 16.1 | 12.2 | 12.9 |
| | b | 8.6 | 9.2 | 7.9 | 7.8 | 6.1 | 7.2 |
| 60% O ₂ :40% CO ₂ | L | 42.2 | 43.7 | 43.9 | 44.2 | 43.9 | 44.0 |
| | a | 16.7 | 18.3 | 16.3 | 16.4 | 10.8 | 13.5 |
| | b | 8.6 | 9.6 | 7.1 | 8.3 | 5.8 | 7.5 |
| Air | L | 42.2 | 43.8 | 43.9 | 42.7 | 43.4 | 43.2 |
| | a | 16.7 | 15.3 | 16.2 | 15.3 | 5.1 | 9.0 |
| | b | 8.6 | 8.1 | 7.7 | 7.6 | 5.0 | 1.3 |

Table 5 Changes in sensory score of raw beef during storage in modified atmosphere at 5°C

| Atmosphere in package | | Storage Periods (days) | | | | | |
|--|------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 0 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 |
| N ₂ | Appearance | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| | Odor | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 |
| O ₂ | Appearance | 5.0 | 4.5 | 4.5 | 3.5 | 3.0 | 1.0 |
| | Odor | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 1.0 |
| CO ₂ | Appearance | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 3.5 |
| | Odor | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 80% O ₂ : 20% CO ₂ | Appearance | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 1.0 |
| | Odor | 5.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 2.0 | 1.0 |
| 60% O ₂ : 40% CO ₂ | Appearance | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 1.0 |
| | Odor | 5.0 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 2.5 | 1.0 |
| Air | Appearance | 5.0 | 4.5 | 3.5 | 1.0 | 2.0 | 2.0 |
| | Odor | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Sensory score : 5.0 : Good, 4.0 : Ordinary, 3.0 : Slightly off, 2.0 : Off, 1.0 : Degeneration

Scores of both appearance and odor are 3.5 or above are commercially acceptable.

Line in the table shows the border of acceptability.

した。保存直前の牛肉の色は、鮮やかな赤色を示し、色彩差計では明度 (L) 42.2、色相 (a) 16.7、彩度 (b) 8.6を示した。保存中における色の变化は、二酸化炭素で置換した牛肉では、包装後b値が急激に低下し、色は鮮赤色から褐色に変化した。開封後は再び鮮赤色を示した。窒素置換包装も保存日数の経過とともにa、b値が低下し赤色は失われた。酸素置換包装については、保存3日目のa、b値の変動は、含気包装よりも数値は高く良好な赤色を呈したが、その後僅かずつ退色する傾向を示した。両混合ガスとも保存数日は良好な赤色を呈したが、保存6日目以降一部に変色が認められ、その後占める割合も増加した。含気包装では保存3日目以降他の包装より、早く部分的に変色が認められ、その後急

速に変色が進んだ。

さらに各包装の袋を開封し、30分後に牛肉の外観と臭気を調べた官能検査結果をTable 5に示した。市販品として良好な保存期間は、含気包装で3日、両混合ガスと酸素置換包装で6日、窒素と二酸化炭素置換包装で20日となり、二酸化炭素と窒素置換包装では品質が比較的長く保持されたのに対して、酸素が含まれる包装では短い結果となった。

4. 考 察

食肉の包装は、微生物の2次汚染の防止や発育抑制、肉色の変化や品質の劣化防止に有効であることが知られている。今回、国産牛肉を各種ガスで置換包装し、その保存効果の

検討を行った。

各包装肉中の生菌数を、変敗の目安とされている 10^7 CFU/g レベル¹⁹⁾ に達した日数で比較してみると、含気包装、窒素、酸素置換包装では保存10日目頃、両混合ガス置換包装では保存20日目であった。窒素、酸素置換包装では静菌効果が認められなかったのに対して、二酸化炭素置換包装では保存期間中このレベルに到達せず、今回使用したガスの中では最も顕著な発育抑制効果を示した。両混合ガス置換包装における二酸化炭素濃度と発育抑制効果の関係については、生菌数に明確な差は認められなかったが、大腸菌群数では二酸化炭素のガス割合が40%の方が少ない傾向を示した。いずれにしても二酸化炭素が20%と40%の濃度で一定の発育抑制効果が確認された。

二酸化炭素の菌の発育抑制効果については、Huffmanら¹⁾ が牛ロース肉を酸素、窒素、二酸化炭素と混合ガス (70% N₂: 25% CO₂: 5% O₂) で置換包装し、菌数の経時的変化の観察を行ったところ、二酸化炭素、混合ガス、酸素、窒素置換包装、含気包装の順で菌数が少なかったとしている。さらに Seidemanら²⁾ も各ガスの包装を比較したところ、二酸化炭素置換包装、真空包装、窒素、酸素置換包装の順で菌数を抑制し、二酸化炭素置換包装が肉表面の肉色の劣化を低下させたと報告している。これらの結果は牛肉の包装における二酸化炭素の静菌効果を示唆しているものと考えられる。

包装した牛肉の細菌叢については、わが国では真空包装²⁰⁾、脱酸素剤封入包装²¹⁾ の報告がみられるものの、包装中の雰囲気を変更した包装の検討は少ない⁸⁾。そこでまず保存す

る直前の牛肉中に存在する微生物を調べたところ、*Lactobacillus*、*Aeromonas*、*Acinetobacter*、*Micrococcus* が検出され、*Lactobacillus* が主要菌であった。各ガスで置換包装した結果、酸素置換包装と含気包装では保存中に *Pseudomonas* を中心とするグラム陰性菌が優勢となった。この *Pseudomonas* は低温の好気性条件において優占的に発育し、タンパク質や脂肪を分解する作用が強く腐敗細菌として知られている²²⁾。窒素、二酸化炭素置換包装では、酸素を含有した包装と異なり *Lactobacillus* の占める割合が高く、*Pseudomonas* は検出されなかった。一方、酸素濃度が高い 80% O₂: 20% CO₂ 置換包装では *Pseudomonas* が認められるものの、60% O₂: 40% CO₂ 置換包装では検出されず、二酸化炭素濃度が高いほど、グラム陰性菌の占める割合は減少する傾向が認められた。Christopherら³⁾ は真空包装と6種のガス置換包装を行い、ガス組成の違いによる細菌叢を調べている。その結果保存21日目の酸素置換包装では *Pseudomonas* が36.5%、*Lactobacillus* が63.5%を占め、二酸化炭素と酸素が混合された 50% O₂: 50% CO₂ 置換包装では *Pseudomonas* が6.7%、*Lactobacillus* が93.3%、80% O₂: 20% CO₂ 置換包装では *Pseudomonas* が10.5%、*Lactobacillus* が85.8%と、二酸化炭素濃度が高くなるのにもない *Lactobacillus* の占める割合が増加するとしており、牛肉生産条件の異なる著者の結果と同様な傾向が認められた。このことは細菌の発育抑制には窒素より二酸化炭素の方が有効で、これらの包装中で検出される *Lactobacillus* は *Pseudomonas* に比べ、二酸化炭素による影響を受けにくく、タンパク質

や脂肪の分解性も弱いことから²⁹⁾ 牛肉のシェルフライフが延長されたものと考えられる。

理化学的变化についてみると、VBN値では含気包装の値が最も高く、窒素、酸素置換包装の順に小さくなり、二酸化炭素を含む3種の置換包装で最も低かった。さらに脂肪、色素の酸化の指標となるTBA値、Met Mb量では、酸素を含む包装では増加を示したのに対して、酸素を含有しない二酸化炭素と窒素置換包装では変化は認められず、長期の保存にはこれらのガス下で保存するのが良いものと考えられる。

牛肉の商品価値に影響を与える肉色を観察したところ、酸素を高濃度を含む包装では良好な鮮赤色の状態が6日ほど保持されたが、日数の経過につれ鮮赤色の占める割合は減少した。一方、二酸化炭素と窒素置換包装では包装後退色し、肉色は褐色を呈し評価は低い結果となった。さらにこれらの包装を開封し肉の品質を観察したところ、含気包装で保存3日、酸素と両混合ガス置換包装で保存6日、窒素置換包装で保存15日、二酸化炭素置換包装では保存20日まで品質が保持されているものと判定された。

以上、国産牛のガス置換包装に関して次のことが明らかになった。

酸化防止、静菌効果のいずれにおいても二酸化炭素置換包装が優れていると結論できる。ただ消費者向け包装としてのガス置換包装を考慮すると、二酸化炭素包装は外観の色調に難点がある。したがって実用上は、良好な色調を保ち、かつ一定の静菌効果を期待できる酸素が60~80%、二酸化炭素が20~40%の混合割合において、6日程度と予測され

たシェルフライフに基づいた賞味期限の設定や管理がなされれば、ガス置換包装のメリットが生かされるものと考えられる。

本報告の概要は、1992年10月に東京で開催された日本包装学会第1回大会において発表した。

5. 要 約

各種ガスを用いて牛肉をガス置換包装し、5℃で20日間保存し、その間の理化学的・微生物学的変化を比較検討した。

保存中の生菌数の変化は、含気包装、窒素、酸素、両混合ガス、二酸化炭素置換包装の順で高かった。保存当初の菌叢は*Lactobacillus*、*Micrococcus*および*Acinetobacter*であった。保存後期の菌叢は、含気と酸素置換包装で*Pseudomonas*、*Lactobacillus*が優勢であったのに対し、窒素、二酸化炭素、両混合ガス置換包装では*Lactobacillus*が主体を占めた。VBN値については、含気包装、窒素、酸素置換包装の順に高く、二酸化炭素を含む包装ではいずれも低い値を示した。TBA値およびMet Mb値では、酸素と両混合ガス置換包装で増加したのに対して、二酸化炭素と窒素置換包装では増加が認められなかった。

包装後の肉色は、窒素と二酸化炭素置換包装では褐色を呈した。酸素と両混合ガス置換包装では6日まで赤色を維持した。開封後の肉質の評価は、含気包装で3日、酸素と両混合ガス置換包装で6日、窒素置換包装で15日、二酸化炭素置換包装では20日まで有効であった。

<引用文献>

- 1) D. L. Huffman, K. A. Davis, D. N. Marple and J. A. McGuire., J. Food Sci., 40, 1229 (1975)
- 2) S. C. Seideman, G. C. Smith, Z. L. Carpenter, T. R. Dutson and C. W. Dill, J. Food Sci., 44 (4), 1036 (1979)
- 3) F. M. Christopher, S. C. Seideman, Z. L. Carpenter, G. C. Smith and C. Vanderzant., J. Food Prot., 42 (3), 240 (1979)
- 4) M. O. Hanna, C. Vanderzant, G. C. Smith and J. W. Savell, J. Food Prot., 44 (12), 928 (1981)
- 5) A. - H. FU, R. A. Molins and J. G. Sebranek, J. Food Sci., 57 (2), 283 (1992)
- 6) 富岡芳彦、安田松夫、土屋恵美子、横山理雄、日本食品工業学会誌、30 (1), 25 (1983)
- 7) 岡山高秀、神戸大学農学部研究報告、16, 333 (1984)
- 8) 荻原博和、横井克彦、安田松夫、西野甫、横山理雄、春田三佐夫、食品と微生物、7 (2), 107 (1990)
- 9) 森地敏樹、“食品衛生検査指針” 微生物編、(厚生省生活衛生局監修)、日本食品衛生協会、p.67 (1990)
- 10) 伊藤武、小々保彌太郎、工藤泰雄、“食品衛生検査指針” 微生物編、(厚生省生活衛生局監修)、日本食品衛生協会、p.235 (1990)
- 11) C. Vanderzant and R. Nickelson, J. Milk Food Technol., 32, 357 (1969)
- 12) S. T. Cowan、“医学細菌同定の手引” 第2版 (坂崎利一訳)、近代出版、p.62 (1977)
- 13) P. H. Dainty, B. G. Shaw, C. D. Hardig and S. Michanie, “Society for Applied Bacteriology Symposium Series no.13”, Academic Press, London, p.83 (1979)
- 14) 金子精一、“微生物の簡易検査法”、衛生技術会、p.658 (1980)
- 15) M. N. Brown、“食肉微生物学”(春田三佐夫、森地敏樹、矢野幸男監訳) 建帛社、p.403 (1987)
- 16) R. E. Buchanan and N. E. Gibbons, “Bergey's manual of determinative bacteriology” (Eighth Edition), The Williams & Wilkins company/Baltimore, U.S.A. p.217 (1975)
- 17) “衛生試験法・注解”(日本薬学会編)、金原出版、p.284 (1990)
- 18) B. G. Tarladgis, B. M. Watts and M. T. Younathan and L. Jr. Dugan, J. Am. Oil Chem. Soc., 37, 44 (1960)
- 19) J. C. Ayres, Food Res., 25, 1 (1960)
- 20) 小沢総一郎、矢野幸男、高坂和久、清水潮、金子恵美子、日本畜産学会報、45 (6), 327 (1974)
- 21) 泉本勝利、梅谷淳、三浦弘之、日本畜産学会報、53 (10), 672 (1982)
- 22) “食品微生物”(相磯和喜監修) 医歯薬出版、p.12 (1976)
- 23) J. M. Jay, “Modern Food Microbiology”, Fourth Edition, Van Nostrand Reinhold., p.376 (1992)

(原稿受付 1993年5月18日)
(審査受理 1993年9月2日)