

マナマコの加熱処理による物性の変化

太田 聡, 大迫一史

Changes Occurred in Nature of Physical Properties of *Stichopus japonicus* in Heat-Processing

Satoshi Ota and Kazufumi Ohsako

Recently, black-skin sea cucumbers (*Stichopus japonicus*) has been increasing and creating problems in Omura Bay, Nagasaki Prefecture. These black-skin sea cucumbers, offer the same taste as regular sea cucumbers, which opens a possibility of using them for food staff. Experiments were conducted to obtain a basic understanding of their physical properties, necessary to process them as food. Changes in the physical properties are examined by heating samples at different temperatures from 50~140°C and for different time lengths of 10,30, and 90 minutes. At the same time, the amount of free amino acids known as a source of bitter taste of sea food in general, is examined. When heated for 10 minutes, the sea cucumber softens at the temperatures of 60, 130, and 140°C. When heated for 30 minutes, it softens at 60 and 120~140°C. When heated for 90 minutes, it softens at 50 and 100~140°C. The assumption is that sea cucumbers are softened because their connective tissues are stretched under 90°C, but because destroyed when the temperature exceeds 100°C. The quantity of free amino acids known as bitter taste is lower than necessary for taste, so that considered not to be the source of the bitter taste.

長崎県のナマコの水揚げ量は479トン（平成8年）で全国でも上位にあり、大村湾は、県内の水揚げ量の7割を占める主産地である。しかしながら近年、体色が黒いクロナマコと称される個体の割合が増加しており、その棲息比率は地域によって44~65%の範囲にある*¹。クロナマコはアオナマコ、アカナマコと同じく*S.japonicus*とされているが、体色が黒いため後二者と比較して価格が7分の1程度である。クロナマコの増加は漁獲されても再び投棄されてきたためと考えられ*²、大村湾のナマコ漁業にとって大きい問題になっている。大村湾のナマコ資源を健全な

状態に戻すためには、クロナマコを減らすのが唯一の対策である。クロナマコは体色は黒いが食感是他のナマコと差は無いため、加工素材として活用することが出来れば漁業によって回収することが可能である。ナマコの加工としては、古くから乾燥による干しナマコがあるが、これは製造と共に使用にも特殊な技術を必要とし一般向きではない。そこで著者らは加熱処理を試みたところ、良好な食感をもつ製品を得ることができ、この方法によって“ゆでナマコ”の開発を行ったが、ここではその中の一つとして行ったクロナマコの加熱処理実験の概要を報告する。

*¹堀井豊充：大村湾におけるクロナマコの増加，平成10年度長崎県総合水産試験場試験研究成果報告，1998，pp.15-17

*²平成8年大村湾水産業改良普及所調査

実験方法

試料の入手および調製 1998年3月に大村湾でナマコ桁網および鉾突き漁業により漁獲されたクロナマコを供試した。ナマコの表皮の黒い部分をタワシでこすって除去し、内臓、縦走筋および石灰環と肛門を取り除いた後、これを約5mm間隔で体長に対して垂直に切り、この切片を耐熱性パウチに入れ加熱した。

加熱方法 加熱時間は10、30および90分、また、各々の時間帯を50～140℃まで10℃間隔の計30区分で行った。50～100℃は恒温槽、110～140℃は高温高压殺菌処理装置（日阪製作所製GD-80T）で加熱し、加熱終了後直ちに氷冷し、加熱前後での歩留りを求めた後以下の試験に供した。

物性、白色度（ハンター白色度）および水分含量の測定 レオメーター（理化電機製RT2005DD、プランジャー：直径1mm円柱状、上昇速度：6cm/分）で破断応力の測定を行った。各区分につき5片を測定し、その平均を求めた。ハンター白色度（以下、白色度とする）の測定は物性の測定に用いた各々の切片を10ccのビーカーに1g精秤し、10倍量の脱イオン水を加えてホモジナイズ後、色彩色差計（ミノルタカメラ製CR-300）を用いてL*、a*、b*値を測定し次式により求めた。

$$\text{白色度} = 100 - \sqrt{(100 - L')^2 + a'^2 + b'^2}$$

また、これを105℃で乾燥し恒量にして水分含量を算出した。

歩留りの測定 加熱前と加熱後の重量差より算出した。

圧出水分率の測定 遊離水分測定器（中央理研製）を用いて10kg/cm²で1分間加圧し、各区分につき5片を測定し、その平均を求めた。

遊離アミノ酸の測定 加熱前ナマコの縦走筋、表皮、内臓、背肉及び、圧力鍋を用い約120℃で30分加熱したナマコを10g精秤し、5%トリクロ酢酸で抽出後、

クエン酸ナトリウム緩衝液（pH2.2）で2倍量に希釈し、アミノ酸分析計（島津製作所製ALC-1000、カラムはNa型）で測定した。

結果

破断応力の変化をTable 1に、白色度、歩留り、水分および圧出水分の変化をTable 2に示す。なお、高温域で軟化したもののなかには液状になり、上記の計測ができないものもあった。

破断応力 10分加熱では、60℃で特異的に破断応力は低下（68±41g）したものの、70～90℃では再び増加し、その後、徐々に低下し、130℃で60℃と同程度（35±7g）となった。30分加熱においても破断応力は60℃で特異的に低下（168±43g）したものの、70℃では再び増加し、80℃以上では徐々に低下して110℃で60℃のものと同程度（197±46g）となった。90分加熱は50℃で破断応力は未加熱のものに比べて低い値（157±209g）となり、60～70℃までは緩やかに増加し、80℃から低下し始め、100℃で50℃時と同程度（104±51g）となった。

白色度の変化 10分加熱では60℃で、50℃の39.7から55.0へ増加し、70℃以上の温度帯では31.6～34.8の間でほぼ一定の値となった。30分加熱では50℃で48.1と加熱前と比較して白色度が高くなり、70℃以上の温度帯では29.7～35.4の間でほぼ一定であった。90分加熱においても30分加熱と同様な傾向を示し、50℃で52.8であり、70℃以降の温度帯では28.9～32.2の間でほぼ一定であった。

歩留りの変化 10分加熱では、60℃から急激に歩留りは低下し、120℃で35.4%と最低となり、130℃では微増した。30分加熱では60℃から急激に歩留りは低下し、100℃で26.9%となり110℃以降は微増した。90分加熱では50℃から急激に歩留りは低下し、70℃で、35.1%となり80℃以降は微増した。

Table 1. Breaking strength of meat of *Stichopus japonicus* at each heating time

Heating temperature(°C)	Breaking strength(g)					
	Heating Time(min)					
	10		30		90	
Raw	1785±	365	1797±	178	1638±	370
50	1213±	279	2103±	394	157±	209
60	68±	41	168±	43	502±	399
70	1194±	436	1401±	308	820±	294
80	1330±	476	1323±	332	662±	144
90	1413±	91	1026±	142	383±	97
100	1213±	176	588±	147	104±	51
110	610±	46	197±	46	5±	2
120	271±	11	18±	7	—	—
130	35±	7	—	—	—	—
140	—	—	—	—	—	—

‘—’means unable to weigh.

Table 2. Whiteness, yield, moisture, and isolated moisture of meat of *Stichopus japonicus* at heating time

Heating temperature(°C)	Hunter's whiteness			Yield(%)			Moisture(%)			Isolated moisture(%)		
	Heating Time(min.)			Heating Time(min.)			Heating Time(min.)			Heating Time(min.)		
	10	30	90	10	30	90	10	30	90	10	30	90
Raw	28.8	29.6	31.3	100.0	100.0	100.0	90.8	91.2	88.7	32.8	37.9	37.4
50	39.7	48.1	52.8	97.3	88.7	67.3	90.2	88.0	85.4	31.8	20.6	—
60	55.0	50.3	42.3	60.9	45.6	45.4	87.6	84.1	81.7	22.8	11.8	11.0
70	34.8	35.4	29.5	49.9	33.9	35.1	86.0	79.9	79.0	7.8	6.2	7.6
80	33.6	32.0	30.4	41.9	29.5	35.4	84.1	77.4	78.0	8.2	4.4	7.2
90	32.5	30.5	26.7	38.0	28.3	36.1	82.9	75.6	77.9	6.6	8.8	9.0
100	33.2	30.3	27.5	36.6	26.9	39.6	82.1	77.4	79.6	6.0	7.0	14.0
110	32.5	31.3	27.9	33.6	33.4	—	81.0	80.3	85.3	7.6	12.0	12.0
120	31.6	32.6	32.2	35.4	40.3	—	81.6	84.0	81.5	9.2	28.0	28.0
130	34.0	32.7	28.9	41.2	—	—	84.0	84.0	78.9	13.8	—	—
140	34.7	29.7	—	—	—	—	82.7	87.6	—	—	—	—

‘—’means unable to weigh or analyze.

水分含量の変化 10分加熱では110°Cまで温度が上昇するとともに水分含量は低下したが、それ以上の温度では増加した。30分加熱では90°C，90分加熱では90°Cで水分含量は最低（30分加熱；75.6%，90分加熱；77.9%）となり，それ以上の温度では増加した。
圧出水分率の変化 10分加熱では50°Cの圧出水分率は加熱前と同程度であったが，60°C以降は減少し100°Cで6.0%と最低となり，110°C以上では増加した。30分加熱では，50°Cで20.6%であったが，80°Cまで更に減少し，80°Cでは最低の4.4%となり，90°C以上では増加した。90分加熱でも30分加熱と同様な傾向を

示し80°Cで最低の7.2%で，それ以上の温度では増加した。

遊離アミノ酸組成 Table 3に示したとおり，すべての部位で，グルタミン酸(3.03~153.65mg/100g)，タウリン(0.21~119.83mg/100g)，スレオニン(0.23~28.91mg/100g)，アルギニン(0.17~66.66mg/100g)が，遊離アミノ酸の主成分であった。また，加熱した食肉部の遊離アミノ酸量は加熱前の同部位の16%程度であった。

Table 3. Free amino acid composition(mg/100 g) of Stichopus japonicus.

Amino acid	Raw				Cooked
	Radial cannal	Skin	Viscera	Meat	Meat
Trurine	85.31	3.16	119.83	1.19	0.21
Asparagic acid	17.64	1.30	24.86	0.35	trace
Threonine	27.70	1.15	38.91	0.23	trace
Serine	2.79	0.54	3.92	0.19	0.16
Glutamic acid	109.38	6.69	153.65	3.03	trace
Proline	4.92	0.41	6.54	trace	trace
Glycine	1.70	0.89	2.21	0.15	0.11
Alanine	11.45	0.75	15.59	0.24	trace
Valine	3.26	0.32	3.85	trace	0.20
Methionine	2.12	trace	1.12	trace	trace
Isoleucine	3.42	trace	4.26	trace	trace
Leucine	1.11	trace	1.12	trace	trace
Tyrosine	0.90	trace	2.05	trace	trace
Phenylalanine	1.21	trace	4.43	trace	0.04
Histidine	1.45	0.95	2.56	0.18	trace
Lysine	5.19	trace	7.79	trace	trace
Arginine	66.66	0.20	22.61	0.17	0.21
Total	346.21	16.36	415.30	5.73	0.93

'trace'denote<0.01mg/100 g

考 察

本研究で用いたクロナマコは10分加熱では60℃, 130℃および140℃, 30分加熱では60℃および120~140℃, 90分加熱では50℃および100~140℃と低温とこれに較べて高温の2つの温度域で軟化した。ナマコ体壁の結合組織はコラーゲンが主体である。¹⁾ コラーゲン繊維は水中で加熱すると次第に伸び, ある温度帯においてヘリックス構造が崩壊して収縮し,^{2,3)} さらに高温で加熱していくと架橋の崩壊やペプチド結合の部分的な加水分解が始まり, 収縮繊維は次第に分散してゼラチンに変わる³⁾ことが知られている。この変化は上述した2つの温度域におけるクロナマコの変化によく対応しており, クロナマコを加熱処理した際生じた変化はコラーゲンの温度に伴う変化でよく説明できる。ただ, 低温域における軟化はプロテアーゼによるタンパク質の分解⁴⁾が関与している可能性もあるが, 破断応力をみると60℃で破断応力が減少し, 90分加熱では高く, 同じ温度でも加熱時間に

より破断応力に相違があった点を考えると, プロテアーゼがこの現象に関与しているとは考えられない。

また, 歩留り, 水分含量は10分加熱では110℃, 30分加熱は90~100℃, 90分加熱は70~90℃で最低となり, その後上昇した。加えて, 圧出水分率は加熱温度が上昇するにつれて減少し歩留り, 水分含量が最低となる温度帯付近で最低となり, それ以上では増加した。これらは, 加熱の過程でヘリックス構造が破壊されて保水力が低下し, さらに, その温度帯を通過すると, 脱水した水が, 崩壊しゼラチン化したコラーゲン繊維に吸収されたためではないかと考えている。

以上のように, クロナマコは50, 60及び100℃以上で軟化することが分かったが, 実際に調理する場合, 50及び60℃処理では, 再加熱により肉質が筋収縮し硬化するため調理には不向きと考えた。そこで, 100℃以上による加熱を圧力鍋で再現したが, 加工素材としては, エグ味が強く改善の必要があった。このエグ味はアミノ酸由来ではないかと考え, アミノ酸

の定量を行ったが、苦味を呈するといわれているアルギニン、メチオニン、バリンはいずれも閾値未満であった。このことからこのエグ味はアミノ酸由来ではないか、また、アミノ酸由来であるとしても、これらが何かの物質との相乗効果でエグ味を呈していることが推察された。なお、実用上は木炭を加えるところのエグ味は取り去ることが可能である。

文 献

- 1)木村郁夫: クリープ. 「水産食品のテクスチャー」(丹羽栄二編) 恒星社厚生閣, 東京, 1987, pp. 57-65.
- 2)久保田穰: 筋基質タンパク. 「魚肉タンパク質」(日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, 1977, pp. 59-74
- 3)須山三千三: 魚介類の色・味・香り. 「水産食品学」(須山三千三・鴻巣章二編), 恒星社厚生閣, 東京, 1991, pp. 71-92.
- 4)山中英明: 魚介類の死後変化. 「魚介類の鮮度と加工・貯蔵」(渡邊悦生編著), 東京, 1995, 成山堂書店, pp. 1-27.
- 5)太田静行: 「食品調味の知識」(太田静行著), 幸書房, 東京, 1992, pp. 53-62