

畜肉軟化における各種調理法の研究

松本 七織 (指導：林 一也)

Study on tenderizing of meat with several cooking methods

By Nao Matsumoto

1. はじめに

食肉の美味しさを構成する因子は、他の食品と同様に形状・色・光沢・味・香り・食感・温度などである。特に食肉では、口内で咀嚼してはじめて知覚できる香りも重要である^{1)・1)}。食肉の軟らかさは、喫食者の美味しさの評価に大きな影響を及ぼす。健常者だけでなく、咀嚼力の低下した高齢者の食事サービスにおいて食肉の軟らかさはさらに重要な要素である。

通常施設で肉料理を提供する場合、咀嚼困難者にはそのままの形では食べにくいと、挽肉を用いたり、献立変更するなどして提供している。肉用の市販軟化剤も販売されているが、施設の給食運営上のコストや作業効率の悪さから利用されているのが少ない現状である。食事形態では、介護食や嚥下食に焦点があたり、献立や調理方法の工夫など時間がかけられているが、その手前の咀嚼機能が低下している方への認識が低く、そこにコストや手間をかけていない現状がある。

平成28年版高齢社会白書²⁾によると、平成27年10月1日現在、総人口に占める65歳以上人口の割合(高齢化率)は26.7%である。高齢者は食事を摂る際に歯周病による疼痛や合わない義歯など、少しの不調でも摂取量の低下につながりかねない³⁾。食事摂取量の低下が原因による栄養障害^{4)・5)}を防ぎ、QOLの向上を目指すためには、咀嚼力が低下している方でもおいしく安全に食べることができる、軟らかい肉料理を給食施設で提供することは重要である。

そこで本研究では、市販軟化剤の欠点を補い、効果のある調理法及び添加物について研究を行

い、安価で効果的な軟化法の大量調理への適応を検討した。

2. 実験方法

試料は、国産豚ヒレ肉を2cm角、1cmの厚さにカットしたものをを用いた。加熱機器は、過熱水蒸気を利用したスチームコンベクションオーブン(マルゼン SSCX-10)を使用した。畜肉軟化の測定は、クリープメータ山電RE3305を用いて、直径3mmの円柱型プランジャーを使用し、ロードセル20kgf、圧縮率63%、測定速度1.0mm/secとした。

加熱条件は、中心温度が75℃に達した後1分間とした。コントロールは、一般的に食材を軟らかくする際に用いられる蒸し加熱とし、スチームコンベクションオーブンの「蒸す」機能である『スチームモード』で加熱温度90℃、蒸気量100%、6分30秒間とした。「熱風+過熱水蒸気」機能である『コンビモード』の基本条件は、加熱温度140℃、蒸気量20%、6分30秒間とした。コントロールの肉の硬さを100%とし、各条件で以下の式にて軟化率を算出した。

軟化率(%) = 対照肉 / コントロール × 100
統計処理は一元分散分析後、Dunnnettの多重比較検定を行い、5%未満を有意水準とした。

2-1. スチームコンベクションオーブンによる加熱条件の検討

スチームコンベクションオーブンは、コンベクションオーブン(ファンにより熱風を強制対流させるオーブン)に、蒸気発生装置を取り付け、熱

風または過熱水蒸気をそれぞれ単独、さらに同時に利用することで、「焼く」「蒸す」「煮る」「炊く」「炒める」などができる多機能加熱調理機器である。特に「熱風＋過熱水蒸気」のコンビモードにおいては、食材への熱伝導が早く、煮崩れや焼き縮みなども防ぐことができる。大量調理の工程における衛生管理や新調理システムにおいて活用されている調理機器である。この過熱水蒸気を調整できる機能を利用し、加熱温度と蒸気量の変化をみた。

加熱条件は、スチームコンベクションオープンコンビモードを用いて、加熱温度 140℃、180℃、200℃で、蒸気量 20%、50%、80%として、加熱した際の硬さを比較した。

2-2. 市販軟化製剤による軟化の影響の検討

市販軟化製剤は、肉を軟らかくするとして市販されている製品 A (液体塩こうじ)、製品 B (固体塩こうじ)、製品 C (粉末肉用調味料) の 3 製品について比較した。これらはいずれも、咀嚼・嚥下困難者対象の製品ではなく、一般家庭用に市販されている製品である。

製品 A の液体塩こうじ、製品 B の固体塩こうじは、10:1 の割合で肉に 1 時間程度漬け込む製品で、3℃で 1 時間浸漬した。製品 C の肉用調味料は粉末状のもので、肉 100g に対し 2.5g をふりかけ 5 分以上おく製品で、3℃で 10 分間浸漬した。

2-3. 各種調味料添加による軟化の影響の検討

畜肉の調理に際し、調味料で調味や浸漬を行うが、畜肉の軟らかさに影響を与えることがある。そこで、調味料を利用して畜肉が軟化する方法を検討した。発酵食品である味噌、アルコールの軟化効果をみるため白ワインを検討した。白ワインは、赤ワインより畜肉の軟化効果が得られた報告⁶⁾があることや、浸漬後に調味することを考え、本実験では白ワインを用いた。

測定項目として、白味噌 (米味噌、塩分 12%)、白ワイン (アルコール分 12%)、白ワイン＋食塩 (0.4%) に 24 時間、塩水 (0.4%)、白ワイン＋食塩 (0.4%) に 18 時間、3℃冷蔵で浸漬したものを

検討した。

2-4. 麴による軟化の影響の検討

食品に塩麴を加えたり、塩麴に漬けることで、麴菌が発生する酵素の作用がうま味や肉質の軟化に影響を与える⁷⁾とされる。しかし、市販塩麴の酵素活性では糖質分解系の酵素に比べタンパク質分解系の酵素活性が高いとの報告や、製品によっては酵素活性に差がみられることが報告⁸⁾されている。今回、麴カビ (*Aspergillus oryzae*) に含まれるプロテアーゼが肉を軟らかくするのではないかと考え、調製した麴液浸漬による軟化の割合を調べた。

麴液は、市販されている乾燥米麴を使用し、乾燥米麴に水分を加え作成した。麴液、食塩添加、醤油添加、食塩＋食酢 (酢酸 0.2%) 添加、食塩＋クエン酸 (0.2%) 添加の 5 種類について検討した。麴に添加する食塩、醤油は、市販の塩こうじの塩分濃度を参考に、1.3%になるよう調整した。また、塩分濃度の影響を検討するため、食塩添加、食塩＋食酢 (酢酸 0.2%) 添加、食塩＋クエン酸 (0.2%) 添加について、塩分濃度を 1.9%になるよう調製したものを作成し比較した。実際の調理現場での漬け込み時間を考慮し、肉を 17 時間浸漬した。

3. 結果および考察

3-1. スチームコンベクションオープンによる加熱条件の検討

加熱温度 140℃で、蒸気量 20%、50%、80%に変え、肉の硬さを測定した。軟化率は、蒸気量 20%が 75.2%、50%が 99.7%、80%が 112.0%となった。加熱温度 140℃では、コントロールに対し蒸気量 20%が有意に軟化した ($p < 0.01$)。

次に加熱温度を 180℃で、蒸気量を 20%、50%、80%に変え、肉の硬さを測定した。軟化率は、蒸気量 20%が 84.2%、50%が 115.6%、80%が 98.6%となった。加熱温度 180℃では、コントロールに対し蒸気量 20%が有意に軟化した ($p < 0.01$)。

次に加熱温度 200℃で、蒸気量 20%、50%、80%に変え、肉の硬さを測定した。軟化率は、蒸

気量 20%が 68.9%、50%が 98.5%、80%が 92.9% となった。加熱温度 200℃では、コントロールに対し蒸気量 20%が有意に軟化した ($p < 0.01$)。

以上の結果から、加熱温度より蒸気量の変化のほうが硬さに影響が出る傾向がみられた。また、加熱温度と蒸気量を変えて検討した結果、すべての加熱温度において蒸気量 20%の時間が最も軟化した。これは、過熱水蒸気により肉の表面が急速に加熱され水分が蒸発することにより、肉の内部に水分を閉じ込めるからではないか⁹⁾と推察した。180℃、200℃では、表面が温度で急速に固化するため硬くなると思われた。蒸気量 20%の時間が各温度において有意に軟化したため、本実験では、加熱温度 140℃、蒸気量 20%を、コンビモード加熱の基本条件とした。

3-2. 市販軟化剤による軟化の影響の検討

市販軟化剤で浸漬した結果、3製品ともコントロールに対し有意に軟化した(製品A: $p < 0.05$ 、製品B、C: $p < 0.01$)。軟化率は、製品A 79.6%、製品B 57.5%、製品C 53.1%となり、粉末の製品Cが最も軟化した。

製品Cは酵素に加え、でんぷんや増粘多糖類など添加物を多く使用していることが軟らかさに影響したのではないかと考えられた。

肉 100gあたりに使用する価格は、製品Aが9.1円、製品Bが13.3円、製品Cが14.3円となった。

3-3. 各種調味料添加による軟化の影響の検討

24時間浸漬した調味料では、コントロールに対し、白ワイン 88.6%、白味噌 68.3%、白ワイン+食塩(0.4%) 59.7%の順で軟化した。特に白味噌、白ワイン+食塩(0.4%)は有意に軟化した($p < 0.01$)。白ワインのみの浸漬より食塩を添加したほうが軟化率が低下した。

次に、食塩による軟化の効果をみるため、白ワインの代わりに塩水(0.4%)と、白ワイン+食塩(0.4%)で浸漬し、厨房現場の作業効率を考え、18時間で浸漬した。軟化率を比較した結果、コントロールに対し、塩水(0.4%) 82.1% ($p < 0.05$)、白ワイン+食塩(0.4%) 62.9% ($p < 0.01$)の順で有意に軟化した。このことから、食塩だけでな

く、白ワインとの相乗効果でより軟らかくなることが考えられた。肉の保水性は、等電点付近(pH5付近)で最少となり、これより酸性側でもアルカリ側でも保水性は高くなる。ワインのpHは3.2~3.5付近であることから、肉の水分保持^{1) 2.10)}に効果があることが考えられる。また、ワイン中の成分である酒石酸が軟化に影響を与えているという報告もある^{1) 2)}。また、肉に食塩を加えると、筋原線維タンパク質を可溶化するため筋線維のゆるみを生じ肉の保水性が向上する^{1) 3)}といわれており、このことから白ワイン+食塩(0.4%)が軟らかくなったと考えられた。

3-4. 麴による軟化の影響の検討

麴液、食塩添加、醤油添加、食塩+食酢(酢酸0.2%)添加、食塩+クエン酸(0.2%)添加の軟化率は、コントロールに対し、麴液 59.4%、食塩添加 53.6%、醤油添加 52.4%、食塩+食酢(酢酸0.2%)添加 62.8%、食塩+クエン酸(0.2%)添加 53.9%になり、すべてが有意に軟化した($p < 0.01$)。塩分を添加することにより、さらに軟化する傾向があった。これは、食塩の保水性^{1) 3)}が影響していると考えられた。また、食塩添加は市販の塩こうじである製品Bの軟化率 57.5%と同等の効果を得られた。

塩分濃度 1.9%で酸添加をした軟化率は、コントロールに対し、食塩添加 57.8%、食塩+食酢(酢酸0.2%)添加 68.8%、食塩+クエン酸(0.2%)添加 70.0%になり、すべてが有意に軟化した($p < 0.01$)。

塩分濃度 1.3%と 1.9%において、軟化の差はみられなかった。また、食酢は肉を軟らかくすると言われているが^{1) 3.11)}、今回の条件では酸添加の効果はみられなかった。

4. 大量調理への活用

調製した麴液は、市販軟化剤と比較すると作業工程は多くなるが、市販軟化剤と同等の軟らかさになり、価格を比較すると安価になった。市販軟化剤の塩こうじ、粉末肉用調味料は一般家庭用で、手間なくそのままおいしく食べられる製品として売り出されている。調製した麴液は、

麴の風味を感じる程度で、調味の面からも和食、洋食、中華と広く献立展開が可能である。

そこで、作業工程をマニュアル化することにより、大量調理への活用が可能ではないかと考え、一般的な流れで作業工程例を組み立てた。昼食提供終了後から夕食調理開始までに空き時間（アイドルタイム）があることから、この時間を活用し麴液を調製、調製した麴液は冷蔵保管しておく。その後、夕食提供後の18:00頃に肉を浸漬し、17時間後の提供当日11:00頃に調理をして昼食の時間に合わせ盛り付け、提供する、という流れで作業工程に組み込むことが可能であり、大量調理への活用が期待できる。

5. まとめ

スチームコンベクションオープンでコンビモード140℃、蒸気量20%で加熱すると、一般的なスチーム加熱に比べ有意に軟化した。このことから、大量調理においてスチームコンベクションオープンを使用することは畜肉の軟化においても有用だといえる。献立に合わせて加熱温度・蒸気量を変えることでさらに高い軟化効果も期待でき、検討を要する。

コンビモードで加熱した場合、市販軟化剤の畜肉の軟化効果が認められた。仕上がりの軟らかさ、使用方法、味、価格等を考慮し、対象者や献立・調理に応じた市販軟化剤の活用により、利用者満足度の向上が期待できる。

麴に浸漬すると一般的なスチーム加熱に比べ60%程度軟化した。塩分を添加することによりさらに軟化傾向を示し、調味料などを組み合わせた相乗効果で、より軟化することがわかった。

調製した麴液に調味料を添加し浸漬することにより、市販軟化剤と同等の軟らかさを得ることができた。また、価格に関しても、市販軟化剤Bは肉100gあたり13.3円、麴+食塩は肉100gあたり6.9円と、市販軟化剤に比べ安価である。味も麴本来の甘味はあるがまろやかで、調味の面

からも広く献立展開が可能である。計画的に作業工程に組み込むことにより大量調理への活用が期待できる。

6. 引用・参考文献

- 1) 松石昌典、西邑隆徳、山本克博、食物と健康の科学シリーズ 肉の機能と科学、朝倉書店、p57-58¹⁾、p124-125^{1) 2)}、p123-124^{1) 3)} (2015)
- 2) 内閣府：平成28年版高齢社会白書、p2
- 3) 在宅チーム医療栄養管理研究会、スリーステップ栄養アセスメント（NA123）を用いた在宅高齢者食事ケアガイド、第一出版、p137-139 (2014)
- 4) 武田栄二、栄養所要量・必要量と栄養管理C、高齢者の栄養、臨床病態栄養学、文光堂、p87-92 (2006)
- 5) 杉山みち子、五味郁子、タンパク質・エネルギー低栄養状態、高齢者の栄養管理、日本医療企画、p5-19 (2005)
- 6) 三橋富子、森下円、小嶋絵梨花、牛肉の軟化に及ぼすワインの影響、日大生活科研報、35、1-9 (2012)
- 7) 岡本啓湖、浅利妙峰、特集発酵—有用微生物の利用—、日本栄養士会雑誌、56、56-85 (2013)
- 8) 阿部真紀、小針清子、秋田修、市販塩麴製品と自家製塩麴中の酵素活性比較、実践女子大学生生活科学部紀要、50、171-176 (2013)
- 9) 島村綾、赤石記子、長尾慶子、過熱水蒸気オープンを用いて加熱した食品の調理性の検討—食肉および希釈卵液の加熱—、東京家政大学研究紀要、56、23-31 (2016)
- 10) 三橋富子、森下円、小嶋絵梨花、牛肉の軟化に及ぼすワインの影響、日大生活科研報、35、1-9 (2012)
- 11) 本田順美、和田せつ、食肉の基礎的研究（第一報）牛肉のやわらかさについて、家政学雑誌、8、81-83 (1957)