

フード ケミカル

月刊

食品のおいしさと安心を科学する技術情報誌
A Technical Journal on Food Chemistry & Chemicals.

2018

10

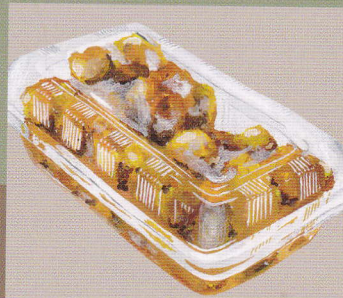
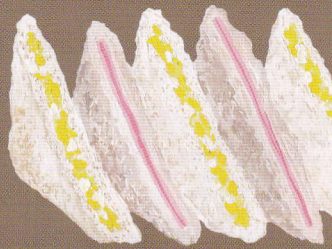
402

特集1

賞味期限延長技術

特集2

食品産業のサステナビリティ



世界の食品・原材料・添加物トピックス③⑧

肉、Seafood そして 乳製品の模倣〈前編〉

味噌床の改良による味噌漬カツオ肉の 品質と健康機能性



山崎歌織 Kaori Yamazaki

鹿児島女子短期大学 生活科学科 准教授

やまざき・かおり

- 略歴 東京家政大学家政学部栄養学科卒業。鹿児島大学大学院連合農学研究科博士課程修了。水産学博士。管理栄養士。
- 専門分野 調理科学, 食文化, 食教育



長尾慶子 Keiko Nagao

東京家政大学大学院 客員教授

ながお・けいこ

- 略歴 お茶の水女子大学食物学科卒業。現在、大学院 人間生活学総合研究科 客員教授。学術博士。
- 主な著書 調理を学ぶ—改訂版(編著)

1. はじめに

カツオはその骨が縄文遺跡から出土しているように¹⁾古来日本人が慣れ親しみ重要な栄養源として食してきた魚である。しかし、他魚種に比べ鮮度低下が著しく、それに伴う魚臭や肉色の暗褐色化が問題点であり、新鮮なうちに刺身やタタキとして食するのが主流である。加工品としてはかつお節としての消費がほとんどで、筆者の住む鹿児島県はかつお節生産量日本一²⁾として知られている。一方でわが国の伝統的な魚食文化として生魚を味噌、粕、醤油などの漬け床中に漬込む調理法があるが、鹿児島では生カツオ肉を味噌漬けして食す習慣はみられない。そこで、われわれはカツオの問題点である鮮度低下や魚臭を抑えおいしく食す方法として、鹿児島特産の麦味噌を用いた味噌漬カツオの調製方法を検討してきた。その過程で、味噌の発酵・熟成中に生成されるペプチドやアミノ酸、褐色物質メラノイジンの抗酸化性により、魚肉の脂質酸化が著しく抑制された³⁾。さらに、麦味噌とカツオで調製した製品のテクスチャーの変化や味噌中成分の魚肉への移行現象を追究し、生とは異なる独特の風味や食感の変化ならびに保存期間の延長に有効である^{4,5)}こともわかってきた。次に、カツオ肉タンパク質の分解による軟化や消臭・香りの付与と健康機能性を期待して味噌床の改良を検討した。すなわち、生姜の添加量と漬込み期間を変えた味噌漬カツオ肉の抗酸化能や色、香り、

テクスチャーの変化についての各種測定を行い、品質に及ぼす影響を比較検討した⁶⁾。得られた知見を紹介する。

2. 実験方法

1) 実験材料

- ① カツオ：五枚卸しにした背側ロインの凍結品(枕崎市漁業協同組合：南太平洋産1本釣り・船上凍結カツオ；約500 g)を入手後、直ちに-20℃で冷凍保存した。
- ② 味噌：鹿児島特産麦味噌(キンコー醤油製：水分約46%，塩分10.5%，pH約5.0)
- ③ 生姜：鹿児島県産生姜

2) 試料調製

(1) 各種カツオ肉試料の調製

凍結カツオは、5℃冷蔵庫内で中心部温度-2℃になるまで解凍後、筋繊維に垂直に切断し、厚さ1.5 cm、重量20 gの薄片に調製(対照の「無処理カツオ肉」)した。このカツオ肉と同重量の味噌で周囲を覆い「味噌漬カツオ肉」とした。さらに上記漬味噌の10および20 wt %の皮つきおろし生姜を味噌に添加・混合後、カツオ肉の周囲を覆い「生姜添加味噌漬カツオ肉」とした。上記各カツオ肉は食品包装用ラップフィルムで一切ずつ包み5℃冷蔵庫内で30日間保存した。実験の都度カツオ肉周囲の漬味噌を外し、「漬味噌」試料、味噌漬生カツオ肉試料、ならびに生姜添加味噌漬生カツオ肉試料とし各実験に供した。

また、咀嚼時の口触り(テクスチャー)を比較するために、コンベクションオープン

(RCK10E-10, リンナイ製) で 200 °C 5 分間加熱した。

(2) 一般生菌数および低温細菌数の測定

一般生菌はパールコア標準寒天培地(栄研化学製)を用い、混積平板法で 35 °C 48 時間培養後生菌数を数えた。低温細菌数は 5 °C 10 日間培養後カツオ肉 1g 当たりで示した。

(3) 漬込み期間を変えた試料の官能評価

上記(1)カツオ肉は、加熱後直ちに 5 段階評点法と順位法で品質評価した。5 段階評点法では漬込み 3 日カツオ肉を基準とし、軟らかさ、ほぐれやすさ、噛切りやすさ、味の好ましさ、香りの好ましさ、総合的な好ましさの 6 項目につき、-2 ~ +2 の 5 段階評価し平均値を求めた。順位法では、好ましいと思うカツオ肉から順位づけし順位合計で示した。5 段階評点法は 2 元配置の分散分析法で判定した。順位法は MacFarlane の検定表で判定した。パネルは、鹿児島女子短期大学食物栄養学専攻の教職員(20 ~ 60 歳代) 14 ~ 16 人とした。

(4) 顕微鏡観察

各カツオ肉は、常法に従いホルマリン固定しパラフィン切片を作成した。それら切片をヘマトキシリン・エオジン染色後、光学顕微鏡で骨格筋組織を観察した。

(5) 遊離アミノ酸およびヒスタミンの定量

遊離アミノ酸は、遊離アミノ酸抽出法に準じて高速液体クロマトグラフ法で測定した。成分分析は、JA 鹿児島県経済連に依頼した。遊離ヒスチジンの分析はアミノ酸自動分析法で行い、ヒスタミンの分析は高速液体クロマトグラフによる定量(一部変法)に準じて行った。遊離ヒスチジンとヒスタミンの成分分析は、日本食品分析センターに依頼した。

(6) 抗酸化能の測定

① 抗酸化測定用試料の調製：生カツオ肉を

凍結乾燥後粉碎し、おのおの 0.2 g に超純水と 80 v/v% エタノール溶液 20 mL をそれぞれ加え、それらの抽出液を測定に供した。

② 化学発光法による測定：上記各抽出液を用いて、化学発光法(ケミルミネッセンス法)により活性酸素ペルオキシラジカルの捕捉活性を求めた。ルミテスター(キッコーマン C-100)を使用し、原液を順次希釈した液を測定し、コントロールのリン酸緩衝液の発光値を 1/2 にする最終濃度を IC₅₀ 値とした。ゆえに、IC₅₀ 値が小であるほど捕捉活性(抗酸化能)が大であることの評価となる。

(7) テクスチャーの測定

クリープメータ(山電, RE-3305)を用いて、各試料の硬さ、凝集性、および付着性を測定した。カツオ肉は、プランジャーが筋節間を貫入するように置き、生カツオ肉は、30 分間室温(約 25 °C)に放置後、内部温度が一定になってから測定した。加熱カツオ肉も、加熱後 30 分間室温で放冷後に測定した。

3. 結果および考察

1) 一般生菌数および低温細菌数の変化

味噌漬カツオ肉の保存 30 日の可食状況を、一般生菌数および低温細菌数の測定結果から判定した。本稿では詳細なデータを割愛するが、カツオ肉は味噌漬 30 日でも生菌数の増加は認められなかった。魚介類には低温細菌の存在が知られており、通常冷蔵庫で保存する。今回低温細菌の増殖はほとんど認められず、味噌漬によりカツオ肉の保存効果が顕著に高くなることが明らかとなった。従って、一般生菌数および低温細菌数から、味噌漬カツオ肉の可食保存期間は 30 日まで延長可能であることが確認された。

「温故知新プロジェクト」は生活科学研究所藤井建夫元所長の提案による総合研究プロジェクトで、これまでに42課題の研究が行われています。

表1 味噌漬保存期間による加熱カツオ肉の官能評価

評価項目	保存期間(日)	グループ①			グループ②		
		3	7	10	3	20	30
軟らかさの好ましさ		41	32	23**a	41	22**c	21**c
ほぐれやすさの好ましさ		37	36	23*a	40	26*c	18**c
噛切りやすさの好ましさ		34	30	26	40	23**c	21**c
味の好ましさ		31	35	30	26	28	32
香りの好ましさ		40	34	22**a	22	30	32
総合的な好ましさ		37	37	22*b	31	24	28

検査：順位法(順位合計) MacFarlaneの検定表で判定 パネル数14～16
 **: 1%, *: 5%危険率で有意差有 a: 味噌漬3日と10日との間に有意差有
 b: 味噌漬3日および7日と10日との間に有意差有 c: 味噌漬3日と20日および30日との間に有意差有

2) 味噌漬期間の違いによる官能評価

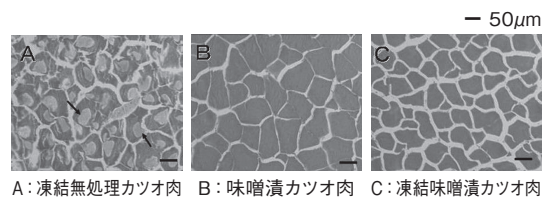
味噌漬肉の最適保存期間を、加熱した味噌漬カツオ肉の官能評価から検討した。順位法による結果(表1), グループ①では軟らかさ, ほぐれやすさ, 香り, および総合的な好ましさで味噌漬10日カツオ肉が有意に好まれた。総合的な好ましさにおいては, 味噌漬3日および7日と10日のカツオ肉間で危険率5%の有意差があり, 味噌漬10日のカツオ肉が最も好まれた。グループ②では, 軟らかさ, ほぐれやすさ, 噛切りやすさの好ましさにおいて, 味噌漬3日より漬込み期間の長い20日および30日のカツオ肉が有意に好まれた。

以上総合的に判断すると, 10日から30日の味噌漬保存によりカツオ肉は軟らかくほぐれやすくなり, 衛生面のみならず食味においても食用可能であった。総合的な好ましさの評価では, 香りが好まれた味噌漬10日が最も好まれる傾向にあり, テクスチャー(物理的要素)に加え, 香りの好ましさ(化学的要素)の評価が大きく影響することが示唆された。従って, 今回の条件でのカツオ肉の最適味噌漬保存期間は10日と結論づけた。

3) 骨格筋細胞の顕微鏡観察結果

官能評価で最も好まれた味噌漬10日のカツオ肉の保存期間をさらに延長させる目的で, 味噌漬10日後に周囲の味噌を除去後凍結保存したカツオ肉の骨格筋組織を観察した。

図1Aの無処理カツオ肉は骨格筋細胞の形態が崩れ, 矢印で示したように染色の薄い部分(筋線)が各細胞に認められた。一方, 図1Bの味噌漬カツオ肉は基本的な骨格筋細胞の形態が良好に保持されていた。また凍結保存した味噌漬カツオ肉(図1C)は, 凍結なし味噌漬カツオ肉(図1B)と同様に骨格筋細胞の形態はほぼ良好に保持されていた。カツオ肉の凍結は, 家庭用冷凍庫を想定し-20℃で行ったため凍結速度が緩慢であった。特に無処理カツオ肉は自由水量が多く, 凍結時に細胞内外に氷結晶を生成しやすい環境にあった。図1Aの矢印部分は氷結晶が成長した形跡によるものと考えられた。一方, 凍結味噌漬カツオ肉は氷結晶の形跡が認められず, 骨格筋細胞の形状が良好に保持されていた。これは, 味噌とカツオ肉の浸透圧の差により自由水の一部が脱水され, 細胞内に食塩が浸透し氷結晶を生成しにくい環境であったためと推測された。しかし細胞間隙が大きいことから, 細胞外に水分が移動し細胞の収縮が起きていることが推定された。



A: 凍結無処理カツオ肉 B: 味噌漬カツオ肉 C: 凍結味噌漬カツオ肉

図1 保存法による生カツオ肉の骨格筋細胞

以上から、カツオ肉を無処理の状態です凍結保存するより、最もおいしいとされた味噌漬10日後に周囲の味噌を除去し凍結保存すると、カツオ肉の骨格筋細胞の形態変化が少ないことが明らかになり、味噌漬カツオ肉の凍結保存が可能であることが示唆された。

4) 遊離アミノ酸量の変化

味噌漬保存期間中の漬味噌ならびにカツオ肉の遊離アミノ酸量の変化(表2)から、スレオニンや筋肉タンパク質に多い分枝アミノ酸のバリン、イソロイシン、ロイシンおよび芳香族アミノ酸のフェニルアラニンは、味噌漬10日後の漬味噌およびカツオ肉において増加し、20日後にやや減少、30日後に再び増加する傾向が認められた。これら遊離アミノ酸量の変動は、味噌中に多い遊離アミノ酸が味噌漬10日で急激にカツオ肉へ移行し、その後30日で両者の遊離アミノ酸量は平衡状態に達する傾向が観察された。

うま味を呈する酸性アミノ酸のグルタミン酸は、元来味噌に多く含まれるアミノ酸で、味噌漬10日で漬味噌の遊離グルタミン酸量は急激に減少し、カツオ肉では増加した。これは、漬味噌中の遊離グルタミン酸がカツオ肉へ移行したためと推測された。さらに、味噌漬20、30日に両者の遊離グルタミン酸量は増加し、味噌漬30日で漬味噌とカツオ肉

の遊離グルタミン酸量が平衡状態になった。このように味噌漬カツオ肉中の遊離グルタミン酸が増加する現象は、味噌漬製品のおいしさに大いに影響していることが示唆された。

一方赤身魚肉に多い遊離ヒスチジンは、無処理カツオ肉に顕著に多かった。味噌漬けにより、カツオ肉の遊離ヒスチジン量は10日で急激に減少し、漬味噌中の遊離ヒスチジン量が顕著に増加した。この現象から、カツオ肉中の遊離ヒスチジンが漬味噌へ移行することが明らかになった。ヒスチジンは、必須アミノ酸として重要なアミノ酸であるが、ヒスチジンドカルボキシラーゼにより脱炭酸されヒスタミンへ変換される。このヒスタミンは血管収縮性物質であり、アレルギー疾患者にとってはアレルギー症状を悪化させる可能性が危惧された。そこで、漬味噌ならびにカツオ肉中の遊離ヒスチジンとヒスタミン量を定量した結果、味噌漬カツオ肉のヒスタミン量はまったく増加せず、ごく少量検出されたヒスタミンは、元の味噌のヒスタミンが移行したものと考えられた。よって、味噌漬30日のカツオ肉ではヒスチジンからヒスタミンへ変換されないことが明らかとなった。

5) 生姜添加味噌漬カツオ肉の抗酸化能

味噌床の改良効果を期待して、生姜の添加量(%)と漬込み期間を変えた味噌漬生カツ

表2 味噌漬保存期間による漬味噌および味噌漬カツオ肉中の遊離アミノ酸量の変化

保存期間(日)	漬味噌 (mg/100g)				味噌漬カツオ肉 (mg/100g)				総量(漬味噌+味噌漬カツオ肉) (mg/200g)				
	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30	
必須アミノ酸	Thr	25.8	31.9	27.2	35.0	N.D	23.5	23.2	35.8	25.8	55.4	50.4	70.8
	Val	34.8	40.8	26.8	36.1	5.4	32.2	25.2	36.0	40.2	73.0	52.0	72.1
	Met	15.8	18.6	16.9	25.0	4.8	15.7	16.2	25.2	20.6	34.3	33.1	50.2
	Ile	33.3	33.8	25.1	34.3	2.6	29.7	24.4	35.4	35.9	63.5	49.5	69.7
	Leu	62.5	64.5	46.5	64.7	4.1	54.3	43.3	67.8	66.6	118.8	89.8	132.5
	Phe	35.9	39.9	25.7	36.9	2.3	32.9	25.0	36.4	38.2	72.8	50.7	73.3
	Lys	26.2	28.8	21.8	33.8	7.0	18.5	20.0	35.2	33.2	47.3	41.8	69.0
	His	12.9	188.0	222.5	235.5	1026.0	157.6	185.6	250.4	1038.9	345.6	408.1	485.9
Glu	112.7	52.1	96.9	126.3	5.1	35.6	59.7	113.0	117.8	87.7	156.6	239.3	

N.D 検出せず

「温故知新プロジェクト」は生活科学全般にかかわる総合研究プロジェクトですが、本誌では食のテーマについて取り上げています。

表3 生姜添加%別味噌漬生カツオ肉の漬込み期間による抗酸化能の変化

(1) 水抽出 IC₅₀値 (%) (±S.D.) n=3

漬込み期間 (日)	0 (無処理)	3	7	10	20
生姜0%	0.99 ± 0.10 ^{A,a}	0.77 ± 0.10 ^{A,C,a}	0.66 ± 0.06 ^{C,D,a}	0.41 ± 0.04 ^{D,a}	0.50 ± 0.14 ^{D,a}
生姜10%	0.99 ± 0.10 ^{A,a}	0.77 ± 0.17 ^{A,B,a}	0.51 ± 0.05 ^{C,a}	0.26 ± 0.05 ^{C,a}	0.26 ± 0.09 ^{C,a,b}
生姜20%	0.99 ± 0.10 ^{A,a}	0.45 ± 0.03 ^{B,b}	0.41 ± 0.07 ^{B,a}	0.26 ± 0.03 ^{B,a}	0.21 ± 0.07 ^{B,b}

※各生姜添加量別試料の漬込み期間の間において異符号間 (大文字アルファベット) に有意差あり ($p < 0.05$)

※各漬込み期間の生姜添加量別試料間において異符号間 (小文字アルファベット) に有意差あり ($p < 0.05$)

(2) 80%エタノール抽出 IC₅₀値 (%) (±S.D.) n=3

漬込み期間 (日)	0 (無処理)	3	7	10	20
生姜0%	12.64 ± 4.56 ^A	3.09 ± 1.71 ^B	1.93 ± 0.23 ^B	1.75 ± 0.06 ^B	1.56 ± 0.32 ^B
生姜10%	12.64 ± 4.56 ^A	2.67 ± 0.57 ^B	1.52 ± 0.05 ^B	1.23 ± 0.22 ^B	1.19 ± 0.24 ^B
生姜20%	12.64 ± 4.56 ^A	2.14 ± 0.57 ^B	1.32 ± 0.24 ^B	1.43 ± 0.41 ^B	0.99 ± 0.15 ^B

※各生姜添加量別試料の漬込み期間の間において異符号間 (大文字アルファベット) に有意差あり ($p < 0.05$)

※各漬込み期間の生姜添加量別試料間においてはいずれも有意差なし

カツオ肉の抗酸化能を測定した(表3)。水抽出法による活性酸素ペルオキシラジカルの捕捉活性は、0日(無処理:対照)カツオ肉のIC₅₀値が平均0.99(%、以下単位省略)であり、ペルオキシラジカル捕捉活性を有する水溶性抗酸化物がカツオ肉に存在することを示している。カツオは必須アミノ酸のヒスチジンを多く含み、L-ヒスチジンとβ-アラニンが結合したジペプチドのアンセリンやカルノシンが多く⁷⁾、その影響からペルオキシラジカル捕捉活性が高くなると推察される。漬込み3日で生姜0%(無添加)および生姜10%添加味噌漬カツオ肉のIC₅₀値は同じ0.77であったが、生姜20%添加味噌漬カツオ肉のIC₅₀値では0.45に低下(すなわち抗酸化能が上昇)した。その後IC₅₀値は漬込み10日まで低下(さらに抗酸化能が上昇)した。生姜10%ならびに20%添加の味噌漬カツオ肉のIC₅₀値は、漬込み10日で生姜添加量の多少に関わらず同値になり、漬込み20日まで両者の変動は類似していた。以上より、生姜20%添加味噌漬カツオ肉の抗酸化能が最も高く、次いで生姜10%、生姜0%の順であった。この抗酸化能の上昇は、味噌および生姜中の抗酸化成分が3日でカツオ肉へ移行したものと

考えられる。すなわち、味噌および生姜中に抗酸化力を持つ水溶性物質の存在が推察された。特に、生姜無添加に比べ生姜添加味噌漬カツオ肉のIC₅₀値が低下(抗酸化能が上昇)する現象から、味噌成分とは異なる水溶性抗酸化成分が生姜中に存在すると推測された。また、漬込み期間につれて抗酸化能が高まる傾向にあることも明らかとなった。

次に、80%エタノールによる漬込み期間別ペルオキシラジカル捕捉活性は、無処理カツオ肉の水抽出試料と比較して1/10以下となり、カツオ肉中の脂溶性抗酸化成分が少ないことが推察された。しかし、漬込み3日で、生姜0%(無添加)、生姜10%、および生姜20%添加の味噌漬カツオ肉のIC₅₀値はそれぞれ急激に低下(捕捉活性が上昇)し、その後平衡状態となった。これは、漬込み3日で味噌床に含まれる脂溶性抗酸化成分がカツオ肉に移行したと考えられる。漬込み期間が7、10、20日と長くなってもIC₅₀値の差が些少であることから、脂溶性抗酸化成分は味噌中に存在しているのではないかと推察された。

味噌に含まれる大豆イソフラボン抗酸化作用があることがよく知られており、70%アルコールに溶解するとの報告もある。鹿児

島産麦味噌において、大豆イソフラボンのダイジン、ダイゼイン、ゲニスチン、およびゲニステインが検出された⁸⁾が、カツオ肉にはこれらの大豆イソフラボンは検出されなかったこと、および味噌漬10日カツオ肉には大豆イソフラボンのダイジンとゲニスチンが検出された⁸⁾ことから、麦味噌中の大豆イソフラボンのダイジンとゲニスチンは、漬込み3日以降のカツオ肉に移行し、抗酸化作用に関与した可能性が高いと考えられる。

以上、カツオ肉、味噌、および生姜中のいずれにも活性酸素のペルオキシラジカルを捕捉する抗酸化成分の存在が明らかになった。

6) テクスチャーの変化

誌面の都合上測定データの表は割愛したが、味噌床の生姜添加量を変えた場合の味噌漬生カツオ肉および加熱カツオ肉のテクスチャー試験で以下の変化が観察された。生姜0%（無添加）生カツオ肉の硬さは無処理肉に比べ漬込み7日まで有意に上昇し、10日で硬さが低下し始め、20日には7日よりも有意に軟らかくなった。生姜添加味噌漬カツオ肉も同様の傾向を示したが、生姜無添加肉に比較し、生姜添加量の増加に伴い硬さが低下（すなわち軟化）する傾向にあり、生姜20%添加で味噌漬20日カツオ肉が有意に軟化した。これは、生姜中成分がカツオ肉に浸透した結果ではないかと考えられた。生カツオ肉の凝集性では、生姜0%（無添加）、生姜10%、および生姜20%添加の味噌漬カツオ肉の値が有意に上昇し、漬込み20日で最も高値となり、カツオ肉の内部結合力が高まったことが推察された。付着性では、漬込み3日以降で2～3倍に上昇し、粘着性の強いねっとりとした状態になった。

一方加熱したカツオ肉では、漬込み20日が生姜無添加および生姜添加味噌漬カツオ肉

のいずれも凝集性が最も低値となった。味噌漬けにすることで加熱カツオ肉の付着性は上昇するが、漬込み7日以降で低下する傾向がみられ、漬込み20日が最も低値となった。

以上、生および加熱カツオ肉の硬さの変化は同様の傾向を示したが、凝集性や付着性に関しては、加熱により生とは異なる挙動を示すことが明らかとなった。

4. おわりに

味噌漬処理により、カツオ肉の骨格筋組織は良好に保持され保存効果が高まることが明らかになった。官能評価では、味噌漬10日の製品が最も好まれた。また、おいしさに関与するグルタミン酸や味噌中に多く含まれる遊離アミノ酸が、味噌漬処理中に味噌床からカツオ肉へ移行する現象も認められた。さらに、生姜添加の味噌床で保存したカツオ肉の抗酸化能やテクスチャーの変化も明らかとなり、生姜添加の有用性が確認できた。

今後は味噌漬カツオ肉製品の機能性の向上と嗜好性を高める調製方法を提案し、鹿児島特産のカツオの利用拡大につなげていきたい。

本稿は筆者山崎の研究をまとめたものである。詳細は以下の文献を参照されたい。

参 考 文 献

- 1) 岡田哲(編):『たべもの起源辞典』, 102(東京堂出版, 2004)
- 2) 農林水産省大臣官房統計部「農林水産統計」(2016)
- 3) 山崎歌織ら:日本調理科学会誌, **30**, 122-126(1997)
- 4) 山崎歌織ら:日本調理科学会誌, **38**, 473-479(2005)
- 5) 山崎歌織ら:日本調理科学会誌, **41**, 189-195(2008)
- 6) 山崎歌織ら:日本調理科学会誌, **51**, 97-104(2018)
- 7) 西塔正孝ら:女子栄養大学紀要, **35**, 57-59(2004)
- 8) 山崎歌織:平成20年度博士論文, 国立大学法人鹿児島大学大学院(2009)