

マフグ身欠きの熟練的品質評価の解析

中村堯史 *1・中村 誠 *2・太田博光 *3・明田川雅子 *4・前田俊道 *5・
平 雄一郎 *3・森元映治 *3

Analysis of skillful quality evaluation of dressed Purple puffer (*Takifugu porphyreus*) Migaki

Takafumi Nakamura*1, Makoto Nakamura*2, Hiromitsu Ohta*3, Masako Aketagawa*4,
Toshimichi Maeda*5, Yuichiro Taira*3 and Eiji Morimoto*3

Abstract : The knowledge of skilled cooks at the Shimonoseki fish market was analyzed to develop a quality evaluation system for dressed Purple puffer (*Takifugu porphyreus*) Migaki. To determine what aspects of fish surface color, freshness and texture are used by cooks for the evaluation its quality, a total of 145 fish were dressed and graded into five classes by the cooks. Then, the color and freshness of the meat were investigated every 24 hours, at 0-, 24, 48, and 72-hour time points. Analysis of the cooks' visual evaluation in comparison with the recorded information on fish color and meat freshness indicated that the cooks' evaluations accurately corresponded to the actual freshness of the meat. A statistical model was then constructed and evaluated using the colors recorded at these time points as four explanatory variables; the results corresponded to the assessments made by the cooks with 60% certainty. These results confirmed the validity of the quality evaluation system proposed here, which incorporates the knowledge of skilled cooks into its design for evaluating the quality of dressed purple puffer.

Key words : Purple puffer, quality evaluation, skilled cook, modeling

緒 言

わが国では縄文時代の貝塚から多くのフグの歯が発掘されており、人々が古代よりフグを賞味していたことがわかる。江戸時代にはフグを食べる文化が普及したようであるが、フグ刺しやフグチリなどのフグ料理が開発されたのは幕末維新の頃の下関が始まりとされる¹⁾。現在、下関では多くの飲食店でフグ料理を扱っており、フグの本場としてのブランドを誇っている。わが国ではフグ毒によ

る食中毒事故を防止するため、食用に供してよいフグの魚種とその部位、漁獲海域などが規定されている²⁾。山口県においても「ふぐの規制に関する条例」により厳しい規制をかけており、ふぐ処理師の技術が下関のブランド維持に大きく貢献している。しかし、近年では長引く不況や魚価の低迷のため、フグの消費量も低減しており、ふぐ処理師の技術レベルの維持にも課題を有するものとする。そこで著者らは、ふぐ処理師による身欠き品の品質評価を対象として解析とモデル化を行い、ふぐ処理師の品質評価

*1 水産大学校水産学研究科生 (Graduate student, National Fisheries University)

*2 水産大学校水産学研究科 (Graduate School of Fisheries Science, National Fisheries University)

*3 水産大学校海洋機械工学科 (Department of Ocean Mechanical Engineering, National Fisheries University)

*4 水産大学校専攻科 (Advanced courses, National Fisheries University)

*5 水産大学校食品科学科 (Department of Food Science and Technology, National Fisheries University)

と同等の品質評価を可能とするシステムの構築³⁾⁵⁾を目指している。フグ類には多くの種があるが、食用として需要が高いものは「フグの王様」と呼ばれるトラフグ(学名 *Takifugu rubripes*)と「フグの女王」と呼ばれるマフグ(学名 *Takifugu porphyreus*)である。ふぐ処理師によるトラフグの身欠きの品質評価については既に解析を終え、品質評価には身欠きの体表の4点の色彩が反映すること、またこれらの色彩を変数として組み合わせることでふぐ処理師の品質評価に相当するモデルを構成可能であることを示した(6)・7)。よって本報告では、マフグの身欠きに対するふぐ処理師の品質評価を対象として、品質評価と魚肉鮮度、魚肉のかたさおよび体表の色彩の関係を解析し、ふぐ処理師の品質評価のモデル化に有用となる指標を検討した結果について述べる。

実験と解析方法

実験方法

解析の対象としたふぐ処理師は下関市内の老舗フグ仲卸に勤務する50代男性2名(経験年数30年と25年)とした。試料魚には主に3月から5月初旬の間に山口県見島沖で漁獲されて下関市地方卸売市場南風泊市場で競りにかけられた活きたマフグ(英名 Purple puffer)145尾を用いるものとした。試料魚の身欠き処理は解析対象のふぐ処理師が行うものとした。1尾あたりの身欠き処理に要する時間は3分程度であった。試料魚の品質は身欠き処理後の水洗いを経て、温度2℃で約8時間冷蔵した段階でふぐ処理師2名が同時に評価するものとした。品質の評価尺度は計5段階として、評価の高いものから順に第1群(優: Class1)、第2群(良: Class2)、第3群(並み: Class3)、第4群(やや劣: Class4)および第5群(劣: Class5)と定めた。各群の品質の目安は、第1群が鮮度と見栄えの両面で特に優れているもの、第3群が仲卸の扱う標準的なもの、また第5群は鮮度と見栄えが極めて劣るものとした。第2群と第4群はそれぞれ隣接する群との中間の品質と定めた。なお、1回の実験に用いる試料魚は各群の試料数が同数となるようにふぐ処理師が選定した。

Table 1 に身欠き処理後の試料魚の体格を示す。試料は身欠きを二枚に下ろした後に背骨の付かない側を二分割して、各試料片を体表の色彩、魚肉鮮度 K 値およびかたさの測定に供した。Fig.1 と Fig.2 にそれぞれ試料片の様子と体表の色彩の測定点を示す。測定点は背部2点、体幹部3点、尾鰭1点、腹部2点および腹腔内2点の計10点とした。以下、

Table 1 Constitution of specimens.[mean ± standard deviation]

Categories	length (mm)	Weight (g)	Number of samples
Class1	246.07 ± 19.08	214.82 ± 61.54	29
Class2	248.21 ± 23.05	207.79 ± 57.27	29
Class3	247.48 ± 24.54	214.82 ± 61.54	29
Class4	259.45 ± 23.53	231.94 ± 51.24	29
Class5	262.28 ± 23.12	231.38 ± 49.83	29

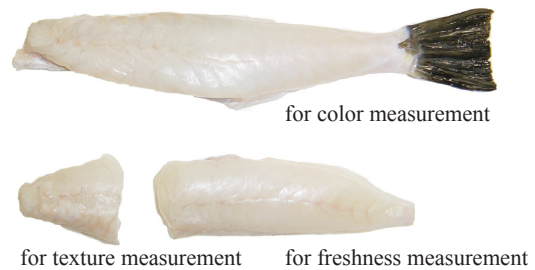


Fig.1 Test pieces

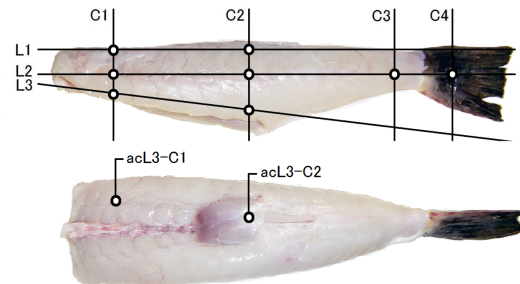


Fig.2 Measuring points of color on the fish body surface

各測定点の名称は各測定線の交点、例えば、背部の頭部寄りの測定点では記号により(L1-C1)で、また腹腔内の測定点は頭部寄りからそれぞれ(acL3-C1)、(acL3-C2)と表すものとする。なお、これらの測定点は文献14に記載する方法に準じるように定めた。

体表の色彩の測定項目にはCIE1976表色系に規定される明度指数L*、色度座標a*、b*(以下、色度a*、b*とよぶ)を、また体表の保水性や粘性の程度を表す指標として輝度Lを定めた。各測定点の彩度C*ab、色相角h及び2点の測定点間の色差ΔE*abはそれぞれ式(1)から式(3)により求めた。

$$C^*ab = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad [-] \quad (1)$$

$$h = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad [^\circ] \quad (2)$$

$$\Delta E^*ab = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad [-] \quad (3)$$

ここで、Δは2点の測定点の値の差を表す。なお、色彩

の測定には光源に CIE 測色用標準イルミナント D65 を内蔵する測定径 8mm の接触式色彩計 (コニカミノルタセンシング (株): CR-400) を、また輝度の測定には非接触式輝度計 (日本電色工業 (株): NL-1) を測定面積が色彩の測定と同程度になる条件で用いた。

魚肉の鮮度指標には初期鮮度との相関性が高い K 値^{6),7)}を用いるものとした。K 値は式 (4) に示すとおり、魚肉中の ATP (アデノシン三リン酸) 関連化合物の総量に占める HxR (イノシン) と Hx (ヒポキサンチン) の総量を百分率で表す指標である。K 値の一般的な目安は即殺魚で 5% 程度、生食用で 20% 以下、可食限界は 60% 程度まで⁸⁾とされている。K 値分析には全試料魚を用いた。各試料魚の試料肉は 1 尾あたり 1g と定めて採取した。

$$K \text{ 値} = \frac{H_x R + H_x}{ATP + ADP + AMP + IMP + H_x R + H_x} \times 100 \quad [\%] \quad (4)$$

魚肉のかたさには縦 30mm、横 30mm、高さ 10mm に加工した試料片に対する縦弾性係数 E⁹⁾ を用いるものとし、圧力試験により求めた。式 (5) に縦弾性係数 E の基本式を示す。

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad [\text{MPa}] \quad (5)$$

ここで σ は応力を、 ε はひずみを示す。なお、かたさ測定の試料魚は各群から 5 尾ずつを無作為抽出して、計 25 尾を試験に供した。

これらの指標のうち体表の色彩と K 値の測定時間は、競りから販売に至るまでの期間を考慮して、試料入手後 1 時間経過時 (身欠き処理後約 9 時間、以下 1 時間経過時とよぶ)、24 時間、48 時間および 72 時間の各経過時と定めた。魚肉のかたさの測定はフグ肉の死後硬直を考慮して 1 時間経過時のみとした。なお、体表の色彩測定、K 値分析における中和処理までおよびかたさの測定は温度を 12.0°C、湿度を 50% RH 程度、照度を 300lx に保った恒温室内で行うものとした。また色彩測定と K 値分析用の試料は発砲スチロール製の容器に氷納して温度を 2.0°C に保った冷蔵庫に保管した。

解析方法

身欠きに対するふぐ処理師の品質評価と魚肉鮮度 K 値との関係については、各測定時間における各群の K 値の基本統計量を求めた後、評価群を 5 水準、測定時間を 4 水準とする二元配置の分散分析により K 値に対する品質評

価と経過時間の影響を確認し、多重比較を行うものとした。なお分析にあたっては等分散の検定にルービン検定を、また多重比較の検定にはテューキーの隔たり検定をそれぞれ用いた。

解析に用いる体表の色彩には次の第 1) 項～第 4) 項の計 29 点を定めて各測定時間における各評価群の基本統計量を算出した。

- 1) 部位 (背部, 体幹部, 腹部, 腹腔) 内の各測定点の平均 (計 4 点)
- 2) 各測定点 (計 10 点)
- 3) 部位内の 2 点の測定点間の差 (計 6 点)
- 4) 部位間の 2 点の測定点間の差 (計 9 点)

ふぐ処理師の品質評価と体表の色彩との関係は各測定時間における色彩について群間の母平均の差の検定 (t 検定) を行い、また体表の色彩と K 値との関係は相関分析と無相関の検定によりそれぞれ確認するものとした。ふぐ処理師の品質評価と魚肉のかたさとの関係は、かたさについての群間の母平均の差の t 検定により検討した。

次に、ふぐ処理師の品質評価の構造は正準判別による判別分析法により解析するものとした。式 (6) に判別分析の基本式を示す。

$$Z = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i \quad (6)$$

ここで、Z は判別関数、 x_i は説明変数、 a_0 は定数項、 a_i は判別係数である。説明変数には、主に先の相関分析で K 値との関連が確認された色彩のうち、母平均の比較により 24 時間経過時まで継続して有意差 ($P < 0.01$ 、または $P < 0.05$) を確認したものを採用するものとした。説明変数の数は判別分析式の複雑化を避けるために 4 個までとした。判別分析の結果、判別率 50% 以上を得た判別分析式のうち、魚肉の変性 (硬直、解硬、腐敗) に伴う体表の色彩の挙動¹⁰⁾、体表の保水性と粘性の経時的変動等¹¹⁻¹²⁾、およびふぐ処理師の意見を参考にして、品質評価を最も良く反映するもの (以下、品質評価モデルとよぶ) を絞り込み、品質評価の傾向と特徴を検討するものとした。

結 果

品質評価と魚肉鮮度、魚肉のかたさの関係

Fig.3 に魚肉鮮度 K 値の経時変化の様子を示す。1 時間経過時における K 値は第 1 群の平均が 4.26% と最も低く、第 2 群以降が順次 5.30%、5.70%、11.54%、13.35% とな

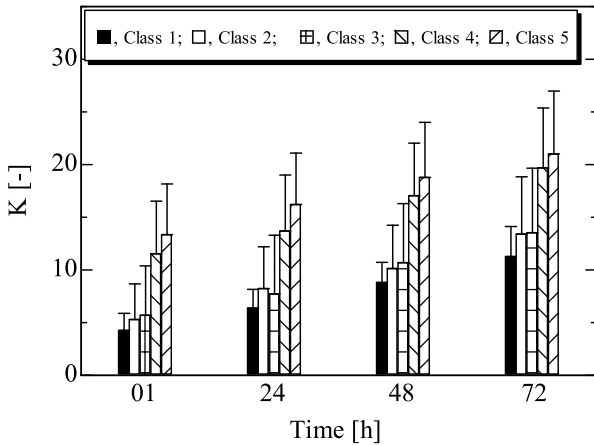


Fig.3 Changes in K values.

り良好に群順位を反映した。二元配置の分散分析では、群間の等分散性は棄却されず、また群間の多重比較の検定では第1群と第4群、第1群と第5群、第2群と第5群、第3群と第5群の間に1%の有意差が、また第2群と第4群、第3群と第4群の間に5%の有意差が確認された。1時間経過時における群間の多重比較の検定では、品質評価の劣る群(第4群、第5群)とその他の群(第1群~第3群)との全ての群間の比較で有意差 ($P < 0.01$) が確認された。

Table 2 に1時間経過時における魚肉のかたさの一覧を示す。魚肉のかたさは全試料で31.55MPaから68.53MPaまでの範囲に分布し、平均は48.77MPaであった。各群の母平均を比較した結果、何れの群間にも有意差は確認されなかった。

Table 2 Texture of fish meat (elapsed 1 hour experiments started).

Categories	Texture (MPa)
Class 1	38.44 ± 7.02
Class 2	47.23 ± 5.39
Class 3	54.91 ± 7.43
Class 4	47.32 ± 3.40
Class 5	55.21 ± 10.87

品質と体表の色彩の関係

Table 3 に1時間経過時における各測定点の色彩の一覧を、また Fig.4 に尾鰭(L2-C4)を除いた体表9点の平均の色彩の分布を示す。尾鰭を除く全試料の色彩の平均は明度 $L^* = 53.59$ 、色度 $a^* = 0.08$ 、色度 $b^* = -1.64$ 彩度 $C^*ab = 3.58$ となり、体表全体の色彩は「灰色」となった。1時間経過時では背部の頭部寄り(L1-C1)と体幹部の2点{(L2-C1)、(L2-C2)}と腹部の2点{(L3-C1)、(L3-C2)}が「灰色」を、背部の中央(L1-C2)、体幹部の尾部寄り(L2-C3)、腹腔内

Table 3 Color of specimens (elapsed 1 hour after experiments started).

(a) Dorsal region		[mean ± standard deviation]			
Measuring points	Categories	L*	a*	b*	C*ab
L1 - C1	Class1	55.04 ± 2.87	-1.00 ± 0.80	-1.91 ± 1.55	2.51 ± 1.20
	Class2	54.62 ± 3.15	-0.82 ± 0.95	-2.42 ± 1.23	2.76 ± 1.16
	Class3	54.59 ± 3.22	-0.99 ± 0.68	-2.43 ± 1.20	2.77 ± 1.08
	Class4	58.84 ± 5.05	-0.63 ± 1.37	-0.57 ± 2.18	2.50 ± 1.04
	Class5	58.00 ± 4.81	-0.72 ± 1.13	-0.73 ± 1.97	2.21 ± 1.16
L1 - C2	Class1	52.08 ± 3.07	-1.42 ± 0.43	-4.00 ± 1.25	4.29 ± 1.18
	Class2	50.55 ± 2.34	-1.36 ± 0.47	-3.74 ± 1.22	4.02 ± 1.17
	Class3	51.28 ± 3.24	-1.43 ± 0.48	-3.73 ± 1.09	4.06 ± 0.97
	Class4	57.56 ± 7.42	-1.70 ± 0.93	-2.86 ± 2.67	4.17 ± 1.30
	Class5	56.95 ± 5.79	-1.53 ± 0.99	-3.08 ± 2.67	3.86 ± 1.26
(b) Trunk part and caudal fin					
Measuring points	Categories	L*	a*	b*	C*ab
L2 - C1	Class1	55.42 ± 5.08	-0.45 ± 1.05	1.28 ± 1.91	2.32 ± 1.12
	Class2	56.04 ± 5.17	0.04 ± 1.11	1.40 ± 2.19	2.42 ± 1.46
	Class3	55.62 ± 4.50	-0.12 ± 0.79	1.26 ± 1.91	2.26 ± 1.17
	Class4	58.86 ± 5.83	-1.22 ± 0.87	1.83 ± 2.80	2.99 ± 2.07
	Class5	59.44 ± 5.42	-1.16 ± 0.91	2.13 ± 2.51	2.99 ± 1.89
L2 - C2	Class1	51.37 ± 2.70	-1.04 ± 0.77	-2.08 ± 1.16	2.68 ± 0.91
	Class2	51.11 ± 2.57	-1.22 ± 0.70	-2.07 ± 1.18	2.56 ± 1.04
	Class3	50.95 ± 3.09	-1.02 ± 0.79	-1.82 ± 1.24	2.35 ± 1.01
	Class4	56.85 ± 6.25	-1.22 ± 0.87	-1.01 ± 2.24	2.68 ± 1.06
	Class5	57.13 ± 5.21	-1.16 ± 0.91	-0.78 ± 2.24	2.51 ± 0.87
L2 - C3	Class1	55.47 ± 3.84	-0.77 ± 0.58	-3.72 ± 1.73	3.90 ± 1.60
	Class2	54.50 ± 3.45	-0.66 ± 0.57	-3.36 ± 1.74	3.54 ± 1.59
	Class3	55.48 ± 3.33	-0.50 ± 0.81	-3.81 ± 1.90	3.97 ± 1.79
	Class4	60.83 ± 4.74	-1.01 ± 0.67	-3.81 ± 2.72	4.45 ± 2.12
	Class5	61.65 ± 4.80	-1.01 ± 0.78	-4.00 ± 2.26	4.33 ± 2.00
L2 - C4	Class1	24.23 ± 3.19	-0.94 ± 0.94	3.12 ± 1.41	3.38 ± 1.43
	Class2	24.68 ± 2.49	-0.64 ± 1.18	2.95 ± 1.39	3.32 ± 1.19
	Class3	24.76 ± 3.01	-0.83 ± 1.22	2.88 ± 1.31	3.27 ± 1.22
	Class4	25.28 ± 3.47	-0.58 ± 0.91	3.89 ± 2.07	4.15 ± 1.85
	Class5	25.04 ± 5.08	-0.51 ± 0.92	3.36 ± 2.16	3.80 ± 1.65
(c) Abdominal region					
Measuring points	Categories	L*	a*	b*	C*ab
L3 - C1	Class1	51.35 ± 2.91	-1.66 ± 0.54	-2.92 ± 1.00	3.43 ± 0.91
	Class2	50.68 ± 3.31	-1.18 ± 0.55	-2.68 ± 1.06	3.05 ± 1.00
	Class3	51.80 ± 4.16	-1.37 ± 0.80	-2.38 ± 1.22	2.99 ± 2.72
	Class4	58.33 ± 6.99	-1.47 ± 1.08	-0.23 ± 4.17	3.66 ± 2.72
	Class5	58.17 ± 6.11	-1.42 ± 1.11	-0.70 ± 2.40	2.83 ± 1.04
L3 - C2	Class1	50.34 ± 4.33	0.51 ± 1.80	-1.53 ± 1.49	2.57 ± 1.23
	Class2	50.35 ± 4.41	0.17 ± 1.46	-1.31 ± 1.10	2.10 ± 0.84
	Class3	50.49 ± 4.60	0.45 ± 1.27	-1.44 ± 1.11	2.11 ± 0.83
	Class4	55.40 ± 6.17	0.73 ± 1.94	-0.73 ± 1.55	2.43 ± 1.14
	Class5	55.99 ± 6.72	0.98 ± 1.81	0.00 ± 1.82	2.39 ± 1.83
(d) Abdominal cavity					
Measuring points	Categories	L*	a*	b*	C*ab
acL3 - C1	Class1	46.35 ± 2.67	-1.31 ± 0.51	-3.50 ± 0.87	3.79 ± 0.85
	Class2	45.92 ± 2.24	-0.98 ± 0.39	-3.32 ± 0.99	3.52 ± 0.97
	Class3	46.85 ± 3.42	-1.23 ± 0.35	-3.10 ± 1.06	3.45 ± 0.82
	Class4	54.68 ± 7.56	-1.67 ± 0.93	-1.94 ± 2.75	3.75 ± 0.93
	Class5	55.05 ± 7.39	-1.47 ± 1.41	-1.45 ± 2.04	3.10 ± 0.89
acL3 - C2	Class1	50.68 ± 2.82	6.77 ± 1.90	-0.76 ± 1.43	7.00 ± 1.74
	Class2	49.98 ± 3.69	7.51 ± 2.20	-0.42 ± 1.28	7.66 ± 2.10
	Class3	49.90 ± 3.84	7.83 ± 2.09	0.19 ± 2.10	8.08 ± 2.22
	Class4	47.90 ± 3.76	7.75 ± 1.83	-0.30 ± 2.10	7.97 ± 1.72
	Class5	48.15 ± 3.57	7.67 ± 2.09	0.32 ± 2.07	8.25 ± 2.04

の頭部寄り(ac L3-C1)が共に「青みの灰色」を呈した。また、腹腔内の中央(ac L3-C2)が「紫みを帯びた赤みの灰色」、尾部(L2-C4)は「暗い灰色」であった。

色彩の各指標間では明度 L^* と色度 a^* の間に負の相関 ($r = -0.330, P < 0.01$) が確認された。また彩度 C^*ab と明度 L^* との間にも負の相関 ($r = -0.224, P < 0.01$) が確認された。Table 4 にふぐ処理師の品質評価の特徴と傾向が確認され

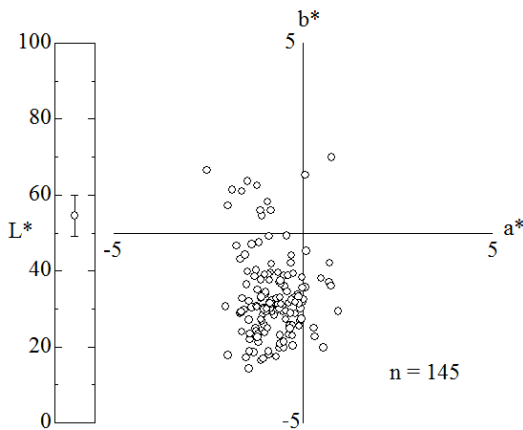


Fig.4 Distribution of color on the fish body surface.

た体表の色彩の一覧を示す。Table 4 に示す通り、ふぐ処理師の品質評価には体表上の 16 点の色彩が反映しており、明度 L^* と色度 b^* が良く貢献する結果を得た。Table 5 に Table 4 で示す色彩を説明変数に用いて判別分析を行った後、ふぐ処理師との協議を経て最も適切と判断した品質評価モデルの構造を示す。モデルは計 4 個の変量から成り、特に腹腔内の色彩が貢献する構造となった。

Table 4 Color of the fish body surface which confirmed features or tendency of the skillful cooks' evaluation (during 24 hours after experiments started).

Part	Indices
Dorsal region	(L1-C1), b^*
Trunk part	(L2-C3), L^*
Abdominal region	(L3-C1), L^* , b^* , h
Abdominal cavity	(acL3-C1), b^* , C^*ab , h (acL3-C2), L^*
Abdominal cavity	(acL3-C1) - (acL3-C2), ΔL^*
Dorsal - Trunk part	(L1-C1) - (L2-C1), Δa^*
Trunk - Abdominal region	(L2-C1) - (L3-C1), Δb^*
Trunk - Caudal fin	(L2-C1) - (L2-C4), Δa^* (L2-C3) - (L2-C4), ΔL^* , Δb^* , ΔE^*ab

Table 5 Explanatory variables and the standardised discriminant coefficients of the Migaki quality evaluation model.

Explanatory variables	Standardised discriminant coefficients			
	1st vector	2nd vector	3rd vector	4th vector
Measuring points, Indices				
(L2-C3), L^*	0.570	0.057	-0.389	0.823
(acL3-C1), C^*ab	0.306	0.858	0.552	0.075
(L1-C1)-(L2-C1), Δa^*	0.385	0.430	-0.717	-0.425
(acL3-C1)-(acL3-C2), ΔL^*	0.599	-0.147	0.694	-0.563

Canonical correlation = 0.599, $F = 8.40$, $df = 16$, $P < 0.01$

考 察

ふぐ処理師の品質評価について

1 時間経過時 (身欠き処理後 9 時間経過時) の魚肉鮮度 K 値は全試料の最大が 7.19 % となる狭い範囲に分布し、平均は 4.26 % であった。一般の即殺魚の目安 5%⁸⁾ と比較

すると低い値と言える。これは試料 1 尾あたりの身欠き処理の時間が 3 分程度と非常に短いこと、内臓を除去していること、身欠き処理後に素速く水洗して出荷までを低温で冷蔵保管して筋肉酵素や細菌酵素による分解を進み難くしていることに起因するものと考えられる。即ち、ふぐ処理師の熟練した技と品質管理についての意識の高さが品質に貢献するものである。1 時間経過時では各群の K 値は評価の低下に伴い上昇し、かつ経時的にもほぼ群順位を保ちながら上昇した。分散分析と多重比較の結果、経過時間の全水準間の平均が有意 ($P < 0.01$) となり、各経過時間においては評価が「並み」以上の群 (第 1 群～第 3 群) と評価の低い群 (第 4 群, 第 5 群) との全組合せの間に有意差 ($P < 0.01$) が確認された。しかし、並み以上の各群間と評価の低い群間では共に有意差が確認されなかった。これらのことから、ふぐ処理師の品質評価には魚肉鮮度が良好に反映すること、またふぐ処理師は評価に際して先ず鮮度の良否により二分し、その後各クラスに細分していることが推察される。なお、試料魚は競りの段階で活きたものを入手したことから、 K 値のバラツキには市場から仕入れた後の品質評価までのプロセス、例えば身欠き処理の順番、身欠き処理後の冷蔵にかかるタイミング、冷蔵条件の若干の違いなどが複合的に影響したものと考えられる。

魚肉のかたさには何れの群間にも有意差が確認されなかった。このことからふぐ処理師の品質評価には魚肉のかたさは反映しないと言える。魚肉 100g 中におけるマフグの標準的な水分とタンパク質の合計は 98.5g¹³⁾ を占めており、イサキ¹⁴⁾ やマアジ¹⁵⁾ 等の一般的な魚種のものと比較すると水分含量が高い。魚肉の硬直の進行は魚種毎に異なるが、これは主に魚肉成分の構成に由来するものである。本実験中に試料の硬直の進行を確認したところ、触手により硬直開始が確認できたのはおよそ 4 時間から 5 時間経過時以降であった。よって、ふぐ処理師が試料を品質評価した際には未だ触感で判る程度には硬直は進んでおらず、また魚肉の成分構成によりかなり柔らかい印象を受けることから、品質評価には魚肉のかたさが反映しないものと推察する。

以上を理由として、ふぐ処理師の品質評価には体表の色彩が貢献するものとする。即ち、ふぐ処理師の品質評価は体表の僅かな色彩の差異により魚肉の鮮度を見積もるものである。先に述べたように、マフグの魚肉はほぼ水分とタンパク質で構成されており、脂質含量は 0.4g で他の魚種¹⁵⁾ のものより極めて低い特徴がある。よって身欠きでは脂質の酸化により変色が起こり難いことから、尾鰭を除

いた体表の色彩は水分とタンパク質で成すものと言える。また、ふぐ処理師の品質評価には体表上の計4箇所を表す色彩の組合せが最も反映するものとした。以下、ふぐ処理師の品質評価に大きく貢献すると見なせるこれらの色彩について考察する。

品質評価に反映する色彩について

(a) 体幹部の尾鰭寄り (L2-C3) の明度 L^*

Fig.5 に体幹部の尾鰭寄り (L2-C3) の明度 L^* の経時変化の様子を示す。試料入手後1時間経過時における明度 L^* は群順位の低下に伴い上昇する傾向を示し、評価の高い群 (第1群、第2群) と評価の低い群 (第4群、第5群) との間の全群間の組合せで有意差 ($P < 0.01$) が確認された。1時間経過時における体幹部の尾鰭寄り (L2-C3) の色彩は、全試料の平均で $L^* = 57.6$ 、 $a^* = -0.788$ 、 $b^* = -3.72$ となり「青みの灰色」を呈している。群間の色差 ΔE^*ab は、評価の高い群 (第1群、第2群) と評価の低い群 (第4群、第5群) との間で5.37から7.16の範囲にあり、両群の試料魚を並べて比較すると尾鰭寄り (L2-C3) の色彩は最低でも著しく異なるものとなる。

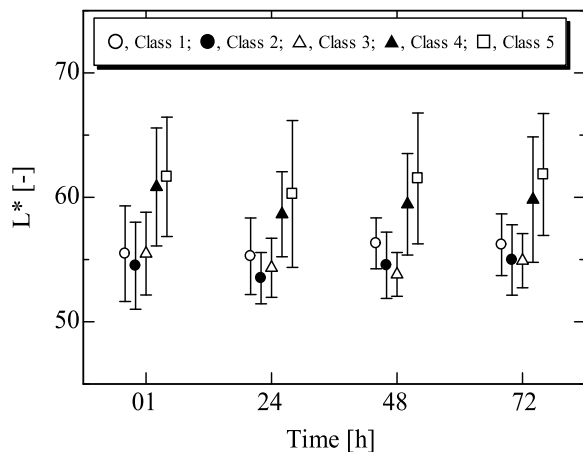


Fig.5 Changes in value L^* at trunk part (L2-C3).

最も色差の大きい第1群と第5群との比較では、第1群の明度 L^* が55.47であることにに対して第5群の明度 L^* は61.65と高く、明度の差 ΔL^* が両群の色差 ΔE^*ab に大きく貢献する。また、体幹部の尾鰭寄り (L2-C3) の明度 L^* とK値とはかなり強い正の相関 ($r = 0.445$ 、 $P < 0.01$) も確認された。よって、体幹部の尾鰭寄り (L2-C3) の明度 L^* は鮮度の程度を良好に反映し得る一つの指標となる。

以上から、ふぐ処理師は体幹部の尾鰭寄り (L2-C3) の明度 L^* を捉えて品質の程度を見積もるものと推察する。

(b) 腹腔内頭部寄り (acL3-C1) の彩度 C^*ab

Fig.6 に腹腔内頭部寄り (acL3-C1) の彩度 C^*ab の経時変化の様子を示す。試料入手後1時間経過時の腹腔内頭部寄り (acL3-C1) の色彩は全群の平均で明度 $L^* = 49.77$ 、色度 $a^* = -1.33$ 、 $b^* = -2.66$ であり、「青みの灰色」を呈する。Fig.6 から判るように、1時間経過時における彩度 C^*ab は

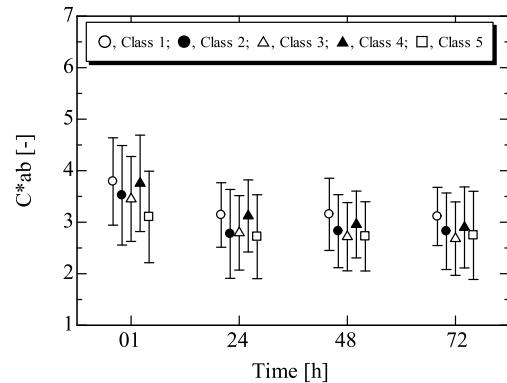


Fig.6 Changes in chromaticity C^*ab at abdominal cavity (acL3-C1).

3.10から3.79の範囲で群順位の低下に伴って低くなり、また経時的にも低下する傾向を示す。1時間経過時における各群間の色差 ΔE^*ab は0.57から9.16の範囲にあった。色差 ΔE^*ab は評価が並み以上の群 (第1群～第3群) と評価の劣る群 (第4群、第5群) との間の比較で大きくなり、これらの群を並べて比較すると腹腔内頭部寄り (acL3-C1) の色彩は著しく異なるものとなる。この色差 ΔE^*ab の大きさには明度の差 ΔL^* と色度の差 Δa^* 、 Δb^* が共に貢献しており、特に彩度 C^*ab は第1群と評価の低い群との比較で有意 ($P < 0.05$) に高くなる。また、魚肉鮮度K値と彩度 C^*ab とは負の相関も認められる (-0.372 、 $P < 0.01$)。以上を理由として、ふぐ処理師の品質評価に腹腔内頭部寄り (acL3-C1) の彩度 C^*ab が反映するものと考えられる。

(c) 腹腔内 { (acL3-C1)-(acL3-C2) } の明度差 ΔL^*

Fig.7 に腹腔内頭部寄り (acL3-C1) と中央 (acL3-C2) の明度 L^* の経時変化の様子を示す。1時間経過時における頭部寄り (acL3-C1) の明度 L^* の平均は49.77であり、群順位の低下に伴って高くなり、また経時的にも上昇する傾向を示す。頭部寄り (acL3-C1) の明度 L^* では評価が並み以上の群 (第1群～第3群) と評価の低い群 (第4群、第5群) との間の全ての群間で母平均の有意差 ($P < 0.01$) が確認された。1時間経過時における中央 (acL3-C2) の明度 L^* の平均は49.32であり、群順位の低下に伴い低くなり、また経時的にも下降する傾向を示す。中央 (acL3-C2) の明度 L^* では第1群と低い群 (第4群、第5群) との間で母平均の有

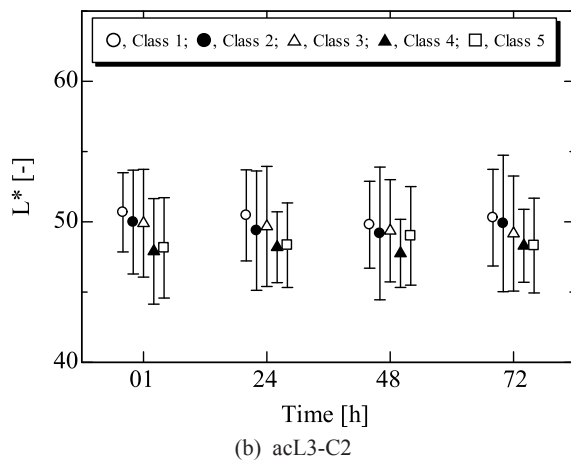
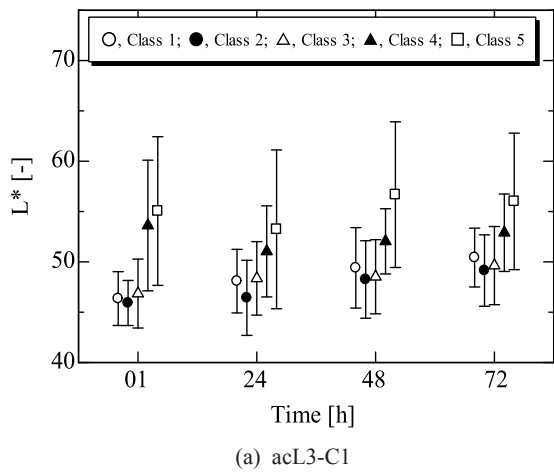


Fig.7 Changes in value L* at abdominal cavity

意差 ($P < 0.01$) が確認された。また、第2群、第3群と評価の低い群 (第4群、第5群) との間でも有意差 ($P < 0.05$) が確認された。これら腹腔内 {(acL3-C1)-(acL3-C2)} の色差 ΔE^*ab は 9.56 から 11.83 の範囲にあり、群順位の低下に伴い拡大した。この色差 ΔE^*ab の拡大には {(acL3-C1)-(acL3-C2)} の明度差 ΔL^* が最も良く貢献している。

Fig. 2 に示すとおり、腹腔が見える置き方で保管する場合には頭部寄り (acL3-C1) は腹腔内でも低い位置に在り、経時的に周辺の部位からの水分を蓄え易くなる。よって、魚肉の白化も進行し易くなり、これに伴って明度 L^* も上昇するものと考えられる。逆に中央 (acL3-C2) は腹腔内で最も高い位置にあることから経時的に乾燥し易くなり、これに伴い明度 L^* は低下する。即ち、この腹腔内 {(acL3-C1)-(acL3-C2)} の明度の差 ΔL^* は経時的に拡大する方向にあり、魚肉鮮度にも反映することとなる。よって、ふぐ処理師はこれら腹腔内の2点の色彩の差、即ち経時的に変化する明度の差 ΔL^* を捉えて経験的に品質を見積もるものと

推察する。

(d) 背部頭部寄りと体幹部頭部寄り {(L1-C1)-(L2-C1)} の色差差 Δa^*

Fig. 8 に背部頭部寄りと体幹部頭部寄り {(L1-C1)-(L2-C1)} の色差差 Δa^* の経時変化の様子を示す。試料入手後1時間経過時の背部頭部寄り (L1-C1) の色彩は全群の平均で明度 $L^* = 56.22$ 、色度 $a^* = -0.83$ 、色度 $b^* = -1.62$ であり「青みの灰色」を呈する。また、体幹部頭部寄り (L2-C1) の色彩は全群の平均で明度 $L^* = 57.08$ 、色度 $a^* = -0.43$ 、色度 $b^* = 1.58$ であり「灰色」を呈している。1時間経過時における背部頭部寄りと体幹部頭部寄り {(L1-C1)-(L2-C1)} の色差 ΔE^*ab は 2.49 から 4.16 の範囲に有り、各群を並べて比較すると感知し得るほど異なるものとなる。1時間経過時における2点間の明度差 ΔL^* は -0.38 から -1.96 の範囲にあり、群順位の低下に伴って拡大する傾向を示すものの群間に有意差は確認されなかった。同じく、2点間の色差差 Δa^* は -0.87 から 0.19 の範囲にあり、評価が並み以上の群 (第1群~第3群) と評価の低い群 (第4群、第

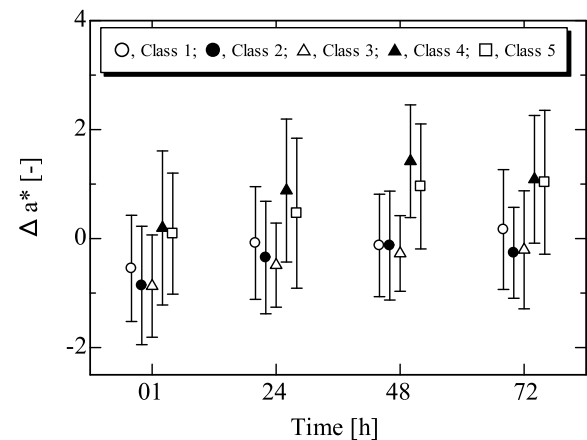


Fig.8 Changes in difference of chromaticity a^* between measuring points of dorsal – trunk part (L1-C1) and (L2-C1).

5群) との間全ての群間に有意差 ($P < 0.01$) が確認された。一方、2点間の色差差 Δb^* は -3.82 から -2.16 の範囲にあり、第2群および第3群と評価の低い群 (第4群、第5群) との間で有意差 ($P < 0.01$) が確認されたものの、規則性は示されなかった。よって、2点間の色差差 ΔE^*ab には色差差 Δa^* の規則性が貢献するものと考えられる。

1時間経過時における2点間の色差差 Δa^* と魚肉鮮度 K 値とは正の関連 ($r = 0.318$, $P < 0.01$) がややみられ、経時的に関連は強まって72時間経過時ではかなりの関連 ($r = 0.405$, $P < 0.01$) が確認された。即ち、2点間の色差差 Δ

a* は魚肉鮮度を反映するものと見なすことができる。よってふぐ処理師はこれら頭部寄りの背部と体幹部の色彩の差違により、品質を見定めるものと推察する。

結 言

本研究では下関の老舗ふぐ仲卸のふぐ処理師を対象として、マフグ身欠きの品質評価を解析すると共に、品質評価のモデル化に有用となる指標の組み合わせを求めた。その結果、ふぐ処理師の品質評価には魚肉鮮度が反映すること、魚肉のかたさは関連しないこと、またモデル化には計4個の色彩の組み合わせが適切であることを示した。

ふぐ処理師が注視するのは腹腔、体幹部の尾鱭寄り、背部と体幹部の頭部寄りの色彩である。これらは主に身欠き処理の丁寧さと身欠き処理後の経過時間を表し得る指標であり、これらの色彩に着目することでふぐ処理師のマフグに対する品質評価を表し得ることが示唆された。

現在、世界では健康を意識して魚食文化を根幹とする日本食ブームが起きている。フグ料理も例外ではない。例えば、米国では関係者の努力が実り1989年から下関市内の仲卸で構成される下関ふぐ輸出組合が処理したフグに限って輸入を解禁している。加えて、我が国では本年2012年10月より東京都で身欠きフグに対する規制が緩和された。以上を背景として、熟練したふぐ処理師の技を解析、モデル化して活用することを一つの手段として、世界における食の安全と日本の魚食文化の普及に貢献したいと考える。

謝 辞

本研究にご協力いただいた株式会社酒井商店の酒井 一社長と商店の皆様に感謝いたします。

文 献

- 1) 海沼 勝：新ふぐ調理師必携(上巻)知識編・試験編、柴田書店、東京、2008、pp.30-35.
- 2) 環境衛生局長通知：フグの衛生確保について、厚生労働省、1983
- 3) Nakamura M., et al., : Quality estimation model of White chestnut (*Logocephalus wheeleri*) by auctioneers, Fisheries Engineering, 45(2), 2008, pp.119-128.
- 4) 中村 誠, 他4名：下関トラフグ身欠きの熟練の品質評価のモデル化について, 人間工学, 46(特別号), 2010, pp.216-217
- 5) 中村 誠, 他5名：マフグ身欠きの熟練の品質評価に関する基礎的検討, 日本人間工学会中国・四国支部, 九州・沖縄支部合同開催支部大会講演論文集, 2011, pp.128-129.
- 6) McNiven, M., A. and Porter, K., R.: Microtubule polarity confers direction to pigment transport in chromatophores, J. Cell Biology, 103, 1986, pp.1547-1555
- 7) Alasalvar, C., et al., : Comparative quality assessment of cultured and wild Sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice, J. of Agric. and Food Chem., 50(7), 2002, pp.2039-2045
- 8) 渡邊 悦生：魚肉の鮮度と加工・貯蔵, 成山堂書店, 東京, 1998, pp.61-80
- 9) 太田 博光, 他3名：フグ肉の動特性に基づいた非破壊食感評価法, 日本設備管理学会誌, 19(2), 2007, pp.30-35
- 10) Fujii, R: Cytophysiology of fish chromatophores, Int. Rev. Cytol., 143, 1993, pp.191-255
- 11) 山中 英明：魚介類の死後変化と品質, 日本水産学会誌, 68(1), 2002, pp.5-14
- 12) Whyte, S., K. : The innate immune response of finfish – A review of current knowledge, Fish Shellfish Immunol., 23(6), 2007, pp.1127-1151
- 13) 文部科学省：五訂増補日本標準成分表, 食品コード 10237, 2005
- 14) 中村 誠, 他5名：鮮魚の熟練の品質評価の解析－彩色魚種の外観評価について－, 人間工学, 45(2), 2009, pp.118-125
- 15) 中村 誠, 他6名：鮮魚の熟練の品質評価の解析－彩度の低い魚種の外観評価について－, 人間工学, 48(3), 2012, pp.142-149