

3種のイカ肉の加熱によるテクスチャー変化

香川実恵子, 木村早智*, 松本美鈴**, 畑江敬子*

(愛媛県立松山南高等学校, * お茶の水女子大学生生活科学部, ** 青山学院女子短期大学)

原稿受付平成12年3月3日; 原稿受理平成12年8月22日

Textural Changes in Three Varieties of Squid by Cooking

Mieko KAGAWA, Sachi KIMURA,* Misuzu MATSUMOTO** and Keiko HATAE*

Matsuyama Minami Senior High School, Matsuyama 790-8506

** School of Human Life and Environmental Science, Ochanomizu University,
Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610*

*** Aoyama Gakuin Women's Junior College, Shibuya-ku, Tokyo 150-8366*

The texture of raw and boiled for 0.5-60 min oval squid, Japanese common squid and arrow squid was examined by a sensory evaluation and rheological measurements. The sensory evaluation showed that a cooking time of 2-5 min for oval squid, 1-5 min for Japanese common squid and 1 min for arrow squid resulted in the toughest and stickiest cooked samples. These cooking times match the time at which the middle of the squid muscle reached 80°C. Each squid sample first became firm and was then softened by cooking. The speed of becoming tough and then tender was fastest with the arrow squid. The Japanese common squid started to soften later than the arrow squid, although almost the same degree of softening was reached in these two samples after 30 min of cooking. The speed of softening after becoming tough was slowest with the oval squid sample.

(Received March 3, 2000; Accepted in revised form August 22, 2000)

Keywords: squid イカ, texture テクスチャー, sensory evaluation 官能検査, rheological measurement 物性測定, cooking 加熱.

1. 緒 言

一般に料理書では、イカ肉は加熱によりその歯ごたえが硬くなるといわれており¹⁾、短時間加熱が好ましいとされている。これまで、スルメイカを加熱するとイカ肉は硬化するという報告がある²⁾³⁾一方で、アメリカケンサキイカ⁴⁾、アルゼンチンマツイカ⁵⁾の物性測定では逆に加熱イカの軟化が報告されている。さらに、Kugino and Kugino⁶⁾は、アオリイカを30分まで加熱して剪断試験を行い、加熱により組織が軟化すること、そして軟化には異方向性がみられることを報告している。安藤⁷⁾はモンゴウイカを60分間沸騰水中で加熱し、加熱により剪断力が低下すること、その低下は加熱直後の測定値の方が放冷後の値よりも著しいことを報告している。また、Otwell and Hamann⁸⁾は、ケンサキイカ⁸⁾を用いて物性測定および官能検査を行い、加熱時間を延長するほど軟化が進んだと報告している。

一般にいわれている歯ごたえと、これらの物性測定

値が異なる原因としては、イカの種類による差異、加熱条件の違い、物性測定の条件の違い、従来いわれている人間の感覚の信憑性などが考えられるが、未だ明らかにされていない。これまでに、異なる種類、異なる加熱条件のイカを用い、物性測定および官能検査を同時に行った報告はほとんどない。したがって、加熱条件の異なる数種のイカ肉が、人間の食感にどのように異なって感じられるかについて未知の部分が多い。

加熱の程度によるイカ肉の食感の変化と物性測定値との関連を明らかにすることは、イカ肉の最適な調理条件を決定する上でも重要である。しかし、イカの種類により、体長、肉厚が大きく異なるため、同一条件で加熱した場合でも、イカ肉内部の温度変化は異なるものと推測される。加熱イカ肉のテクスチャーに関するこれまでの研究は、加熱時間のみを報告したものが多く、イカ肉の内部の温度履歴に注意を払った実験はほとんどない。

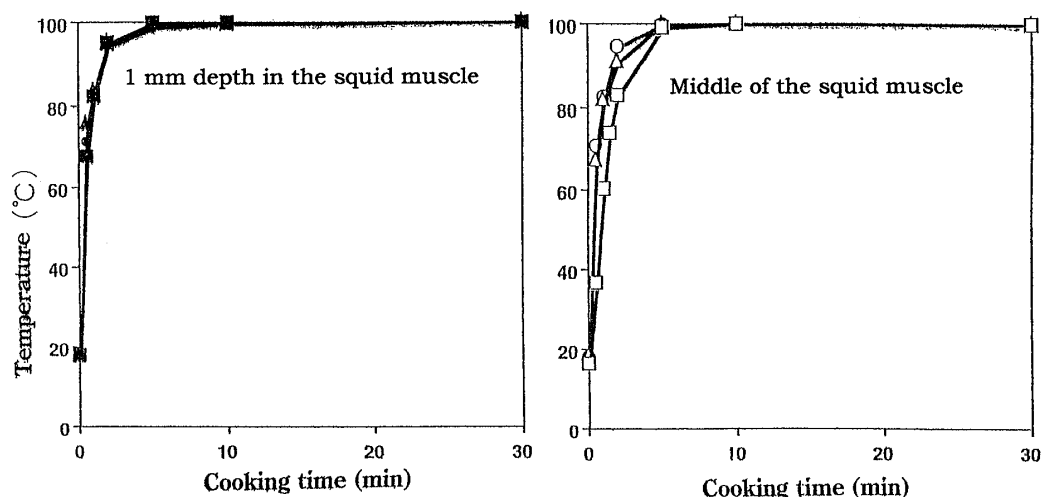


Fig. 1. Temperature changes in squid muscle while boiling in water

■ and □, oval squid; ▲ and △, Japanese common squid; ● and ○, arrow squid.

一方、人間が感じる種々の食感を1種類の物性測定のみで説明するのは困難であると考えられるが、これまでの研究は、1種類の物性測定のみで軟化について論じたものがほとんどである。より多角的な物性測定を行い、人間が感じる数々の食感をより正確に把握し表すための測定条件を確立する必要がある。

そこで、本研究では、3種のイカの加熱過程におけるテクスチャー変化について、官能検査および数種類の物性測定を同時に行い、その関係を調べることを目的とした。

2. 実験方法

(1) 試料および試料調製

試料として、アオリイカ *Sepioteuthis lessoniana* (胴長 26 ± 2 cm, 重量 817 ± 70 g, 図表中 oval squid とする), スルメイカ *Todarodes pacificus* (胴長 28 ± 3 cm, 重量 295 ± 44 g, 図表中 Japanese common squid とする), ヤリイカ *Heterololigo bleekeri* (胴長 23 ± 3 cm, 重量 295 ± 59 g, 図表中 arrow squid とする) を用いた。いずれも成体のイカと推定される。イカは即殺直後、手で容易に剥ける表皮の第1, 2層を取り除いた胴肉部を実験に用いた。胴肉は5 cm 角に整形し、糸で宙づりにした状態で沸騰した湯に浸け、スルメイカおよびヤリイカは最長30分間まで、肉厚の厚いアオリイカは1時間まで加熱した。

加熱後、水分蒸発を防ぐためにポリエチレンフィルムで包み、25°Cの恒温槽中で放冷した後、物性測定および官能検査に用いた。

なお、加熱時のイカ肉の温度変化を知るため、中心

部分と表皮から1 mmのところに長さ約5 cmの銅・コンスタンタン熱電対を差し込み、沸騰水中にイカ肉を投入し、ペンレコーダー ADVANTEST MULTI-CHANNEL DIGITAL RECORDER TR 2724 を用いて肉の温度履歴を記録した。

(2) 官能検査

加熱した表皮第3, 4層を含む胴肉を体軸方向に約3 mm, 体軸垂直方向に約5 cmにスライスして用いた。パネリストは加熱時間の異なる2種類のイカ肉を食し、一方のイカを対照の0点とし、もう一方を-3~+3の7段階の尺度を用いた2点識別および嗜好試験変法により比較した。比較する試料のうちの一方は、試料内部の温度が80°Cに達した加熱時間のものとし、Fig. 1に示す温度変化の測定結果により決定した。すなわち、スルメイカおよびヤリイカでは1分間加熱、アオリイカでは2分間加熱のものを対照として、他の加熱時間のイカ肉を評価した。評価項目は、硬さ、歯切れ、弾力性、テクスチャーの好ましさとした。パネリストは官能検査に熟練したお茶の水女子大学調理学研究室員15名より構成した。なお、得られた結果はt検定により分析した。

(3) 物性測定

物性測定用試料として、表皮第3, 4層を含むイカ肉と、加熱放冷後、この3, 4層をマイクロトームの刃を用いて除いた筋肉のみのものの2種類を用いた。測定項目および測定条件は以下の通りである。なお物性測定は、それぞれ3個体ずつ行い、平均を得た。

1) 針入度

針入度試験器 (三田村理研工業: Cat. No. 22-95)

3種のイカ肉の加熱によるテクスチャー変化

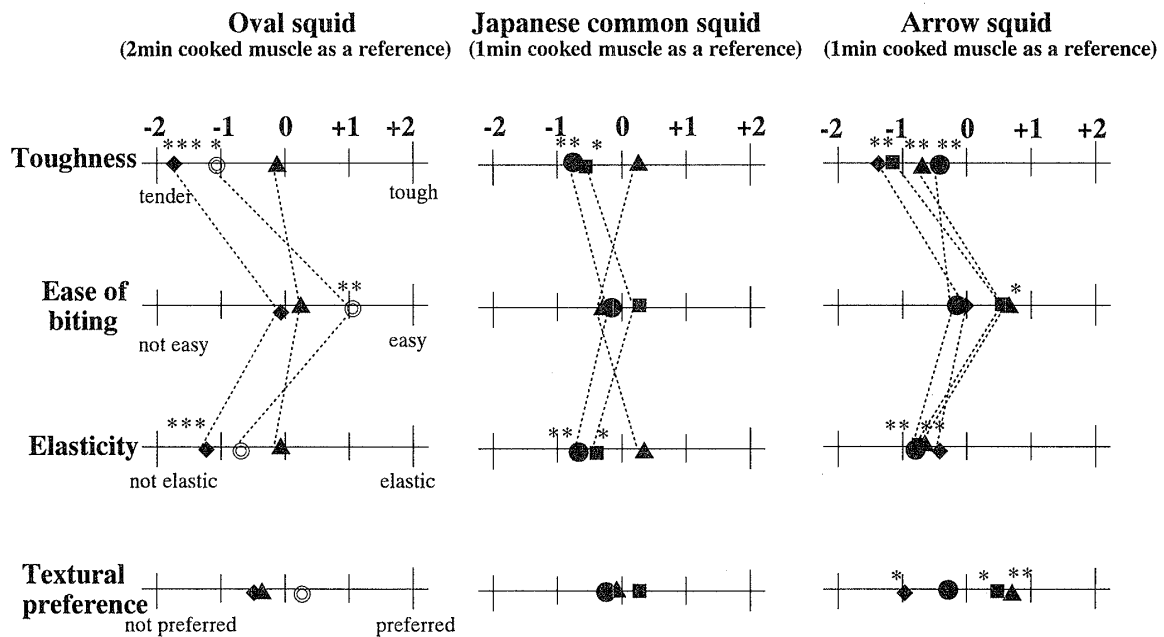


Fig. 2. Comparison of the textural differences in the squid samples by sensory evaluation

●, 0.5 min cooking; ○, 1 min cooking; ▲, 5 min cooking; ■, 10 min cooking; ◆, 30 min cooking.

を用い、先端のとがった直径 1 mm、重さ 8.5 g の No. 4 の針が 3 秒間に針入した深さを読みとった。

2) 硬さ・凝集性

表皮第 3, 4 層を含む肉、および表皮をすべて除いた肉を、5 × 5 × 5 mm に成形したものを実験に用いた。測定はテクスチュロメーター（全研：GTX-2 型）を用いて行った。外皮のあった側を上部にして試料を置き、プランジャーはルサイト 18 mm を用い、測定感度 1.0 V/kgf、クリアランス 2 mm、咀嚼回数 2 回の条件で測定を行った。得られたチャートより、硬さは第 1 ピークの高さ、凝集性は第 1 ピーク面積と第 2 ピーク面積の面積比として求めた。

3) 引っ張り応力

レオナー（山電：RE 3305）を用いて、体軸直角方向への引っ張り試験を行った。試料は 1 × 2 mm の断面を持つ長さ約 30 mm の角柱状に、体軸直角方向に細長いサンプルを切り出した。各試料を試料部の長さが 10 mm になるように試験機に固定し、1.0 mm/s の一定引っ張り速度の条件で測定を行った。得られた変位-荷重曲線より破断荷重を読みとり、それを試料断面面積で除した値を引っ張り強度とした。

また、物性の測定値を総合して、種類および加熱条件の異なるイカのテクスチャーの類似性を知るために、主成分分析を行った。分析には、統計処理ソフト「SYSTAT (STATISTICA 社, USA)」を用いた。

3. 結果および考察

(1) 官能検査

官能検査の結果をまとめて Fig. 2 に示す。アオリイカでは、1 分間の加熱は有意に軟らかく、歯切れがよいと評価された。また、2 分間加熱および 5 分間加熱はほぼ同程度の硬さ、弾力性となり、硬化が認められた。したがって、1 分間の加熱では軟らかく、2~5 分間の加熱で硬化し、30 分間加熱すると軟化することが分かる。

スルメイカは、0.5 分間および 10 分間の加熱は 1 分間の加熱より有意に軟らかく、弾力がないと評価されたが、1 分間と 5 分間の加熱の間にはテクスチャー特性に有意の差は見られなかった。すなわち、スルメイカでは 1~5 分間でいったん肉は硬化するが、10 分間では軟化が始まっていることが官能検査により明らかになった。

ヤリイカでは、0.5 分間加熱イカは 1 分間加熱イカより有意に軟らかく、弾力がないと評価された。また、5 分間加熱イカも 1 分間加熱イカより軟らかく、歯切れがよく、弾力性がなく、テクスチャーが好ましいと評価された。したがって、0.5 分間では軟らかく、1 分間の加熱でいったん硬化し、5 分間の加熱では軟化していることが分かる。

3 種のイカで、加熱時間によるテクスチャー変化の傾向が最も異なる項目は、「歯切れ」であり、スルメ

イカでは、加熱時間による有意の差はなく、ヤリイカでは5分間の加熱により有意に歯切れが良くなり、アオリイカでは1分間という短時間加熱で最も歯切れが良く、加熱時間が5分間以上になると逆に歯切れが悪くなった。

(2) 物性変化

1) 針入度

物性測定の結果をまとめて Table 1 に示す。針入度については、皮なしの胴肉部では、いずれのイカにおいても、加熱するといったん硬くなり、その後さらに加熱を続けると軟らかくなるという傾向を示した。

しかし、加熱による硬化、その後の軟化スピードは種類により異なった。スルメイカの場合は1~5分間加熱で、ヤリイカの場合は1分間加熱で、それぞれ針入度が最も小さくなり、さらに加熱を続けると軟化が始まり針入度は大きくなっている。さらにこれらのイカを30分間加熱すると、生よりも軟らかくなった。アオリイカでも、同様にいったん硬化する結果であったが、その後の軟化は他の2種類のイカに比べると顕著ではなかった。

またアオリイカは、3種の中で皮の有無の影響が最も大きく、表皮がテクスチャー特性に大きく影響しているものと考えられる。表皮第3, 4層を含む試料では、アオリイカ、スルメイカについては、強靱な皮に遮られ、アオリイカでは10分間まで、スルメイカでは5分間まで、針入できなかった。ヤリイカでは、5分間の加熱ですでに針入しており、他の2種に比べて短時間の加熱で表皮の強度が低下することが明らかになった。また、いずれも試料に針入したものについては表皮なしのものとはほぼ同程度の値であり、針入後の特性は主に筋肉の硬さによるものであることが分かった。加熱により表皮が脆弱化し、針入しやすくなり、表皮の有無の差がなくなるものと考えられる。

官能検査において最も硬いとされた加熱時間と、皮なしの加熱肉の針入度が最小値を示した加熱時間は、いずれも肉内部温度が80℃を超える時間であり、よく一致していた。官能検査では第3, 4層を含む肉を用いており、人間が感じる硬さの感覚は、イカの皮の部分よりもイカ肉自体の硬さであることが示唆された。

2) 硬さ・凝集性

テクスチュロメーターの硬さは、アオリイカ、スルメイカでは、皮有り、皮なしいずれの場合も、共に5分間の加熱で最大値を示し、その後は減少に転じ、針入度と同様に軟化していることが示された。ヤリイカ

では、皮有り、皮なし共に、1分間の加熱で硬さが最大になり、筋肉が収縮し、弾力が大きくなったことが分かる。ヤリイカは、他のイカより硬化およびその後の軟化が速やかであると考えられる。アオリイカでは、5分間以上加熱すると他のイカよりも硬く、その後の軟化も起こりにくい結果であった。また、いずれのイカも皮有りの方が皮なしよりも硬い傾向がみられた。

凝集性については、スルメイカでは5分間の加熱時に、ヤリイカでは1分間の加熱時に最も高い値を示した。これは、官能検査でこれらの加熱時間で最も弾力があるとされた結果とよく一致していた。一方、アオリイカの凝集性の変化は、他の2種のイカとは異なり、顕著な変化はみられなかった。

3) 引っ張り強度・伸び率

引っ張り強度は、いずれのイカも加熱により、いったん増加した後、長時間の加熱により減少する傾向を示した。引っ張り試験では、いずれのイカも、皮有りの方が皮なしよりも引っ張り強度が強く、特に、アオリイカでその傾向が顕著であった。イカの表皮のうち、外側から第4層はチューニクと呼ばれ、コラーゲン繊維はしっかりと根を張ったように胴肉に巻き付いて胴肉を補強している。アオリイカは重量が大きく、胴肉に厚みがあるため、筋肉を支えるために他のイカより表皮が強靱であるものと考えられ、加熱アオリイカのテクスチャーには表皮の影響が大きく関与しているといえる。

イカのテクスチャーに及ぼす加熱の影響、表皮の有無および種類間の違いをより明確にするために、これらの物性値を用いて主成分分析を行った。その結果を Table 2 および Fig. 3 に示す。この図より、3種のイカの加熱時間に伴う物性変化の方向を示すことができた。Factor 1 と Factor 2 の累積寄与率は67%であった。Factor 1 は引っ張り強度、硬さ、針入度の因子負荷率が比較的大きいことから、硬さの軸と考えられた。Factor 2 は伸び率、凝集性の因子寄与率が大きかった。加熱により、いずれのイカも Factor 1 がプラス方向へいったん移動した後、マイナス方向へ移動している。そしてプラスからマイナスに転じる時間は、アオリイカで2~5分、スルメイカで5分、ヤリイカで1分であった。したがって、物性測定結果を総合してみると、10分以内の加熱でいずれのイカもいったん硬化し、軟化するという著しいテクスチャー変化が起こっていること、ヤリイカでその変化が最も短時間で起こることが示されている。さらに、Factor 1 がマイナスに転

3種のイカ肉の加熱によるテクスチャー変化

Table 1. Physical properties of the cooked muscle of squid

Sample	Cooking time (min)							
	0	0.5	1	2	5	10	30	60
Oval squid								
Penetration (mm)								
Without outer skin	8.2±1.4 ^a	9.2±2.5 ^a	6.8±1.4 ^{ab}	5.8±1.4 ^{ab}	6.2±1.3 ^a	6.3±0.5 ^a	6.9±2.5 ^a	33.6±4.9 ^c
With outer skin	0.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^{ab}	0.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	5.7±2.1 ^b	23.4±5.6 ^c
Firmness (T.U.)								
Without outer skin	1.40±0.40 ^a	1.83±0.61 ^a	1.40±0.26 ^a	2.43±0.32 ^b	2.78±0.29 ^b	2.50±0.26 ^b	1.03±0.38 ^a	0.63±0.29 ^c
With outer skin	1.60±0.66 ^a	2.23±0.46 ^{ab}	2.17±0.35 ^{ab}	2.43±0.15 ^{ab}	2.80±0.40 ^{ab}	2.50±0.53 ^a	1.33±0.29 ^b	0.80±0.26 ^c
Cohesiveness (T.U.)								
Without outer skin	0.48±0.08 ^a	0.50±0.01 ^a	0.56±0.05 ^a	0.62±0.02 ^b	0.63±0.04 ^b	0.61±0.02 ^b	0.59±0.07 ^b	0.66±0.05 ^b
With outer skin	0.43±0.18 ^a	0.52±0.05 ^a	0.65±0.05 ^b	0.58±0.03 ^b	0.63±0.02 ^b	0.64±0.02 ^b	0.65±0.03 ^b	0.67±0.04 ^b
Breaking strength (10 ⁶ dyn/cm ²)								
Without outer skin	1.3±0.2 ^a	6.0±0.3 ^b	4.9±0.9 ^c	7.0±1.0 ^b	5.0±1.5 ^{bc}	6.6±2.3 ^{bc}	4.0±1.6 ^c	2.3±1.4 ^c
With outer skin	5.7±1.2 ^a	9.4±1.6 ^b	7.0±0.6 ^a	11.4±2.2 ^b	10.1±2.4 ^b	9.1±2.1 ^b	5.7±3.0 ^a	4.2±1.0 ^a
Breaking strain (%)								
Without outer skin	40±11 ^a	130±18 ^b	183±96 ^c	146±22 ^b	110±11 ^b	129±19 ^b	126±80 ^b	126±40 ^b
With outer skin	88±7 ^a	133±63 ^a	80±29 ^a	79±12 ^a	85±8 ^a	132±47 ^a	111±45 ^a	110±38 ^a
Japanese common squid								
Sample	Cooking time (min)							
	0	0.5	1	5	10	30		
Penetration (mm)								
Without outer skin	6.5±0.7 ^a	6.1±1.1 ^a	3.2±0.3 ^b	3.8±0.6 ^b	5.4±0.8 ^a	10.0±2.1 ^c		
With outer skin	0.0±0.0 ^a	0.0±0.1 ^a	0.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	2.2±0.3 ^b	10.4±2.5 ^c		
Firmness (T.U.)								
Without outer skin	1.11±0.08 ^{ab}	1.30±0.03 ^a	1.60±0.14 ^c	1.75±0.12 ^a	1.24±0.11 ^b	0.35±0.01 ^d		
With outer skin	1.41±0.07 ^{ab}	1.50±0.03 ^b	1.78±0.03 ^c	1.96±0.20 ^{bc}	1.44±0.04 ^a	0.40±0.03 ^d		
Cohesiveness (T.U.)								
Without outer skin	0.47±0.08 ^a	0.74±0.03 ^b	0.71±0.03 ^b	0.89±0.01 ^c	0.78±0.05 ^b	0.65±0.02 ^d		
With outer skin	0.53±0.06 ^a	0.70±0.04 ^{bc}	0.76±0.04 ^b	0.82±0.02 ^b	0.77±0.06 ^{ac}	0.59±0.00 ^d		

Table 1. (Continued)

Japanese common squid		Cooking time (min)					
Sample		0	0.5	1	5	10	30
Breaking strength (10^6 dyn/cm^2)							
Without outer skin		2.5 ± 0.1^a	4.0 ± 0.8^b	7.3 ± 0.9^c	8.5 ± 1.2^c	10.3 ± 0.6^{cd}	3.8 ± 0.2^b
With outer skin		5.0 ± 0.4^a	6.3 ± 0.3^b	9.3 ± 0.3^c	9.7 ± 1.5^c	11.1 ± 0.6^{cd}	4.9 ± 0.4^a
Breaking strain (%)							
Without outer skin		100 ± 15^a	93 ± 4^a	96 ± 1^a	125 ± 22^a	126 ± 8^a	83 ± 7^a
With outer skin		94 ± 20^a	99 ± 12^a	106 ± 3^a	88 ± 12^a	126 ± 8^a	93 ± 5^a
Arrow squid							
Penetration (mm)							
Without outer skin		6.2 ± 3.6^a	4.1 ± 2.6^a	2.7 ± 1.5^b	4.4 ± 2.5^a	5.2 ± 3.2^a	8.4 ± 5.3^c
With outer skin		0.0 ± 0.0^a	0.0 ± 0.0^a	0.0 ± 0.0^a	2.6 ± 1.8^b	4.4 ± 2.6^c	6.0 ± 3.4^d
Firmness (T.U.)							
Without outer skin		1.50 ± 0.32^a	1.60 ± 0.25^a	2.20 ± 0.16^b	1.80 ± 0.12^a	1.43 ± 0.02^c	0.46 ± 0.04^d
With outer skin		1.62 ± 0.11^a	1.74 ± 0.02^a	2.32 ± 0.35^b	1.96 ± 0.25^a	1.37 ± 0.01^c	0.50 ± 0.04^d
Cohesiveness (T.U.)							
Without outer skin		0.42 ± 0.00^a	0.59 ± 0.05^b	0.76 ± 0.00^c	0.60 ± 0.01^b	0.65 ± 0.03^{bc}	0.53 ± 0.02^{ab}
With outer skin		0.35 ± 0.04^a	0.64 ± 0.03^b	0.62 ± 0.00^b	0.60 ± 0.00^b	0.63 ± 0.02^b	0.61 ± 0.01^b
Breaking strength (10^6 dyn/cm^2)							
Without outer skin		4.8 ± 0.5^a	3.2 ± 1.1^a	3.4 ± 0.4^a	3.1 ± 0.3^a	3.4 ± 0.1^b	2.4 ± 1.1^b
With outer skin		9.4 ± 1.4^a	8.2 ± 1.8^a	8.2 ± 1.1^a	8.7 ± 1.1^{ab}	7.6 ± 1.1^b	4.7 ± 0.3^c
Breaking strain (%)							
Without outer skin		86 ± 21^a	82 ± 14^a	91 ± 11^a	76 ± 7^a	87 ± 6^a	78 ± 29^a
With outer skin		118 ± 12^a	94 ± 9^a	92 ± 3^a	104 ± 15^a	108 ± 14^a	111 ± 11^a

a, b, c, d Different letters within the same row indicate significant differences.

3種のイカ肉の加熱によるテクスチャー変化

Table 2. Eigen values and eigen vectors obtained by the principal component analysis

Principal component	First	Second	Third
Eigen vector			
Penetration	-0.340	0.428	0.008
Firmness	0.381	-0.244	0.187
Cohesiveness	0.193	0.472	-0.719
Breaking strength	0.408	0.208	-0.049
Breaking strain	0.120	0.524	0.748
Eigen value			
Contribution ratio (%)	41.793	25.536	17.949
Cumulative contribution (%)	41.793	67.329	85.278

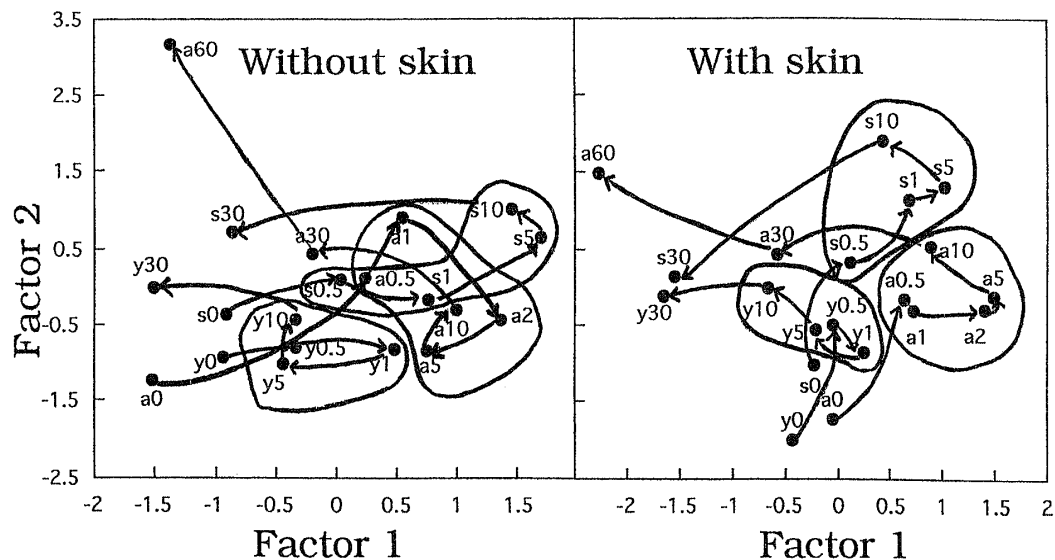


Fig. 3. Comparison of the physical properties of squid by a principal component analysis.
a, oval squid; s, Japanese common squid; y, arrow squid. 0, raw; 0.5, 0.5 min cooking; 1, 1 min cooking; 2, 2 min cooking; 5, 5 min cooking; 10, 10 min cooking; 30, 30 min cooking.

じてからの移動距離を比較すると、皮有り・皮なし共にアオリイカの距離が最も小さく、アオリイカは加熱による軟化が進みにくいことが分かる。

これらの物性測定は、官能検査結果とよく一致した。すなわち、官能検査においても、アオリイカでは2～5分間加熱肉が、スルメイカでは1～5分加熱肉が、ヤリイカでは1分間加熱肉が最も硬く、弾力があるとされた。最も硬化する加熱時間は、Fig. 1より、各々のイカ肉の内部温度が80℃に達する時間と一致していた。したがって、イカ肉は内部温度が80℃になるまで収縮・硬化していき、その後の加熱で軟化が起ることを示唆している。

安藤⁷⁾は、モンゴウイカを10, 30, 60分間沸騰水中で加熱し、加熱により剪断力が低下すること、そして放冷すると硬くなることを報告している。本研究の3種のイカでは、官能検査、物性測定いずれも、内部温度が80℃に達する時間で最も硬化するという結果が得られた。したがって、モンゴウイカについても、10分間未満の加熱でいったん硬化し、その後軟化した可能性があるかと推察される。モンゴウイカは肉厚が厚いためアオリイカと同程度の2分間程度の加熱時にその硬化は起こったものと予想される。

これまでの報告された加熱イカを用いた物性測定は、加熱により軟化したとするものが多かった^{4)～8)}が、加

熱時間が比較的長かったために、内部温度が80℃に達するまで硬化するという現象を見逃していたものと考えられる。したがって、イカを加熱調理する場合、内部温度が80℃に達する前に加熱をやめるという短時間加熱、または、軟化を十分進ませる10分以上の加熱が、イカ肉を硬くならないようにするために必要であることが明らかになった。

安藤等⁹⁾は、加熱によるイカ外套膜の軟化現象に結合組織の構造の崩壊が関与していることを示唆している。Mochizuki *et al.*¹⁰⁾は、生イカの熱分析を行い、50, 57, 74℃に三つの主要な吸熱ピークが存在し、イカ肉の変性は80℃未満で完了していること、74℃のピークはアクチンの変性と一致することを報告している。今回の実験結果でも、80℃に達する頃に、イカのテクスチャーは大きく変化することが明らかになっており、イカ肉タンパク質、特にアクチンの変性が物性変化に大きな影響を及ぼすことが支持された。

さらに主成分分析より、皮なし部分では、アオリイカ0.5分間の加熱とスルメイカ0.5分間の加熱、アオリイカ10分間の加熱とスルメイカ1分間の加熱など、異なる種類でも加熱時間によっては極めて類似したテクスチャー特性をもつものがあることが示唆された。

種類間の差は、皮なしよりも皮有りの方が明瞭である。したがって、表皮の熱特性はイカの種類によって異なるものと考えられる。表皮の有無によるテクスチャーの差は加熱初期のアオリイカおよびスルメイカで最も大きく、いずれのイカも加熱時間が長くなるにつれ、表皮の有無によるテクスチャーの差が少なくなった。

このように加熱による変化がイカの種類により異なる原因としては、イカ筋肉タンパク質の成分の違い、環状筋の太さの違い、環状筋とそれに交差するように走っている筋肉の割合の違いなどが考えられる。

今回得られた結果を具体的に調理に反映する場合、主成分分析の結果からも明らかなように、我が国で日常的に食べられている代表的な3種のイカのうちヤリイカは、他のイカに比べて加熱しても硬くなりにくいので、イカの加熱調理に最も適しているものと考えられる。一方、スルメイカはヤリイカと同様に加熱調理によく用いられるが、加熱時間によりイカ肉の物性が大きく変化することから、食べ易い軟らかさのイカ肉を得るためには、イカ肉の中心温度が80℃を超えないような日本料理に見られる引き上げ煮、あるいは、10分以上の長時間加熱が有効であると言える。

4. 要 約

3種のイカの加熱によるテクスチャー変化について、官能検査、物性測定を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

(1) 官能検査の結果、アオリイカでは2~5分間加熱で、スルメイカでは1~5分間加熱で、ヤリイカでは1分間加熱で、最も硬く、弾力性があると判定された。これらの加熱時間は、内部温度が80℃に達する時間と一致していた。

(2) 加熱によりどのイカもいったん硬化した後、軟化した。ヤリイカは速やかに軟化し、スルメイカは軟化の開始がヤリイカに比べて若干遅いものの、30分後にはヤリイカと同程度に軟化した。アオリイカは、他のイカに比べると加熱による硬化が著しく、その後の軟化もゆるやかであった。

(3) 表皮第3, 4層は、アオリイカが最も強靱で、加熱による硬化が著しかった。また、ヤリイカは最も表皮が脆く、短時間の加熱で軟化し、歯切れが良くなった。

引 用 文 献

- 1) 野崎洋光, 成瀬宇平:『魚料理の『こつ』』, 柴田書店, 東京, 43-49 (1992)
- 2) Migita, M.: Characteristics of Squid Meat, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **18**, 116-126 (1953)
- 3) Takahashi, T., and Takei, M.: On the Toughness of Boiled Squid Meat, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **20**, 1015-1019 (1955)
- 4) Stanley, D.W.: Quality Factors in Cooked North Atlantic Squid, *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, **15**, 277-282 (1982)
- 5) Kolodziejaska, I., Sikorski, Z.E., and Sadowska, M.: Texture of Cooked Mantle of Squid *Illex argentinus* as Influenced by Specimen Characteristics and Treatments, *J. Food Sci.*, **52**, 932-935 (1987)
- 6) Kugino, M., and Kugino, K.: Microstructural and Rheological Properties of Cooked Squid Mantle, *J. Food Sci.*, **59**, 792-796 (1994)
- 7) 安藤真美:凍結解凍したモンゴウイカ外套膜の加熱調理に伴う物性変化へのコラーゲンの関与, *家政誌*, **48**, 315-321 (1997)
- 8) Otwell, W.S., and Hamann, D.D.: Textural Characterization of Squid: Instrumental and Evaluations, *J. Food Sci.*, **44**, 1636-1642 (1979)
- 9) 安藤真美, 安藤正史, 塚正泰之, 牧之段保夫, 三好正満:凍結解凍した数種イカ外套膜結合組織の加熱調理による構造変化, *家政誌*, **49**, 1089-1097 (1998)
- 10) Mochizuki, Y., Mizuno, H., Ogawa, H., Ishimura, K., Tsuchiya, H., Fukuzawa, M., and Iso, N.: Rheological Properties of Cuttlefish and Squid Raw Meat, *Fish. Sci.*, **60**, 555-558 (1994)