

「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

(2) 熟成温度と衛生指標、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、アミノ酸含量への温度の影響を調査したところ、温度を低く熟成させるほど、微生物は増加抑制された。また、歩留りは温度高低による影響はなく、アミノ酸類は温度が高いほどより大きく増加した。

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¹⁾²⁾、各社様々な方法で行われているのが現状である²⁾。しかし、温度に関しては比較的、相違することはなく、冷蔵庫でなるべく0℃に近い温度に設定するというのが一般的であると考えられる。米国輸出肉連合会は比較的幅広く0～4℃を推奨条件としている³⁾が、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の報告はない³⁾。本報では、衛生指標として熟成温度と熟成肉表面の水分活性、菌叢の関係、さらには、熟成温度と歩留り、アミノ酸含量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、微生物菌叢測定のための試料は、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

設定温度2、6、10℃にしたCZ-1チルド加工室(昭和電工株式会社)で、それぞれドライボックス内にて熟成した。

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⁴⁾。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

* 沖縄県畜産研究センター
実験補助：崎間里奈(非常勤職員)

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。

3 実験結果

3-1 各平均温度による熟成中の水分活性と菌叢

各平均温度で熟成させた場合の1週間ごとの水分活性値、菌叢の結果を図1、2、3、表1に示す。水分活性値は時間の経過に伴い、全ての温度区で低下していった。特に温度10℃で低下がより顕著であるが、ばらつきは大きい。一般細菌数は全ての温度区で時間の経過に伴い増加していったが、より高温の方がより増加が大きい。大腸菌群数についても同様の傾向が得られ時間の経過に伴い増加していったが、3週間後では全ての温度区でほぼ同等の値であった。

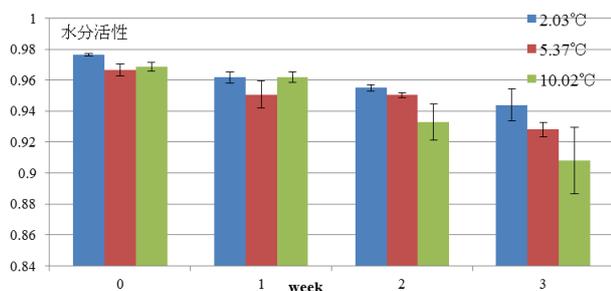


図1 各平均温度で熟成（3週間）中の水分活性値

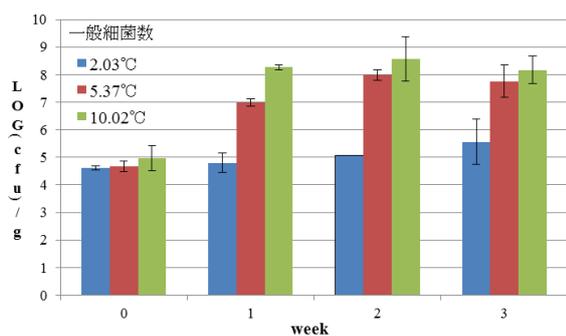


図2 各平均温度で熟成（3週間）中の一般細菌数

※標準誤差がない外枠付きのものについては3試料の最大値

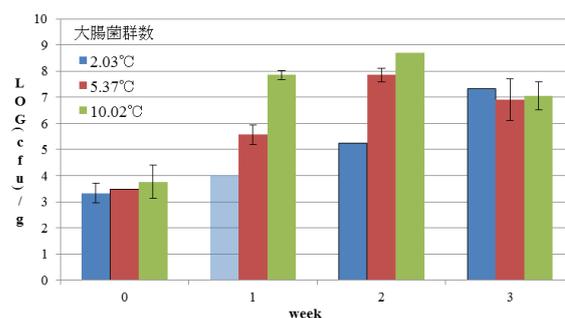


図3 各平均温度で熟成（3週間）中の大腸菌群数

※標準誤差がない通常のパールは3試料の中間値、外枠付きのものについては3試料の最大値、薄い塗りつぶしは未検出最大値

表1 各平均温度で熟成（3週間）中の水分活性と菌叢

湿度と温度	経過日数	0	7	14	21
73.8±0.012%	水分活性	0.976±0.001	0.962±0.004	0.955±0.002	0.944±0.01
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.61±0.08	4.79±0.35	≤5.08	5.57±0.81
	大腸菌群	3.33±0.37	<4	≤5.25	≤7.32
	黄色ブドウ球菌	<1	<3	<3	<1
2.03±0.001°C	水分活性	0.966±0.004	0.951±0.009	0.950±0.002	0.928±0.005
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.67±0.19	6.98±0.13	7.99±0.19	7.76±0.59
	大腸菌群	≤3.48	5.56±0.37	7.86±0.27	6.90±0.79
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<1
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
10.02±0.001°C	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65	7.85±0.17	8.71	7.06±0.53
	黄色ブドウ球菌	<1	<1	<1	<3
72.3±0.007%	水分活性	0.969±0.003	0.962±0.003	0.933±0.012	0.908±0.021
	菌叢 (logコロニー形成数 (cfu) /gサンプル)				
	一般細菌	4.96±0.46	8.27±0.09	8.57±0.81	8.17±0.50
	大腸菌群	3.77±0.65			

水分活性と菌叢

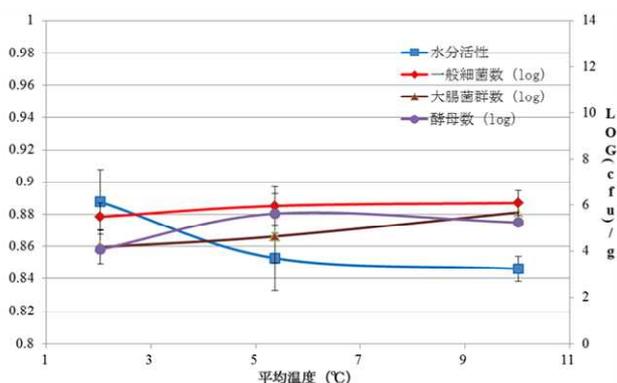


図5 各平均温度で熟成（42日間）した肉表面の水分活性と菌叢

3-3 各平均温度による熟成後の収縮、トリミング割合

各平均温度で42日間熟成した肉の収縮とトリミングの割合を図6に示す。温度10°Cの収縮割合が高いが合計は各温度区でほぼ同等であった。

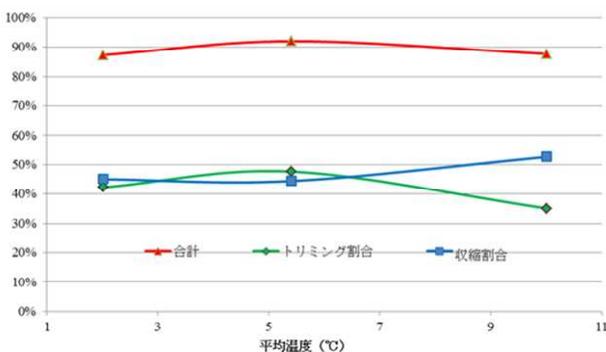


図6 各平均温度での熟成（42日間）後の収縮、トリミング割合

表2 各平均湿度での熟成（42日間）後の収縮、トリミング割合

平均湿度 (%)	平均温度 (°C)	収縮割合 (%)	トリミング割合 (%)	合計 (%)
73.8±0.012	2.03±0.001	45.0	42.3	87.3
73.6±0.014	5.37±0.001	44.4	47.6	92.1
72.3±0.007	10.02±0.001	52.6	35.1	87.7

3-4 各平均温度による熟成後のアミノ酸含量

各平均温度で42日間熟成した肉中のアミノ酸類含量を図7に示す。熟成前のアミノ酸値はそれぞれうま味84mg/100g、甘み122mg/100g、苦味・風味258mg/100g、機能性346mg/100g、合計810mg/100gであった。アミノ酸類合計値については温度が高いほどより高く増加する傾向が得られた。

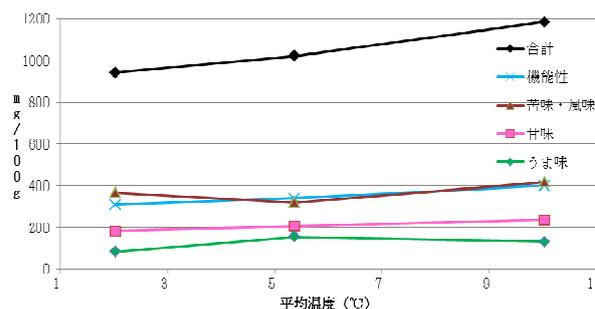


図7 各平均温度で42日間熟成した肉中のアミノ酸類含量

4 考察

すべての微生物は温度が低下するに従い、generation time はより長くなる⁵⁾。つまり、温度をより低温に保つ事はより菌の増殖を抑制する事ができる。今回の結果から、より低温で熟成させるほど菌数の増殖を抑制でき、特に一般細菌数から2°C熟成による効果が5、10°C熟成に比べ顕著に見られた。しかし、全ての温度区で熟成中、水分活性は徐々に低下するにも関わらず、菌数は増加していたことには留意すべきである。特に10°C熟成では1週間後に一般生菌が1000倍以上となり、より高温での熟成が菌増殖に大きく関与することが示唆される。

10°C熟成3週間後の水分活性値は大きく変動はあるものの0.94未満となり、温度が高い方が水分活性が低下する傾向が得られた。この水分活性値は、病原大腸菌の生育最低水分活性値を0.95⁶⁾⁷⁾を下回っていた。この間の大腸菌群数は10°C熟成2週間後から3週間後で8.71log(cfu)/gから7.06±0.53log(cfu)/gへはじめて減少に転じていた。しかし、42日熟成後も水分活性値は0.85程度にも関わらず大腸菌群数は6log(cfu)/g程度存在した。つまり、いかに水分活性値を下げても大腸菌群を全て死滅させることは困難だと考えられる。

収縮割合についても10°C熟成で最も高い値であった。ただ、合計損失割合は2、5°C熟成と同等であった。今回この収縮、トリミングの損失割合、つまり歩留りについては熟成42日後で計測したが、通常販売できるレベルを超えた熟成期間であり正確な温度の違いによる歩留りについてはもっとスケールの大きな肉や期間を短縮したものの比較が必要である。土屋らも損失割合が熟成42日まで直線的に増加することを報告している⁸⁾。

アミノ酸類含量については、その合計値が温度の上昇とともにより大きく増加した。このメカニズムについて組織、細胞レベルでの詳細は明らかでないが、温度上昇による遊離アミノ酸生成などの反応速度増加⁹⁾は一つの理由として推測される。

通常の冷蔵温度を超えた範囲での熟成は、病原菌を含

めた微生物増加のリスクが格段に高くなることからなるべく避けたい。しかし、今回のようにより高温での熟成がおいしさの一つの指標となるアミノ酸類含量をより大きく増加させたことは興味深い。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、病原菌の増加リスクはなるべく抑えたい。食肉の病原菌の一つであるサルモネラの発育温度が5℃以上であること¹⁰⁾や今回の結果による微生物増加リスクを踏まえ、4℃を越えるドライエイジングは推奨できない。また、腸管出血性大腸菌 O157 は発育温度が2.5℃以上であり¹⁰⁾、これには十分な注意が必要である。肉の凝固点(-2~-3℃)³⁾を越える範囲でなるべく低い温度で熟成するのが望ましい。

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) Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries Vol. 35, No. 8, 1969
- 6) 水分活性について, Vol2, No38, 2003 (財) 日本食品分析センター
- 7) 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
- 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を経時的変化, 静岡畜技研報, 6, 12-14
- 9) E.E.CONN, P.K.STUMPF, GBRUENING, R.H.DOI, コーン・スタンプ生化学, (1988) 東京化学同人
- 10) 春田三佐夫, HACCP における微生物危害と対策, 2000, 日本食品保全研究会, P54

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。