＝技 術＝

ガス置換包装された食肉の保存性

三浦 和行^{*1}・成田 静香^{*1}・戸田 由紀^{*1}・
野市 哲也^{*2}・富田 昌俊^{*1}・森田 幸雄^{*3,†}

(^{*1}スターゼン (株), ^{*2}スターゼンミートプロセッサー (株), ^{*3}東京家政大学)

(受付: 平成30年5月1日)

(受理: 平成30年12月19日)

Conservation of Beef and Pork Using Modified Atmosphere Packaging

Kazuyuki MIURA^{*1}, Shizuka NARITA^{*1}, Yuki TODA^{*1},
Tetsuya NOICHI^{*2}, Masatoshi TOMITA^{*1} and Yukio MORITA^{*3,†}

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

(^{*2} Starzen Meat Processor Co., Ltd., Konan Midato-ku, Tokyo 108-0075)

(^{*3} Tokyo Kasei University, Kaga, Itabashi-ku, Tokyo 173-8602; † Corresponding author)

食品のガス置換包装 (Modified Atmosphere Packaging: 以下, 「MAP」と略) は食品を包装するガスを二酸化炭素や窒素による不活性ガスや酸素などに置換して食品の変質を抑制し, 食品本来のもつ品質を保持するものである²⁾。食品のMAPの歴史は古く, 欧米ではすでに1930年代に生肉に炭酸ガスを使用する研究が行われ, 現在は食肉, 食肉加工品, チーズ, 水産物製品, パン等, さまざまな流通食品がガス置換包装されている¹⁾。MAPはEU諸国, 米国でも認められている^{1, 6)}。また, 各種食品の封入ガス組成を調整した製品では「封入ガス組成」と「シールの状態の確認」はHACCPの重要管理点として設定したほうが良いとの論文も散見される^{3~5)}。

しかし, 我が国では「一酸化炭素を鮮魚に使用すると長時間, 鮮やかな色を呈し, 消費者が鮮度を誤認する恐れがある」として問題視されたことをきっかけとして, 平成3年6月21日付 (衛乳第42号, 衛化第36号) および平成6年9月22日付 (衛乳第141号, 衛化第89号)「鮮魚に対する食品添加物の使用について」により, 食品の変色防止等の目的では食品に一酸化炭素を使用することは食品衛生法第6条違反とすることが各自治体に通知された。また, 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, このような使用がされないよ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。

EU諸国や米国の食肉や食肉製品では, 酸素濃度80%, 二酸化炭素濃度20%で包装する高濃度酸素MAP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などが使用されている⁶⁾。EU諸国と米国では食品の表示にMAPの表示義務はあるが封入ガスの組成の表示義務はない。筆者らはEU諸国や米国において, MAP食肉が販売されていることを店頭で数多く見ている。また, 食肉製造企業や食品のMAP機器メーカーからの聞き取りにより, 牛肉や豚肉は高濃度酸素MAPが多く使用されている情報を得た。

そこで, 我々は高濃度酸素MAPの条件における牛・豚のひき肉ならびにスライス肉の一般細菌数検査と官能評価を実施した。また, 家庭での食肉保存状況を考慮して大気包装およびMAP試料を一定期間保管後に, 開封し, 開封1日後および2日後の官能評価を実施した。

材料および方法

試料等: 牛ひき肉は国産, 豚ひき肉はカナダ産, 牛スライス肉は豪州産, 豚スライス肉はカナダ産を国内の食肉処理業許可施設でひき肉またはスライス肉にした。

MAP条件およびMAP条件の測定: 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

† 連絡先

^{*1} ☎ 108-0075 東京都港区港南2-5-7 港南ビル

^{*2} ☎ 108-0075 東京都港区港南5-1-30

^{*3} ☎ 173-8602 東京都板橋区加賀1-18-1

は、それぞれ $8.4 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$, $13.6 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$ 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でMAPを行い、包装中の酸素と二酸化炭素濃度はCheckmate 9900 (Dansensor社)で測定した。

大気包装およびMAP試料の一般細菌数と官能評価：各試料約100 gをMAPおよび通常大気包装（以下、「大気包装」と略）はオートマチックトレーシーラーで実施後、 $4 \pm 1^\circ\text{C}$ の冷蔵庫で保存した。包装時（D+0）、包装3日後（D+3）、包装5日後（D+5）、包装7日後（D+7）、包装10日後（D+10）に一般細菌数を測定するとともに官能評価を実施した。一般細菌数は官能評価後の試料25 gに225 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を各々2枚のペトリフィルムACプレート(3M)に滴下し、 35°C 、48時間培養した。培養後、プレート上に生育した集落を目視にて測定し、試料1 gあたりの一般細菌数を算出した。なお一条件あたり三つの試料の一般細菌数を算出し、その対数平均値をその条件の一般細菌数とした。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。

大気包装およびMAP試料の開封時・開封後の官能評価：大気包装およびMAPのD+3, D+5, D+7, D+10の試料について、開封後前述の試験を実施し、5分間以内に大気条件下で再度ラップにて包装し、冷蔵庫に戻した。その開封1日後および2日後の試料について官能評価を実施した。

成 績

大気包装およびMAP試料中の酸素・二酸化炭素濃度：通常の大気包装の酸素濃度は20.6～21.1%，二酸化炭素濃度は0.1%であった。MAPの酸素濃度は79.3～79.6%，二酸化炭素濃度は17.7～18.7%であった。

大気包装およびMAPした試料の一般細菌数と官能評価
牛肉および豚肉を大気包装およびMAPした時の一般細菌数と官能評価の結果を表1に示した。

牛ひき肉：実験開始時の一般細菌数は $3.1 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ であった。大気包装の場合は3日目には $1.0 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ 、5日目には $1.5 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ 、7日目には $7.1 \times 10^6 \text{ CFU/g}$ 、10日目には $1.5 \times 10^8 \text{ CFU/g}$ まで一般細菌数は増加した。一方、MAPのものは3日目には $8.5 \times 10^4 \text{ CFU/g}$ 、5日目には $7.6 \times 10^4 \text{ CFU/g}$ 、7日目には $1.2 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ 、10日目には $5.4 \times 10^4 \text{ CFU/g}$ で、一般細菌数は実験開始時より低下した。大気包装試料では7日目、10日目に腐敗臭と褐変が、MAP試料では7日目に腐敗臭が、10日目は腐敗臭と褐変が認められた。

豚ひき肉：実験開始時の一般細菌数は $3.3 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ であった。大気包装の場合は3日目には $9.3 \times 10^4 \text{ CFU/g}$ 、5日目には $1.6 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ 、7日目には $6.2 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ 、10日目には $6.0 \times 10^6 \text{ CFU/g}$ まで一般細菌数は増加した。一方、MAPのものは3日目には $1.1 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ 、5日目には $1.5 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ 、7日目には $2.2 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ 、10日目には $5.9 \times 10^5 \text{ CFU/g}$ で、実験開始時とほぼ同様であった。大気包装試料で10日目から腐敗臭と褐変が認められた。MAP試料は10日目まで異常は認められな

表1. 大気包装およびガス置換包装(MAP)した試料の一般細菌数と官能評価

検体	ガス条件	D+0	D+3	D+5	D+7	D+10
牛ひき肉	大気包装	3.1×10^5 異常なし ¹⁾	1.0×10^5 異常なし	1.5×10^5 異常なし	7.1×10^6 腐敗臭あり 褐変あり	1.5×10^8 腐敗臭あり 褐変あり
	MAP		8.5×10^4 異常なし	7.6×10^4 異常なし	1.2×10^5 腐敗臭あり	5.4×10^4 腐敗臭あり 褐変あり
豚ひき肉	大気包装	3.3×10^5 異常なし	9.3×10^4 異常なし	1.6×10^5 異常なし	6.2×10^5 異常なし	6.0×10^6 腐敗臭あり 褐変あり
	MAP		1.1×10^5 異常なし	1.5×10^5 異常なし	2.2×10^5 異常なし	5.9×10^5 異常なし
牛スライス肉	大気包装	1.6×10^2 異常なし	3.7 異常なし	3.2×10 異常なし	3.0×10^3 異常なし	8.9×10^4 異常なし
	MAP		4.1×10 異常なし	1.2×10 異常なし	8.5×10 異常なし	1.4×10^4 異常なし
豚スライス肉	大気包装	1.4×10^2 異常なし	3.0×10^2 異常なし	8.7×10^2 異常なし	1.4×10^4 褐変あり	1.3×10^6 褐変あり
	MAP		1.7×10^2 異常なし	1.4×10^2 異常なし	2.6×10^2 異常なし	1.1×10^2 異常なし

1) 上段は、一条件あたり三つの試料の一般細菌数を算出し、その対数平均値をその条件の一般細菌数(CFU/g)とした。下段は、官能評価結果、背後が色付は官能評価によって異常を示したもの。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）]の官能検査法の「外観（ネット、発泡、カビ、乾燥）」、「ドリップ」についてはすべての観察期間で異常を認めず。

かった。豚ひき肉では10日目に官能評価結果が異なり、大気包装試料に比べMAP試料の方が保存性が向上した。

牛スライス肉：実験開始時の一般細菌数は 1.6×10^2 CFU/gであった。大気包装の場合は3日目には3.7 CFU/g、5日目には 3.2×10 CFU/g、7日目には 3.0×10^3 CFU/g、10日目には 8.9×10^4 CFU/gであり、一度一般細菌数は減少したが7日目から増加した。一方、MAPのものは3日目には 4.1×10 CFU/g、5日目には 1.2×10 CFU/g、7日目には 8.5×10 CFU/g、10日目には 1.4×10^4 CFU/gで、一般細菌数は7日目まではほぼ横ばいであったが10日目に増加した。MAPおよび大気包装試料ともに10日目まで異常は認められなかった。

豚スライス肉：実験開始時の一般細菌数は 1.4×10^2 CFU/gであった。大気包装の場合は3日目には 3.0×10^2 CFU/g、5日目には 8.7×10^2 CFU/g、7日目には 1.4×10^4 CFU/g、10日目には 1.3×10^6 CFU/gで、一般細菌数は5日目まではほぼ横ばいであったが7日目以降に増加した。一方、MAPのものは3日目には 1.7×10^2 CFU/g、5日目には 1.4×10^2 CFU/g、7日目には 2.6×10^2 CFU/g、10日目には 1.1×10^2 CFU/gで、一般細菌数は実験開始時とほぼ同様であった。大気包装試料で7日目から褐変が認められた。MAP試料は10日目まで異常は認められなかった。豚スライス肉では7日目以降に官能評価結果が異なり、大気包装試料に比べMAP試料の方が保存性が向上した。

大気包装およびMAPした試料の開封時・開封後の官能評価

牛肉および豚肉を大気包装およびMAPした試料を開封した時ならびに開封後の官能評価の結果を表2に示した。

牛ひき肉：大気包装およびMAPともに3日目の試料は開封時、開封1日後、開封2日後ともに異常は無かった。5日目の試料の開封後2日では大気包装およびMAPともに腐敗臭と褐変が認められた。7日目以降の試料は異常が認められた。

豚ひき肉：MAP試料は調査したすべての条件において異常は認められなかった。大気包装の3日目ならびに5日目の試料は開封時、開封1日後、開封2日後ともに異常は無かった。7日目の試料では開封時、開封1日後は異常は無かったが、開封2日後は腐敗臭と褐変が認められた。10日目の試料では開封時、開封1日後、開封2日後ともに腐敗臭と褐変を認めた。7日目の試料の開封2日後では官能評価結果が異なり、大気包装試料に比べMAP試料の方が保存性が向上していた。10日目の試料ではMAP試料の開封2日後でも異常は無く、MAP試料は開封後においても保存性が高いと思われた。

牛スライス肉：大気包装試料およびMAP試料ともに調査したすべての条件において異常は認められなかった。

豚スライス肉：MAP試料は調査したすべての条件において異常は認められなかった。大気包装の3日目ならびに5日目の試料は開封時、開封1日後、開封2日後ともに異常は無かった。7日目の試料では開封時、開封1日後は褐変あり、開封2日後は腐敗臭と褐変を認めた。同様に、大気包装10日目の試料においても、開封時、開封1日後は褐変あり、開封2日後は腐敗臭と褐変を認めた。7日目および10日目の試料ではMAP試料の開封2日後でも異常は無く、MAP試料は開封後においても保存性が高いと思われた。

考 察

EU諸国、米国等では食肉へのMAPは一般化している。ドイツ連邦リスク評価研究所は「高酸素ガス包装の肉に関するFAQ」を2010(平成22)年8月11日に公表している(日本語訳は食品安全委員会ホームページ食品安全関係情報詳細syu03190680314に掲載)。それによると、ドイツ連邦ではスーパーのパック入り生肉の約90%はMAPであること、MAPは化学反応、微生物および酵素による劣化を抑制するとされており、生の豚肉や牛肉の包装によく使用されるのは高酸素ガスであること、鮮やかな肉の赤色を長期間保つためであること、MAPされた生肉の日持ちはよくなるが、適切な温度で冷蔵し、開封後は数日以内に消費するよう留意することなどが記述されている。そこで、MAP試料と通常の大気包装試料について、一般細菌数の変化と腐敗臭や色調の変化について検討した。

今回実施したMAP(二酸化炭素濃度約20%、酸素濃度80%)試料と大気包装試料において、D+5、D+7、D+10のすべての供試試料でMAPの方が大気包装のものに比べて一般細菌数が低値であった。また、牛ひき肉および牛スライス肉では大気包装とMAPで官能評価は同様であった。しかし、豚ひき肉ではD+10、豚スライス肉ではD+7とD+10で大気包装試料とMAP試料で官能評価が異なり、MAP試料では異常なしであった。MAPすると一般細菌数が低値に抑えられる試料が多く、さらに、官能評価の結果から豚ひき肉と豚スライス肉では消費期限が伸びる効果があると思われた。

家庭での食肉保存状況を考慮して、大気包装およびMAP試料を開封し、開封1日後、開封2日後について官能評価を実施したところ、牛ひき肉ならびに牛スライス肉では大気包装とMAPで官能評価は同様であった。しかし、豚ひき肉ではD+7の開封2日後、D+10の開封時、開封1日後、開封2日後において、豚スライス肉ではD+7、D+10の開封時、開封1日後、開封2日後で大気包装試料とMAP試料との間で官能評価が異なり、MAP試料では異常なしであった。豚ひき肉と豚スライス肉ではMAPを実施すると官能評価の結果から消費期限が伸びる効果があると思われた。

MAPについては、平成12年8月23日付(衛化第48

表2. 大気包装およびガス置換包装(MAP)した試料の開封時・開封後の官能評価

検体	経過日	ガス条件	開封時	開封1日後	開封2日後
牛ひき肉	D+3	大気包装	異常なし	異常なし	異常なし
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
	D+5	大気包装	異常なし	異常なし	腐敗臭あり 褐変あり
		MAP	異常なし	異常なし	腐敗臭あり 褐変あり
	D+7	大気包装	腐敗臭あり 褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり
		MAP	腐敗臭あり	腐敗臭あり 褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり
	D+10	大気包装	腐敗臭あり 褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり
		MAP	腐敗臭あり 褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり
	D+3	大気包装	異常なし	異常なし	異常なし
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
豚ひき肉	D+5	大気包装	異常なし	異常なし	異常なし
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
	D+7	大気包装	異常なし	異常なし	腐敗臭あり 褐変あり
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
	D+10	大気包装	腐敗臭あり 褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
牛スライス肉	D+3	大気包装	異常なし	異常なし	異常なし
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
	D+5	大気包装	異常なし	異常なし	異常なし
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
	D+7	大気包装	異常なし	異常なし	異常なし
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
	D+10	大気包装	異常なし	異常なし	異常なし
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
豚スライス肉	D+3	大気包装	異常なし	異常なし	異常なし
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
	D+5	大気包装	異常なし	異常なし	異常なし
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
	D+7	大気包装	褐変あり	褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし
	D+10	大気包装	褐変あり	褐変あり	腐敗臭あり 褐変あり
		MAP	異常なし	異常なし	異常なし

背後が色付は官能評価によって異常を示したものの、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）〕の官能検査法の「外観（ネット、発泡、カビ、乾燥）」、「ドリップ」についてはすべての観察期間で異常を認めず。

号)の地方自治体からの疑義回答が公表される前に、萩原ら²⁾は肉の保存には二酸化炭素と酸素の混合比(30~70%CO₂:70~30%O₂)が良好であることを報告している。

我が国ではMAPを認めておらず、EU諸国や米国と異なった行政指導をしている。一方、我が国は1年間632万トンの食品を廃棄していることから、消費者庁では「食べもののムダをなくそうプロジェクト」(http://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_policy/information/food_loss/), 農林水産省では「食品ロスの削減・食品廃棄物の発生抑制」(http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/index.html)等を実施している。また、環境省等も食品ロスを減らすための取り組みを実施している。

本実験では、一般細菌数だけの知見であるが、牛豚ひき肉、牛豚スライス肉の一般細菌数はMAP試料の方が、大気包装試料よりも低値を示すことを証明した。また、牛ひき肉、牛スライス肉についてはMAP試料と大気包装試料の官能評価結果は同様であったが、豚ひき肉と豚スライス肉のMAP試料では腐敗臭や褐変が抑制された。今後、病原細菌であるリステリア、サルモネラ、カンピロバクター等のMAP試料中の増殖性について詳細なデータを得ることが必要と思われるが、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、我々は世界中で用いられているMAPを我が国も認可・普及してもよいのではないかと思っている。また、MAPを普及することで、食品ロスを若干でも軽減する可能性もあると思っている。

文 献

- 1) Cutter, C. N.: Microbial control by packaging: a review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., **42**, 151-161 (2002).
- 2) 萩原清和, 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. 日本食品衛生学会誌, **36**, 252-262 (1995).
- 3) Nørrung, B., Andersen, J. K. and Schlundt, J.: Incidence and control of *Listeria monocytogenes* in foods in Denmark. Int. J. Food Microbiol., **53**, 195-203 (1999).
- 4) Rudi, K., Maugesten, T., Hannevik, S. E. and Nissen, H.: Explorative multivariate analyses of 16S rRNA gene data from microbial communities in modified-atmosphere-packed salmon and coalfish. Appl. Environ. Microbiol., **70**, 5010-5018 (2004).
- 5) Silva, F., Domingues, F. C. and Nerín, C.: Trends in microbial control techniques for poultry products. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., **58**, 591-609 (2018).
- 6) Yang, X., Wu, S., Hopkins, D. L., Liang, R., Zhu, L., et al.: 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).