

# DRY-AGING OF BEEF

## EXECUTIVE SUMMARY

Prepared for the National Cattlemen's Beef Association's  
Center for Research & Knowledge Management



## 米国のドライエイジングビーフ関連ガイド集



米国食肉輸出連合会 (USMEF)







# ドライエイジングビーフに関する 調査研究の概要

テキサスA&M大学 特別教授  
E・M・マニー・ローゼンタール教授職保持者  
ジェフ・W・セイベル博士

## はじめに

牛肉の風味と軟らかさを高めるドライエイジングは、高級ホテルやレストランなどに牛肉を納品するごく少数の食肉卸業者が行うにとどまっており、高級食材を扱う小売業者にいたってはさらに数が限られている。ドライエイジングとは、牛の枝肉やプライマル、サブプライマルを無包装のまま冷蔵温度で1~5週間貯蔵し、天然の酵素による反応および生化学的プロセスを促すことで、「ドライエイジングビーフ」独特の風味を持った軟らかい肉に仕上げることをいう。

牛肉のドライエイジングは、科学というよりもむしろ芸術に近いといえる。ドライエイジングビーフの促進や宣伝を行う一般記事や販売用パンフレット、ウェブサイトでは、ウェットエイジングビーフと比べたドライエイジングビーフの特長として「バター風味でコクのある」「素晴らしい風味と食感」「風味と軟らかさに優れた」「まろやかでしっかりとした」「素朴でナッツのような風味」といった言葉で説明を行っている。実際にドライエイジングビーフとウェットエイジングビーフの差別化が行われるようになったのは比較的最近のことである。1960年代に真空包装やボックスビーフが開発されるまでは、牛肉のエイジングを行おうと思えばドライエイジングしか方法がなかった。米国に続いて国際社会においても牛肉の輸送に真空包装が代わって使われるようになると、1970年代にはこれが牛肉の輸送、貯蔵およびエイジングの方法の主流となった。1980年代には、出荷される牛肉の90%をはるかに超える割合で真空包装が使われるようになった。従来の牛肉の取扱い方法と比べると、真空包装では収縮やトリミングロスが生じないため、精肉業者や加工業者、小売業者、フードサービス業者にとっても経済的に理にかなっているという利点があった。

1970年代にMinksおよびStringer(1972)ならびにHodgesら(1974)によって発表された2本の重要な科学論文において、真空包装を行っていない牛肉の持つ食味形質を損なうことなく収縮および貯蔵寿命という観点における真空包装の利点が確認された。ボックスビーフの成長は、主にフードサービス業および小売業向けのステーキやロースト肉の調製の仕方を一変させることとなり、ドライエイジングは調達業者や小売業者のごく一部で使用されるマイナーな方法となった。

牛肉関連の調査研究は幅広いトピックにわたり多数実施されているが、それらと比較するとドライエイジングを主題とする科学文献はそれほど多くはない。ドライエイジングとウェットエイジングの直接比較を行った研究は数が限られているが、実施された研究の質に関してはその限りではない。本稿では、ドライエイジングビーフの販売及び購入に関わる人々にとって重要となる品質、食味及び経済学的パラメータに特に重点を置きながら、ドライエイジングプロセスの利点と欠点を紹介する。また、ドライエイジングは牛肉の風味や軟らかさの向上だけを目的に行われるわけではない。ウイスコンシン大学の食肉加工検証センター(Center for Meat Process Validation)では、ドライエイジングは牛枝肉における病原体を低減させる処理方法だと結論付けており(Algino et al., 2007)、古来より使われてきたこの方法に食品安全性分野における新たな存在意義が見いだされている。

## ドライエイジングの基準

### 手順

ドライエイジングビーフに関するガイドラインの策定にあたり(1)エイジングの日数(2)貯蔵温度(3)相対湿度(4)気流を主要な基準項目と位置づけた。これらの項目は、風味の発達、貯蔵寿命、製品の収縮、微生物による腐敗、その他の品質及び経済性に関わる問題に関与するため重要である。

気流については研究による取組みが行われてきたわけではないが、気流の管理を最適な方法で行うための複数の条件が知られている。特殊なワイヤーラックや穴あき棚、木材、フックを用いることにより製品の全面を低温にさらし、均一に乾燥させると同時に腐敗および不快臭の発生の抑制が可能となる。ファンを追加したドライエイジング用クーラーを使って製品周囲の気流を促し、ドライエイジングプロセスを進行させることも珍しくない。市販のドライエイジング用クーラーには、微生物による腐敗を抑制するための紫外線ランプが取り付けられているものもある。紫外線ランプのすべてが、ドライエイジング製品への直接照射を必要とするわけではない。WarrenおよびKastner(1992)は、空気を30分ごとに紫外線ランプに通過させてからクーラーに取り込む方式を用いるドライエイジングビーフの製造を報告している。

### エイジングの日数

ドライエイジングを行う日数は、業者や文献によって大いに異なる。Smith(2007)は、14・21・28・35日間のエイジング(ドライエイジングとウェットエイジングを合わせて)を比較し、総合的な好み、風味の好み、軟らかさの好みおよび軟らかさに差がないことを報告している。しかし、これらの4種類の日数においてワナー・ブラッツラー法でせん断力を比較したところ、14日目から35日目までにせん断力が17%低下しており、客観的な評価という点からいうと軟らかさには改善が認められたことが同研究において示されている。Campbellら(2001)の研究では、7・14・21日間のドライエイジング日数を比較し、エイジングを長くすることで一部の食味形質に若干の利点が認められたものの、多くの項目についてはエイジングが14日を超えた場合の実質的な利点は認められなかった。

ドライエイジングの日数は、最短および最長の貯蔵期間の決め手となる科学的知見ではなく、個人的な好みに基づいて決められているようである。ドライエイジング期間が14～35日の範囲であれば望ましい結果を得る効果があると考えられているが、成績面からこれが確実に「ドライエイジング」ビーフだと断言するためには、およそ14日間という以外にこれだけ時間をとれば十分だという魔法のような分岐点は存在しないようである。確かにドライエイジングの期間についてはさまざまな意見があり、ドライエイジングビーフの調達業者は各自のプログラムに非常に熱意をもって取り組んでいる。しかし残念なことにドライエイジングに推奨されるべき最低限の長さを支持できるような科学的情報はほとんど存在しない。

## 貯蔵温度

貯蔵温度が肉の凝固点(−2〜−3℃)より低くなると、エイジングに必要な酵素反応が停止してしまうため、貯蔵温度は非常に重要である。貯蔵温度を上げると、酵素反応が非常によく進行するようになるが、微生物による腐敗も進むため、不快な臭気や風味が生じてしまう。さらに、温度の上昇は病原体の増殖を促進するため、ドライエイジングビーフに最適な貯蔵温度を見つけることは非常に重要である。



異なる貯蔵温度がドライエイジングビーフの品質、食味および収縮に及ぼす影響を評価した科学的研究はない。ドライエイジングに関する文献の多くでは、約0〜4℃の貯蔵温度を報告している。Campbellら(2001)は2℃でドライエイジング試験を実施し、Ahnströmら(2006)はカットしたロインのエイジングを2.5℃および2.6℃で行い、Parrishら(1991)は0〜1℃に設定したエイジング用クーラーを使用し、WarrenおよびKastner(1992)は3.1〜3.6℃に設定したドライエイジング室を使用し、Oreskovichら(1988)は2℃で肉のエイジングを行い、Millerら(1985)は1〜3℃でビーフロインを貯蔵し、Smith(2007)は1℃でショートロインのエイジングを行い、Laster(2007)は−0.6℃でサブプライマルの貯蔵を行ったと報告している。適切な冷蔵による品質および貯蔵寿命に関する条件管理が重要とされる他の食肉製品とドライエイジング製品における貯蔵温度を分けて考える必要はないのではないだろうか。

## 相対湿度

ドライエイジング条件における最大の問題は、どの程度の相対湿度で製品の貯蔵を行うかということである。相対湿度が高すぎると腐敗細菌が増殖し、その結果、不快臭が生じ、風味にも影響が及ぶ可能性があるため、相対湿度は重要である。相対湿度が低すぎると、製品の過度な収縮が起こる。

科学文献では、相対湿度に関する多くの報告がある。Campbellら(2001)は、相対湿度75%のクーラーで牛肉のドライエイジングを行った。Parrishら(1991)は、80〜85%の範囲の相対湿度を試験に使い、WarrenおよびKastner(1992)は、相対湿度78 ± 3%のクーラーで製品の貯蔵を行った。Smith(2007)は、相対湿度83 ± 11%のクーラーでドライエイジング製品の貯蔵を行い、Ahnströmら(2006)は、相対湿度87 ± 2.6%のクーラーを使用した。異なる相対湿度がドライエイジングビーフに及ぼす効果を比較した論文は発表されておらず、この分野の研究では80%前後で広い範囲の相対湿度が使用されているようである。



## 食味形質

### 風味

牛肉のドライエイジングを行う最大の理由は、風味をさらに高め、一般的にドライエイジングビーフの特徴と考えられている味を引き出すためである。風味は研究の難しい特性で、食肉、特にドライエイジングビーフに発生しうる好ましいまたは好ましくない複雑な風味の特徴に関する評価には、特殊な訓練を受けたパネリストを必要とする。

Campbellら(2001)の研究は、ドライエイジングが牛肉の風味にもたらす効果に関して実施されたこれまでで最も詳細な研究の一つである。最初にサーティファイド・アンガス・ビーフ®ブランドのストリップロインおよびショートロインを真空包装して初期の包装や輸送の条件(7日間または14日間)をシミュレートし、その後、異なる日数(0・7・14・21日間)にわたりドライエイジングを行ったのち、再び真空包装して貯蔵し(0・2・9・16日間)、ステーキ用にカットしてから評価が行われた。ドライエイジングビーフの消費者にとって重要な以下の2種類の風味の強さを含む多数の官能形質の評価が行われた。

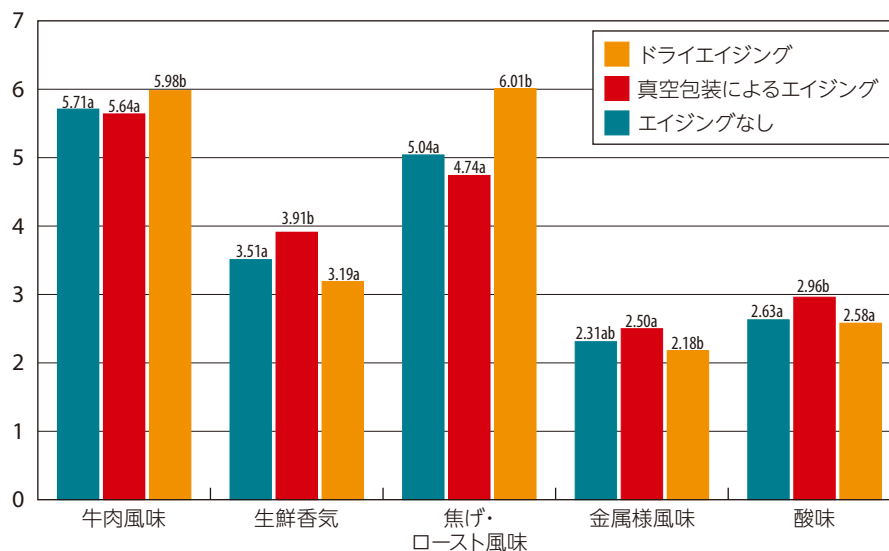
- 全体的なエイジングビーフ風味の強さ-調理した牛肉が持つような熟成して長く残る風味を持ち、個々の風味の特徴が際立つことなく融合し、スムーズでバランスのよい印象に仕上がった風味と定義される。
- 焦げ・ロースト風味の強さ-乾式加熱した牛肉に特徴的なまろやかで熟成した深いカラメルのようなアロマと定義される。

この研究において著者らは、14日未満のドライエイジングを行ったカットやドライエイジングを行っていないカットと比べて、14日以上ドライエイジングを行うことによりエイジング風味およびロースト風味が有意に高まることを確認した。また、ドライエイジング後の真空包装期間中9日目にエイジング風味が最高に達し、16日目には低下することが実際に確認されたが、このことは真空包装期間が長くなるとドライエイジングの効果がやや失われることを示唆している。

WarrenおよびKastner(1992)は、と体後3日目のチョイスグレードのアメリカンビーフのストリップロインとエイジングを行っていないストリップロイン各部位からサンプルを採取し、真空包装またはドライエイジングにより11日間のエイジングを行った。調理したこれらのステーキのさまざまな風味特性(赤身および脂肪の両方)の強さについて、訓練された食味パネリストが評価を行った。本試験では劇的な結果が得られている。パネリストが評価を行った項目には、牛肉風味、生鮮香気(血液臭や体液臭)、焦げ・ロースト風味、金属様風味および酸味の赤身に関する5種類の風味の強さが含まれていたが、これら5種類のすべての特性についてエイジングの効果が認められた(図1)。ドライエイジングを行ったステーキでは、エイジングを行っていないステーキや真空包装を行ったステーキと比べて牛肉風味および焦げ・ロースト風味が有意に高かった。真空包装によるエイジングを行ったステーキでは、エイジングを行っていないステーキやドライエイジングを行ったステーキと比べて生鮮香気および酸味が有意に高く、ドライエイジングを行ったステーキと比べて金属様風味が有意に高かった。エイジングを行っていないステーキと真空包装によるエイジングを行ったステーキとでは、金属様風味の濃さに差はなかった。ドライエイジングにより好ましい風味(牛肉風味および焦げ・ロースト風味)が高まったのに対し、真空包装によるエイジングでは好ましくないと思われる風味(生鮮香気、金属様風味および酸味)が増加したことが明らかである。この研究から、エイジングの方法によっては風味が大きく異なる結果が生じることが推定されるため、これらの方法によって生産したステーキの仕向先を決定する際には考慮に入れなければならない。

図1：ドライエイジング、ウェットエイジング、エイジングなしの

ビーフ・ストリップロイン・ステーキにおける赤身肉の風味の強さ(10=非常に強い;1=非常に弱い)



異なるアルファベット (a,b) の付いた平均値は有意差あり (P<0.05)  
WarrenおよびKastner (1992) より

ドライエイジングに関するすべての研究においてドライエイジングビーフの風味の向上が確認されたわけではない。Parrishら(1991)は、訓練されたパネリストと一般消費者パネリストによる官能試験を実施し、ドライエイジングとウェットエイジング(21日間)を行ったステーキ(米国産プライム、チョイスおよびセレクトのリップおよびロイン)の評価を行ったが、いずれのパネリスト群によっても風味の濃さや好みにおいてエイジング法の違いによる差は認められなかった。Oreskovichら(1988)の研究では、ドライエイジング、ポリ塩化ビニルフィルム包装によるエイジングおよび真空包装によるエイジングを7日間行ったが、牛肉風味の強さに差は見られなかった。Smith(2007)の研究では、ショートロイン・ステーキではドライエイジングとウェットエイジングで風味の好みに差がなかったことがわかったが、牛肉風味の濃さには相関性が認められ、ドライエイジングを行った米国産セレクトグレードのショートロインのステーキとドライエイジングを行った米国産チョイスグレードのショートロインのステーキでは牛肉風味の濃さが同等であったが、ウェットエイジングを行った米国産セレクトグレードのショートロインのステーキはウェットエイジングを行った米国産チョイスグレードのショートロインのステーキよりも牛肉風味が有意に低かった。

Kingら(1995)は、オーブンでローストした、または電子レンジで調理したウェットエイジングビーフとドライエイジングビーフの揮発性化合物を測定する分析試験を実施したが、検出された炭化水素化合物のうちヘプタンがエイジング法および調理方法に関わらず最も高い割合を占めることを確認した。しかしながら、ドライエイジングビーフはウェットエイジングビーフと比べてオーブンローストまたは電子レンジ調理の如何に関わらず有意に高い量のヘプタンを含有していた。これらの著者は、牛肉の赤身に含まれる主要脂肪酸であるオレイン酸塩の自動酸化によってヘプタンが生じるが、より多くの空気に触れることでこのような結果が生じたのだらうと述べている。





さらにKingら(1995)は、異なる方法で調理した場合の結果をエイジングの方法別にまとめると、ドライエイジングビーフではエステル類およびその他の化合物の含有率がウェットエイジングビーフよりも有意に高かったが、ウェットエイジングビーフではドライエイジングビーフよりも酸の含有率が有意に高かったと述べている。よって、化学的観点からドライエイジングビーフではウェットエイジングビーフとは異なる揮発性物質が生成されることが明らかとなった。ただし、これらの化合物のいかなる相互作用により消費者にとって好ましい風味や好ましくない風味が生じるのかは明確にはわかっていない。

パネリストらがドライエイジングビーフよりもウェットエイジングビーフを好んだという結果も得られている。Sitzら(2006)によると、風味の望ましさおよび総合的な受入度のスコアは、ウェットエイジングを行った米国産プライムグレードのステーキの方がドライエイジングを行ったプライム・ステーキよりも高かった。著者らはウェットエイジングおよびドライエイジングを行ったステーキの近似分析を実施し、ドライエイジングを行ったプライム・ステーキではウェットエイジングを行ったプライム・ステーキよりも水分量が有意に低く、たんぱく質量が有意に高かったが、ウェットエイジングを行ったプライム・ステーキでは脂肪量が有意に高い(ドライエイジングでは11.56%だったのに対しウェットエイジングでは16.16%)ことがわかった。このようにウェットエイジングを行ったステーキにおいて脂肪量が高かったことがドライエイジングを行ったステーキよりも風味の望ましさが高かった理由であると考えられた。ドライエイジングにより肉の水分が失われることでたんぱく質と脂肪の両方が濃縮されるべきところを、脂肪量が高くならず低くなる理由は明らかになっていない。

## 軟らかさ

多くの場合、ドライエイジングはウェットエイジングと比べた場合の軟らかさを高めるに用いられるわけではない。複数の研究によりドライエイジングの日数を増やすことで、エイジングを行っていない対照群と比較して特に軟らかさが向上することが示されているが、同じ由来で同等の取扱いを行ったウェットエイジングの肉と比べるとさほど差は出ない。そこで、十分な軟らかさを引き出すにはどれくらいの期間ドライエイジングを行ったらよいのか、または、どの時点で最適な風味と軟らかさに至るのかということが疑問として浮かび上がる。

Campbellら(2001)は、14日間のドライエイジング処理を行ったステーキの方が7日間のドライエイジングを行ったステーキや対照群のステーキよりもパネリストによる軟らかさの評価が有意に高かったと述べている。ドライエイジングを21日間行っても、パネリストによる軟らかさの評価には違いがなかった。しかし、ドライエイジングを21日間行った場合、少ない日数でドライエイジングを行った場合と比べて、ワーナー・ブラッツラー法によるせん断力は有意に低かった(より軟らかかった)。この研究では、ドライエイジング後の真空包装貯蔵期間においても継続して軟らかさに改善が認められており、このような体後のエイジング中に起こる生化学的および構造的な変化はある程度持続することが示された。

WarrenおよびKastner(1992)は、11日間の真空包装によるエイジングとドライエイジングのいずれによっても軟らかさのスコアがエイジングを行っていない場合よりも有意に高くなることを確認した。しかしながら、エイジングの方法では、真空包装またはドライエイジングによる軟らかさの違いはなかった。Parrishら(1991)は、ウェットエイジングを行ったリップおよびロインのステーキがドライエイジングを行ったリップおよびロインのステーキよりも有意に軟らかさに優れていたと報告した。これらの著者は、この理由について説明をしていないが、パネリストによるスコアはドライエイジングでもウェットエイジングでもかなりの高得点であったとコメントしている。

Sitzら(2006)は、ドライエイジングおよびウェットエイジングを行った製品の購入意欲に重点をおいて調査を行った研究において、米国産チョイスグレードのストリップロインのステーキでドライエイジング(30日間のドライエイジング後、輸送および貯蔵のため7日間の真空包装を行ってからカット)を行ったものとウェットエイジング(37日間の真空包装)を行ったものでは軟らかさに差がないことを確認した。ただし、同様の方法でエイジングを行ったプライムグレードのストリップロインのステーキでは、ドライエイジングよりもウェットエイジングの方が有意に優れた軟らかさを示した。プライムおよびチョイスのいずれの比較においても、ワーナー・ブラッツラー法によるせん断力はドライエイジングを行ったステーキとウェットエイジングを行ったステーキで差がなかった。



Oreskovichら(1988)は、米国産グッド(現在のセレクトにあたる)グレードの枝肉からストリップロインを入手し、包装なし(ドライエイジング)、ポリ塩化ビニルフィルムで包装(ステーキのみ)および真空包装(ステーキまたはサブプライマルとして)のいずれかの方法で7日間のエイジングを行った。その結果、ドライエイジングを行ったストリップロインのステーキは、ポリ塩化ビニル包装されたステーキおよび真空包装されたステーキと比較して、また、真空包装されたストリップロインからカットしたステーキと比較しても、消費者による軟らかさの評価やワーナー・ブラッツラー法によるせん断力に差は示さなかった。



Smith(2007)の研究では、ドライエイジングまたはウェットエイジングを行ったショートロインのステーキの比較が行われ、Laster(2007)の研究ではドライエイジングまたはウェットエイジングを行ったボーンイン・リブアイ、ボーンイン・ストリップロインおよびトップサーロインバットのステーキの比較が行われた。ドライエイジングとウェットエイジングによるステーキの軟らかさの違いは、ボーンイン・リブアイ群にのみ認められ、ウェットエイジングのステーキにおいてパネリストらの軟らかさに対する好みのスコアが有意に高かった(Laster, 2007)。これらのいずれの研究においても、食味形質の多くについて、主にグレードによって有意な影響を受けることが消費者により示されたが、ドライエイジングを行ったステーキとウェットエイジングを行ったステーキの比較では差は見られなかった。

## 多汁性

Campbellら(2001)は、ドライエイジングの期間を延長することでパネリストの評価によるステーキの多汁性が向上することを確認した。ドライエイジングを21日間行ったステーキは、14日間の処理を行ったものよりも多汁性が有意に高く、14日間の処理を行ったものは対照製品(0日間)または7日間の処理を行ったものよりも有意に多汁性に優れていた。これらの著者は、ドライエイジングを長く行うことでステーキの多汁性が増したと報告している他の論文を引用し、これは水分保持力の低下(咀嚼により肉汁が放出されやすくなる)またはエイジング中の水分の喪失による脂肪の濃縮に起因するのではないかと述べている。これらの2つの説は、ドライエイジングにより多汁性が向上することを上手く説明している。残念ながら、実際にこれらがどう作用するのか実証する研究は行われていない。

## 経済的評価項目

### 収縮

ドライエイジングが風味を高める理由の一つは、時間の経過とともに水分が失われ、風味の素である化合物が濃縮されることにある。水分の減少は、風味の点からは好ましいことである。しかし、収縮により最終製品の歩留まりが減少するため、ステーキの最終価格でこの損失分を埋め合わせなくてはならない。



ドライエイジングは収縮ロス(水分減少)およびトリミングロス(プライマルやサブプライマルを切り分けてステーキやローストとして販売する前に変色部位や乾燥した赤身および脂肪をトリミングしなければならない)によるかなりのロスにつながる場合がある。Parrishら(1991)は、リブおよびロインのクーラー貯蔵後の収縮ロスは、14日間のドライエイジングを行った場合は3.31%から4.74%、21日間のドライエイジングを行った場合は4.54%から6.53%の範囲になると報告している。また、これらのカットにおけるトリミングロスは、21日間のドライエイジングを行った場合で5.06%から6.55%の範囲であった。対照的に、ウェットエイジングを21日間行ったリブやロインでは収縮ロスがなく、トリミングロスは0.55%から1.17%にとどまった。収縮ロスおよびトリミングロスのいずれにおいても大きな差である。Oreskovichら(1988)は、7日間のドライエイジングを行ったストリップロインの収縮率は4.62%で、ポリ塩化ビニルフィルムで包装したステーキ(2.93%)、真空包装したステーキ(0.55%)および真空包装したストリップロイン(1.65%)よりも有意に高かったと報告している。

Ahnströmら(2006)は、水蒸気に対する透過性が高い(38°C、相対湿度50%で8,000 g/15 μ/m<sup>2</sup>/24時間)真空包装を用いた場合、通常のドライエイジングと比べて水分減少をある程度抑制しながらエイジングを行うことが可能か新たな試みの研究を行った。この研究では、サーティファイド・アンガス・ビーフ®ブランドのストリップロインを用い、ドライエイジング14日間(ドライ14群)、ドライエイジング21日間(ドライ21群)、水分高透過性パック貯蔵14日間(パック14群)および水分高透過性パック貯蔵21日間(パック21群)の4種類のエイジング処理を行った。ドライ14群(6.5%)およびパック14群(6.3%)では、ストリップロインの重量ロスに差はなかった。しかしながら、ドライ21群のストリップロインでは、パック21群のストリップロインと比べると、有意に大きい重量ロスが認められた(10.2%対8.8%)。トリミングロスでは、ドライ14群、パック14群およびパック21群のストリップロインで同程度であった(それぞれ15.0%、15.3%および15.6%)。しかし、ドライ21群のトリミングロスは有意に大きかった(17.9%)。官能特性およびせん断力についてはこれら4種類の処理で差はなかったことから、本試験で用いられた水分高透過性包装は、通常の包装なしでのドライエイジングに代わる新しいエイジング方法としての可能性を持つことを意味する。



## リテール製品における歩留まり

Smith (2007) および Laster (2007) の2試験では、リテールカットに関する詳細な試験も実施されており、最終販売製品における歩留まりおよび加工時間についてドライエイジングまたはウェットエイジングを行ったサブプライマルと比較が行われた。Smith (2007) の研究では、14・21・28・35日間のドライエイジングまたはウェットエイジングを行った米国産チョイスおよびセレクトグレードのビーフ・ショートロインの評価が行われ、Laster (2007) の研究では、14・21・28・35日間のドライエイジングまたはウェットエイジングを行ったトップチョイスおよびセレクトグレードのボーンイン・ビーフ・リブアイ(輸出用)、ボーンイン・ストリップロインおよびトップサーロインバットの評価が行われた。いずれの研究においても、実際の現場を模したカット室および業務用ミートカッターを用いて歩留まりおよび時間に関するデータが得られている。これは、牛肉産業のリテール部門において重要とされる標準化された情報を得るためにVogesら(2006)によって用いられた手法である。

Smith (2007) の研究では、ウェットエイジングを行ったショートロインと比べ、ドライエイジングを行ったショートロインにおいてステーキなどの最終販売製品に加工するのに必要な時間が有意に長いという結果が得られた(ショートロイン1ピースあたりの時間はドライエイジングで331.6秒、ウェットエイジングでは243.1秒)。増加した時間の大部分は、ウェットエイジングを行ったショートロインと比べ、ドライエイジングでは乾燥および変色した赤身や脂肪(硬くなった表面のことを指し、業界では「クラスト」と呼ばれる)を除去する必要があったことに起因する。エイジング期間が長くなるにつれ、加工時間が延長する傾向が見られたが、ドライエイジングを行ったサブプライマルとウェットエイジングを行ったサブプライマルの差と比べるとこれらの違いはそれ程明確ではなかった。Laster (2007) の研究でも、ボーンイン・リブアイ、ボーンイン・ストリップロインおよびトップサーロインバットのカットングに必要な時間がウェットエイジングと比べてドライエイジングにおいて有意に増加することが報告されている。

Smith (2007) は、ドライエイジングまたはウェットエイジングを行ったショートロインをリテール用にカットし、小売市場で販売した際のリテール製品における歩留まりについての報告も行っている(図2)。ウェットエイジングを行ったショートロインでは、リテール製品における歩留まりに4種類のと体後のエイジング期間(14・21・28・35日間)で差がなかった。しかしながら、ドライエイジングを行ったショートロインでは、エイジング期間が長くなるにつれリテール製品における歩留まりが有意に低下した。すべてのエイジング期間において、ウェットエイジングに比べてドライエイジングを行ったショートロインではリテール製品における歩留まりが有意に低かった。ドライエイジングによる大幅な収縮および変色、乾燥が牛肉のリテール製品における歩留まりに非常に大きな差をもたらしている。Laster (2007) によっても、ドライエイジングまたはウェットエイジングを行ったボーンイン・リブアイ(図3)およびトップサーロインバット(図4)においてリテール製品における歩留まりに同様の差が確認された。ただし、ボーンイン・ストリップロインでは、リテール製品における歩留まりにドライエイジングとウェットエイジングで有意差は認められなかった。

図2: エイジング方法およびエイジング期間がショートロイン・リテール製品の歩留まりに及ぼす影響

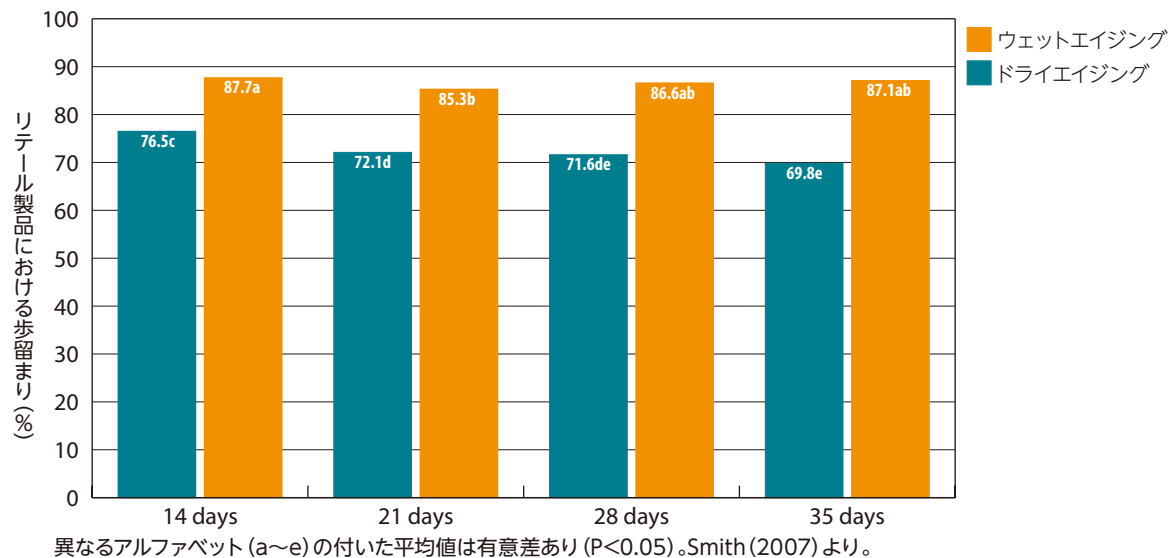


図3: エイジング方法およびエイジング期間がリブアイ・リテール製品の歩留まりに及ぼす影響

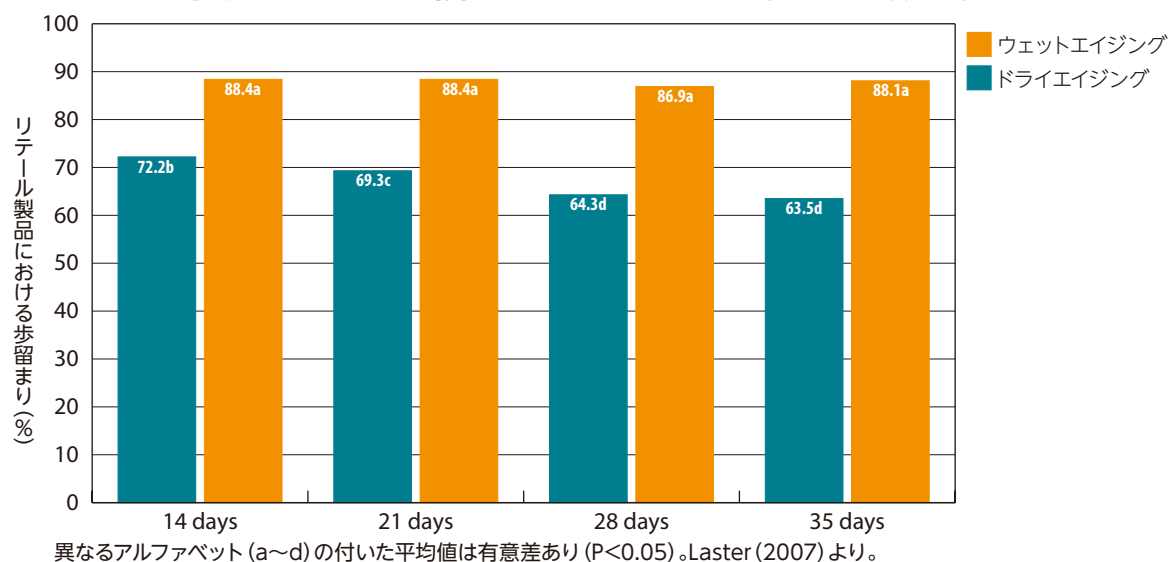
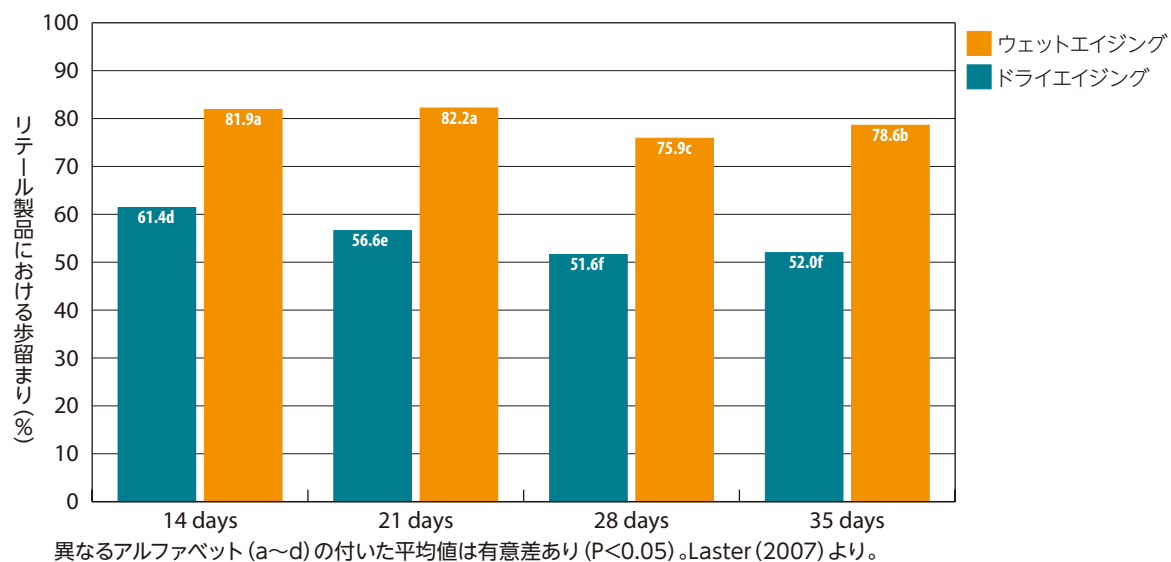


図4: エイジング方法およびエイジング期間がサーロインバット・リテール製品の歩留まりに及ぼす影響





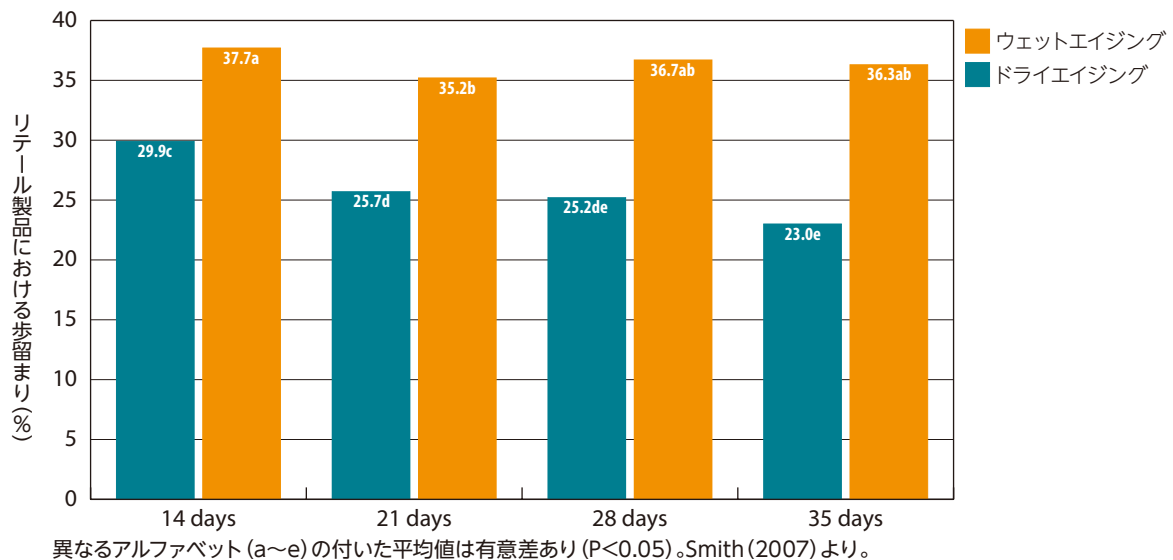
## 価格設定に関するパラメータ

Sitzら(2006)は、ドライエイジングまたはウェットエイジングを行った米国産チョイスおよびプライムグレードのステーキに消費者がどれほどの代価を支払うのか調査することを目的にヴィックリー(一律価格)オークションの一種の方法を用いて競売を行った。先述したように、チョイスグレードのステーキでは、ドライエイジングとウェットエイジングで官能特性に違いは認められなかった。しかし、ウェットエイジングを行ったプライムグレードのステーキでは、風味、軟らかさおよび総合的な受入度においてドライエイジングを行ったものよりも有意に高い評価が付けられた。好み(総合的な受入度スコアに基づく)によって消費者を群分けしたところ、消費者の39.2%がウェットエイジングを行ったチョイスグレードのステーキを好み、29.3%がドライエイジングを行ったチョイスグレードのステーキを好んだが、31.5%は特に好みはないという結果であった。ドライエイジングを行ったチョイスグレードのステーキを好んだ消費者は、0.45kg(1lbに相当)につき\$2.02の割増価格で入札する意向を示したのに対し、ウェットエイジングを行ったチョイスグレードのステーキを選んだ消費者は、0.45kgにつき\$1.76を上乗せする意向を示した。プライムグレードのステーキでは、消費者の27.5%がドライエイジングを好んだが、45.8%はウェットエイジングを好み(ウェットエイジングを行ったプライムグレードのステーキには有意に高い評価が付いたことを思い出そう)、26.7%はいずれにも好みを示さなかった。ドライエイジングを行ったプライムグレードのステーキを好んだ消費者は、0.45kgにつき\$1.94の割増価格で入札する意向を示したのに対し、ウェットエイジングを行ったプライムグレードのステーキを選んだ消費者は、0.45kgにつき\$1.93を上乗せする意向を示した。

ドライエイジングなど、費用が割高な生産システムにおけるステーキの価格設定はどうかんばっても難しいものである。Sitzら(2006)は調査の結果、総合的に見て必ずしも消費者がドライエイジングを行ったステーキを好むとは言えなかったが、ドライエイジングビーフを好む消費者はより高い価格を支払う意向を示しており、消費者の的を絞った製品のターゲティングは可能だろうと結論している。

ドライエイジングを行ったステーキは、ドライエイジングの過程における大きなロスを埋め合わせるために市場においてよりよい成績を挙げねばならない。Smith(2007)は、自らが行ったリテール製品の試験結果に卸売価格や小売価格といった経済データを当てはめ、ドライエイジングとウェットエイジングによる影響の比較を行った。ウェットエイジングを行ったショートロインの利益率は35.2%から37.7%の範囲となり、エイジングの日数による影響は実質的には受けていなかった。一方、ドライエイジングを14日間行ったショートロインの場合、利益率は29.9%で、35日間のドライエイジングで23.0%まで大幅な減少を示した(図5)。ドライエイジングを行ったショートロインとウェットエイジングを行ったショートロインでは、小売り向けにカットを行った場合に利益率に大きな差が生じるだけでなく、ドライエイジングの日数を増やすにつれて利益率が減少するため、小売り価格をさらに引き上げなければならない。

図5: エイジング方法およびエイジング期間がショートロインの利益率に及ぼす影響



## 結論および推奨事項

ドライエイジングは費用のかかる事業である。本プロセスで生じる最終製品の歩留まりのロスを補填するためには、小売りまたはフードサービスのレベルにおいて価格を高く設定する必要がある。ドライエイジングでは、貯蔵期間の延長により最終製品の歩留まりにさらに影響が出るため、エイジング期間の延長に伴う歩留まりの大きな変動を反映できる価格設定システムを導入する必要がある。

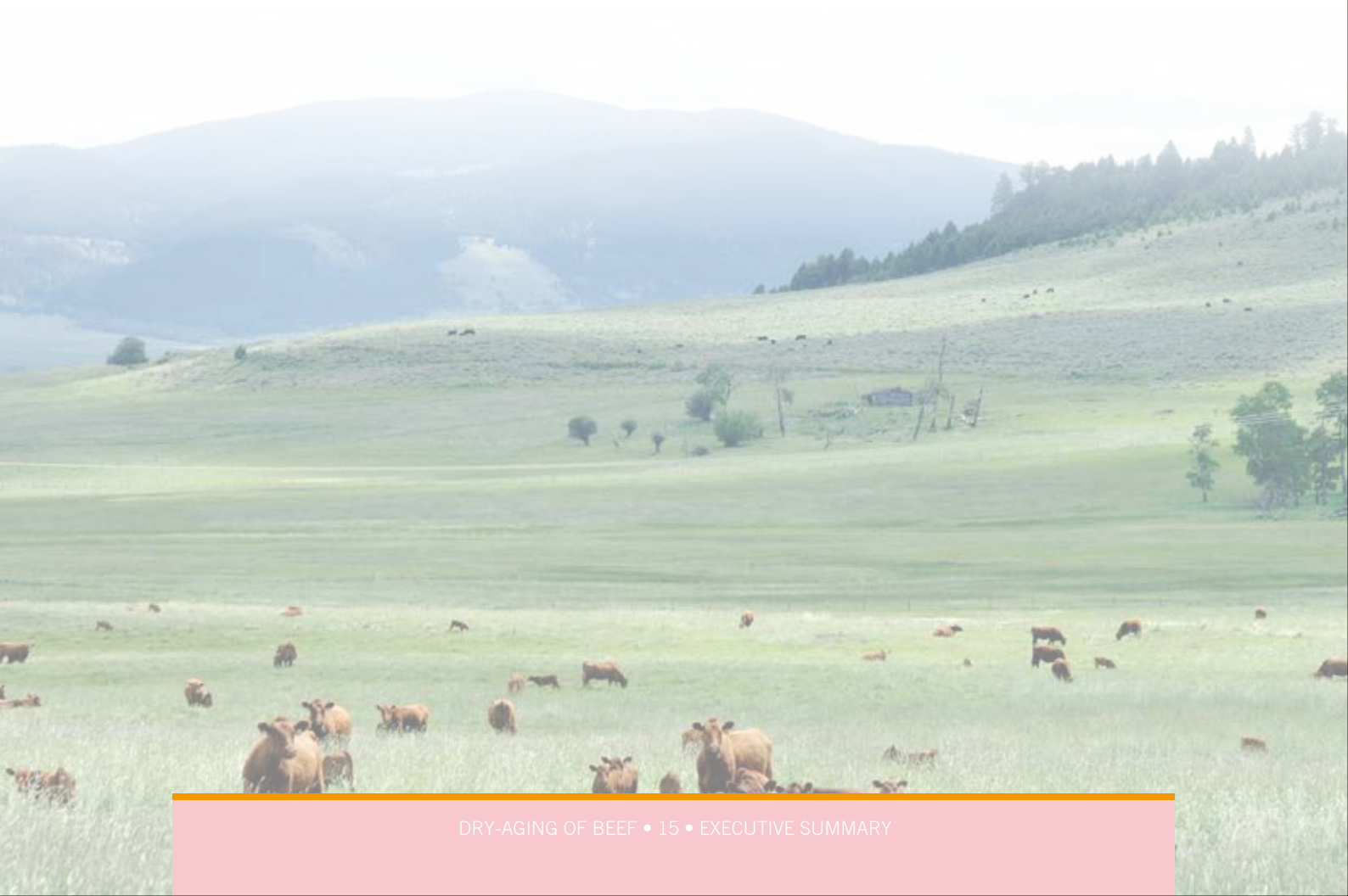
ウェットエイジングビーフが市場を独占するようになったのは当然のことと言えよう。真空包装によるウェットエイジングが牛肉産業において広く使用されるようになったのは、収縮を抑制しつつ軟らかさを引き出すことが可能であるためである。ドライエイジングは、必需品だけではなく贅沢品にも出費をいとわない消費者を対象としたニッチ市場を満たすことは可能であると言える。

以上のようにドライエイジングの経済的実態は厳しいものではあるが、独特の風味を持った製品の提供を目指す場合には、ある意味で神秘的ともいえる方法で生産されるドライエイジングビーフには素晴らしい市場機会があるだろう。ドライエイジングには、湿度と気流を管理できる冷蔵設備と、最終消費者が望む風味を引き出すまでの十分な日数が必要とされる。ドライエイジングビーフの生産に関心のある企業は、これらのパラメータの検討を行い、最適なドライエイジングの条件を確立する必要がある。

COPYRIGHT 2008 CATTLEMEN'S BEEF BOARD ALL RIGHTS RESERVED

# 国際市場向け 米国産ドライエイジングビーフ・ガイドライン

米国食肉輸出連合会 (USMEF)





## 《はじめに》

海外市場では最近、ドライエイジングビーフ製品に対する関心と需要が高まってきている。しかし、これらの市場へのドライエイジング製品の供給には、アメリカン・ビーフの物流とアクセスの問題に特有ないくつかの課題がある。

本ガイドラインの目的は、輸入・販売者がドライエイジングビーフ製品の輸入または製造のプラスとマイナスを理解し、そのニーズに合ったプログラムを活用する手助けをすることにある。

ウェットエイジング(通常の熟成)とドライエイジング(乾燥熟成)で異なってくる主な特性は、食味形質、歩留まり、およびコストである。認められている相違には以下のようなものがある。

	ウェットエイジング	ドライエイジング
軟らかさ	向 上	向 上
風味	変化なし	ナッツ風味と牛肉風味
歩留まり	ごくわずかな重量減少	水分と表面等のトリミングによる最大30%の重量減少
コスト	貯蔵時間延長によるわずかな増加	貯蔵時間延長、設備購入および歩留まり低下による大きな増加
販売価格	ほぼ上昇しない	大きく上昇する

## 要旨

国外消費者向けドライエイジングビーフの安全性特性を確保しながら、風味と貯蔵寿命を最大化することに焦点を絞った米国食肉輸出連合会 (USMEF) とオクラホマ州立大学の共同研究から、3つのドライエイジングプログラム\*が策定された。

## 3つのプログラムの概要

プログラム	ステップ①	ステップ②	ステップ③
1 冷蔵輸入によるドライエイジングビーフ	輸出中にウェットエイジング (7~28日)	海外市場でドライエイジング (14~35日)	海外市場で加工
2 冷凍輸出によるドライエイジングビーフ	米国内でドライエイジング (14~35日)	米国内で加工	冷凍して輸出
3 冷凍輸入によるドライエイジングビーフ	冷凍して輸出	海外市場でドライエイジング (14~35日)	海外市場で加工

## 3つのプログラムの比較

食感品質	1 = 2 > 3	1 ドライエイジング歩留まり = ドライエイジング後の重量 / ドライエイジング直前の重量
ドライエイジング歩留まり1	1 > 2 = 3	2 カット歩留まり = 完成最終製品の重量 / ドライエイジング後の重量
カット歩留まり2	1 > 2 > 3	
水分保持	1 > 2 > 3	
コスト (少ないほど良い)	2 > 1 > 3	

## 定義

### 《ドライエイジング》

軟らかさと風味を高めるために、無包装の卸売りカットを、温度、相対湿度および気流速度を管理しながら冷蔵室に一定期間入れておくプロセス。ドライエイジングは他の熟成方法では達成できない独特の風味をもたらす一方、収縮と余分なトリミングによる歩留まりロスの増加も生じる。

### 《ウェットエイジング》

肉を真空包装して冷蔵かつ無酸素の条件下で熟成させるプロセス。湿度と気流速度は、適正なウェットエイジングのための必要条件ではない。ウェットエイジングは主として軟らかさを増すために用いられ、風味にはほとんど影響しない。真空包装による無酸素環境により、製品の貯蔵寿命が大きく延びる上、収縮と余分なトリミングも少なくなる。

### 《冷凍肉》

肉を $-2^{\circ}\text{C}$  ( $28^{\circ}\text{F}$ )で凍結する。冷凍は微生物の活性を抑え、肉を冷蔵した場合よりも長い貯蔵寿命を確保できる。冷凍はまた、熟成プロセスを停止させる(酵素分解が中断する)。ほとんどの場合、冷凍肉はブラスト(空気の噴射)式フリーザー内で急速冷凍され、24時間以内に中心温度 $-18^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ )で完全に凍結する。

### 《ボックスビーフ》

除骨し、すぐに輸送できるように真空包装して箱詰めしたサブプライマルカットビーフ。輸送時間はさまざまで、陸上輸送(7~10日)の方が海上輸送(21~28日)よりもずっと短い。

## 必要な設備

- 1 温度、湿度および気流を管理できるクーラー（大きなウォークイン・クーラーでは気流管理にファンを使う場合がある）。
- 2 温度、湿度および気流の安定性を確保するためのデータロガー（記録計）。
- 3 肉を保持し空気に確かかつ完全に曝すための特殊なワイヤーラックまたはスレート棚。サブプライマル（すなわち典型的なリブアイロールで14×8×4インチ〔約35×20×10cm〕）を十分に保持できるだけの大きさでなければならない。
- 4 方法2を行う業者に必要な設備は、-18℃（0°F）以下を維持できるフリーザーのみ。



小規模製造向けの特種なラック付きの小さなクーラー

ドライエイジングに推奨されている貯蔵温度、相対湿度および気流速度の範囲

	推奨範囲	数値が高すぎた場合に生じる問題	数値が低すぎた場合に生じる問題
貯蔵温度	0 - 4℃ (32 - 39°F)	製品を腐敗させる 過剰な微生物増殖	肉が凍ってしまうことによる 熟成プロセスの停止
相対湿度	80 - 85%	製品を腐敗させる 過剰な微生物増殖	過剰な重量減少とトリミングロス
気流	0.5 - 2m/s (1.6 - 6.6 ft/s)	過剰な重量減少とトリミングロス	製品を腐敗させる過剰な 微生物増殖



中規模から大規模製造向けの  
穴あき棚付きの大きなウォークイン・クーラー



温度と湿度を記録するデータロガー



## 方法 1

# 冷蔵輸入によるドライエイジングのプログラム

### ステップ 1

輸出資格を持つ精肉業者または調達業者から米国産牛肉を購入する。



### ステップ 2

製品が税関検査を通過したら直ちに冷蔵する。



### ステップ 3

必要な設備のセクションで挙げた推奨値に従い、ドライエイジングクーラーの温度、相対湿度および気流を設定する。

### ステップ 4

真空包装を取り除き、個々のサブプライマルをクーラー内のラックに載せる。



### ステップ 5

完全にドライエイジング風味を生じさせるため、サブプライマルをクーラー内で14日以上保持する。

### ステップ 6

完全なドライエイジングビーフとなったサブプライマルをクーラーから回収する。硬くなった表面と余分な脂肪をトリミングし、望ましい大きさの部分肉にサブプライマルを切り分ける。



### ステップ 7

切り分けたドライエイジング製品はできるだけ早く利用する。さらに熟成させるために製品を再包装してはならない。



## 方法 2

# 冷凍輸出業者によるドライエイジングのプログラム

### ステップ 1

製品が税関検査を通過したら直ちに冷凍貯蔵する。

### ステップ 2

解凍する準備が整うまで製品を冷凍貯蔵しておく。

### ステップ 3

使用前に冷凍製品を冷蔵条件下(4°C[39°F]以下)で解凍する。



### ステップ 4

解凍したドライエイジング製品はできるだけ早く利用する。解凍したドライエイジング製品をさらに熟成させるために再包装してはならない。

### 方法 3

## 冷凍輸入によるドライエイジングのプログラム

### ステップ 1

方法1で挙げたステップ1~4に従う。

### ステップ 2

完全にドライエイジング風味を生じさせるため、サブプライマルをクーラー内で17日以上保持する（解凍に3日、ドライエイジングに14日）。

### ステップ 3

方法1で挙げたステップ6および7に従う。

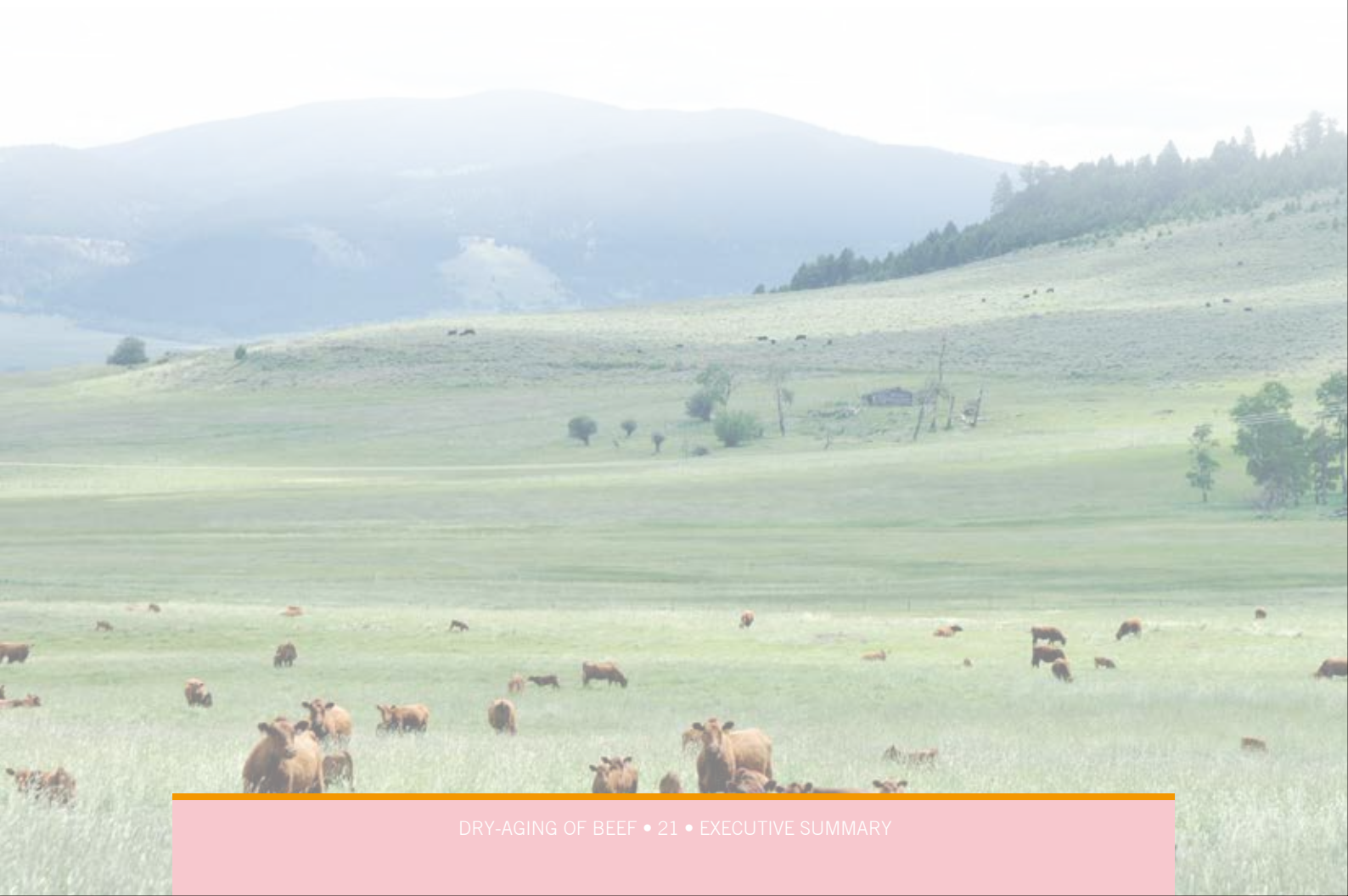


## 考慮すべき点

- ウェットエイジングの時間は、ボックスに記載の製造日から現在の日付を差し引くことで計算することができる。
- 細菌汚染を最小限に抑えるため、ゴム手袋、清潔な作業着、および毛髪とヒゲのネットを着用する。
- ドライエイジング中は、確実かつ完全に空気に曝されるよう、サブプライマルを積み重ねてはならない。
- トリミングとドライエイジングによる水分減少による重量ロスは15~25%の範囲である。
- 食肉製品の安全性と品質を保持するためには、コールドチェーン（低温流通体系）の管理が不可欠である。  
サブプライマルの温度は、新鮮製品で5℃ (41°F)、冷凍製品で-18℃ (0°F)を超えてはならない。
- データロガーを使用して、ドライエイジングクーラーが一定の温度、相対湿度および気流速度を維持できていることを監視する（温度の変動は±2℃を超えてはならないが、他の2つの因子はもう少し柔軟である）。
- 出来映えの観点から真の「ドライエイジング」ビーフと呼ぶための約14日間を上回る十分な時間が必要であるとする閾値のようなものは存在しないため、ドライエイジングの日数は個人の好みによって決まる。
- 設定した適正な温度と湿度を維持するため、クーラーのドアの開閉回数は最小限に留める。
- ドライエイジング製品を直ちに利用する予定がないときは、サブプライマルを切り分けてはならない。クーラーに貯蔵しておく。取り扱い方法が適正であれば、サブプライマルは、風味と安全性に悪影響を生じさせることなく、ドライエイジング状態を最大35日間保持することができる。
- 冷凍と解凍を行うたびに製品の品質は劣化するため、完成製品の冷凍または再冷凍は勧められない。
- 方法2を行う場合は、望ましいカット、品質、ドライエイジング期間、および部分肉サイズについて購入前に調達業者と話し合っておく。
- 5℃ (41°F)を超える温度では微生物が指数関数的に増殖し得るため、ドライエイジング製品を室温で解凍してはならない。
- 解凍には肉5ポンド（約2.3 kg）につき1日（24時間）以上を要するため、それを見越して予定を立てる。

# 米国のドライエイジングビーフ

米国食肉輸出連合会 (USMEF) 技術担当  
トラビス・アープ





## 《ビーフフレーバーについて》

ビーフの食味、風味には様々な要素がある。「やわらかさ」は最も重要な要素であるが、その要因にはマーブリング（脂肪交雑）、飼料、畜種、肥育期間、熟成などがある。ビーフフレーバーについての消費者調査によると、一般的には大きく分けて以下の5つの主要なフレーバーを感じる。

### ●肉汁のフレーバー

肉を焼く、ローストしたときの香り

### ●牛肉脂肪のバターのようなフレーバー

穀物肥育の牛肉の脂肪を焼いたときの香り、バター風味

### ●血のフレーバー

低い温度で調理したレアの牛肉の香り

### ●レバー／内臓フレーバー

レバーや腎臓を焼いたときの香り

### ●グラス(牧草)のフレーバー

牧草肥育やショートフェッドの穀物肥育の牛肉を焼いたときの香り、青臭いグラス臭

上記の5種類のフレーバーのうち、「肉汁のフレーバー」「牛肉脂肪のバターのようなフレーバー」は、他の3つのフレーバーと比較して、通常は「好まれるフレーバー」とされる。

コロラド州立大学が最近行った「牛肉のおいしさとフレーバーの相関についての消費者調査」によると、好まれるフレーバーの指数は「肉汁のフレーバー」が0.94で最も高く、次いで「牛肉脂肪のバターのようなフレーバー」が0.91、「血のフレーバー」は-0.64、「レバーのフレーバー」は-0.81、「グラスのフレーバー」は-0.57であった。

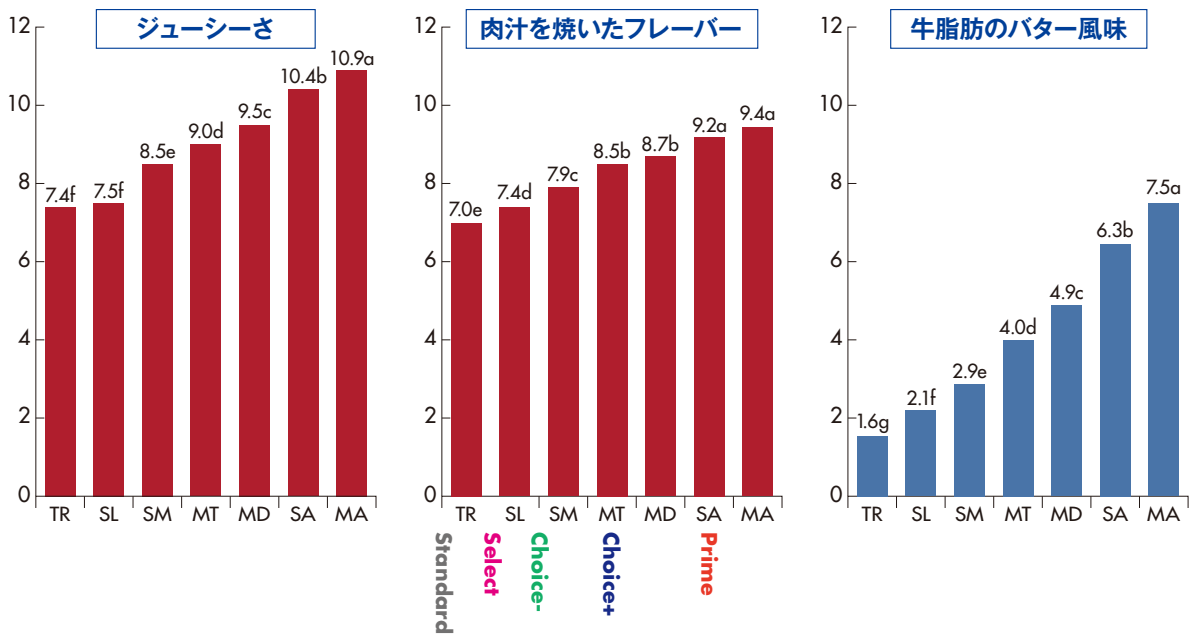
そのほかの好まれるフレーバーは、ドライエイジングで醸成されるナッツをローストしたフレーバーである。逆に好まれないフレーバーとしては獣、魚、すっぱさ、にがさなどがある。

## 《フレーバーとマーブリングの関係》

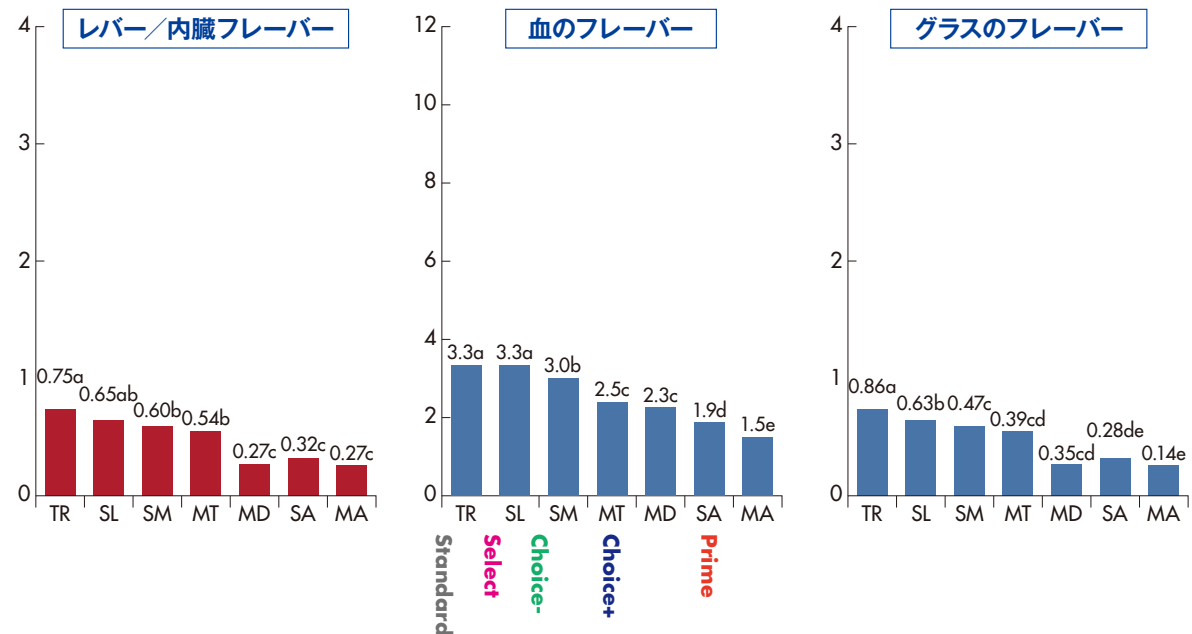
グラフ①～②が示すように、牛肉のフレーバーのプロフィールはマーブリング(脂肪交雑)によって分かれる。「ジューシーさ」と「肉汁を焼いたフレーバー」、「牛肉脂肪のバターのようなフレーバー」は、マーブリングが多い高いグレードの牛肉の方が際立っている。

また好まれないフレーバーである「レバーや腎臓のフレーバー」「血のフレーバー」「グラスのフレーバー」は高いグレードの牛肉では少ないことがわかる。

### 官能評価におけるフレーバーの感受①



### 官能評価におけるフレーバーの感受②



縦軸は満足度。0(満足度が低い)→12(満足度が高い)

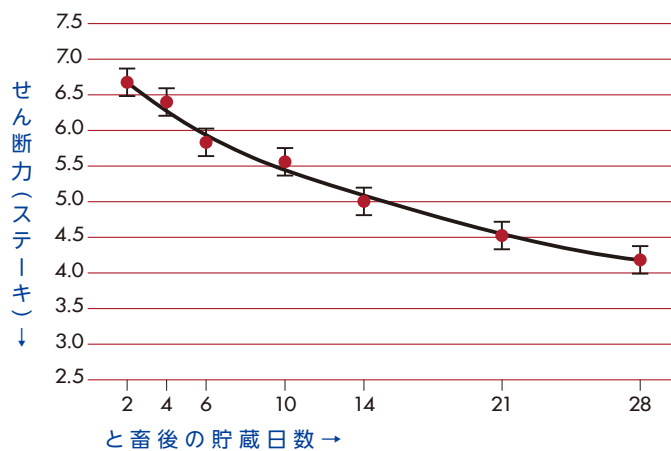
横軸は脂肪交雑。Traces(形跡あり)、Slight(わずか)、Small(少ない)、Modest(並)、Moderate(適量)、Slightly Abundant(やや多い)、Moderately Abundant(おおむね豊か)。

## 《熟成の種類、方法とその違い》

熟成とは、自然の酵素がタンパク質を分解し、時間の経過により肉を軟らかくすることである。また、熟成にはウェットエイジング(真空包装による無酸素下での熟成)とドライエイジング(無包装で温度、湿度、空気循環を管理する熟成)がある。

ウェットエイジングは真空パックにて空気に触れないように保管することであり、もし、空気に触れた状態において保管すると腐敗菌が増殖する。熟成期間は21～28日間である。

### 熟成の進行とやわらかさ(せん断力)の相関曲線



ドライエイジングは真空パックに入れないで、保管環境をコントロールすることによって実施する。そのコントロールする要素は、温度、湿度、空気循環である。ウェットエイジングと同じく肉を軟らかくする効果があるが、フレーバーのプロフィールは異なるものとなる。

ドライエイジングのフレーバーはウェットエイジングよりも消費者に好まれるフレーバー(ナッツのような香り、甘み、肉を焼いた、ローストした時のフレーバー)がある。



## 《ドライエイジングの課題と留意点》

ドライエイジングは乾燥による重量の減少と肉表面を削ることから歩留まりが低下する。

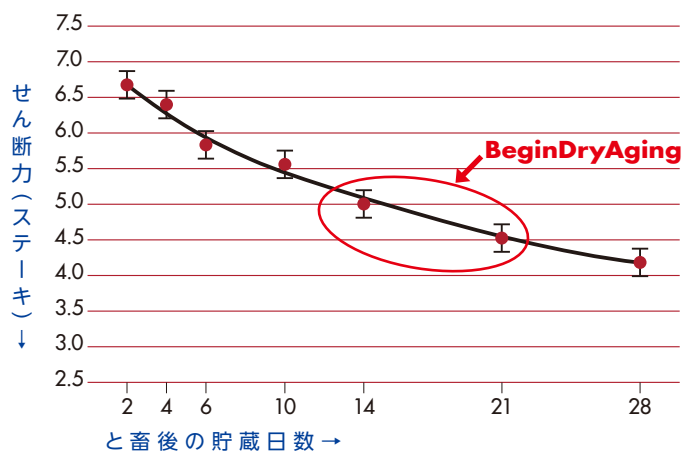


またドライエイジングを行う施設、装置のコストも高いため、それらのコストを製品価値に反映することが必要になる。

これらの課題を解消するための一つの方法としては、と畜後14～21日間はウェットエイジングをし、その後、ドライエイジングをすることでコストを抑え、熟成の効果を高める方法もある(ドライエイジングの施設までの輸送期間も熟成期間に含むことができる)。

ドライエイジングの期間は、ウェットエイジングの期間や部位のサイズ、フレーバーの好みによって変わるが、最低でも14日間は必要である。

### 目標のやわらかさ(せん断力値)と熟成期間の相関曲線



Muscle	Quality Grade	2-d WBSF	Aging Response	Days of Postmortem Aging
LD	Select	6.66	2.5	4 6 10 14 21 28

90.4%-percentage of aging response needed to reach 4.4kg.



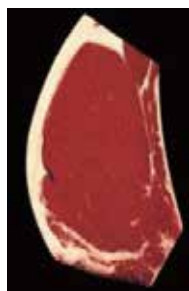
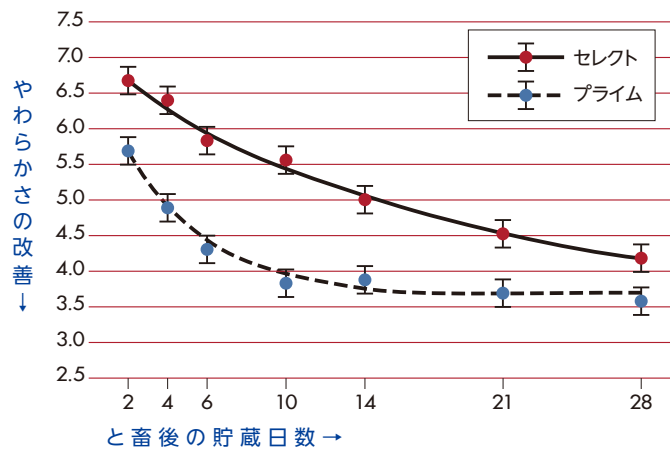
ドライエイジングで考慮しなければならないことは、施設(工場)と従業員の衛生管理を徹底し、細菌の暴露リスクを減らすことである。



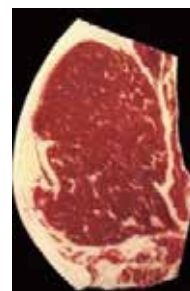
また、温度、湿度、空気循環の変化を少なくするようにコントロールする。データを継続的に記録し、製造工程を管理できる施設運営が重要である。空気循環ができるようにラックには肉を積みすぎないことも大事である。

なお、下記のグラフが示すようにプライムとセレクトの熟成度合の進行ではグレードの高いビーフ(プライム)の方が早く、効果的である。

### セレクトとプライムのやわらかさの進行



### セレクト VS プライム

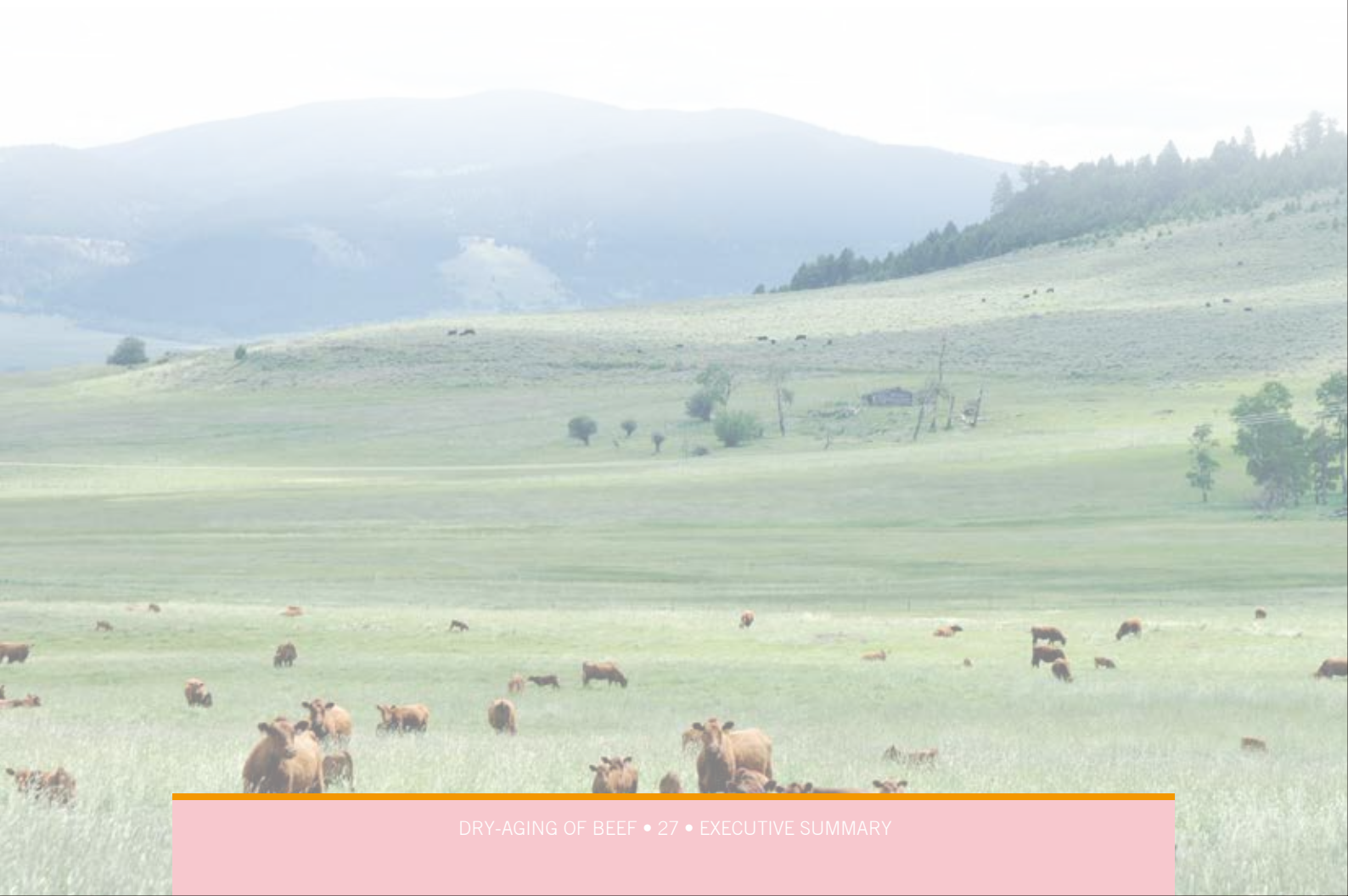


寄稿

# 「牛肉のおいしさとドライエイジングについて」

TFMアグリビジネスネットワーク

片平 梨絵



## 熟成していない食肉はない

ドライエイジングビーフは、ここ数年メディアで取り上げられる頻度が増えた。ただ、それらのPR情報の中には疑問に感じられるもの、消費者の誤解を招くような表現が見受けられる。個人的な見解ではあるが、そもそも熟成（エイジング）は「特別な技術」というよりは、お肉を美味しく食べるために昔から当たり前に施されてきた前処理工程の一つと位置付けることができる。

と畜直後の筋肉は軟らかいが、死後硬直の状態に入ると硬くなり、保水性も低下していく。しかし、硬直した筋肉を低温で貯蔵すると硬直が解けて再び軟らかくなる。この過程を「解硬」と呼び、完全に解硬することによって、と畜直後の軟らかさまで戻った状態のものが食肉として摂取されるようになる。この「解硬」する現象を「熟成」といい、この過程では、同時に保水性が回復し風味が向上する。この好ましい変化を得ることを目的にした貯蔵も「熟成」と呼ばれ、前者の場合は食肉が熟成する、後者の場合は食肉を熟成するという。いずれにしても「筋肉」は熟成によって食肉に変換する。\*沖谷明紘著「肉の科学」より

スーパーマーケットの成長に伴い、流通の短縮化、効率化が進み、と畜後比較的早い段階で牛肉を食べる機会が増えた。結果として、牛肉本来の味わいが感じられない食肉が増えることにつながり、ここにきて改めて熟成（エイジング）の大切さが見直されたのではないかと考えている。

## 熟成の効果とメカニズム

熟成のメカニズムをみると、まず、筋肉のほとんどはタンパク質でできている。そして、筋肉の構造は図1のように、筋原線維の束が集まり、それをコラーゲンが糊のような働きをするイメージで結合させている。熟成が進むと、筋肉

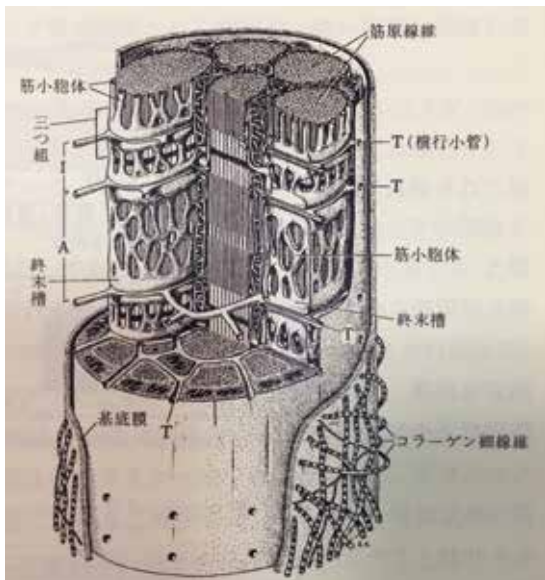


図1:筋線維の構造(立体組織学図譜Ⅱ組織篇)

の中のタンパク質分解酵素が作用して、このコラーゲン線維がぶつぶつと切れていく。それに伴い、筋原線維の束もほろほろとほどけていくようになり、結果的に、食感が軟らかくなり、噛んだときにしっとりした食感になる。重量の大きい家畜ほど筋肉=食肉の量が多いため、熟成に要する時間がかかる(表1)。

表1:1℃の熟成で硬直の80%が解ける日数

牛	豚	鶏
10日	5日	0.5日

タンパク質分解酵素が筋繊維やコラーゲンを分解することにより、筋繊維の結合が弱くなる。

次に食味が向上するメカニズムを説明すると、熟成の過程でタンパク質分解酵素により筋肉のタンパク質がアミノ酸に分解され、旨味や甘味の素が増加していく。グリコーゲンも酵素によりグルコース、つまり糖分に変わっていく。ただ、グルコースは食べた時の甘味に繋がるかというよりは、メイラード反応(糖とアミノ酸の熱反応)による「香り」への寄与の方が大きいのではないかと考えられている。

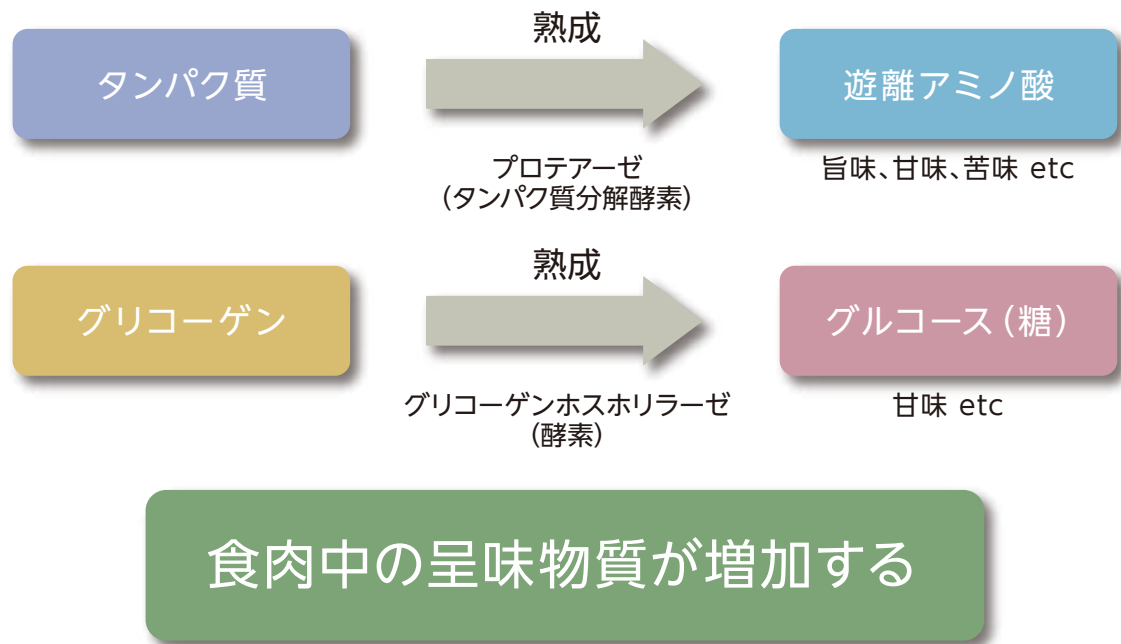


図2: 熟成による食肉中の呈味物質の変化(山形県農業総合研究センター高度試験場)

## ウェットエイジングとドライエイジングの違い

熟成はウェットエイジングとドライエイジングに分けることができる。ウェットエイジングは肉を真空包装して、無酸素の条件下で熟成する過程。真空包装により微生物の増殖や脂の酸化を防ぎ、製品の保存性が延長する。

これは、現在の部分肉流通の主流といえるが、例えばアメリカン・ビーフの場合はパッカーで真空包装された部分肉が一定温度に保たれたコンテナで約2週間をかけて日本まで海上輸送される。この輸送中に熟成が進み、旨味成分が増加することが明らかになっている。

一方、ドライエイジングは無包装で空気にさらされた状態で、「温度」「湿度」「風気(気流)」を管理しながら冷蔵で一定期間、貯蔵する熟成の過程。ウェットエイジングに比べてビーフフレーバーが強くなり、独特の風味をもたらす。

熟成ではウェットエイジングとドライエイジングのいずれの手法でも、軟らかさと味はどちらも向上するが、香りが増えるのはドライエイジングだけだ。ただし、ドライエイジングでは熟成が進むにつれ、表面がカビで覆われ、変色が進んでいく。このため製品化の際にはこれらをトリミングする必要があり、製品の重量が減少(最大30%程度)し、いわゆる歩留り率ロスが生じる。



## ドライエイジングがもたらす『香り』の変化

熟成による香りの一番の効用は酸臭や血液臭、獣臭などを消失させることだと思われる。いわば嫌みなものを消すことができることがメリット。また熟成では甘い香りやロースト、ステーキ特有の「熟成香」が生じる。ただ、ドライエイジングを語るときに、いわゆる『ナッツ香』と呼ばれる熟成香の強さで熟成度合を評価する人もいるが、それは肉の品種や保管状態等によっても様々であり、実際にはナッツ香が感じられなくても熟成は進んでいる。

都内で熟成肉の料理で人気のある店のシェフだった方は、ナッツ香が邪魔だからドライエイジングビーフを焼く前にナッツ香を消すための処置をすると言っている。結局のところ、これは嗜好の問題であり、熟成肉を提供する店、企業がイメージする一番よい状態であれば、いわゆる「熟成香」が感じられなくても良いのだろう。

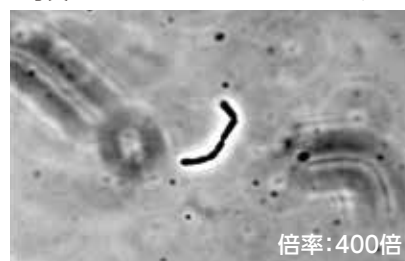
## 牛肉の『熟成香』

「熟成香」は4つに分類することができる(表3)。この「牛肉熟成香の種類と特徴」については、日本獣医生命科学大学名誉教授の沖谷明敏先生が提唱したもので、20年ほど前に実験されたものだ。

家畜改良事業団の小林正人氏によると、良く熟成された牛肉は「生牛肉熟成香」という少し酸味のある甘い匂いがある。昔のお肉屋さんの匂いをイメージするとわかりやすいが、この匂いは、食肉業界の人は良く知っている匂いで熟成の指標になりうるという。「生牛肉熟成香」が多く生成された肉は焼くと香ばしい甘い匂いが生じる。

この生牛肉熟成香には細菌が関与していることがわかっており、その代表としてブロッコスリックス・サーモスファクタ(写真1)がある。東北農業研究センターの渡邊彰氏は、真空熟成と通常の空気に触れる熟成法を比較し、空気に触れることでラクトン類の生成が10倍に増えることを報告している。

写真1:ブロッコスリックス・サーモスファクタ



「煮牛肉熟成香」はすき焼きなどで感じられる香りで、主成分はラクトン、アルデヒド、ケトンで、酸素が存在する状態で熟成した場合に増加する。

「焼牛肉熟成香」は食肉に共通する香ばしい匂いで、ピラジン系の香りと説明されている。これはナッツ様香気をもつ物質であり、焼牛肉熟成香はメイラード反応、つまり糖とアミノ酸が熱に反応し、アミノカルボニル化合物という一群の物質になり、香ばしい匂いを発揮する現象を指す。糖とアミノ酸は熟成によって増加するため、熟成肉は香りの質と強度が飛躍的に向上するということが納得できる。ただし、これは熟成した香りそのものではなく、熟成肉の「焙焼香」というのが正確な表現だと小林氏は指摘している。

小林氏によるとドライエイジング(最近のNYスタイルのような)の匂いは、これまで日本で研究されてきた和牛肉等の熟成の匂いとは異なっており、これまでの知見では明確な説明できないという。国内で研究が進められようとしているところであり、結果が待たれるところだ。

表3:牛肉熟成香の種類と特徴

種類	種類
生牛肉熟成香	甘いミルク臭に似た香り
	鼻先で嗅いで感知できる
	細菌が関与
	加熱で揮散しやすい
	熟成によって生成
煮牛肉熟成香 (黒毛和種では和牛香)	甘く脂っぽい香り
	80℃の加熱で最もよく生成
	高度の脂肪交雑を必要とする
	加熱肉を噛んで感知できる
	加熱で揮散しにくい
	細菌が関与しない
	熟成によって生成
焼牛肉熟成香 (熟成肉の焙焼香)	食肉に共通の香ばしい焙煎臭
	鼻先、口中で感知できる
	焼くと生成するが揮散しやすい
	熟成で増強される
熟成牛肉醗酵臭	醗酵生ハムに似た香り
	細菌が関与
	加熱肉を噛んで感知できる
	長期熟成によって生成

- 生肉では感じられない香り。
- 主成分はラクトン、アルデヒド、ケトンで、酸素が存在する状態で熟成した場合に増加。

- 食肉に共通する香ばしい匂い。
- ピラジン系の香り = ナッツ様香気をもつ物質
- 糖とアミノ酸が熱反応(メイラード反応)で香ばしい匂いを発揮する。
- 糖とアミノ酸は、熟成で増加するため、熟成肉は香りの質と強度が飛躍的に向上する。

## ドライエイジングがもたらす『脂』の変化

ドライエイジングすると、脂の口溶けが良くなるという指摘を耳にすることがある。。しかし「熟成により脂肪酸組成そのものは変化することはない」というのがこれまでの常識だった。これについて小林氏は、①熟成により脂肪分解酵素の活動が進み、中性脂肪の膜が分解されて脂肪膜がもろくなり脂肪が流出しやすくなる可能性②脂肪酸の酸化分解が高度に進むことで脂肪酸組成が変化する可能性一などが推察されると指摘している。

## 適切な処理、工程管理の重要性

熟成のメカニズムについてひも解いてみたが、ドライエイジングの効果とそのメカニズムで科学的にわかっているのはまだわずかな部分で、7～8割は未解明といわれている。関連する学会などの論文でもほとんど新たな知見は出ていないのが現状のように思う。熟成方法は品種や個体差によっても異なり、提供店や企業の経験則によるところが大きく、熟成の期間や方法など画一的なマニュアルは存在しない。一口にドライエイジングビーフといっても、どんな肉質と風味が好きで、どう仕上げるか、その嗜好により熟成方法も異なり、どれが正解ということもいえない。

ただ、確実なことは技術・ノウハウの蓄積のない店や企業が安易に取り組むとリスクが大きいということだ。O-157や国内BSEの発生以降、食肉業界ではHACCPやSQFなどの食品安全マネジメントの考え方が広がり、食肉加工場ではオゾン殺菌などもかなり使われるようになった。食品安全だけの観点からみれば、ドライエイジングは逆行する動きだともいえる。

BSE発生以降の10年余り、食肉流通と販売の現場では「おいしいお肉を提案する」ことよりも、トレーサビリティや表示問題など「とにかく間違いが起こらないように」ということが最優先課題となっていた。その反動ともいえるが、最近のドライエイジングビーフのブームは「おいしさの提案」に回帰したという点では歓迎すべきことだ。しかし、熟成は取り扱いを間違えれば腐敗になり、品質や安全性を損なうリスクもある。適切な処理や工程管理に万全の注意を払うことが重要だ。

熟成した枝肉や部分肉は中側の赤身部分の菌数は低く、表面のカビが適切に除去されていれば供給できることが実証されている。とはいえ、もし表面のカビが最終製品に付着すれば、その肉は細菌に汚染されてしまう。ナイフの適切な消毒をはじめ、まな板は一次処理、二次処理、最終トリミングなど各段階に分けて、それぞれ別のものを使用するなど徹底した工程管理が求められよう。

製品化した後も留意すべき点がある。出荷後は、真空包装しても短期間であれば問題ないが、時間の経過とともに再びウィーブが生じる。当然のことながら細菌が繁殖しやすい状態になり、事故のリスクがある。ドライエイジングビーフは、コールドチェーン(低温流通体系)の管理が不可欠であり、すぐに消化しない場合は『冷凍による流通』が望ましい。また、小売等でドライエイジングビーフを提供する場合には、購入者に自宅での管理、消費期限などの注意を喚起するべきである。

生食問題のように何か事故が起きてしまえば拡大したマーケットは消失してしまう。牛肉の需要が縮小することによる経済的損失はもちろんだが、食肉を囲む楽しい1シーンまで消えてしまうことほど残念なことはない。牛肉のおいしさは様々な要素でかたちづくられている。

熟成は、この牛肉のおいしさを構成するさまざまな要素をより高める力があり、また一方で、脂のしつこさといった欠点を補正してくれる技術である。適切な管理徹底と啓蒙活動により、エイジングビーフの美味しさ、楽しい食事の提案につなげたい。







# アメリカの ごちそう。

今日は

アメリカン・ビーフに

しませんか。

We Care.

アメリカン・ビーフ

U.S. BEEF

Funded in part by  
the Beef Checkoff.





**米国食肉輸出連合会 (USMEF)**

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-2-20 第3虎の門電気ビル12階

TEL 03-3501-6328 / FAX 03-6205-7330 / <http://www.americanmeat.jp>