塩麹に含まれる麹由来酵素および食塩の食肉調理への効果

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	阿部,真紀 秋田,修
発行元	日本醸造協会
巻/号	114巻5号
掲載ページ	p. 258-267
発行年月	2019年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

塩麹に含まれる麹由来酵素および食塩の食肉調理への効果

塩麹は，発酵調味料として広く認知され，調味食品市場に一定の位置を占め今後に期待される製品に成長してきた。塩麹の酵素活性や品質の解明に対する研究が広く行われ，その研究成果が一般に認知されてきたことがその要因の一つと思われる。本解説では，市販の塩麹製品の品質の解明と塩麹の酵素の食肉調理への効果についての研究成果をわかりやすくまとめていただいた。発酵調味料として塩麹を取り扱う上で，製造から応用，販売にわたり大変に参考になると思われる。

阿部真紀・秋田　修

1. はじめに

近年，塩麹や甘酒製品といった米麹を熟成させてそのまま食する製品が増加している。現在の甘酒人気の先駆けとして，「塩麹」ブームがある。2011年出版の塩麹を使った料理本[1]を端緒とし，塩麹の製法や利用法が各種メディアに取り上げられた。現在，塩麹は調味料の一つとして定着しており，塩麹製品も数多く販売されている。味噌，醤油，みりんなど日本の発酵調味料には麹を用いるものが多い。塩麹も漬け床として使用されてきた歴史はあるが，調味料としての「塩麹」の研究が始まったのは2012年頃からである。

塩麹は，麹と食塩水を混合し，熟成させた調味料である。主に家庭での調理の前処理として利用されており，使用される食材は野菜や魚肉，食肉など様々であるが食肉への利用が多い。塩麹に食肉を漬け込むことで，肉が「やわらかくなる」「うまみが増す」といった効果があるとされている[2,3]。一方，市販の塩麹製品の中には酵素残存活性が極めて低い製品もみられるため[4-6]，塩麹の肉に対する主な効果が麹由来の酵素によるものであるかは定かではなかった。2012年以降，現在までの間に塩麹漬け調理の食肉への影響に関する研究が数多く報告されている[2,3,6-10]。本稿では，塩麹調理が食肉に与える影響に関する著者らの研究成果[11]を中心に，近年の塩麹漬け調理の食肉への影響に関する研究について紹介する。

2. 食肉調理に用いる塩麹に期待される効果

塩麹を食肉に使用する場合，期待される効果として「やわらかさ」「おいしさ」の向上がある。従って，塩麹の食肉への利用を想定した場合はタンパク質分解酵素（プロテアーゼ，ペプチダーゼ）活性の高いことが望まれる。著者らは，市販塩麹の酵素活性は様々であり，酵素活性が著しく低い製品も存在することを報告した[4]。前橋ら[5]，園口ら[12]も同様に市販製品には酵素活性の低い製品があることを報告している。酵素活性の低い塩麹は，常温での流通時の変質防止の目的で加熱殺菌を施したと考えられる。一方で，酵素活性が高い塩麹製品も存在する。一般に，醸造食品ごとに酵素活性特性の適した麹菌種が用いられている。塩麹製品のメーカーは味噌製造会社が多いことから，使用される菌株の性質としてタンパク質分解酵素活性の高い菌株を使用している可能性が高い。また，酵素を失活させずにかつ変質させないように流通するためには食塩を10％以上にすることや，酵素が失活しないとされる50～60℃での加温熟成法[5,13]，冷蔵での流通が考えられる。また，著者らは加熱殺菌を施さない塩麹の保存法として4％程度のアルコール（酒精）添加が有効であることを報告している[4]。塩麹製品には製品情報として加熱殺菌を施していないと謳うものもある

Effects of Soaking Pork in Shio-koji before Cooking
Maki Abe, Osamu Akita (*Jissen Women's University*)

第1表　漬け試料の組成

Sample	Composition	Material and detail	pH	Salinity content (%)	Sugar content (%)
A	control		—	—	—
B	Shio-koji	ricekoji, water, salt (25℃, 7days)	5.2	10.0	37.0
C	heat inactivation shio-koji	heat (75℃, 1hour) sample B	5.2	10.2	39.0
C①	C with enzyme 0.2%	sample C, protease 0.2%	5.1	10.1	40.0
C②	C with enzyme 1.2%	sample C, protease 1.2%	5.0	10.1	41.0
D	amazake	ricekoji, water (55℃, 6hours)	6.0	0.0	37.0
E	sodium chloride solution	water, salt	6.9	10.0	—
F	water	water (hardness 30mg/l)	7.0	—	—

が，一般的に製法についての情報は開示されていない。しかしながら，安全性の向上と品質保持のために温度管理など種々の対策がなされていると推察される。工業的に製造する場合，消費者に届く時点までの酵素残存活性の維持は塩麹の品質として重要である。形状を液体や顆粒にして使用しやすく酵素残存活性を高めたタイプも販売されている。一方，家庭で食肉の調理を目的として塩麹を製造する場合は，味噌製造用に販売されている米麹を用いることや，熟成時に酵素が失活する60℃以上に加熱しないという条件を維持することで，タンパク質分解酵素活性の高い塩麹の製造が期待できる。

3. 塩麹に含まれる酵素および食塩の食肉への調理効果

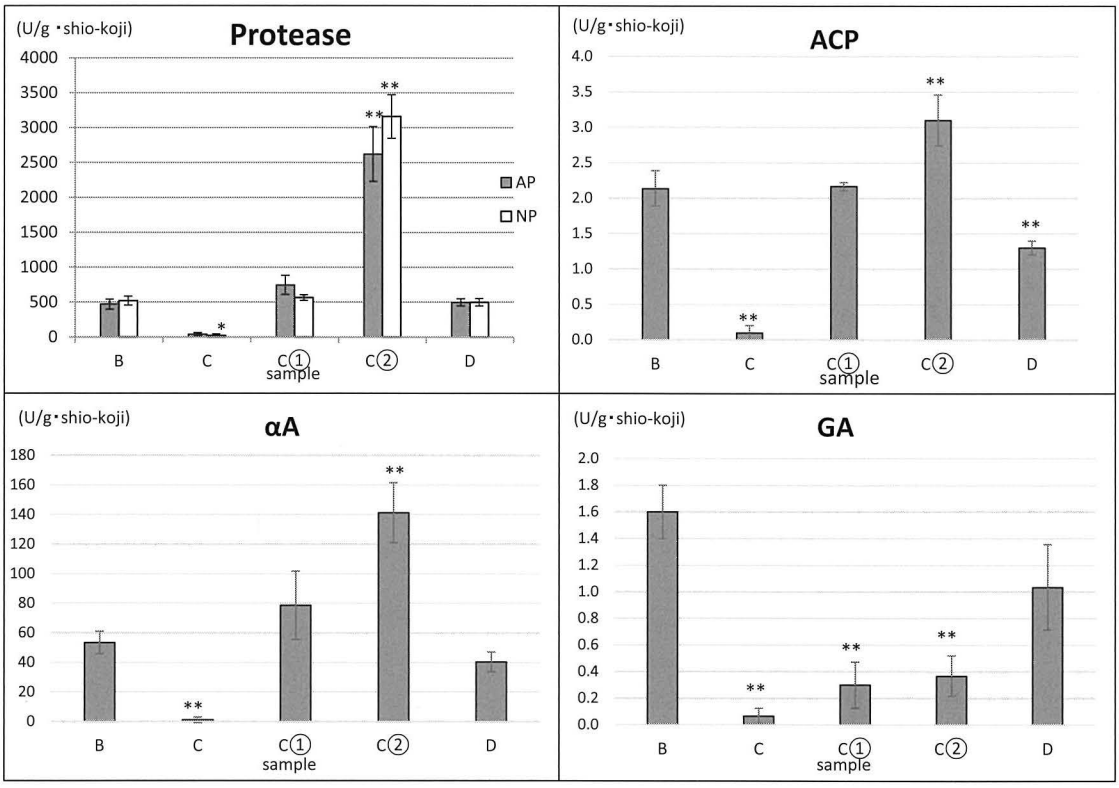
これまでの研究で，鶏肉では哥ら[2]，前橋ら[3]が鶏ささみ肉に食材の10%の塩麹を塗り冷蔵庫で一晩置いたもの[2,3]または冷蔵庫で1～24時間置いたもの[2]を加熱すると未処理の肉より軟化すると報告している。植田ら[7]は，同じ食塩濃度の塩麹と食塩にそれぞれ30分漬けた鶏肉の硬さは塩麹漬けの方がやわらかくなるが，それよりも長時間塩麹漬けにすると硬くなると報告している。

牛肉の研究では，三橋ら[8]は，牛肉の塩麹漬け試料は破断強度と針入度において軟化を示し，遊離アミノ酸も増加するとしている。さらに塩麹漬け牛肉では高分子タンパク質の分解が認められたと報告している。田島ら[9]は，牛挽肉に塩麹を加え混合し60分後に加熱すると，混合後すぐに加熱した試料よりも機器測定でやわらかくなるとしている。松本[10]は，牛肉を塩麹で10℃長時間処理をした方が25℃で1時間漬けたものよりテクスチャー試験による硬さや凝集性の結果が良好であったと報告している。

著者らは豚ロース肉を対象とし，塩麹漬け後の肉の物性の変化や呈味物質の影響を調査するために，8区分の漬け試料を設定した（第1表）。すなわち漬けなし（対照）試料A，塩麹試料B，酵素失活塩麹C，酵素を失活させた塩麹に酵素剤（プロテアーゼMSD，天野エンザイム社製）を添加した試料C①とC②，無塩塩麹（甘酒）試料D，食塩水試料E，水試料Fとした。試料の詳細と食塩，pH，糖濃度を第1表に示した。麹は，味噌や甘酒製造用に市販されている乾燥麹（株式会社伊勢惣）を用いた。

塩分濃度は市販の塩麹の塩分濃度[4]の平均11%程度であり，同等であった。塩麹の糖度は20～30%程度とされる[12]。今回の試料はそれよりも高値（糖度37～41%）であるが著者らが測定した市販塩麹の糖度（40%）と同程度であった。

次に試料の酵素活性を測定した（第1図）。肉への影響があると推定されるタンパク質分解系の酵素は，酸性プロテアーゼ（AP）では，酵素失活塩麹試料Cに酵素剤を0.2%添加した試料C①が塩麹試料Bに対して約1.6倍，酵素剤を1.2%添加した試料C②では有意差が認められ，塩麹試料Bの約5.6倍の活性値を示した。添加した酵素剤はプロテアーゼを主体としたものであることから酵素添加量に応じてAP活性が高くなる傾向を示した。中性プロテアーゼ（NP）と酸性カルボキシペプチダーゼ（ACP）では，Bに対して試料C①はほとんど差がなかったが，C②では有意に活性が高く，NPは6.1倍，ACPは1.5倍であった。糖質分解系の酵素ではα-アミラーゼ（αA）において，酵素0.2%添加試料C①は塩麹試料Bの1.5



第１図　漬け試料の酵素活性

酵素名　AP：酸性(pH3.0)プロテアーゼ，NP：中性(pH6.0)プロテアーゼ ACP：酸性カルボキシペプチダーゼ，αA：α-アミラーゼ，GA：グルコアミラーゼ

試料名　B：塩麹(25℃，７日間)，C：酵素失活塩麹，C①：試料C＋酵素 0.2％，C②：試料C＋酵素 1.2％，D：甘酒(55℃，６時間)

酵素活性は試料ごとにｎ＝３の平均値で表した。有意差は試料Ｂとの比較。

倍，酵素 1.2％添加試料Ｃ②は有意差があり，約 2.7 倍の活性値であった。グルコアミラーゼ（GA）は，塩麹試料Ｂに対し酵素 0.2％添加試料Ｃ①が約 1/5，酵素 1.2％添加試料Ｃ②が 1/4 と，どちらの試料も有意に低活性であることから，添加した酵素剤の糖質分解系酵素のαＡと GA は麹中の酵素と比べて GA 含量が低いと考えられる。今回の塩麹試料Ｂは 25℃ 7 日間熟成したものであり，無塩塩麹（甘酒）試料Ｄは食塩無添加のため殺菌もかねて 55℃ 6 時間の加温熟成とした。加温熟成で製造した甘酒試料Ｄの 55℃ 加熱によるプロテアーゼ活性の低下がみられなかったことは，前橋ら[3]，長谷川ら[13]の結果と一致した。

4. 塩麹漬け肉試料の遊離アミノ酸

園口ら[6]は，豚挽肉に塩麹希釈液を 30℃ 24 時間，6℃ 24 時間作用させると，いずれの温度条件でも遊離アミノ酸の増加を認めたと報告している。著者らは第１表の各漬け試料で 4℃，一晩（18 時間）漬け込み後の肉試料（未加熱）a，b，c，c①，c②の遊離アミノ酸分析を行った。結果を第３表に示す。第３表には近藤ら[14]の豚肉遊離アミノ酸分析結果をあわせて示した。一般的に肉の遊離アミノ酸量は熟成により数倍に増加し，おいしくなるとされている[14,15]。塩麹漬け試料ｂは測定したヒスチジン以外のすべての遊離アミノ酸の値が近藤らの測定値の最大値を上回っていた。今回測定した遊離アミノ酸総量は対照試料（141.5 mg/

第2表　肉試料の遊離アミノ酸

	Meat sample (pork) free amino acid data					Pork free amino acid data[14]		
Free - Amino acid	a	b	c	c①	c②	Min	Average	Max
content (mg/100 g meat)						content (mg/100g meat)		
Lysine	12.9	39.2	16.3	27.0	65.2	1.50	3.78	7.13
Histidine	2.2	5.7	3.0	3.8	6.9	1.07	1.89	7.00
Phenylalanine	6.3	20.8	7.7	13.3	34.8	0.00	3.85	3.85
Tyrosine	7.5	21.1	8.3	13.2	26.7	0.00	1.78	3.85
Leucine	11.7	33.4	13.5	22.3	53.6	0.00	2.73	4.65
Isoleucine	6.3	19.4	7.7	12.4	26.2	0.00	1.71	2.90
Methionine	5.5	15.6	4.8	8.0	20.6	0.00	0.73	2.39
Valine	8.2	23.5	9.9	13.8	28.4	0.86	4.07	5.24
Alanine	27.4	39.5	39.6	37.5	48.1	9.40	17.7	37.35
Glycine	14.8	17.9	15.8	14.6	19.2	6.42	8.84	15.20
Proline	5.5	13.0	10.7	10.8	17.1	0.00	2.95	7.57
Glutamic acid	12.4	34.8	17.7	18.7	26.8	1.57	5.01	15.76
Serine	8.9	20.6	10.4	13.1	20.3	1.67	3.09	7.20
Threonine	6.7	15.6	7.8	10.0	16.3	1.32	2.62	4.88
Aspartic acid	5.2	15.7	8.6	7.5	12.7	0.00	0.87	9.23
Total	141.5	335.8	181.8	226.0	422.9	20.38	59.81	132.39

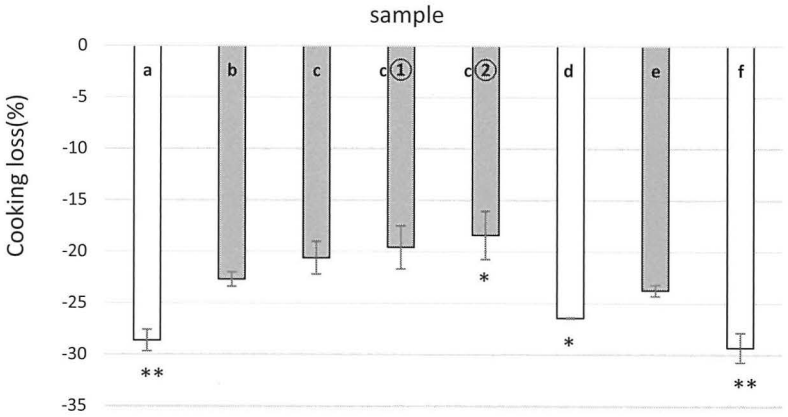
肉試料(未加熱)a：漬けなし(対照)試料，b：塩麹試料，c：殺菌塩麹試料，c①：C＋酵素0.2％試料，c②：C＋酵素1.2％試料

第3表　塩麹試料中の遊離アミノ酸

Free - Amino acid	B	C	C①	C②
content (mg/100 g shio-koji)				
Lysine	36.7	36.7	39.4	43.5
Histidine	8.6	8.6	10.1	12.1
Phenylalamine	32.7	34.7	40.2	51.9
Tyrosine	32.2	34.9	40.1	51.8
Leucine	52.9	56.2	63.8	76.7
Isoleucine	29.8	30.3	35.2	41.4
Methionine	13.4	14.7	16.2	19.5
Valine	36.5	38.3	44.1	54.9
Alanine	55.0	56.1	59.1	67.5
Glycine	22.6	22.7	24.5	28.9
Proline	0.1	0.1	0.1	0.2
Glutamicacid	103.2	100.7	102.0	110.9
Serine	33.6	33.7	37.5	44.4
Threonine	27.9	28.8	32.5	40.9
Aspartic acid	51.3	53.4	56.5	64.9
Total	536.4	549.8	601.3	709.5

試料名　B：塩麹，C：加熱殺菌塩麹，C①：C＋酵素0.2％，C②：C＋酵素1.2％

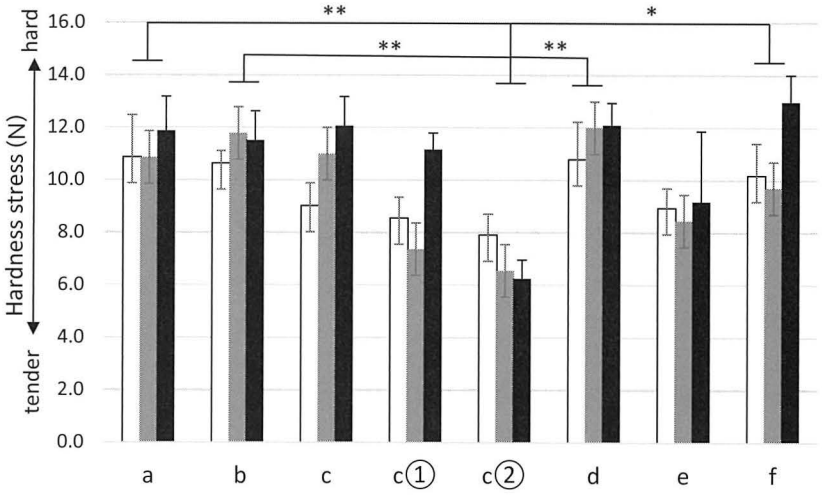
100 g）に比較して塩麹試料b（335.8 mg/100 g）で2.3倍，酵素添加試料c②（422.9 mg/100 g）では3.0倍増加していた。また，うま味成分のグルタミン酸は対照試料a（12.4 mg/100 g）に比較して塩麹試料b（34.8 mg/100 g）で2.8倍，酵素添加試料c②（26.8 mg/100 g）では2.2倍増加していた。漬け込み試料自体に含まれる遊離アミノ酸量を第4表に示した。遊離アミノ酸総量は試料100 gあたり536～709 mg，グルタミン酸量は100～110 mg，うま味に関連する遊離アミノ酸[16]として知られるアスパラギン酸は51～64 mgであっ



第２図　加熱損失率(%)

試料名　a：漬けなし(対照)肉試料，b：塩麹漬け試料，c：酵素失活塩麹漬け試料，c①：C ＋酵素 0.2%試料，c②：C ＋酵素 1.2%試料，d：甘酒漬け試料，e: 食塩水漬け試料，f：水漬け試料

結果は平均値(n = 3)で示した。白色は食塩 0%の試料グループ，灰色は食塩 10%の試料グループを示す。有意差は試料 b との比較。



第３図　レオメータ測定結果(歪率 40%中間点の荷重(N))

試料名は第２図と同様。結果は試料ごとに９回測定後上下の外れ値を除いた７回の平均値(n = 7)で表した。各試料３回測定を実施し，１回目を白色，２回目を灰色，３回目を黒の線で示した。

た。漬け込みには肉重量（約 100 g）の 10%の試料を使用しているが，仮に試料中の遊離アミノ酸がすべて肉に移行したとしても漬け込み試料肉中の遊離アミノ酸の増加量には至らない。

酵素失活塩麹を用いた試料 c に比べて，酵素を 0.2%添加した c①，酵素を 1.2%添加した c②を比較すると酵素添加量に比例してグルタミン酸，アスパラギン酸といった遊離アミノ酸が増加している。これらの結果から，漬け込み中に塩麹中の酵素（プロテアーゼ）が肉中のタンパク質を分解して，グルタミン酸，アスパラギン酸などの遊離アミノ酸を増加させたものと考えられる。

5. 塩麹漬け肉試料の加熱損失率

漬け込みをした肉の加熱を実施した。肉をプラスチックバックに空気を抜いて封入し，70℃，１時間恒温

第4表　官能評価の結果

sample	① tenderness	② easy of bite	③ juiciness	④ smoothness	⑤ no adhesion	⑥ easy of swallowing	⑦ no remaining in the mouth
a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
b	1.43	1.71	2.00	1.57	1.29	1.57	1.00
c	0.14	0.86	0.71	0.71	1.14	0.71	0.71
c①	1.14	1.43	1.29	1.71	0.29	1.14	0.43
c②	2.00	1.14	1.43	2.00	0.29	1.14	0.00
d	-0.71	-0.71	-0.85	-0.43	0.00	-0.57	-0.71
e	1.57	1.57	1.00	1.14	0.42	1.28	0.57
f	0.00	0.43	0.59	0.57	0.57	0.00	0.00

結果は平均値(n = 7)で示した。試料名は第2図と同様。

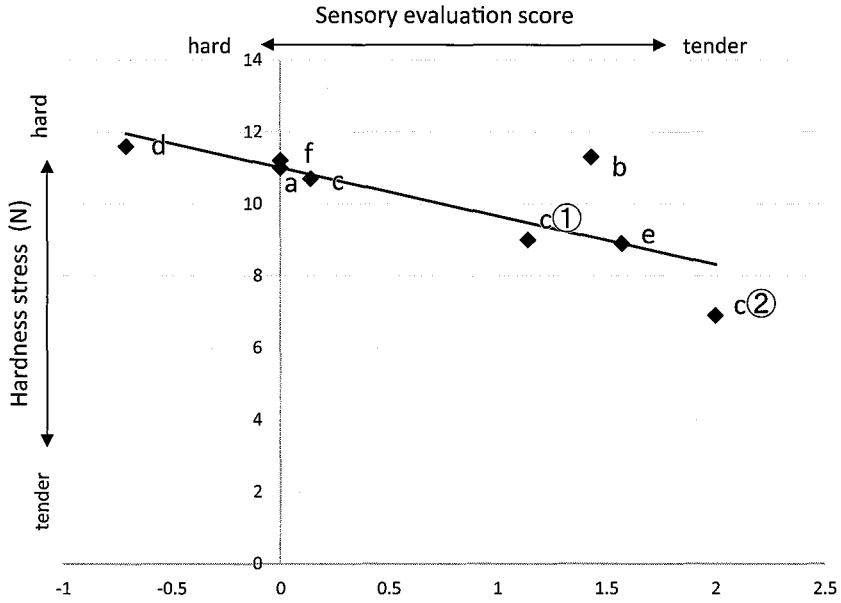
槽による加熱を行った。加熱前後の重量差から求めた加熱損失率（%）を第2図に示した。加熱損失率が少ない肉は，一般にジューシーであり品質が良いとされるので漬け後の各肉試料の品質差を比較するため加熱損失率を求めた。最も加熱損失率が少ないのは酵素1.2%添加試料c②であり，塩麹試料bとの比較で有意差がみられた。食塩が10%含まれる漬け試料グループ（塩麹試料b，失活塩麹c，酵素0.2%添加試料c①，酵素1.2%添加試料c②，食塩水試料e）の5試料が，食塩を含まない漬け試料グループ（対照試料a，甘酒試料d，水漬け試料f）の3試料と比較して加熱損失率が平均で約6%低かった。食塩は肉の加熱による損失を抑え，保水性を高めることが知られている[15]。三橋ら[8]は，牛肉の試験で塩麹と加熱塩麹に漬けた肉では蒸留水漬けの肉より有意に加熱前後の重量減少が少ない結果を報告している。本実験の結果でも食塩の含まれる試料グループでは無塩のグループと比較して加熱による損失率が少ないことから，漬け試料中の食塩が肉の加熱損失率の低減に効果があったと考えられる。

6. 塩麹漬け肉試料の物性への影響

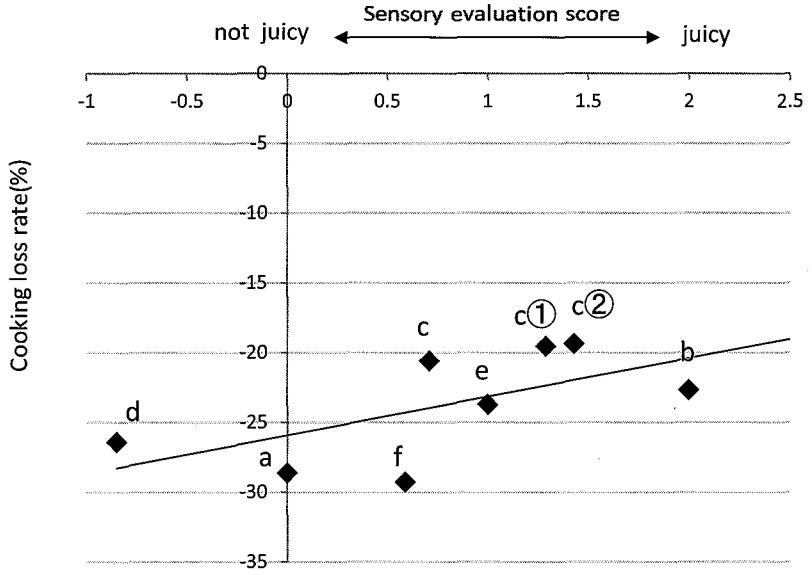
破断強度試験は，一定速度で圧縮時に変形・破断が生じる力がどのくらいであるかを調べる試験である。定速圧縮で歪率中間点（40%）における各試料にかかる荷重（N）を比較した。肉試料は，筋線維に垂直方向にプランジャーが貫入するように設置した。結果を第3図に示した。3回の測定結果から各試料間の有意差をみると歪率40%中間点の荷重は，酵素1.2%添加試料c②が3試料（対照試料a，塩麹試料b，甘酒試料d）との間で1%，水漬け試料fとの間で5%の危険率で有意に低値であった。果実由来のプロテアーゼの添加は肉の筋原線維タンパク質のミオシン，アクチン，肉基質タンパク質のコラーゲンを分解することが知られ，鮫島ら[17]は切断強度の低下を報告している。圓口ら[12]は自家製塩麹のカゼイン分解活性がキウイフルーツの1/8程度と報告している。塩麹試料bと酵素失活塩麹試料cの2試料間の荷重測定結果に差がなかったことから，通常の塩麹中の酵素活性では今回の測定方法で検出できるまでの影響はでないものと推定される。しかし，1.2%添加した試料c②では，本測定方法でも有意差が認められたことから麹中のプロテアーゼが加熱調理後の豚肉を軟化する効果があることが確認された。

7. 塩麹漬け肉試料の官能評価結果

破断強度測定に用いた試料と同じ条件で漬け込み後，加熱した試料を一口大（1 cm角）に整形した試料を用いて官能評価を実施した。結果を第4表に示した。評価項目は7項目（①やわらかさ，②噛み切りやすさ，③ジューシーさ，④なめらかさ，⑤付着性（付着しにくい），⑥飲み込みやすさ，⑦口腔内への残留物の無さ）で実施した。①，②，③，④，⑥の評価項目については各特性が顕著なほどプラス値が高い評価とし，漬けなし肉試料aを基準（0）として，＋3から－3の7段階評価で採点した。例として①やわらかさでは，「非常にやわらかい（＋3)」から「非常にかたい（－3)」，②噛み切りやすさでは「非常に噛み切りやすい（＋3)」から「非常に噛み切りにくい（－3)」などの7段階とした。尚，付着性の無さ（⑤），残留物の無さ（⑦）については「付着しない」，「残留物が少ない」ほど，プラス値が高い評価とした。評価はおもに



第4図　破断強度測定(歪率40%点荷重)と官能評価のやわらかさ(①)の相関
試料名は第2図と同様。



第5図　加熱損失率(%)と官能評価のジューシーさ(③)の相関
試料名は第2図と同様。

テクスチャーについての分析型評価であるが，評価項目以外の風味，味など製品の特徴については自由に記述してもらった。

塩麹試料bと食塩の添加の有無が異なる甘酒試料dと比較した場合，塩麹試料bは甘酒試料dよりも有意にやわらかく（①），噛み切りやすく（②），ジューシー（③）で，なめらかであり（④），飲み込みやすい（⑥）結果であった（第4表）。さらに食塩水に漬けただけの試料eにおいても，甘酒試料dよりやわらかく（①），噛み切りやすく（②），飲み込みやすい

(⑥) という結果であった。食塩のない試料では加熱損失が大きくなること（第2図）から，保水性の違いがやわらかさや噛み切りやすさ，飲み込みやすさといった官能評価項目に影響したものと考えられる。したがって塩麹浸漬の豚肉に対するテクスチャーや口中感の向上には食塩の保水効果も寄与しているものと考えられる。食肉の評価において肉のおいしさを決定づけるものとして「食感」は重要な要素である[15,18]。肉は味が良いことと同時に「やわらかさ」「ジューシーさ」「なめらかさ（キメが細かい）」などの食感に関する項目の評価が高いものが一般に良質とされる。特に「やわらかさ」は肉の品質評価に大きく影響を与える[18]。硬い肉をやわらかくするための調理法として古くからパパインなど果実由来プロテアーゼが利用されてきた。しかし，肉の食感は極端にやわらかすぎる場合も嗜好性が低下するという報告もある[19]。

官能評価では塩麹試料bは「やわらかい」の評価得点が高く，自由記述では「噛み心地が良い」「食べやすい」と評価された。また酵素を1.2％添加した試料c②については，自由記述で「やわらかいが口に残る」「香りが良い」との評価があった。そこで，破断強度測定結果と官能評価結果のやわらかさ（①）との相関をみてみた（第4図）。その結果5％の危険率で有意の相関（相関係数－0.7832）が認められた。肉の評価では官能評価と併用して様々な機器測定が行われることが多い[20]が，測定機器の選定においては，官能評価とどのような相関があるのかを十分に検討する必要があるとされる[21]。一方でヒトが咀嚼する際は唾液の介在や咀嚼速度が一定ではないことから，機器測定と官能評価との比較は難しい[22]とされている。今回は相関が認められたが，肉の「噛み心地の良さ」は機器測定では評価しにくく，破断強度の測定では微妙な“やわらかさ”の差の検出は難しいと思われた。また，肉のおいしさの評価では“ジューシーさ（多汁性）”も重視される。肉の“ジューシーさ（多汁性）”は食肉に約70％含まれる水分が加熱により離れることなく，噛んだときにはじめて知覚され，組織と結合していて徐々ににじみ出るような状態をいう[15]。加熱損失率（％）とジューシーさ（③）の官能評価結果との関係を第5図に示した。5％危険率で有意の正の相関（相関係数0.7482）がみられた。一般的に食肉は加熱による損失が多いとパサついてジューシーさ（多汁性）が減少し，同時に風味成分とやわらかさの減少も伴うとされる[15]。今回の結果では，タンパク質分解酵素のプロテアーゼ活性，酸性カルボキシペプチダーゼ活性が一定以上の値である塩麹試料Bと酵素添加塩麹試料C①，C②に漬け込んだ試料肉（試料b，c①，c②）では官能評価の“やわらかさ”“噛み切りやすさ”“ジューシーさ”“なめらかさ”“飲み込みやすさ”の評価が酵素を失活させた塩麹Cに漬け込んだ肉（試料c）に比べて有意差はないものの高い評価になる傾向があった。以上のことから調理した肉の食感向上には塩麹中のタンパク質分解系酵素が寄与していると考えられた。肉の調味料では砂糖を使用すると肉をやわらかくするとされている[15]。今回麹を使用した漬け試料の糖度は37～41％と高濃度であった（第1表）。ほぼ同程度の糖濃度であるこれらの漬け試料に漬け込んだ肉（b，c，c①，c②，d）間の官能評価結果には大きな違いがあり，糖以外の要因が大きいこと，またこれらの試料と糖を含まない食塩水や水に漬け込んだ試料（e，f）との官能評価結果には一定の傾向が認められないことから，今回の試験結果からは肉の食感への糖の影響は不明である。糖濃度の影響を調べるためには，糖濃度の異なる塩麹を用いた試験を行う必要があると考える。

今回の官能評価項目にうま味は入れなかったが，自由記述では酵素活性のある塩麹で漬けた肉（試料b）に対して「うま味を感じる」とする複数の指摘があった。食感についての官能評価では酵素1.2％添加試料c②はやわらかさ（①）や，なめらかさ（④）の項目の評価は最も高いが，やわらか過ぎて肉特有の噛み心地を有さない可能性も考えられた。自由記述の評価も加味すると総合的に塩麹試料bが肉としての好ましい食感があると考えられた。さらに塩麹漬け試料bはうま味成分グルタミン酸や，アスパラギン酸などの遊離アミノ酸が増加していた。従って，うま味は，食感に対する好感度とグルタミン酸やアスパラギン酸などのうま味成分が相まって評価されているものと推定される。

8. おわりに

インターネットの料理サイトや麹メーカーのHP[23]記載の肉の調理方法によると，塩麹使用量は肉の重量に対し10％程度が多い。一方で漬け時間については，

肉の部位や厚さによるが室温で数十分から冷蔵庫で数時間および2～3日と条件がさまざまである。塩麹の食肉への利用を考える際，より酵素の反応が進むのは30℃程度だが，食品衛生の観点から肉を長く室温に置くことは好ましくない。最適な使用条件や製造法の科学的検証が今後望まれる。

また，塩麹には食塩の他にグルコースなどの糖類が20％以上含まれるが，これらが肉の呈味と物性へ及ぼす効果については十分な知見が得られていない。さらに，塩麹に漬けた後の肉の組織構造の変化についても今後明らかにしていくべき課題である。肉の骨格筋線維組織構造は格子状に規則正しく並んでいる。肉の組織構造に変化が生じると，わずかな変化であっても筋肉の張力の発生を低下させると考えられており，肉の軟化につながることが知られている[24]。主に熟成期間に生じる肉の軟化につながる変化としては，「Z線の脆弱化」や，筋原線維の筋節の数の減少や筋原線維の長さが短くなるなどの「筋原線維の小片化」といわれる現象，さらに筋原線維タンパク質である「ミオシン，アクチンの相互作用の変化」がある。著者らは，塩麹による肉の組織構造の変化について科学的知見を得るため塩麹に一晩漬けた豚肉の組織構造の変化のレーザー顕微鏡による観察を行っている。

食肉に対する塩麹の酵素の効果の一端が科学的に解明されつつある。今後も塩麹が食材に及ぼす影響の研究が進むことで，前述の課題とともに塩麹の効果について新たな知見が得られることを期待したい。

〈実践女子大学 生活科学部〉

参考文献

1) おのみさ；「麹のレシピ」，池田書店，p.52（2011）
2) 哥亜紀，山本直子，大内和美；塩麹に漬けた鶏肉の官能評価，日本調理科学会平成26年度大会研究発表要旨集，**26**（0），180（2014）
3) 前橋健二；塩麹が教える麹菌の酵素力とその効果，温故知新，**51**，80-88（2014）
4) 阿部真紀，小針清子，秋田修；市販塩麹製品と自家製塩麹の酵素活性比較，実践女子大学紀要，**50**，171-176（2013）
5) 前橋健二，大戸亜梨花，山本達彦，浅利妙峰，柏木豊；塩麹製造時での熟成温度が残存酵素活性に及ぼす影響，日本食品科学工学会誌，**62**，290-296（2015）
6) 圓口智子，湯川夏子，中西洋子；食肉タンパク質に対する塩麹の影響，日本調理科学会平成26年度大会研究発表要旨集 **26**（0），179（2014）
7) 植田和美，渡邊幾子；市販塩麹の利用効果，四国大学紀要，（B）**39**，39-45（2014）
8) 三橋富子，田島真理子；塩麹が肉に与える軟化および呈味物質への影響，日本家政学会研究発表要旨集，**67**（0），18（2015）
9) 田島真理子，三橋富子；塩麹による肉の軟化，日本家政科学会発表論文要旨集，**27**（0）172（2015）
10) 松本美鈴；塩麹による牛もも肉の軟化効果，日本家政学会研究発表要旨集 **68**（0），105，（2016）
11) 阿部真紀，澤山茂，秋田修；塩麹漬けが豚ロース肉の調理性に及ぼす影響，日本調理科学会誌，**50**，3，142-150（2018）
12) 圓口智子，湯川夏子，中西洋子；自家製塩麹のカゼイン分解活性，日本調理科学会誌，**49**，166-171（2016）
13) 長谷川摂，船越吾郎；食塩と温度が塩麹の品質に及ぼす影響，あいち産業科学技術総合センター研究報告，**5**，108-111（2016）
14) 近藤君夫，戸井田仁一，蟻川幸彦；食肉の遊離アミノ酸，長野県工業技術総合センター食品技術部門研究報告，**33**，36-44（2005）
15) 沖谷明紘編；「肉の科学」，朝倉書店，p.59-87，p.112-127（1996）
16) 河合美佐子；味を決めるアミノ酸，生物工学基礎講座，生物工学，**89**，679-681（2011）
17) 鮫島邦彦，崔一信，石下真人，早川忠昭；アクチニジン（キウイフルーツタンパク質分解酵素）による筋肉構成タンパク質の分解，日本食品工業学会誌，**38**，817-821（1991）
18) 入江正和；日本食品低温貯蔵学会誌，総説，食肉の品質評価，**22**，103-107（1996）
19) 松隈美紀，高橋誠，藤田守，松隈紀生，藤田修二，和田浩二；鶏肉のテクスチャーおよび嗜好性に及ぼすパパイン処理の影響，日本食品保蔵学会誌，**39**，3-7（2013）
20) 財団法人日本食肉消費総合センター；「食肉官能評価ガイドライン」，独立行政法人家畜改良センター，p.132-150（2005）
21) 森友彦，川端晶子編；「食品のテクスチャー評

価の標準化」，日本食品科学工学会監修，株式会社光琳，p.77（1997）
22）神山かおる；テクスチャー解析によるおいしさの評価，化学と生物，**47**，133-137（2009）
23）伊勢惣 HP：https://www.isesou.co.jp/mobi/shiokouji.shtml（取得年月日 2018 年 11 月 5 日）
24）細野明義，鈴木敦士；「新農学シリーズ畜産加工＜改定版＞」，朝倉書店，p.60-62（1990）

執筆者紹介（順不同・敬称略）

阿部真紀＜ Maki Abe ＞
昭和 47 年 4 月 8 日生まれ＜勤務先と所在地＞実践女子大学生活科学部食生活科学科　〒 191-8510 東京都日野市大坂上 4-1-1 ＜略歴＞平成 24 年実践女子大学大学院生活科学研究科食物栄養学専攻博士前期（修士）課程修了，平成 25 ～ 28 年 3 月学校法人古屋学園二葉栄養専門学校非常勤講師，平成 26 年～実践女子大学生活科学部非常勤講師，平成 31 年 3 月実践女子大学大学院生活科学研究科博士後期課程修了，博士（食物栄養学）＜抱負＞麹菌を使用した食品の研究を深めたい＜趣味＞旅行，音楽鑑賞

秋田修＜ Osamu Akita ＞
昭和 24 年 12 月 12 日生まれ＜勤務先と所在地＞実践女子大学生活科学部食生活科学科　〒 191-8510 東京都日野市大坂上 4-1-1 ＜略歴＞昭和 50 年東北大学農学研究科農芸化学専攻修士課程修了，同年国税庁醸造試験所，以後関東信越，仙台，東京各国税局鑑定官室勤務，平成 10 年国税庁醸造研究所微生物研究室長，平成 18 年実践女子大学生活科学部食生活科学科教授，現在に至る＜抱負＞若い世代に日本の醸造発酵食品には先人の微生物利用の知恵が凝縮されていることを伝えていきたい＜趣味＞ランニング，山歩き，テレビでのスポーツ観戦

田村源太郎＜ Gentaro Tamura ＞
昭和 40 年 2 月 26 日生まれ＜勤務先と所在地＞久米桜麦酒株式会社（久米櫻酒造有限会社）〒 689-4108 鳥取県西伯郡伯耆町丸山 1740-30（鳥取県西伯郡伯耆町丸山 1740-50）＜略歴＞昭和 63 年 3 月成蹊大学経済学部経営学科卒業，同年 4 月協和発酵工業株式会社入社，平成 7 年 1 月協和発酵工業株式会社退社，同年 2 月久米櫻酒造有限会社入社，平成 8 年 4 月久米桜麦酒株式会社設立，取締役社長就任，平成 21 年 5 月久米桜麦酒株式会社代表取締役社長就任，平成 22 年 6 月 JBA（全国地ビール醸造者協議会）副会長就任，平成 30 年 5 月 JBA（全国地ビール醸造者協議会）会長就任＜抱負＞クラフト・サケ文化の創造＜趣味＞ハシゴ酒

井部明広＜ Akihiro Ibe ＞
昭和 26 年 3 月 8 日生まれ＜勤務先と所在地＞実践女子大学，〒 191-8510 東京都日野市大坂上 4-1-1 ＜略歴＞昭和 49 年東京薬科大学卒業，同年 4 月東京都立衛生研究所（現・東京都健康安全研究センター），平成 23 年 3 月食品化学部長・退職，同年 4 月実践女子大学教授，現在に至る＜抱負＞学生にはもちろん，社会に食品の安全とは何かを知らしめたい＜趣味＞合唱，散歩（陸，海，空）

栗林喬＜ Takashi Kuribayashi ＞
昭和 53 年 11 月 18 日生まれ＜勤務先と所在地＞新潟県醸造試験場　〒 951-8121 新潟市中央区水道町 2-5932-133 ＜略歴＞平成 11 年長岡工業高等専門学校物質工学科卒，平成 13 年新潟大学農学部応用生物化学科卒，平成 15 年新潟大学大学院自然科学研究科生体機能専攻修了（指導教官：城斗志夫教授），同年新潟県醸造試験場入庁，平成 24 年広島大学大学院先端物質工学科分子生命機能科学専攻修了（平田大教授），博士（理学），現在に至る＜抱負＞おいしさと安心・安全に貢献できる清酒製造技術の開発＜趣味＞ランニング，将棋