＝技 術＝

高濃度酸素ガス置換包装された食肉の衛生指標菌の動向 および官能検査結果

原 理 洋^{*1}・加藤 千 晶^{*2}・野 市 哲 也^{*1}・菊 池 貴 子^{*1}・
梅 津 準 士^{*1}・富 田 昌 俊^{*1}・森 田 幸 雄^{*3,†}

(^{*1} スターゼン (株), ^{*2} 大竹栄養専門学校, ^{*3} 麻布大学)

(受付: 令和2年8月24日)

(受理: 令和3年2月 9日)

Bacterial and Sensory Evaluation of Meat Preservation Using High-Oxygen Modified Atmosphere Packaging

Masahiro HARA^{*1}, Chiaki KATO^{*2}, Tetsuya NOICHI^{*1}, Atsuko KIKUCHI^{*1},
Junshi UMETSU^{*1}, Masatoshi TOMITA^{*1} and Yukio MORITA^{*3,†}

(^{*1} Starzen Co., Ltd., Konan Bld., Konan, Minato-ku, Tokyo 108-0075)

(^{*2} Ohtake Nutrition College, Dai-machi, Hachioji, Tokyo 193-0931)

(^{*3} Azabu University, Fuchinobe, Chuo-ku, Sagami-hara, Kanagawa 252-5201; [†] Corresponding author)

食品のガス置換包装 (Modified Atmosphere Packaging: 以下, 「MAP」と略) は包装内の空気を二酸化炭素や窒素等の不活性ガスや酸素等に置換して食品の変質を抑制し, 食品本来の品質を保持するものである^{4,6)}。

EU諸国や米国では食肉や食肉製品において, 酸素濃度80%, 二酸化炭素濃度20%で包装する高濃度酸素MAP (以下, 「高O₂MAP」と略) や一酸化炭素0.4%, 二酸化炭素30%, 窒素69.6%で包装する一酸化炭素MAP等が使用されている^{2,4,10)}。我々の調査によると, 高O₂MAPは米国, EU諸国, オーストラリア, ニュージーランド, ブラジル, アルゼンチン, ノルウェー, ロシア等において, また, アジアでは中国, 韓国, フィリピン, シンガポール, タイ等, 多くの国々で使用されている。

我が国では, 平成12年8月23日付 (衛化第48号), 地方自治体からの疑義回答の「生鮮食品のガス充填包装」において, 品質保持のために二酸化炭素, 窒素, 酸素を充填することは, 食品の鮮度等について消費者の判断を誤らせるおそれがあると考えられるので, 食品の保存性と色調等の鮮度指標の齟齬があるMAPが行われないうに指導することが望ましい, と厚生労働省は回答して

いる。よって, 我が国では食肉へのMAPは普及していない。

家畜が絶命すると, 酸素の供給が絶たれ, 肉中の酸素が消費される結果, 新鮮肉の切断面はデオキシミオグロビンによる暗赤色を呈する。食肉はカットされるとカット表面が空気中の酸素と結合し, オキシミオグロビンを生じて鮮赤色に変化する。オキシミオグロビンは時間の経過とともに酸化が進み, メトミオグロビンへと変化し, 肉色は褐色になる^{3,4)}。食肉は販売にあたり, その肉色が商品価値を大きく左右する。生鮮肉に特有の鮮紅色はオキシミオグロビンの含有率に影響し, この含有率が高いほど赤みが良いとされている。高O₂MAPを実施すると, 酸素が食肉のデオキシミオグロビンと結合し, オキシミオグロビンに変化することによって肉色を良好に保持できるとされている^{3,4)}。

前回, 高O₂MAPによる牛・豚のひき肉およびスライス肉への影響について検討し, 高O₂MAPを実施すると一般細菌数は通常大気の包装 (以下, 「大気包装」と略) に比べて低値になること, 豚ひき肉, 豚スライス肉では消費期限が伸びる効果があることを報告した⁶⁾ が, 肉の色調の変化は確認できなかった。今回は, 高O₂MAP-牛・豚のスライス肉について一般細菌数だけでなく, 腸内細菌科菌群数, 大腸菌群数および大腸菌数の定量検査を実施した。また, 高O₂MAPにおいて, 厚生労働省が示唆している「食品の鮮度等について消費者の判断を誤

[†] 連絡先

^{*1} ☎ 108-0075 東京都港区港南2-5-7 港南ビル

^{*2} ☎ 193-0931 東京都八王子市台町3-28-16

^{*3} ☎ 252-5201 神奈川県相模原市中央区淵野辺1-17-71

らせるおそれがある」という色調の差があるかを評価するため、官能試験を実施後、大気包装および高O₂MAP試料の写真撮影を実施した。

材料および方法

試料等：牛肉は豪州産、豚肉はカナダ産を使用し、国内の食肉処理業許可施設でスライス肉にした。

高O₂MAP条件および高O₂MAP試料中の酸素・二酸化炭素濃度の測定：オートマチックトレーシーラーはSEALPAC A10 (Sealpac International社) を用いた。バリア発泡トレーは中央化学(株)製、バリアトップフィルムは四国化工(株)製を用いた。なお、バリア発泡トレーおよびバリアトップフィルムの酸素透過度は、それぞれ8.4, 13.6 cc/m²・day・atmである。食品を入れない状態でオートマチックトレーシーラーにて高O₂MAPを行い、包装中の酸素と二酸化炭素濃度をCheckmate 9900 (Dansensor社) で測定した。

大気包装および高O₂MAP試料の細菌数：各試料1スライス肉を高O₂MAPおよび大気包装をオートマチックトレーシーラで実施後、4±1℃の冷蔵庫で保存した。包装開始日を0日とし、16日後まで2日ごとに、一般細菌数、腸内細菌科菌群数、大腸菌群数、大腸菌数を測定するとともに官能評価を実施した。細菌数の測定は、試料10 gに90 mLの滅菌PBSを加え、1分間ストマッカー処理を行い試料原液とした。その試料原液および適宜段階希釈した10倍希釈液1 mLを、一般細菌数はペトリフィルムACプレート、腸内細菌科菌群数はEBプレート、大腸菌群・大腸菌はECプレート（以上、3M社製）2枚ずつに接種した。ACプレートは35±1℃、48±3時間、EBプレートは37±1℃、24±2時間、ECプレートは35±1℃、24±2時間培養した。培養後、各プレート上の典型的な集落を目視にて測定し、試料1 gあたりの細菌数を算出した。なお、ACプレート、EBプレート、ECプレートの適正測定範囲はそれぞれ～300, ～100, ～150 CFUであり、上限は定められているが下限は1 CFUからカウントできることから、その実数で計算した。さらに、試料原液を接種した2枚のペトリフィルムの両方で集落が認められなかった検体の菌数は1 CFU/gとして計算した。一条件あたり三つの試料の細菌数を算出し、対数平均値±標準偏差Log CFU/gを求めた。

統計処理：同一保存期間の大気包装と高O₂MAPの検体の菌数の差については、表計算ソフトのExcel 365 (Microsoft社) で、F検定を実施後、t検定で有意差(p<0.05)を求めた。

官能評価：大気包装および高O₂MAPを行うオートマチックトレーシーラは検査施設と異なる食肉処理施設にあることから、牛肉・豚肉を大気包装ならびに高O₂MAPを実施した後、冷蔵保存し、検査施設に運搬した。よって、包装4時間後ならびに包装2日後以降の各々3試料の官能検査および写真撮影を実施した。官能

評価は熟練した3名の試験者により、「期限表示のための試験方法ガイドライン〔食肉（食肉加工（半製品）を含む）〕の官能検査法に従って評価した。

成 績

大気包装および高O₂MAP試料中の酸素・二酸化炭素濃度：大気包装内の酸素濃度は20.7～21.0%，二酸化炭素濃度は0.1%であった。高O₂MAP内の酸素濃度は79.3～79.9%，二酸化炭素濃度は18.5～19.0%であった。

大気包装試料および高O₂MAP試料の細菌数

牛スライス肉（図1-1）：包装前の牛スライス肉の一般細菌数は1.18±0.48 Log CFU/g、腸内細菌科菌群数は0.23±0.40 Log CFU/g、大腸菌群・大腸菌は検出されなかった。大気包装試料の一般細菌数は、8日目は1.36±0.10 Log CFU/gで、その後増加し、12日目は2.99±0.20 Log CFU/g、16日目は4.99±0.44 Log CFU/gとなった。高O₂MAP試料の一般細菌数は、8日目は1.14±0.42 Log CFU/gで、その後増加し、12日目は2.60±0.70 Log CFU/g、16日目は3.41±0.13 Log CFU/gとなった。10日目と16日目の一般細菌数は、高O₂MAP試料が大気包装試料に比べて低値(p<0.05)を示した。大気包装試料、高O₂MAP試料ともに、腸内細菌科菌群・大腸菌群・大腸菌は増加することではなく、2から16日目まで検出されなかった。

豚スライス肉（図1-2）：包装前の豚スライス肉の一般細菌数は0.23±0.40 Log CFU/g、腸内細菌科菌群数・大腸菌群・大腸菌は検出されなかった。大気包装試料の一般細菌数は、4日目までは未検出で、その後増加し、6日目は2.60±0.16 Log CFU/g、12日目は6.48±0.06 Log CFU/g、16日目は7.65±0.02 Log CFU/gとなった。高O₂MAP試料の一般細菌数も大気包装試料と同様に、4日目は未検出であったが、その後増加し、6日目は2.50±0.21 Log CFU/g、12日目は4.08±0.27 Log CFU/g、16日目は5.93±0.19 Log CFU/gとなった。8日目以降の一般細菌数は、高O₂MAP試料が大気包装試料に比べて低値(p<0.05)を示した。大気包装試料の腸内細菌科菌群数は、4日目までは未検出で、その後増加し、6日目は1.06±0.62 Log CFU/g、12日目は1.45±1.30 Log CFU/g、16日目は3.00±2.00 Log CFU/gとなった。大気包装試料の大腸菌群、大腸菌、高O₂MAP試料の腸内細菌科菌群、大腸菌群、大腸菌は増加することではなく、16日目まで検出されなかった。8日目の腸内細菌科菌群数は、高O₂MAP試料が大気包装試料に比べて低値(p<0.05)を示した。

大気包装試料および高O₂MAP試料の官能検査結果（表1, 図2）

牛スライス肉：大気包装16日目の3試料から、腐敗臭および緑変が認められた。高O₂MAP試料は全試料において異常は認められなかった。包装4時間後から14日目まで、大気包装試料と高O₂MAP試料の色調の差は確認

図1-1 大気包装および高O₂MAP牛スライス肉の細菌数
同符号の間で有意差($p<0.05$)あり。大気包装および高O₂MAPの大腸菌群、大腸菌は検出されず。

図1-2 大気包装および高O₂MAP豚スライス肉の細菌数
同符号の間で有意差($p<0.05$)あり。大気包装および高O₂MAPの大腸菌群、大腸菌は検出されず。

表1 大気包装および高O₂MAP試料の官能検査結果

肉種	条件	包装4時間後	2日目	4日目	6日目	8日目	10日目	12日目	14日目	16日目
牛	大気包装	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)	腐敗臭あり(3)* 緑変あり(3)
	高O ₂ MAP	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)	異常なし(3)
豚	大気包装	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)	腐敗臭あり(3)*	腐敗臭あり(3)	腐敗臭あり(3)	腐敗臭あり(3)*
	高O ₂ MAP	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)*	異常なし(3)	異常なし(3)	異常なし(3)*	異常なし(1) 腐敗臭あり(2)	腐敗臭あり(3)	腐敗臭あり(3)*

官能検査の評価項目は「色沢、外観、ドリップ、臭い」。「異常なし」は評価4項目すべてに異常がないもの。「腐敗臭あり」は、評価項目の色沢、外観、ドリップは異常なしで、臭いのみ腐敗臭があったもの。

()内の数字は検体数。

*の試料は写真1に掲載

できなかった。

豚スライス肉: 大気包装10日目以降の各3試料で、腐敗臭が認められた。高O₂MAP 12日目の3試料では2試料から腐敗臭が、1試料は異常なしであった。高O₂MAP 14日目からの各3試料で、腐敗臭が認められた。包装4時間後から16日目まで、大気包装試料とMAP試料の色調の差は確認できなかった。

考 察

世界中の多くの国で食肉への高O₂MAPは一般化しており、スーパーマーケットの精肉コーナーで容易に見ることができる。我々は、牛および豚スライス肉における大気包装と高O₂MAPの一般細菌数、腸内細菌科菌群

数、大腸菌群数、大腸菌数について調査するとともに、高O₂MAPが、食肉の鮮度等について、消費者の判断を誤らせるおそれがあるものを調査した。

牛スライス肉・豚スライス肉ともに、高O₂MAPを実施したところ、大気包装を実施したものに比べて、官能検査結果から少なくとも2日間ほど、保存性が向上する可能性が示唆された。また、一般生菌数、腸内細菌科菌群数も高O₂MAP試料の方が、大気包装試料よりも、低値を示すものが多かった。現在の大気包装による牛スライス肉および豚スライス肉の消費期限は共に加工日+3日が一般的である。さらに高O₂MAPを実施することによって細菌学的に衛生的なスライス肉を流通することができ、消費期限も若干延長できると思われた。

図2 大気包装および高O₂MAP試料の写真と官能検査結果

高O₂MAPを実施すると、食肉のミオグロビンが酸素と結合し、オキシミオグロビンに変化することによって肉色を良好に保持できると言われている^{3,4)}。しかし、今回、官能検査を実施した3人ともに、大気包装試料と高O₂MAP試料との色調の区別がつかず、同様であると判定した。前回の調査⁶⁾に引き続き、今回の調査においても、色調が同じであった理由は不明であった。今回のスライス肉1枚の高O₂MAPは、食肉の鮮度等について消費者の判断を誤らせるおそれはないと思われた。本技術の実用化の際には、国産と外国産、畜種、肉の包装形態（スライスやステーキ）等の各種条件の食肉の色調の変化およびそれらの衛生状態について成績を蓄積し、消費者が鮮度等の判断を誤らせることなく、衛生的な食肉の流通を行う消費期限の設定を行うことが重要であると思われた。

今回、豚肉-高O₂MAP包装試料において、一般細菌数が4 Log CFU/gにおいても腐敗臭があるものが存在した。食肉に存在する *Pseudomonas* 属菌は低温で発育するものが多い⁵⁾。荻原ら^{8,9)}は、豚肉を高O₂MAPすると、豚肉の汚染菌のうち *Pseudomonas* 属菌が優位になることを報告している。今回、一般細菌数の培養温度は35℃で実施しており、今回の一般細菌数は低温で発育する *Pseudomonas* 属菌を代表とする腐敗菌数を反映した値にはなっていない可能性が示唆された。

高O₂MAPを実施することで、食肉に汚染菌として存在する可能性がある、サルモネラ、腸管出血性大腸菌、カンピロバクター、リステリア等の病原細菌は大気包装

試料より増加することはなく、多くの病原細菌の増殖を抑制する^{1,4,7)}。よって、高O₂MAPは食品衛生学的に有効な技術である。今日、流通形態が変化し、食肉販売業取得施設でスライス作業やミンチ処理作業をせず、大規模な食肉処理業取得施設でこれらの作業を実施し、包装後、流通することが増加している。よって、高O₂MAPを食肉処理業取得施設で実施し、それを、施設の重要管理点(CCP)等にすることによって、衛生的な牛肉や豚肉を消費者に提供できると思われる。また、1日でも消費期限が伸びることにより、食品ロスを軽減できることも期待できる。

国際的食品規格のハーモナイゼーションや食品衛生学の観点からも、世界中で普及している高O₂MAPを我が国でも積極的に認可・普及されるべきと考える。

文 献

- 1) Brooks, J. C., Alvarado, M., Stephens, T. P., Kellermeier, J. D., Tittor, A. W., Miller, M. F. and Brashears, M. M.: Spoilage and safety characteristics of ground beef packaged in traditional and modified atmosphere packages. *J. Food Prot.*, **71**, 293-301 (2008).
- 2) Cutter, C. N.: Microbial control by packaging: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **42**, 151-161 (2002).
- 3) Daun, H., Solberg, M., Franke, W. and Gilbert, S.: Effect of oxygen-enriched atmospheres on storage quality of packaged fresh meat. *J. Food Sci.*, **36**, 1011-1014 (1971).
- 4) Gill, A. O. and Gill, C. O.: Packaging and the shelf life of fresh red and poultry meats. *Food packaging and shelf*

- life. A practical guide. Robertson, G. L. (ed.), p. 259-278, CRC Press, USA (2010).
- 5) 日越博信, 浜田輔一, 土井 誠: 低温細菌群の発育温度に関する研究: 生乳および生肉由来 *Pseudomonas* の種々の培養温度における発育態度について. 日本獣医学雑誌, **37**, 165-177 (1975).
- 6) 三浦和行, 成田静香, 戸田由紀, 野市哲也, 富田昌俊, 森田幸雄: ガス置換包装された食肉の保存性. 日食微誌, **36**, 53-57 (2019).
- 7) 萩原博和, 蟹江 誠, 矢野信禮, 春田三佐夫: ガス置換包装における二酸化炭素, 酸素, 及び混合ガスが食品媒介病原細菌・腐敗細菌の発育に及ぼす影響. 食衛誌, **34**, 283-288 (1993).
- 8) 萩原博和, 蟹江 誠, 矢野信禮, 春田三佐夫: ガス置換包装における二酸化炭素, 酸素, 及び混合ガスが豚挽き肉の微生物叢並びに品質に及ぼす影響. 食衛誌, **36**, 252-262 (1995).
- 9) 萩原博和, 佐々木邦明, 人見隆弘, 横井秀行, 梅沢勝正, 矢野信禮: Modified Atmosphere包装による豚挽き肉の冷蔵における微生物叢の推移, 日本食品低温保蔵学会誌, **20**, 127-135 (1994).
- 10) Yang, X., Wu, S., Hopkins, D. L., Liang, R., Zhu, L., Zhang, Y. and Luo, X.: Proteomic analysis to investigate color changes of chilled beef longissimus steaks held under carbon monoxide and high oxygen packaging. Meat Sci., **142**, 23-31 (2018).