

塩麴が牛肉に与える物性および呈味物質への影響

田島真理子*・三橋富子**

(2022 年 11 月 16 日 受理)

The Effects of “Shiokouji” on the Physical Properties and Taste Related Substances of Beef

TAJIMA Mariko, MITSUHASHI Tomiko

要約

牛もも肉の角片を、生の塩麴、加熱した塩麴、蒸留水の三種の浸漬液に 4℃で 20 時間浸漬し、肉表面および肉内部の各種アミノ酸量、呈味性核酸関連物質質量、タンパク質の変化について分析した。また、それぞれの加熱肉について、加熱前後での保水性の変化、加熱後の肉の硬さを示す針入度試験、破断強度試験を行うとともに味覚官能評価を行った。

その結果、生の塩麴浸漬肉では、他の 2 種に比べ有意に多くのアミノ酸で増加が認められたが、核酸関連物質質量では有意な差は認められなかった。加熱後の肉の針入度試験、破断強度試験では、ともに生塩麴に浸漬した肉で、蒸留水浸漬肉に比べ有意に軟らかくなっていた。また、保水性は生塩麴浸漬肉、加熱塩麴浸漬肉ともに蒸留水浸漬肉より高くなっていたが、これは、塩麴に含まれる塩による影響であることが示唆された。官能評価では、生塩麴浸漬肉を加熱した場合、加熱塩麴浸漬後の加熱肉に比べ有意にうま味が強いと評価された。

キーワード：塩麴、牛肉、保水性、硬さ、呈味成分

* 鹿児島大学 教育学部 特任教授

** 元日本大学短期大学部

1 はじめに

日本の食文化には、味噌や醤油、清酒といった麴を使わなくてはできない発酵食品が多く含まれており、日本人の食の文化は麴カビに支えられているといっても言い過ぎではない。麴カビ（*Aspergillus* 属）は上記の発酵食品の製造だけでなく各種酵素製剤の生産、クエン酸、フマル酸などの有機酸の製造さらにはアスペルギリク酸などの抗生物質の生産、その他ビタミン類の生産など広範囲にわたって多くの産業に使われている。麴カビが体外に分泌する酵素にはアミラーゼ、プロテアーゼをはじめ、ペクチナーゼ、セルラーゼ、リパーゼ、デアミナーゼ、リボヌクレアーゼ、ヌクレアーゼ等多数に及ぶ¹⁾とされている。

麴というのは、この麴カビが造る塊のことであり、近年家庭の調味料の1つとして多く利用されている塩麴も、米麴からつくられる日本の伝統的な調味料である。前橋は、塩蔵発酵食品は食塩存在下で麴を利用して製造される広義の「塩麴類」と言え、塩麴は最もシンプルな塩味麴調味料であり、麴利用の原点であると述べている²⁾。塩麴に食品を漬け込むことで食品は軟らかくなりうま味が増すとされている³⁾。これらは、塩麴中に含まれている各種酵素が食品に作用するためであると考えられる。しかしながら、塩麴が各種食品に及ぼす影響について調理方法等に沿って科学的に検証した報告は少ない。

そこで、本研究は、塩麴が牛肉に及ぼす影響について牛もも肉を試料として検討を試みた。肉の軟化とうま味の増大は、主に麴菌が産生するプロテアーゼによる筋肉タンパク質の加水分解によるものであると考えられるので、塩麴と酵素を失活させた加熱塩麴および対照として蒸留水で処理した肉を比較検討して得られた知見を報告する。

2 試料および方法

試料肉の調整方法

乳用肥育牛肉（もも肉）を筋繊維の方向を考えてなるべく平行になるように 3cm×3cm×3cm の立方体(約 27g)に成形した。官能評価では、乳用肥育牛肉（もも肉）を 3cm×3cm×1cm に成形したものを使用した。

塩麴の調整方法

市販塩麴（河内源一郎商店）をブレンダー（MILLSER IFM300XG Iwatani）にて1分間細切し、均質化した。均質化した塩麴の一部（約 60g）をビーカーにとり加熱して3分間沸騰を継続させ、酵素を失活させた。加熱中の蒸発水量分は蒸留水にて調整した。また、蒸留水を対照試験区として使用した。塩麴の食塩濃度は10%であった。

肉の浸漬方法

真空パック用袋（マジックバック専用カット袋 20×30cm FLAEM NUOVA ポリアミドナイロン、

ポリエチレン)に重量を測定した試料肉と肉重量の10%の塩麴を入れ、シーラー(マジックバック真空パック機エリート FLAEM NUOVA)で脱気封入して肉の周囲に塩麴が密着するようにした。この袋を冷蔵庫中(4℃)で20時間放置した。以後この処置をした肉を塩麴浸漬肉とする。加熱塩麴、蒸留水も同様に行った。以後これらの肉を加熱塩麴浸漬肉、蒸留水浸漬肉とする。

肉の加熱方法

前述の方法で処置した肉を開封して、付着している塩麴や水分はなるべく取り除いて肉のみを取り出し重量測定(W_0)した後、再び脱気封入した肉(270g前後)を約1.5Lの沸騰水中に入れて、再沸騰後10分間沸騰水浴中で加熱した。加熱後の試料肉は重量測定(W_1)した後、物性測定に供した。

官能評価用の試料肉は各浸漬液を取り除いた後アルミホイルの上に形を整えて並べ、沸騰した蒸し器で12分間加熱した。

アミノ酸、アデノシン三リン酸関連物質(ATP 関連物質)定量用試料及び電気泳動用試料の調製方法

アミノ酸・ATP 関連物質定量用試料及び電気泳動用試料は各種浸漬液で処理した後の生肉を用いた。浸漬後の生肉を3mm幅の外周部と内部に切り分けた。

アミノ酸・ATP 関連物質定量用試料は外周部、内部肉とも各2gを精秤し、冷10%過塩素酸(PCA)にて3回抽出、遠心分離を繰り返して得た上清を水酸化カリウムにて中和し、10分間氷冷下に静置して十分に過塩素酸カリウムの沈殿を生成させた。その沈殿を取り除き、上清を蒸留水で25mLに定容した。試料は-85℃で冷凍保存し、使用時に室温解凍した。各浸漬液肉とも3個体を用いた。

電気泳動用試料は、外周部、内部肉とも各0.1gを精秤し2.0mLの可溶化液(2%ドデシル硫酸ナトリウム, 10mMりん酸 buffer pH7.0)を加えてホモジナイズ(Iuchi DIGITAL HOMOGENIZER)し、不溶物を除いた上清1mLに、トラッキングダイ 0.5mL、2-メルカプトエタノール 0.1mLをいれ、70℃にて15分間加熱した。各浸漬肉とも3個体を用いた。

加熱肉の保水性の算出方法

保水性は加熱肉の重量変化率から算出した。浸漬後の肉重量を W_0 、加熱後の肉重量を W_1 とし下記の計算式より算出して保水性の指標とした。加熱後の肉重量が多いほど放水が少なく、保水性が高いものと考えた。各浸漬肉は6~7個体を用い、平均値を求めた。

$$W_1/W_0 \times 100 = \text{保水率 (\%)}$$

加熱肉の針入度の測定方法

針入度は針入度計(日本油試験機工業 TESTER TIPE 201)を用い、加熱肉の筋繊維の方向に対して鉛直に針を落として測定した。針入管の重量はおもりも含めて100gで5秒間保持後、針を停止した。なるべく筋や脂肪の多いところは避けて1個体につき5か所測定して最大値及び最小値を除いて平均した。各浸漬肉の6~7個体の平均値を求めた。

加熱肉の破断強度の測定

レオメーター (FUDOH NRM-2010J-CW) の破断試験を用いて測定した。測定条件は、プランジャー：進入弾性丸棒φ5mm、応力：10kg、進入速度：6cm/min で、筋繊維の方向に対して鉛直に圧縮して測定を行った。各浸漬肉とも6~7個体ずつ測定し、最大値と最小値を除いて4~5個の平均値を求めた。

アミノ酸の定量方法

アミノ酸は高速液体クロマトグラフ (島津製作所 LC-10AD アミノ酸分析システム) を用いて、迅速分離条件で測定した。分離・検出条件は以下のとおりである。

カラム：Shim-pack Amino-Na 型、移動相：島津アミノ酸分析用移動相キット Na 型、流量：0.3mL/min、温度：60℃、試料注入量：10μL、反応試薬：島津アミノ酸分析用キット OPA 試薬、検出：蛍光検出 励起波長 350nm、蛍光波長 450nm、試料溶液：各試料液を同量のアミノ酸希釈液 (和光純薬) で希釈、標準溶液：アミノ酸混合液 (和光純薬 H 型) とタウリン (和光純薬) の混合物 (各アミノ酸の濃度 0.1μmol/mL)

ATP 関連物質の定量方法

ATP 関連物質は高速液体クロマトグラフ (センシュー科学 SSC 3461) を用いて以下の分離・分析条件で行った。

カラム：STR ODS-II (4.6mm φ×150mm)、プレカラム：STR ODS-II ガードカートリッジ (10L×4.6)、移動相：100mM リン酸(トリエチルアンモニウム)緩衝液 (pH6.8) /アセトニトリル=100/1 (v/v)、温度：40℃、流量：1.0mL/min、検出器波長：260nm、試料注入量：20μL、標準物質：アデノシン三リン酸 (ATP)、アデノシン二リン酸 (ADP)、アデノシン一リン酸 (AMP)、イノシン酸 (IMP)、イノシン、ヒポキサンチン及びアデノシン (和光純薬) を用いた。0.1mg/mL の溶液を等量ずつ混合し、各標準物質濃度が 10μg/mL なるように希釈した。

電気泳動法

電気泳動は 10%分離ゲルに 4%スタッキングゲルを重ねたドデシル硫酸ナトリウム (SDS) スラブゲルに各試料を 1 レーンあたり 10μL ずつ負荷し、スラブゲル 1 枚当たり 12.5mA の定電流で 3.5 時間行った。泳動後のゲルは染色液 (0.1%コージーブリリアントブルー、40%エタノール、7%酢酸) で一晩染色し、脱色液 (40%エタノール、7%酢酸) で脱色した。各浸漬液とも 3 個体を用いた。

官能評価

試料肉は加熱処理した塩麴浸漬肉または加熱塩麴浸漬肉をそれぞれ基準として、基準とした肉を先に味わい、その肉の値を 0 として後に味わった肉を判断する 2 点比較試験法で行った。評価項目は、肉のジューシーさ、においの好ましき、うま味、軟らかさ、総合的な好ましきで、+3~-3 の 7 段階尺度で行った。事前に実験の趣旨、官能評価の内容と実施方法を説明し、承諾した学生 21 名で官能評価を実施した。官能評価実施時は 2 群にわけ、1 群は塩麴浸漬肉を基準として加熱塩麴浸漬肉を評価し、次いで、加熱塩麴浸漬肉を基準として塩麴浸漬肉を評価するグループとし、もう

一つの群は、その逆の順で評価を行うグループとした。

有意差の検定は t 検定で行い、塩麴基準の場合 ($n=21$)、加熱塩麴基準の場合 ($n=21$)、塩麴基準を加熱塩麴基準に採点しなおしすべて加熱塩麴基準にした総合 ($n=42$) について行った。

実験結果の検定方法

実験結果の差の検定は、一元配置の分散分析で行い、多重比較は Tukey HSD 検定 (統計用ソフト SPSS12.0J 使用) で行った。

3 結果および考察

(1) 加熱肉の保水性

保水性を図 1 に示した。浸漬加熱後の肉重量は、塩麴は加熱前の重量の 75.3%と一番重量減少が少なく、次いで加熱塩麴の 74.5%、蒸留水は最も重量減少が大きく 69.6%であった。塩麴と加熱塩麴は蒸留水より有意に重量減少が少なく保水性が高いことが示された。塩麴と加熱塩麴の保水性に有意差は認められなかった。これは、塩麴には 10%の食塩が含まれているため、肉重量の 10%の塩麴を加えると 1%程度の食塩を添加していることになり、その食塩の浸透により肉の保水性が高まった⁴⁾ものと考えられる。

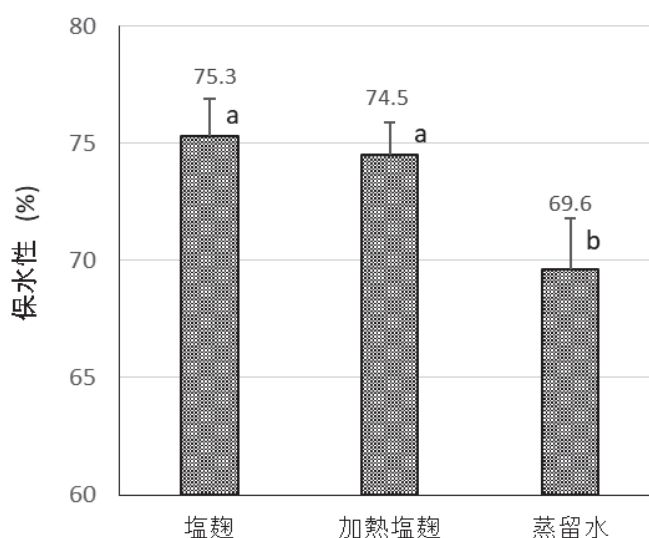


図1. 加熱後の保水性に及ぼす浸漬液の影響

保水性(%)は、各浸漬液による処理後に肉を加熱した場合の加熱後の肉重量を加熱前の肉重量で除した割合を示す。異なるアルファベット間には、有意差あり ($p<0.05$)

(2) 加熱肉の物性

針入度計による針入度の測定結果を図 2 に、レオメーターによる破断強度の測定結果を図 3 に示した。針入度の測定結果は塩麴浸漬肉が一番大きく 8.05mm、次いで加熱塩麴浸漬肉の 6.59mm、蒸留水浸漬肉が一番小さく 5.58mm であった。また、塩麴浸漬肉と蒸留水浸漬肉との間には有意差が認められ、塩麴浸漬肉は蒸留水浸漬肉に比べて有意に針が入りやすく軟らかいことが分かった。

レオメーターによる破断強度の測定結果は針入度と同様に塩麴浸漬肉が一番軟らかく、1.45kg で次いで加熱塩麴浸漬肉の 1.85kg、蒸留水浸漬肉が一番硬く 2.06kg であった。また、針入度と同様に塩麴浸漬肉と蒸留水浸漬肉との間には有意差が認められ、塩麴浸漬肉は蒸留水浸漬肉に比べて有意に破断しやすく軟らかかった。

針入度および破断強度はともに、塩麴浸漬肉の方が加熱塩麴浸漬肉より軟らかいことを示していたが、両者の間には、有意差は認められず、また加熱塩麴浸漬肉と蒸留水浸漬肉との間にも有意差は認められなかった。この要因としては、加熱塩麴肉は高い保水性を示し、塩麴と同様に蒸留水より有意に保水性が高かったことが肉の軟らかさに影響しているものと考えられる。また、有意差は認められなかったが塩麴浸漬肉が加熱塩麴浸漬肉より軟らかい傾向を見せていたのは、食塩によって保水性が高だけでなく、塩麴中のプロテアーゼの作用によるタンパク質の分解が肉の軟化を引き起こしていることを示しているものと考えられた。

(3) 浸漬処理後の肉中のアミノ酸

各浸漬液で処理した後の肉中の遊離アミノ酸含有量の結果を、表 1 に示した。外周部の各浸漬肉のアミノ酸量は、測定した 16 種のアミノ酸および総アミノ酸のうち、タウリンとヒスチジンを除

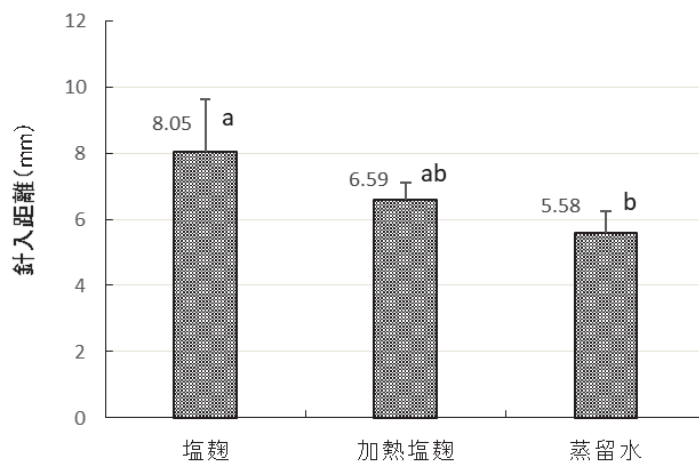


図2. 加熱肉の針入度に及ぼす浸漬液の影響

塩麴: $n=7$ 、加熱塩麴および蒸留水: $n=6$
異なるアルファベット間には、有意差あり ($p<0.05$)

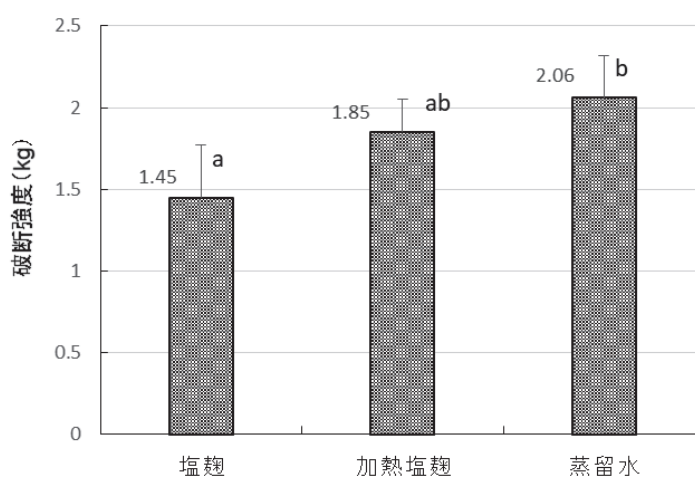


図3. 加熱肉の破断強度に及ぼす浸漬液の影響

塩麴: $n=5$ 、加熱塩麴および蒸留水: $n=4$
異なるアルファベット間には、有意差あり ($p<0.05$)

く 14 種のアミノ酸と総アミノ酸の合計 15 種で有意差が認められた。有意差の認められた 15 種のアミノ酸において含有量が最も多いのが塩麴浸漬肉、次いで加熱塩麴浸漬肉、一番少ないのが蒸留水浸漬肉の順であった。また、すべてのアミノ酸において蒸留水浸漬肉に比べて塩麴浸漬肉は有意に多かった。肉の内側においても外側とほぼ同様の傾向を示していた。

表 1 で有意差の認められなかったタウリンはタンパク質を構成するアミノ酸でないため、プロテアーゼの作用により増えないのは当然であると考えられる。またヒスチジンについては、本報告のアミノ酸分析条件ではヒスチジンのピークにアンセリン、カルノシンおよび 1 - メチルヒスチジンのピークが重なる⁵⁾。そのため、わずかなヒスチジンの増加では有意差が認められなかったものと考えられる。また、内部肉ではこれらに加えて、システインとチロシンが有意差を示さなかったが、いずれも塩麴浸漬肉の含有量が一番多かった。

塩麴浸漬肉の内部においても外周部と同様に、塩麴浸漬肉のアミノ酸が加熱塩麴浸漬肉や蒸留水浸漬肉に比べて増えていることから、塩麴中のプロテアーゼの浸透が 3mm 以上である可能性を示していると考えられた。また、肉の外周部では、加熱塩麴浸漬肉のアミノ酸が蒸留水浸漬肉に比べて有意差がないもののわずかに多いのは、肉の内部の加熱塩麴浸漬肉と蒸留水浸漬肉に差がないことから、表面に残った加熱塩麴自身が持っているアミノ酸⁶⁾の影響と思われる。

塩麴浸漬により特に増加の多かったアミノ酸は、牛肉の熟成中に増加するアラニン、ロイシン、セリン、バリンおよびグルタミン酸⁷⁾とほぼ一致しており、これらに加えてシカ肉に多穀麴を添加した時に増加したとされるフェニルアラニン⁸⁾も増加していた。

また、塩麴浸漬肉では蒸留水浸漬肉に対して、アミノ酸総量が外周で約 1.5 倍、内部で 1.3 倍に増加しており、塩麴のプロテアーゼの作用は、内部へも及んでいると考えられる。

表 1. 部位・浸漬液別の アミノ酸含有量 ($\mu\text{mol/g}$ 肉)

肉の部位 浸漬液	外 周 部			内 部		
	塩麴	加熱塩麴	蒸留水	塩麴処理	加熱塩麴	蒸留水
タウリン	3.29 \pm 0.59	3.41 \pm 0.13	3.15 \pm 0.18	3.76 \pm 0.17	3.49 \pm 0.30	3.43 \pm 0.31
セリン	2.12 \pm 0.29 ^a	1.63 \pm 0.14 ^b	1.29 \pm 0.10 ^b	1.84 \pm 0.04 ^a	1.42 \pm 0.04 ^b	1.38 \pm 0.11 ^b
グルタミン酸(グルタミンを含む)	2.29 \pm 0.31 ^a	1.64 \pm 0.24 ^b	1.21 \pm 0.26 ^b	1.86 \pm 0.12 ^a	1.38 \pm 0.16 ^b	1.32 \pm 0.10 ^b
プロリン	1.15 \pm 0.37 ^a	0.61 \pm 0.09 ^b	0.45 \pm 0.09 ^b	0.63 \pm 0.08 ^a	0.54 \pm 0.05 ^{ab}	0.45 \pm 0.01 ^b
グリシン	1.78 \pm 0.25 ^a	1.61 \pm 0.44 ^a	0.99 \pm 0.09 ^b	1.40 \pm 0.05 ^a	1.26 \pm 0.09 ^a	1.04 \pm 0.08 ^b
アラニン	5.53 \pm 0.95 ^a	4.44 \pm 0.29 ^{ab}	3.81 \pm 0.36 ^b	5.25 \pm 0.29 ^a	4.23 \pm 0.32 ^b	4.06 \pm 0.23 ^b
システイン	0.60 \pm 0.28 ^a	0.15 \pm 0.07 ^b	0.13 \pm 0.02 ^b	0.23 \pm 0.10	0.11 \pm 0.07	0.12 \pm 0.02
バリン	2.21 \pm 0.34 ^a	1.43 \pm 0.13 ^b	1.12 \pm 0.10 ^b	1.73 \pm 0.12 ^a	1.20 \pm 0.16 ^b	1.19 \pm 0.10 ^b
メチオニン	1.27 \pm 0.33 ^a	0.60 \pm 0.11 ^b	0.53 \pm 0.08 ^b	0.79 \pm 0.14 ^a	0.52 \pm 0.12 ^b	0.52 \pm 0.03 ^b
イソロイシン	1.80 \pm 0.34 ^a	0.94 \pm 0.17 ^b	0.69 \pm 0.10 ^b	1.20 \pm 0.19 ^a	0.81 \pm 0.13 ^b	0.72 \pm 0.06 ^b
ロイシン	2.74 \pm 0.75 ^a	1.24 \pm 0.14 ^b	1.02 \pm 0.29 ^b	1.65 \pm 0.29 ^a	1.05 \pm 0.14 ^b	0.95 \pm 0.07 ^b
チロシン	1.74 \pm 0.56 ^a	0.78 \pm 0.24 ^b	0.62 \pm 0.22 ^b	1.00 \pm 0.31	0.59 \pm 0.06	0.58 \pm 0.07
フェニルアラニン	2.90 \pm 0.63 ^a	1.33 \pm 0.45 ^b	0.62 \pm 0.11 ^b	1.89 \pm 0.27 ^a	0.88 \pm 0.40 ^b	0.62 \pm 0.04 ^b
ヒスチジン	21.17 \pm 3.02	21.38 \pm 1.53	19.09 \pm 2.47	23.90 \pm 1.43	22.02 \pm 2.04	20.81 \pm 1.27
リジン	1.71 \pm 1.05 ^a	0.54 \pm 0.14 ^{ab}	0.38 \pm 0.13 ^b	0.99 \pm 0.34 ^a	0.37 \pm 0.04 ^b	0.34 \pm 0.02 ^b
アルギニン	1.68 \pm 0.98 ^a	0.28 \pm 0.15 ^b	0.14 \pm 0.05 ^b	0.64 \pm 0.34 ^a	0.13 \pm 0.02 ^b	0.12 \pm 0.01 ^b
総量	53.98 \pm 9.69 ^a	42.02 \pm 3.99 ^{ab}	35.24 \pm 4.44 ^b	48.76 \pm 3.46 ^a	40.01 \pm 3.79 ^b	37.64 \pm 2.07 ^b

平均 \pm 標準偏差(n=3)

各部位における同一行内の異なるアルファベット間有意差あり($p<0.05$)

浸漬後の肉は3mm幅の外周部と内部に分けて、各2gを精秤し、冷10%過塩素酸にて抽出した試料をアミノ酸分析し、肉1g当たりのアミノ酸量に換算した。

(4) 浸漬処理後の肉中の ATP 関連物質

ATP 関連物質の定量結果を表 2 に示した。ATP 関連物質のうちアデノシン三リン酸 (ATP) は、試料肉が熟成肉のためすでに消失しており、アデノシン二リン酸 (ADP) 以降の分解物が測定された。うま味を呈するイノシン酸 (IMP) はヒポキサンチンの三分の一程度しかなく、総 ATP 関連物質の約半量以上はヒポキサンチンにまで変化していた。國中は、麹菌が持つ核酸分解酵素を用いてリボ核酸を分解するとできるヌクレオチド類の 5' - グアニル酸 (GMP) と、5' - アデニル酸 (AMP) から生ずる IMP にもうま味があることを明らかにした⁹⁾。本実験において GMP は定量していないが、表 2 に示したように IMP および AMP の増加は認められなかった。また、リボ核酸の *Aspergillus oryzae* RNase による分解物は 3' - ヌクレオチド混合物であることから、うま味は呈さない¹⁰⁾ と考えられる。

表2. 部位・浸漬液別のATP関連物質質量(μmol/g)

部位 浸漬液	外周部			内部		
	塩麴	加熱塩麴	蒸留水	塩麴	加熱塩麴	蒸留水
ADP	0.26±0.04	0.20±0.08	0.16±0.02	0.25±0.09	0.23±0.14	0.17±0.00
AMP	0.24±0.07	0.39±0.09	0.32±0.03	0.30±0.03	0.22±0.18	0.28±0.10
IMP	1.20±0.18	1.00±0.54	0.96±0.37	1.63±0.08	1.14±0.32	1.18±0.37
イノシン	1.25±0.18	1.20±0.10	1.13±0.07	1.34±0.03	1.14±0.28	1.21±0.10
ヒポキサンチン	3.25±0.69	3.37±0.54	3.05±0.24	3.74±0.23	3.45±0.64	3.16±0.10
合計	6.21±1.09	6.16±0.36	5.61±0.22	7.27±0.18	6.17±1.39	6.00±0.69

平均±標準偏差(n=3), ATP: アデノシン三リン酸, ADP: アデノシン二リン酸, IMP: イノシン酸

浸漬後の肉は3mm幅の外周部と内部に分けて、各2gを精秤し、冷10%過塩素酸にて抽出・分析し、肉1g当たりの核酸関連物質質量に換算した。

以上のことから、本研究の塩麴の作用条件ではうま味を示す核酸を増加させる作用は認められなかった。しかしながら、前述のように塩麴ではグルタミン酸ナトリウムが増加しているため、相乗効果⁹⁾によってうま味は増加しているものと考えられる。

(5) 浸漬処理後生肉の電気泳動パターン

浸漬処理後生肉の電気泳動パターンを図 4 に示した。各浸漬液肉の外周部および内部から調製した電気泳動サンプルを 3 レーンずつ 2 枚のスラブゲルに分けて同時に泳動、染色、脱色した。その結果を各浸漬肉ごと左に外周部、右に内部として示した。

塩麴浸漬肉外周部の泳動パターンでは、スタッキングゲルと分離ゲルの境目の分離ゲルに入れない高分子物質の A バンドが明らかに薄くなっており、ミオシン重鎖に相当する B バンド、およびアクチンに相当する C バンドにおいても、わずかではあるが内部より薄くなっていることが認められる。加熱塩麴および蒸留水では、外周部と内部で A、B、および C バンドともバンドの濃さに差は認められなかった。このことから塩麴浸漬肉の外周部ではプロテアーゼによるタンパク質の加水分解の可能性があることが認められた。

醤油麴のプロテアーゼ活性は 1%食塩濃度下では 1/3、5%食塩濃度では 1/6 に低下する¹¹⁾ といわれているが、本塩麴は 10%食塩濃度下であり、また、本実験の電気泳動サンプルは、肉の 10%重量の塩麴添加で 4℃、約 20 時間浸漬後の生肉であるため、プロテアーゼの作用を十分に示すことが

できなかったものと考えられる。著者らは牛肉に対して本実験の5倍にあたる50%の塩麴を添加して4℃、24時間後の牛肉の電気泳動パターンを見ているが¹²⁾、そこでは明らかに塩麴浸漬肉外周部は、スタッキングゲルと分離ゲルの境目のバンド、ミオシン重鎖、100KDaバンド、55KDaバンドおよびアクチンバンドの減少と分解物のバンドの生成が認められている。

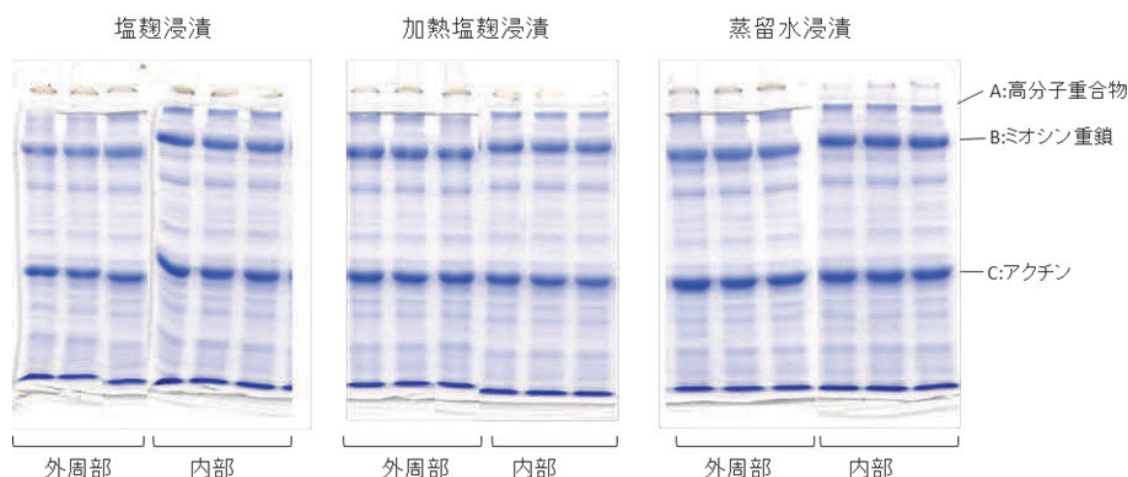


図4. 各浸漬肉のSDSポリアクリルアミドゲル電気泳動像

各レーンに、試料10μLを注入。外周部 内部とも3試料を示した。

(6) 官能評価

官能評価の結果を表3に示した。加熱塩麴基準で塩麴を評価した結果で有意差が見られたのは、肉のにおいの好ましさ、うま味の強さ、総合しての好ましさの3項目であった。塩麴はにおいが好ましく、うま味が強く、総合して好ましいと評価された。また、肉のジューシーさ、硬さについても有意差は認められなかったが、ジューシーであり軟らかい傾向であった。塩麴基準で加熱塩麴を評価した結果においては、すべての項目で有意差が認められなかったが、総合しての好ましさ以外の項目で加熱塩麴の方が、ジューシーでない、においが好ましくない、うま味が弱い、硬いという傾向がみられた。塩麴基準の値を加熱塩麴基準に採点しなおし、両者の結果を合わせたところ、肉のうま味の強さにのみ危険率1%で有意差が認められ、官能評価の結果から塩麴は加熱塩麴よりうま味が強いことが分かった。生肉における遊離アミノ酸の定量で塩麴浸漬肉では有意に各種アミノ酸が加熱塩麴浸漬肉より増加しており、また、グルタミ

表3. 官能評価結果

	加熱塩麴基準としたときの塩麴浸漬肉の平均値(A)	塩麴基準としたときの加熱塩麴浸漬肉の平均値(B)	加熱塩麴を基準として計算した場合の塩麴浸漬肉の総合平均値(C)
	(n=21)	(n=21)	(n=42)
ジューシーさ	0.381	-0.286	0.333
においの好ましさ	0.524 *	-0.048	0.286
うま味の強さ	0.81 **	-0.286	0.548 **
軟らかさ	0.429	-0.19	0.31
総合的好ましさ	0.714 *	0.048	0.333

各評価項目について7段階尺度を用いて2点比較法により比較した。両者間の有意差の検定はT検定によった。*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$
Cは、(A-B)/2により算出した。

ン酸が約 1.4 倍に増加していることと一致していた。肉の軟らかさについては、官能評価では有意差は認められなかったが、塩麴浸漬肉の方が加熱塩麴浸漬肉より軟らかい傾向が認められた。針入度および破断強度の測定においても塩麴浸漬肉は加熱塩麴浸漬肉に比べて有意差は認められなかったが軟らかくなる傾向を示していた（図 2、図 3）ことと合わせて、塩麴浸漬により軟らかくなる傾向があると思われる。鶏ささみ肉に 10% の塩麴を 1、3、24 時間作用させ焼いた肉の官能評価で、塩麴処理肉は無処理のものに比べ軟らかくなっていたが、塩麴と同濃度の食塩水に浸漬した肉との間では有意差は認められなかった¹³⁾ と本報告と同様な報告も見られる。また、他の 3 項目においても有意差は認められなかったが、加熱塩麴に比べて塩麴はジューシーで、においが好ましく、総合して好ましいという傾向を示していた。

4 まとめ

塩麴が牛肉に与える物性および呈味物質への影響を、生の塩麴、酵素類を失活させた加熱塩麴、および蒸留水の 3 種の浸漬液に浸した牛肉を比較して検討した。

保水性については塩麴浸漬肉と加熱塩麴浸漬肉では共に蒸留水浸漬肉より有意に高く軟らかいことを示していたが、これは塩麴中の塩分の影響によるものと考えられる。

針入度と破断強度による物性測定の結果は、両者とも塩麴浸漬肉が最も軟らかく、次いで、加熱塩麴浸漬肉で、蒸留水が最も硬いことを示しており、塩麴浸漬肉は有意に蒸留水浸漬肉より軟らかかった。このことから、塩麴はプロテアーゼの作用によってタンパク質が分解されており、軟らかくなっていることが示唆されたが、塩麴浸漬肉と加熱塩麴浸漬肉、および加熱塩麴浸漬肉と蒸留水浸漬肉の間に有意差は認められなかった。加熱塩麴ではプロテアーゼの作用が失われているにもかかわらず、蒸留水より軟らかくなっているのは、加熱塩麴の保水性の関与が大きいと考えられる。

遊離アミノ酸量の変化については塩麴浸漬肉の外周部の増加が大きく、有意差の認められた全てのアミノ酸において、蒸留水浸漬肉よりも有意に多かったことから、プロテアーゼによるタンパク質の分解が明らかになった。また、内部においても外周部と同様の傾向があったことから、プロテアーゼの作用は肉の外側から 3mm 以上浸透していることが強く示唆された。

うま味を示す核酸について ATP 関連物質の測定を行ったが、IMP 等塩麴による有意な変化は認められなかった。

プロテアーゼの作用をより直接的に示すものとして、電気泳動パターンの比較を行ったが、塩麴浸漬肉の外周部は、分離ゲルに入れない高分子化合物とミオシン重鎖、アクチンの 3 つのバンドのわずかな減少が認められ、タンパク質の分解を示していた。

官能評価により塩麴浸漬による肉のうま味の増大は認められたが、硬さ、ジューシーさ、肉の香りの好ましさおよび総合しての好ましさには有意差が認められなかった。しかしながら塩麴浸漬肉の方が加熱塩麴浸漬肉に比べてすべての項目で評価が高い傾向にあった。

以上のことより、塩麴は牛肉を軟らかくし、うま味を増す効果のあることがわかった。

文 献

- 1) 小泉武夫. “麴カビを利用する産業”. 麴カビと麴の話. (株) 光 琳, 2001, 5-14
- 2) 前橋健二. 塩麴の調味特性. Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn., 2017, **71**, 232-239
- 3) 前橋健二. “塩麴のさまざまな働き 糀・麴 こうじ”. 食生活. (株) カザン, 2013, **1236** (通巻), 39-40
- 4) 鈴木敦士, 渡部終五, 中川弘毅編 以下 19 名. 池内義英 “2. 2 畜産食品 a. 食肉製品” タンパク質の化学. (株) 朝倉書店, 30
- 5) 島津製作所 分析機器事業部 LC 部 カスタマーサポートグループ 配布資料
- 6) 大内和美, 哥 亜紀, 山本直子. 塩麴調製時における遊離アミノ酸の変化. 日本食生活学会 第 49 回大会要旨集 (2014) 東京聖栄大学紀要. **7**, 37
- 7) Nishimura, T.; Rhue, M.; Okitani, A.; Kato, H. Components Contributing to the Improvement of Meat Taste during Storage. Agric. Biol. Chem., 1988, **52**, 2323
- 8) 吉村美紀, 大矢春, 藤村庄, 渡辺敏郎, 横山真弓. 天然シカ肉加工品の物性および嗜好品に及ぼす多穀麴添加の影響. 日本食品科学工学会誌. 2011, **58**, 517-524
- 9) 熊倉功夫, 伏木亨監修, 以下著者 20 名. 福家真也, 二宮くみ子, 西村敏英. “だしの成分.” だしとは何か. (株) アイ・ケイコーポレーション, 2012, 13-14
- 10) 国中 明. 核酸関連化合物の呈味作用に関する研究. 日農化誌. 1960, **34**, 489-492
- 11) 谷口 (山田) 亜樹子, 重田公子, 高野克己. 醤油麴ペプチダーゼの食塩に対する影響. 日本調理科学会研究発表要旨集. 2013, 45
- 12) Tajima, M.; Mitsuhashi, T. The Effects of “Shiokouji”, a Traditional Japanese Seasoning, on the Protein and Taste Related Substances of the beef. IUFoST 17th world Congress Food Science and Technology Book of Abstracts 2014 358-359
- 13) 哥亜紀, 山本直子, 大内和美. 塩麴に漬けた鶏肉の官能評価. 日本調理科学会研究発表要旨集. 2014, 92