

# 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 飯田文子

わが国の肉用牛には、3種の区分があり、肉専用種（和牛）、乳用種（国産若牛）、交雑種（F1）とされる。「肉専用種」は牛肉を生産する目的で飼養されているもの、「乳用種」は酪農経営の副産物である雄牛を肉向けに肥育したもの、「交雑種」は乳用牛の雌に肉専用種の雄を掛け合わせ、肉質の向上を図ったものである。いずれも6ヶ月から12ヶ月齢から濃厚飼料を給与され、平均20ヶ月から30ヶ月まで肥育され、と畜されているので、軟らかい肉質を有している。中でも、黒毛和牛は筋肉内に脂肪が蓄積するマーブリングの割合が高く、海外の肉用牛に比較し、軟らかくて、嗜好性が高いという特徴を有している。しかし、近年わが国の畜産農家を取り巻く状況は深刻で、牛肉飼養戸数は平成26年に6.2%の減少、飼養頭数も2.8%の減少があり、今後環太平洋戦略的経済連携協定 Trans-Pacific Strategic Economic Partnership Agreement (TPP) の導入によりますます苦境に立たされる農家も少なくないと考えられる。今後のTPPによる輸入牛肉の増加において、国産牛肉の消費を維持するためには、国産牛肉の特徴を理解すると同時に、それを活かした保存方法並びに調理方法を明らかにすることが課題である。

これまでも、牛肉の食味性に影響を及ぼす要因に関する多くの研究がなされてきているが、動物個体の肉質に大きく影響する筋肉内脂肪要因、と畜後の熟成と加工要因と食味との関連性は未だ詳細に報告されていない。

そこで、本論文では、牛肉の食味性に及ぼす要因として、加熱方法、牛肉の脂肪含量並びに長期熟成処理を取り上げ、それぞれの要因が食味性に及ぼす影響を分析型官能評価で評価すると同時に、評価項目に関連する物理的・化学的因子を測定し、官能評価結果との相関性を考察した。

## 第1章 加熱方法が牛肉の食味性に及ぼす影響

加熱調理方法の選定については、肉食の歴史が長く多様な調理方法をもつアメリカの汎用性の高い”The complete meat cook book”を参考にした。具体的には、乾熱長時間焼成（ロースト）と近年日本でも主流となっている乾熱短時間焼成（グリル）、一方日本におけるすきやき、しゃぶしゃぶやヨーロッパに伝統的な湿熱加熱（煮熟）、大量調理によく使われる新調理システムとして低温長時間調理（真空低温調理）、さらに家庭での簡便調理（電子レンジ）の5つの方法を用いた。

まず、調理方法の異なる牛肉の食味性を官能評価した。同じ試料を用いて、加熱前後のクッキングロス、粗脂肪含量および水分含量、破断特性、調理後の肉中に含まれるうま味物質（イノシン酸とグルタミン酸）の含量を測定し、官能評価結果と比較した。

その結果、グリル調理とロースト調理ではクッキングロスが少なく、また残存脂肪量が多いため、多汁性が高く、官能評価値が高い値を示した。煮熟調理は全ての評価で中くらいの値であった。真空低温調理はやわらかく、うま味強度が高かったが、香りで評価値が低かった。電子レンジ調理は短時間でよく使用されるがその他の調理に比較し評価値が低かった。また、グリル及びロースト調理による肉では、機器測定においても、軟らかく、かつうま味物質の損失も少ないことが明らかとなった。

これらの実験により、赤身肉の加熱では、グリル及びロースト調理が牛肉加熱時の水分・脂肪の損失を小さくすることが明らかとなり、牛肉の最適加熱条件の指標になりうることが判明した。

## 第2章 脂肪含量が牛肉の食味性に及ぼす影響

牛肉の中でも、黒毛和牛の肉は脂肪含量が高く、食味性に大きな影響を及ぼすことが知られている。特に、粗脂肪含量の増加はテクスチャーを改善するものと考えられる。現在、と畜される牛肉の粗脂肪含量では50%を超える脂肪量のものまで生産されているが、食味性からみた霜降り和牛肉の脂肪の適切な量

は、十分に検討されていない。そこで、本章では、脂肪含量が牛肉の食味性に及ぼす影響を調べた。調理方法は、牛肉の食味性を活かすことができるグリル調理で行った。

実験では、飼育条件および種雄牛を計画的に管理した黒毛和牛の試験牛、格付け等級 2-5 (粗脂肪含量 24~49%) の 34 頭及び、等級 2-5 (粗脂肪含量 8~25%) の交雑種 27 頭を用いて、グリル調理した各牛肉の官能評価を行い、理化学成分および物性測定と併せて検討を行った。

その結果、粗脂肪含量の増加は、肉質評価のやわらかさ、多汁性、脂っこさを増加させた。また、脂肪量の増加は水分を大きく減らすと同時に若干のタンパク質量を減らし、うま味成分量を減らした。しかし、水分あたりのタンパク質量およびうま味成分量は一定であった。脂肪はうま味強度と牛肉らしい風味を増強し、総合評価を高めたが、脂肪含量には適量があり粗脂肪含量に対して約 36% が最も食味性が高いことが明らかとなった。また、交雑牛の肉では、粗脂肪含量が 25% 以下と少なかったため、脂肪含量の上昇とともに官能評価値が高くなった。

### 第3章 長期熟成が和牛肉の食味性に及ぼす影響

牛肉は、と畜後枝肉で取引されたのち、一般的には、含気包装あるいは真空包装され、冷蔵もしくは冷凍保存された後、消費者に渡っている (Wet aging)。一方、高級店では、一定期間低温、低湿度で熟成する Dry aging 処理をした牛肉もある。特に、高級黒毛和牛である但馬牛の肉の熟成は 60 日間にも及ぶが、その期間中の肉質変化は明らかになっていない。そこで、長期熟成期間中の変化を探るため、但馬牛雄雌あわせて 5 頭について、と畜 4 日から 60 日までの官能評価を行った。同じ試料を用いて、うま味成分分析、破断測定を行った。さらに遊離アミノ酸生成の機序を明らかにするため aminopeptidases 活性の測定も行った。

その結果、和牛肉の官能評価による「やわらかさ」は、熟成期間中、大きな違いは認められなかった。機器による物性測定でも、破断応力・破断エネルギーとともに 30 日までは変化が認められなかった。その後、熟成 60 日にかけて低

値となったが、官能評価への影響は認められなかった。官能評価の「多汁性」は、20 日を除き変化がみられなかった。20 日の低値は水分含量の減少によると推定された。

官能評価の「風味」と「うま味の強さ」は同傾向を示し、熟成に伴い増強し、30-40 日で高値を示した。肉中のうま味成分含量のうち、イノシン酸は熟成により減少したが、グルタミン酸を含むほとんどの遊離アミノ酸量は熟成に伴い増加した。熟成期間中のグルタミン酸量の増加には、残存するアミノペプチダーゼC活性が寄与していると推定された。イノシン酸とグルタミン酸含量から計算されたうま味強度も 40 日で高値を示し、官能評価のうま味強度と一致した。

以上の結果から、黒毛和種の肉のやわらかさは、熟成期間中に変化しないことから、風味を増強させるうま味強度が高い 40 日間が最適な熟成日数であることが明らかとなった。

以上のように、牛肉の食味性に影響を及ぼす要因を検討した結果、赤身肉の加熱では、グリル及びロースト調理が牛肉加熱時の水分・脂肪の損失を小さくすることが明らかとなり、牛肉の最適加熱条件の指標になりうることが判明した。また、脂肪交雑度の高さが特徴である和牛肉では、脂肪含量に適量があり、約 36%のときに最も食味性が高くなることが明らかとなった。さらに、高度な脂肪交雑を有する黒毛和種の肉では、やわらかさは、と畜直後から高く、熟成期間中に変化しないことから、うま味強度が高い 40 日間が最適な熟成日数であることが明らかとなった。

本論文で得られた知見は、国産牛肉の特徴やそれを活かした保存方法並びに調理方法の解明に少なからず貢献できたと同時に、他国の牛肉に追随をみないわが国の誇る主要な畜産物輸出品目としての地位を確立するための条件を示唆しうることを考えられ、学術上、応用上貢献するところが少なくない。

よって審査委員一同は、本論文が博士（応用生命科学）の学位論文として十分な価値を有するものと認め、合格と判定した。