

# 「おきなわブランド」ドライエイジングビーフ生産技術の確立

## (3) 気流有無と衛生指標、歩留り、アミノ酸含量との関係

花ヶ崎敬資 安里直和\*

ドライエイジングビーフ製造基準確立のため、熟成肉の衛生面、歩留り、アミノ酸含量への気流の影響を調査したところ、気流を直接当て熟成させると、水分活性値はより早く低下し、微生物は増加抑制された。また、気流を当て熟成させる方がより早く黒く変色し、歩留りは悪かったがアミノ酸類の増加率は高かった。さらに、気流を直接当て熟成させると、脂肪融点、脂質含量、飽和脂肪酸の割合は気流を当てない熟成に比べ低下した。また、物理的特性である剪断力価、剪断弾性率、最大荷重は気流有無に関わらず熟成後に低下した。

### 1 緒言

ドライエイジングは一般に低温、低湿度で数週間置くのが一般的であるが、ルール化は今のところされておらず<sup>1)</sup>、各社様々な方法で行われているのが現状である<sup>2)</sup>。気流については直接当てる、対流させる、そもそも気流を発生させない無風の方法があり、アンケート調査によると対流させるのが最も多い<sup>2)</sup>。気流の目的は、空気の流れを活用して肉表面を乾燥させること<sup>2)</sup>ができ、ドライエイジングプロセスを進行させる<sup>3)</sup>と考えられる。米国内輸出肉連合会は推奨条件として 0.5~2.0m/s としているが研究による取組はない<sup>3)</sup>。本報では、気流有無と熟成肉表面の水分活性、菌叢の関係、気流有無と歩留りの関係、さらには、気流有無とアミノ酸含量、脂肪関連、理化学的特性との関係について検討したので報告する。

## 2 実験方法

### 2-1 試料

熟成に用いた肉は、ニュージーランド産アングス種、ヘレフォード種の交雑放牧牛のサーロイン部位である。各平均湿度による熟成はそれぞれ約 500g の肉に行っている。水分活性、微生物菌叢測定の試料は、肉表面厚さ約 1mm を 0.5~1.0g で採取した。1つの測定につき3試料をなるべく脂肪部位を避け適当な間隔で無作為に選択した。

### 2-2 熟成庫

CZ-1 チルド加工室（昭和電工株式会社）で設定温度 2℃にし直接室内（湿度 90%台）で扇風機（KSG-1845 45cm, 株式会社島袋）を当て、もしくは、当てない、または、ドライボックス内（湿度 70%台）にパソコン用のファン（San Ace 120, MODEL109S085, 山洋電気株式会社）を当て、もしくは、当てないで熟成した。

### 2-3 湿度、温度の測定

湿度、温度の測定はデータロガーDL171（アズワン株式会社）を用いて計測した。

### 2-4 水分活性

水分活性計、型式 CX-2（日本ゼネラル株式会社）を用いて計測した。

### 2-5 微生物菌叢測定

平板培養法にて計測した<sup>4)</sup>。採取した肉表面試料（0.5~1.0g）と9倍量（4.5~9.0mL）の滅菌水をユニパック B4-STγ 滅菌済（アズワン株式会社）に入れよく混濁した。適宜、10倍ごとの希釈系列を作成した。これら適当な希釈系列を下記の各プレート寒天培地に 100μL 接種した。一般細菌は普通寒天培地（日水製薬株式会社）、大腸菌群はブルーライト培地（日水製薬株式会社）を使用し 30℃1 日間好気条件で培養した。糸状菌と酵母はクロラムフェニコール（和光純薬工業株式会社）を 100mg/L 加えたポテト・デキストロース寒天培地（メルク株式会社）を使用して 30℃2 日間好気条件で培養した。サルモネラと黄色ブドウ球菌はサニ太くん SA（JNC 株式会社）にて計測した。サニ太くん SA の培養シート部に適当な希釈系列を 1mL 接種し 35℃1 日間好気条件で培養した。なお、各微生物の菌数は肉表面試料 1g 当たりのコロニー形成数（log colony-forming unit/g）で表示した。

### 2-6 アミノ酸類測定

アミノ酸類の測定については、トリミング後の試料をアセトニトリルおよび過塩素酸で除タンパク後、ヘキササンで脱脂し、0.2μm のフィルターを通した検液を用いた。分析は LC/QTOF（Agilent, 6530/5975MSD）、カラムは

\* 沖縄県畜産研究センター

実験補助：安里なつき、崎間里奈（非常勤職員）

Intrada Amino Acid (100×3mm, Imtakt) を用いて、サンプル注入量 5μl, 流速 0.6mL/min で実施した。

アミノ酸類はうま味、甘味、苦味・風味、機能性の 4 つに分けており、うま味はアスパラギン酸、グルタミン酸、グルタミン、アスパラギン、甘味はグリシン、アラニン、スレオニン、セリン、プロリン、苦味・風味はメチオニン、リジン、イソロイシン、ロイシン、フェニルアラニン、チロシン、バリン、ヒスチジン、アルギニン、機能性はカルノシン、アンセリン、オルニチン、タウリン、GABA のそれぞれ合計値で示した。また、試料ごとに濃縮率で除した値に換算した。

### 2-7 脂肪融点、脂質含量、脂肪酸組成測定

脂質含量、脂肪融点、脂肪酸組成測定については一般財団法人日本食品分析センターに分析依頼した。なるべく皮下脂肪を取り除いた筋肉組織をサンプルとした。脂質含量についてはソックスレー抽出、脂肪融点については上昇融点、脂肪酸組成についてはガスクロマトグラフィーにより分析した。

### 2-8 ドリップロス、クッキングロスの測定

ドリップロスについては、まず、凍結保存した肉サンプルを直方体に切り出し常温で解凍した。その際、肉表面にしみ出た水分をペーパータオルで除去した後、重量を測定し解凍前後の差から算出した。クッキングロスについては、ドリップロスで使用したサンプルをナイロンバックに入れ、ウォーターバスで 75℃, 60 分間浸漬し、冷水で放冷後、肉表面の水分を除去した後、重量を測定し前後の重量差から算出した<sup>5)</sup>。

### 2-9 物理的特性（最大荷重、剪断力価、弾性率など）の測定

理化学的特性の測定は 200N ロードセルを装着した株式会社山電社製のクリープメーター (RE-3305S) を用いた。クッキングロスに用いたサンプル 5) を幅 10mm, 厚さ 10mm に整形し、剪断用プランジャー (No.21) のカミソリ刃に対して、試料の筋繊維が垂直になるように置き分析した。各分析とも 3 回以上測定し、その平均を分析値として用いた。各分析における測定速度は 1mm/sec とし、最大荷重、剪断力価、弾性率などの解析は機器内蔵の自動解析ソフトウェアを用いて実施した。

## 3 実験結果

### 3-1 気流有無による熟成中の水分活性と菌叢

気流有無で熟成させた場合の水分活性値、菌叢の日数経過に伴う結果を図 1, 2、表 1, 2 に示す。両湿度区

において気流を当てた熟成の方が水分活性が 7 日後に低下しており、特に湿度 70% 台において顕著に見られた。細菌数については気流を当てた方で増加を抑制する傾向があり、特に湿度 70% 台の大腸菌群では減少させることができた。

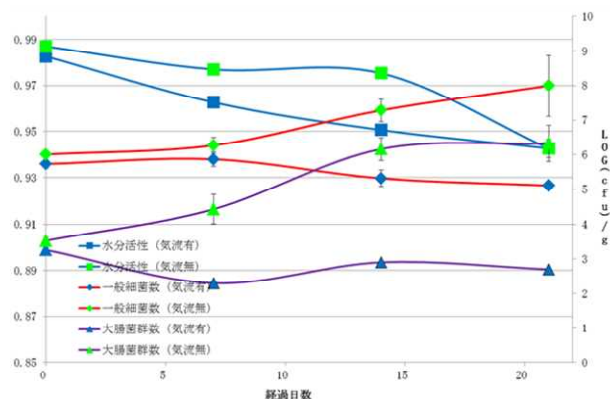


図 1 気流有無で熟成中（湿度 90% 台）の肉表面の水分活性と菌叢

表 1 気流有無で熟成中（湿度 90% 台）の肉表面の水分活性と菌叢

試験区	経過日数	0	7	14	21
気流有 湿度 90.9±0.032% 温度 1.82±0.002°C	水分活性	0.983±0.001	0.963±0.001	0.951±0.002	0.943±0.002
	菌叢 (log コロニー形成数 (cfu) /g サンプル)				
	一般細菌	5.72±0.12	5.86±0.21	5.31±0.24	5.10±0.11
	大腸菌群	3.26±0.06	<2	≤2.90	≤2.70
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<1
	サルモネラ菌	<1	<1	<1	<1
	カビ	<2	<2	<2	<2
	酵母	≤2	<2	2.64±0.11	≤2
気流無	水分活性	0.987±0.001	0.977±0.002	0.975±0.001	0.943±0.004
	菌叢 (log コロニー形成数 (cfu) /g サンプル)				
	一般細菌	6.00±0.08	6.27±0.24	7.23±0.33	7.99±0.88
	大腸菌群	3.34±0.09	3.63±0.42	5.51±0.33	5.74±0.52
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<1
	サルモネラ菌	<1	<1	<1	<1
	カビ	<2	<2	<2	<2
	酵母	3.01±0.12	3.43±0.36	4.18±0.17	5.93±0.24

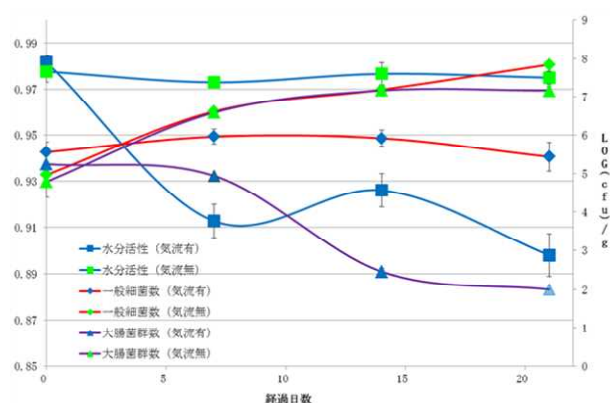


図 2 気流有無で熟成中（湿度 70% 台）の肉表面の水分活性と菌叢

表2 気流有無で熟成中（湿度70%台）の肉表面の水分活性と菌叢

試験区	経過日数	0	7	14	21
気流有 湿度 76.8±0.020% 温度 3.44±0.003°C	水分活性	0.982±0.003	0.913±0.007	0.926±0.007	0.898±0.009
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	5.56±0.26	5.96±0.20	5.92±0.22	5.44±0.37
	大腸菌群	5.25±0.24	≤4.94	2.46±0.08	<2
	黄色ブドウ球菌	<1	<2	<1	<1
	サルモネラ菌	<1	<1	<1	<1
	カビ	<2	<2	<2	<2
酵母	<2	<2	<2	<2	
気流無 湿度 75.0±0.023% 温度 1.86±0.000°C	水分活性	0.978±0.005	0.973±0.001	0.977±0.005	0.975±0.003
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.97±0.35	6.62±0.14	7.19±0.13	7.84±0.03
	大腸菌群	4.79±0.40	6.60±0.11	7.17±0.13	7.17±0.11
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<1
	サルモネラ菌	<1	<2	<1	<1
	カビ	<2	<2	<2	<2
酵母	<2	4.12±0.07	5.25±0.19	6.60±0.29	

### 3-2 気流有無による熟成中の視覚的変化

気流有無での熟成による1週間ごとの視覚的変化を図3、4に示す。気流を直接当てて熟成させた方は1週間後には黒く変色しているのが観察された。気流を当てないで熟成させた方は除々には変色しているものの3週間後で黒くなるのが観察された。

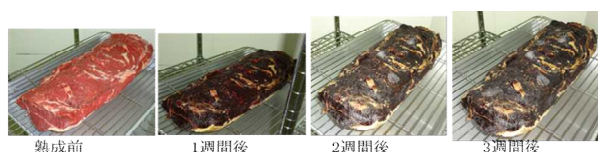


図3 気流熟成（湿度90%台）による視覚的変化



図4 気流なし熟成（湿度90%台）による視覚的変化

### 3-3 気流有無による熟成後の収縮、トリミング割合

気流有無で21日間熟成した肉の収縮とトリミングの割合を図5に示す。両湿度区において気流を当てた熟成の方が収縮割合が増加した。湿度70%台では気流によりトリミング割合も増加したが、湿度90%台では気流有無それぞれのトリミング割合は同等であった。

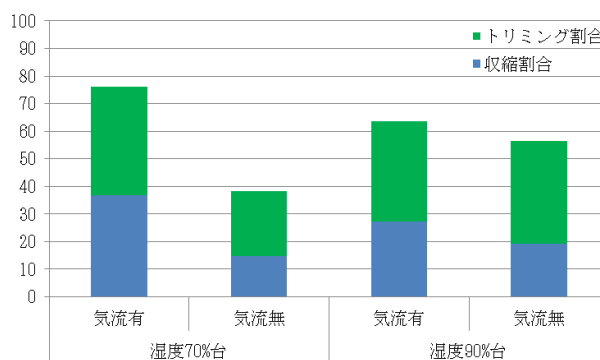


図5 気流有無熟成による収縮、トリミング割合

### 3-4 気流有無による熟成前後のアミノ酸含量

気流有無による熟成前後のアミノ酸類含量の結果を図6に示す。両湿度区において熟成後に増加したが、特に気流を当てて熟成させた方がより多く増加した。

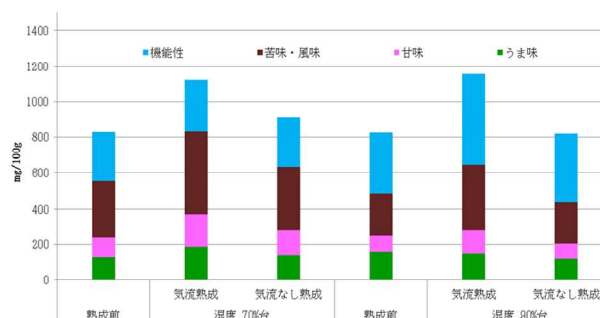


図6 気流有無による熟成前後のアミノ酸含量

### 3-5 気流有無による熟成前後の脂肪融点、脂質含量、脂肪酸組成

気流有無による熟成（湿度90%台）前後の脂肪融点、脂質含量を図7に示す。熟成前の脂肪融点は40.8°Cであったが、気流熟成後に脂肪融点は低下し37.7°Cになった。気流なし熟成では41.1°Cで脂肪融点が低下することはなかった。脂質含量は熟成前が3.8g/100gであったが、気流熟成後で低下し、2.8g/100gとなった。気流なし熟成では3.7g/100gで脂質含量が低下することはなかった。

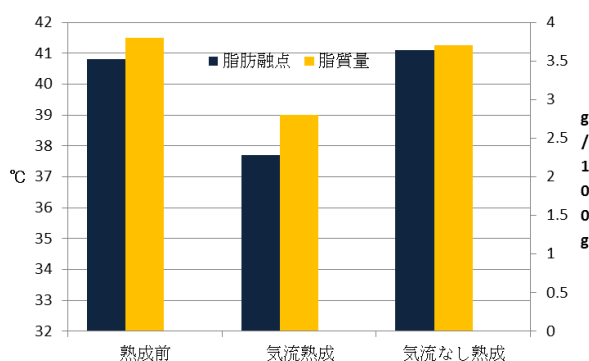
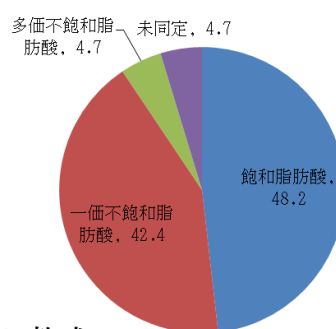


図7 気流有無による熟成（湿度90%台）前後の脂肪融点、脂質含量

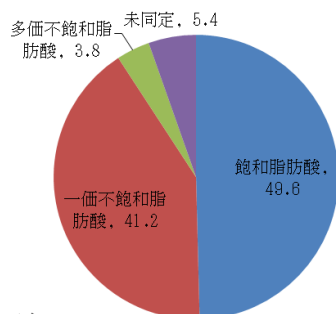


気流なし熟成

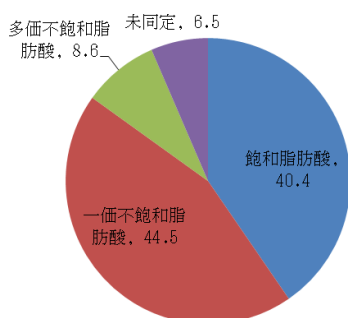
図8 気流有無による熟成（湿度90%台）前後の脂肪酸組成

### 3-6 気流有無による熟成前後の脂肪酸組成

気流有無による熟成（湿度90%台）前後の脂肪酸組成を図8に示す。熟成前は飽和脂肪酸が49.6%、一価不飽和脂肪酸41.2%、多価不飽和脂肪酸3.8%であったが、気流熟成後、飽和脂肪酸が減少して40.4%一価不飽和脂肪酸が増加して44.5%、多価不飽和脂肪酸が増加して8.6%となった。気流なし熟成では飽和脂肪酸48.2%、一価不飽和脂肪酸42.4%、多価不飽和脂肪酸4.7%と熟成前とほぼ同等の値であった。



熟成前



気流熟成

### 3-7 気流有無による熟成前後のドリップロス、クッキングロス

気流有無による熟成（湿度90%台）前後のドリップロス、クッキングロスを図9に示す。各2試料ずつ測定している。熟成前に比べ熟成後でそれぞれドリップロス、クッキングロスともに減少した。特に気流熟成でクッキングロスが気流なし熟成に比べ減少した。

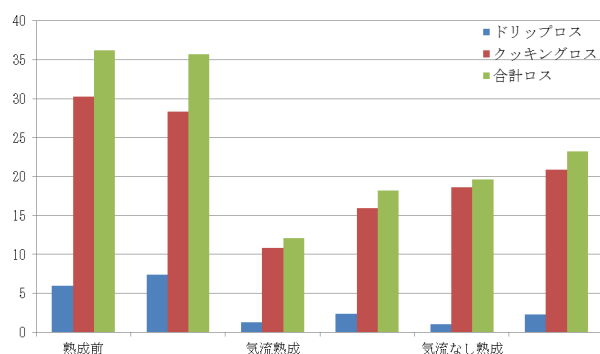


図9 気流有無による熟成（湿度90%台）前後のドリップロス、クッキングロス

### 3-8 気流有無による熟成前後の硬さ変化

気流有無による熟成前後の肉を切断した時の荷重、歪率の変化を図10に示す。また、その時の最大荷重、剪断力価、弾性率（歪率5-75%）の値を表3に示す。最大荷重、剪断力価は有意に低下した。

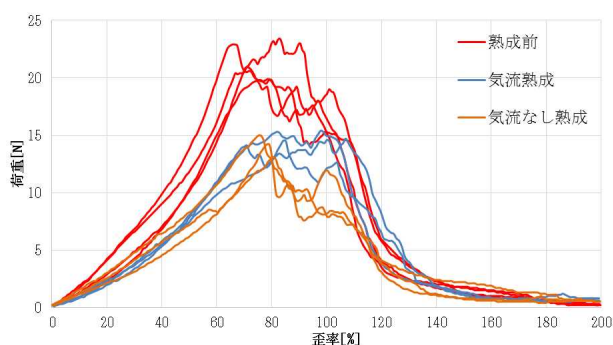


図10 気流有無による熟成前後の剪断試験、荷重-歪率の変化

表3 気流有無による熟成前後の剪断試験最大荷重、剪断力価、弾性率

	熟成前	気流熟成	気流なし熟成	5%有意 (気流有無)
最大荷重 (N)	21.8±0.85	14.9±0.27**	14.1±0.55**	なし
剪断力価 (N)	21.3±0.6	14.6±0.4**	12.2±1.93*	なし
弾性率 (N)	21.0±2.3	16.5±0.6	17.3±2.8	なし

\*:p<0.01, \*\*:p<0.001 熟成前と比較

#### 4 考察

気流は温度や湿度のムラをなくす手段として、例えば、今回の試験では、蒸散した水分を肉表面から素早く取除く効果が考えられる。これにより、肉表面からの蒸散をより促す二次的な効果もあり、結果として冒頭で申したようにドライエイジングプロセスを進行させる<sup>23)</sup>事に繋がると思われる。実際、米国輸出肉連合会も熟成庫内にファンがあることは日常的であると報告しており<sup>3)</sup>、アメリカ国内でも慣習的にこれが行われてきたことが推測される。

水分活性、菌叢の試験では湿度 70%気流熟成で明らかに大腸菌群を減少させ 21 日後では検出限界 2log(cfu)/g 以下であった。湿度 90%気流熟成ではもとの大腸菌群数が少なかったものの減少に向かっているが、21 日後で 1 試料のみ 2log(cfu)/g で検出されていた。その時の水分活性値が 0.943 であることから生育限界水分活性値 0.95 の大腸菌<sup>67)</sup>が完全に生育出来ないレベルでなかったことが考察される。どちらにしろ、気流を発生させても湿度をなるべく下げることで菌の増殖を抑制できることは言うまでも無い。

アミノ酸類含量については気流熟成で明らかによりその合計値が増加していた。歩留りの悪化と比例する傾向は得られたものの組織、細胞レベルでのメカニズムは明らかではない。佐野<sup>9)</sup>によると水分平衡化による水溶性タンパク質やアミノ酸の濃縮であろうと報告されている。

脂質含量、脂肪融点については気流熟成で明らかに低下した。これらについても組織、細胞レベルでのメカニズムは明らかではないが、ウェットエイジングと比較し

た自動酸化による脂肪分解<sup>39)</sup>は一つの有力な根拠として考えられる。また、脂肪酸組成についても明らかに気流熟成により飽和脂肪酸割合が低下、不飽和脂肪酸割合が増加した。この結果は融点低下を裏付ける有力な根拠である。これら脂肪分改善については、ドライエイジングの一つの売りである健康面<sup>10)11)</sup>を大きくアピールできるため、なるべく多く気流を当てる熟成を推奨したい。

ドリップロス、クッキングロス熟成後に低下し、気流熟成で気流無し熟成に比べ低下の傾向が得られた。多汁性(ジューシー)<sup>3)</sup>のアピールや加熱調理の際の一つのメリットとなる。

物理的特性について最大荷重、剪断力価、剪断弾性率全てについて熟成後に低下した、つまり、気流有無に関わらず熟成後に硬さが改善されていると想定される。また、荷重、歪率変化のグラフから気流有無熟成の違いがあり、気流熟成では最大荷重域での継続が長い。

このように気流を直接当てた熟成では衛生面、おいしさ、健康面、テクスチャーなどで多くのメリットが得られた。しかし、唯一のデメリットである歩留りの悪化は経営管理を大きく左右する根幹的な要因ともなりうる。

(2)の「熟成温度と衛生指標、歩留り、アミノ酸含量との関係」で記述したようにメリット、デメリットのバランスを図ることがドライエイジングにおける一つのキーとなるが、うまく打開する方法として、熟成初期の肉になるべく多く気流を当てることを推奨したい。これにより肉表面の水分活性低下による微生物増加抑制を初期段階で行うことができ、次のステップへ熟成を進める上でのアドバンテージとなりうる。実際、現場では大規模になるほど直接気流を当てることはスペースやコストの面から困難であることから、熟成期間中の肉とファンなど気流発生源との遠近による配置換えなどは一つの方策としてある。

気流熟成で明らかに悪くなった歩留りについて熟成の進行度との関係は明確ではないが、土屋らは熟成日数とともにロスの割合は有意に増加、アミノ酸類は有意に増加、剪断力価は有意に低下すること<sup>8)</sup>を報告している。つまり、熟成日数とともに食味は改善されている。今回の結果から、気流熟成により気流なし熟成に比べ歩留りが悪くなると同時にアミノ酸含量がより増加、剪断力価がより低下などしている。上記した気流によりドライエイジングプロセスをより早く進行させる重要な証拠である。よって、上記した熟成初期になるべく直接気流を当てる方法により熟成期間短縮も可能となりうる。今後は歩留りの悪化と熟成進行との関係について詳細な解析を行いたい。



本研究は平成28年度沖縄県産業振興重点研究推進事業の研究課題「沖縄産経産牛を用いたドライエイジング加工技術の開発（2015技007）」として実施した。

#### 参考文献

- 1) 日本農業新聞 2015年8月10日
- 2) 平成27年度 JAS 規格化委託事業 事業報告書 2016年3月18日, デロイトトーマツコンサルティング合同会社
- 3) 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)
- 4) 山里一英, 宇田川俊一, 児玉徹, 森地敏樹, 1986. 微生物の分離法. pp. 435-444. R and D プランニング, 東京
- 5) 村本隆行, 前野かおり, 岡田祐季, 手塚 咲, 鎌田丈弘, 日本短角種牛肉における剪断力価と軟らかさとの関係, 2014, 東北畜産学会報 64(1):7~12
- 6) 愛産研食品工業技術センターニュース, 平成23年12月16日, 愛知県産業技術研究所食品工業技術センター
- 7) 水分活性について, Vol2, No38, 2003 (財) 日本食品分析センター
- 8) 土屋貴幸, 鶴飼典佳, 齋藤美英 (2013) ドライエイジングビーフによる牛肉熟成過程における熟成品質と生産ロスの経時的変化, 静岡畜技研報, 6, 12-14
- 9) 佐野佳治 NY メソッドドライエイジング加工技術, 食肉の科学 Vol.57 No1 (2016)
- 10) 読売新聞 2015年8月14日
- 11) 日本経済新聞 2014年4月8日

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。