短

報

鳥取県境漁港で水揚げされるクロマグロ
内臓各部位の遊離アミノ酸と無機質含量石原 幸雄,^{1,2} 中田千栄里,³ 森本 稔,⁴
森 信寛,^{2,3} 渡辺 文雄^{2,3*}

(2012 年 9 月 5 日受付, 2013 年 1 月 8 日受理)

¹鳥取県水産試験場, ²鳥取大学大学院連合農学研究科,
³鳥取大学農学部, ⁴鳥取大学生命機能研究支援センターFree amino acid and mineral contents in viscera of
bluefin tuna *Thunnus orientalis* unloaded
in Sakai fishing port, Tottori PrefectureYUKIO ISHIHARA,^{1,2} CHERI NAKATA,³
MINORU MORIMOTO,⁴ NOBUHIRO MORI^{2,3}
AND FUMIO WATANABE^{2,3*}¹Tottori Prefecture Fisheries Experimental Station, Sakai-
Minato, Tottori 684-0046, ²The United Graduate School
of Agricultural Sciences, Tottori University, Koyama-cho,
Tottori 680-8553, ³School of Agricultural, Biological and
Environmental Sciences, Tottori University, Koyama-cho,
Tottori 680-8553, ⁴Division of Instrumental Analysis,
Research Center for Bioscience and Technology, Tottori
University, Koyama-cho, Tottori 680-8550, Japanキーワード: クロマグロ, 呈味アミノ酸, 内臓, 未利用
資源, 無機質, 遊離アミノ酸

鳥取県の境漁港では 6~8 月に日本海で大中型まき網漁船により漁獲されたクロマグロ *Thunnus orientalis* (よこわを除く) が多く水揚げされ, 生鮮まぐろとして (2001~2010 年の平均水揚量は 1,354 t) 流通している。¹⁾ クロマグロの多くは産卵群であることから生殖腺が発達しており, 市場で除去されるクロマグロの鰓及び内臓重量はラウンド重量の 14% 程度に及び, 販売される精巢, 卵巣, 心臓を除く内臓の多くは飼料に利用されるのみで有効活用されていない。一方, 古くよりイタリアのサルディニア州やシチリア州では漁獲したクロマグロの内臓まで余すところなく食しており, 卵巣は塩漬けにし, 乾燥させてポッタルガ (カラスミ) が製造されている。^{2,3)} 近年, わが国でもこの多量に排出される新鮮なクロマグロの内臓を利用した加工食品が開発され, 地域水産資源を用いた水産業の活性化が試みられている。⁴⁾ しかし, クロマグロ内臓のさらなる食品産業での有効活用を検討するためには, クロマグロ内臓に含まれる栄養成分や機能性成分などの特性を調査することが必須となる。そこで, 本論文ではクロマグロ内臓各部位におけ

る呈味性や機能性アミノ酸の含量の知見を得るために遊離アミノ酸含量を分析した。また, 大型魚類には水銀などの有害な重金属が生物濃縮により多量に含有されている可能性があるため栄養素としての無機質と有毒な重金属含有量も併せて分析した。

2010 年 7 月 1 日, 8 日及び 11 日に境漁港に水揚げされたクロマグロ 5 個体 (尾叉長 157 ± 12 cm, 鰓・内臓除去体重 76 ± 15 kg, 5 歳以上の成魚と推定) から腎臓, 肝臓, 脾臓, 心房部, 心室部, 胃, 幽門垂及び腸について各 5 個の一部または全部を採取し, 直ちに真空パックにした後 -30°C で凍結貯蔵した。凍結貯蔵した各クロマグロ内臓を包丁で細かく刻んだ後, 湿重量を測定し, 再度 -20°C の冷凍庫で凍結させた後, 凍結乾燥器で乾燥させた。乾燥後, 乾燥重量を測定し, ミルを用いて試料を粉末化した。

遊離アミノ酸含量の測定は, 先ず, 破碎・均一化した試料 0.1 g に 5 mL 蒸留水を加え, 沸騰湯浴中で 30 分間加熱抽出した。15,000 rpm で 20 分間遠心分離し, 沈殿物に蒸留水 3 mL を加え攪拌後, 同様の条件下で再度遠心分離を行った。2 回分の遠心分離上清液を合わせた熱水抽出液に等量のジエチルエーテルを加え分液ロートを用いて 2 回脱脂を行った。水層を定容した後, メンブレンフィルター ($0.45 \mu\text{m}$) でろ過し, ろ液 1 mL に等量のアミノ酸分析用緩衝液 P-21 (日本電子株式会社製) を加えたものをアミノ酸分析用の試料とした。全自動アミノ酸分析機 (日本電子株式会社製 JLC-500/V2) を用いて分析した。

無機質含量の分析では, 上記凍結乾燥試料 0.1 g に濃硝酸 10 mL を加え, 120°C で一晩加熱することで完全に溶解させた。この溶液に純水を加えて 15 mL に定容し, 分析試料とした。ICP-AES (REGAKU 社製 CIROS_{CCD}) を用いて K, Ca, Fe, Zn, Mo, Mn, Cu, Cr, Cd, Hg を分析した。元素の濃度は各内臓湿重量 100 g あたりに換算して示した。

クロマグロ内臓各部位の遊離アミノ酸含量を Table 1 に示す。クロマグロ内臓で最も多く含まれる遊離アミノ酸はタウリンであった。各内臓の遊離アミノ酸の中でタウリンの占める割合が最も多い臓器は心室 (70%) で, 最も少ない臓器が幽門垂であった。タウリンは多様な機能性を有するアミノ酸であるが, その他の機能性アミノ酸であるシトルリン, オルニチン, γ -アミノ酪酸は微量であり, ジペプチドのカルノシンやアンセリンは検出されなかった。また, グルタミン酸も全ての内臓に多量に

* Tel : 81-857-31-5412. Fax : 81-857-31-5412. Email : watanabe@muses.tottori-u.ac.jp

Table 1 Contents of free amino acids and their related compounds in viscera of bluefin tuna *Thunnus orientalis* unloaded in Sakai fishing port, Tottori Prefecture

	Free amino acid contents (mg/100 g wet weight)							
	Stomach	Pyloric caecum	Intestine	Kidney	Liver	Spleen	Heart	
							Ventricle	Atrium
Phosphoserine	7.4±2.8	33.3±20.0	23.7±12.1	8.8±1.1	9.6±2.5	25.1±4.1	10.5±0.5	5.3±0.5
Taurine	441.7±72.7	384.9±33.3	475.5±16.4	280.4±54.9	299.6±74.9	637.9±39.5	761.2±54.4	287.8±12.0
Aspartic acid	16.5±8.4	202.1±141.8	74.4±50.7	7.5±2.1	7.0±1.0	20.8±11.3	Tr	4.2±0.9
Hydroxyproline	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Threonine	15.0±5.5	127.9±80.3	72.0±35.8	8.9±2.0	22.4±9.2	18.4±9.6	4.6±1.6	8.7±2.1
Serine	18.0±6.4	132.2±79.7	67.2±31.7	12.8±3.7	8.7±2.5	23.8±12.1	7.7±3.6	12.8±3.9
Asparagine	—	Tr	—	—	—	—	Tr	—
Glutamic acid	57.9±12.8	258.9±148.7	155.0±63.1	37.6±4.7	63.0±37.0	84.1±13.7	20.8±9.1	35.2±3.7
Glutamine	14.6±5.4	88.1±62.1	53.8±21.9	10.5±1.0	16.3±11.2	15.6±7.0	17.8±1.0	16.6±3.0
Proline	14.1±13.5	110.2±56.4	59.6±33.6	6.9±2.5	13.8±9.0	16.6±10.6	Tr	9.3±4.3
Glycine	15.8±3.5	93.0±47.0	57.5±24.6	12.6±1.3	30.3±13.3	25.3±5.0	23.3±35.0	10.0±2.5
Alanine	33.3±12.0	182.7±103.3	105.1±49.7	26.7±3.1	128.9±36.8	46.0±15.7	45.9±3.6	23.1±3.8
Citrulline	8.3±2.0	15.9±3.4	16.6±9.2	5.0±0.6	13.3±2.1	28.2±3.6	3.8±1.5	6.0±1.6
Valine	17.9±7.9	152.4±104.4	85.2±45.2	11.3±3.2	15.5±3.4	22.2±10.9	5.9±1.7	7.9±2.1
Cystine	—	—	Tr	—	—	57.4±46.0	—	—
Methionine	9.8±8.1	71.4±57.5	43.7±25.6	3.8±2.9	Tr	9.7±7.0	—	Tr
Isoleucine	20.2±10.5	137.0±104.5	76.4±42.7	8.9±5.3	16.3±3.8	19.9±9.1	6.0±3.6	7.6±1.8
Leucine	41.0±21.8	259.8±171.8	159.6±77.8	19.9±12.3	21.2±5.7	28.8±17.7	8.0±2.9	10.3±2.5
Tyrosine	28.3±20.7	160.9±89.5	117.4±44.4	15.6±13.1	7.0±2.5	17.1±9.2	Tr	Tr
Phenylalanine	27.2±17.4	152.2±94.6	111.4±49.6	10.3±7.2	7.0±2.1	14.3±8.6	Tr	Tr
Ornithine	Tr	Tr	Tr	—	5.6±3.2	Tr	Tr	Tr
Histidine	8.2±4.1	62.3±41.4	35.0±17.3	5.7±1.7	9.3±4.9	10.2±2.3	9.2±2.6	6.1±6.4
Lysine	16.6±9.2	256.0±143.1	90.8±66.9	14.1±3.7	24.1±5.8	21.1±15.5	8.4±5.8	8.1±2.4
Tryptophan	—	47.3±38.1	33.0±18.2	—	—	—	—	—
Arginine	15.5±7.2	264.8±114.6	70.8±41.5	9.9±4.6	7.2±2.5	17.3±12.3	—	4.7±2.3
Total amount	827.5±223.3	3193.5±1666.0	1983.8±695.9	517.2±40.7	726.1±145.4	1159.8±146.9	933.0±62.0	463.7±14.3

含まれているアミノ酸の一つであった。

遊離アミノ酸にはそれぞれ味があり、食品の味に強い影響を及ぼす。⁵⁾ 宋らは、数種類の食用魚類で旨味成分であるグルタミン酸が普通肉よりも内臓組織で多く含まれることを見出し、グルタミン酸が内臓組織の主な旨味成分であると報告している。⁶⁾ クロマグロ内臓においてもグルタミン酸は幽門垂や腸に非常に多く含まれており、次いで脾臓、肝臓の順となっている。また、本稿ではグリシン、セリン、スレオニン、グルタミン、アラニン、プロリン、ヒドロキシプロリンを甘味性アミノ酸として、アスパラギン酸、グルタミン酸、アスパラギンを旨味性アミノ酸として、アルギニン、ヒスチジン、バリン、イソロイシン、メチオニン、フェニルアラニンを苦味性アミノ酸として、内臓部位ごとの呈味性遊離アミノ酸の含量を算出した結果、特に肝臓において甘味と旨味を呈するアミノ酸の和が 290 mg/100 g 湿重量（呈味性アミノ酸の 39%）と大きく、逆に苦味を呈する遊離アミノ酸（55 mg/100 g 湿重量）は 8% と少なかった。

クロマグロ内臓各部位の無機質含量を Table 2 に示す。ヒトの必須元素（K, Ca, Fe, Zn, Mo, Mn, Cu, Cr）では、K が各臓器とも 500 mg/100 g 程度含まれており、Zn や Fe は脾臓や肝臓に比較的多く含有していた。幽門垂や腸といった消化器で Cu が比較的高い値を与えた。クロマグロはスルメイカを餌料とするためイカの血液成分ヘモシアニンに含まれる Cu が検出されたことが推察される。一方、有害な金属元素である Cd と Hg は各内臓とも湿重量あたり 100 g あたり 0.5 mg 程度以下であったが、特に肝臓において Cd 含量が高かった。クロマグロの餌料であるスルメイカの肝臓には高濃度の Cd が含まれており、⁷⁾ 生物濃縮によりクロマグロの肝臓に蓄積されたことが示唆された。

わが国の Cd の耐容摂取量は 7 µg/kg 体重/週（体重 50 kg の人では 350 µg/週）と評価されているが（食品からのカドミウム摂取の現状に係る安全性確保について。<http://www.fsc.go.jp/fscis/evaluationDocument/show/kya20030703021>、食品安全委員会、2012 年 11 月 23

Table 2 Contents of minerals and toxic metals in viscera of bluefin tuna *Thunnus orientalis* unloaded in Sakai fishing port, Tottori Prefecture

	Metal contents (mg/100 g wet weight)							
	Stomach	Pyloric caecum	Intestine	Kidney	Liver	Spleen	Heart	
							Ventricle	Atrium
K	546.92±74.85	468.55±112.30	582.48±84.33	549.68±51.73	457.40±194.67	820.93±51.69	572.26±58.48	461.71±51.13
Ca	22.57±3.38	43.92±30.23	80.74±35.05	35.52±9.75	9.46±4.25	24.45±6.30	11.96±2.48	33.59±2.50
Fe	4.68±0.95	4.45±1.01	6.10±2.14	33.60±10.56	37.68±19.34	353.48±89.51	25.69±2.22	1.98±0.59
Zn	6.45±2.18	7.98±3.75	8.19±2.12	9.58±4.45	14.61±6.56	360.97±167.32	4.10±0.63	4.99±0.69
Mo	0.48±0.27	0.50±0.25	0.50±0.28	0.68±0.11	0.50±0.21	0.59±0.26	0.38±0.31	0.50±0.31
Mn	0.03±0.03	0.11±0.03	0.09±0.06	0.07±0.02	0.27±0.10	0.06±0.04	0.11±0.06	0.02±0.03
Cu	1.06±0.37	2.95±2.58	2.95±2.99	1.49±0.26	4.72±1.76	1.10±0.42	1.64±0.49	0.90±0.46
Cr	0.47±0.27	0.48±0.26	0.51±0.29	0.68±0.10	0.46±0.20	0.50±0.28	0.36±0.30	0.47±0.32
Cd	0.22±0.08	0.96±0.59	0.60±0.61	0.22±0.05	1.51±0.64	0.24±0.06	0.09±0.06	0.12±0.06
Hg	0.50±0.19	0.49±0.21	0.49±0.23	0.64±0.09	0.50±0.15	0.98±0.16	0.43±0.27	0.44±0.26

日), 日本人は日常の食事からカドミウムを $2.9 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週 (体重 50 kg の人では $145 \mu\text{g}/\text{週}$, 食品に含まれるカドミウムに関する Q & A [平成 22 年 7 月改定]。http://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/12/h1209-1c.html, 厚生労働省, 2012 年 11 月 23 日) を摂取している。また, Hg の耐容摂取量は $2.0 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週 (体重 50 kg の人では $100 \mu\text{g}/\text{週}$) であり, 日常の食事から Hg を $1.2 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週 (体重 50 kg の人では $60 \mu\text{g}/\text{週}$) を摂取しており (魚介類のメチル水銀について。http://www.fsc.go.jp/fscis/evaluationDocument/show/kya20040723175, 食品安全委員会, 2012 年 11 月 23 日), 現状では Cd と Hg において耐容摂取量を下回っている。しかし, クロマグロ内臓を日常的に多量に摂取することは, 両有害金属の摂取量を顕著に増加させる可能性が示唆された。

以上の結果からクロマグロ内臓, 特に肝臓は旨味や甘味を有する遊離アミノ酸を多く含み, 且つ機能性アミノ酸のタウリンも多量に含有されていることが明らかとなった。また, 肝臓には K や Fe も多く含まれ, ビタミン B_{12} も高濃度蓄積されているが,⁸⁾ 日常的に多量のクロマグロの内臓を摂取した場合は Cd や Hg の摂取量を顕著に上昇させるため, 妊婦や児童は摂取を控え, それ以外の成人においても 1 週間あたり 10 g を目安にしなければいけない。

また, 古代より地中海地域ではクロマグロ内臓や卵巣の加工品であるボツタルガの食文化や食履歴があるが, シチリア州で水揚げされるクロマグロの肝臓にも Cd ($\sim 0.18 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 湿重量) や Hg ($\sim 0.3 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 湿

重量) が含まれることから, Hg に感受性の高い妊婦や児童はクロマグロの摂取を控えるようにと報告されている。⁹⁾ 以上のことから, クロマグロ内臓を日常的に食する加工食品として食品産業で有効活用法するためには, 内臓に含まれる Cd や Hg などの有害重金属を除去する技術開発が急務である。

文 献

- 1) 石原幸雄. クロマグロ変動調査. 鳥取水試年報 2011; 3-5.
- 2) 岩瀬 喬. ガルムとボツタルガ: 日本と地中海の系譜関係を探る. 日本調理科学会誌 1995; **28**: 303-306.
- 3) 石田武夫. シチリアのマグロ. 「誰も知らない世界の旅」日本地域社会研究所, 東京. 2005; 130-134.
- 4) 加藤 愛, 小谷幸敏. マグロ内臓を原料とした魚醤油の開発. 日本醸造協会誌 2010; **105**: 31-35.
- 5) 山口静子. 「うま味の文化・UMAMI の科学」丸善株式会社, 東京. 1999.
- 6) 宋 興安, 平田 孝, 坂口守彦. 魚類筋肉および内臓組織の一般成分と含窒素エキス成分. 日水誌 2000; **66**: 282-290.
- 7) 及川真司, Sung-Jun Song, 前山健司, 岸本武士, 戸村健児, 樋口英雄. 誘導結合プラズマ質量分析法及び中性子放射化学分析によるイカ内臓中の微量金属の定量. 分析化学 2003; **52**: 551-557.
- 8) Ishihara Y, Imai E, Takenaka S, Fujita T, Yabuta Y, Masuda S, Watanabe F. Characterization of a corrinoid compound from pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) liver. Food Sci. Technol. Res. 2011; **17**: 589-594.
- 9) Licata P, Trombetta D, Cristani M, Naccari C, Martino D, Calo M, Naccari F. Heavy metals in liver and muscle of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) caught in the straits of Messina (Sicily, Italy). Environ. Monit. Assess. 2005; **107**: 239-248.