

シロザケ肉色の品質評価に関する研究

秋野雅樹*, 武田忠明*, 今村琢磨*

Studies on the quality evaluation of chum salmon *Oncorhynchus keta* flesh color.

Masaki AKINO*, Tadaaki TAKEDA* and Takuma IMAMURA*

Chum salmon flesh color is the most important factor in respect of quality. The present flesh color evaluation is discriminated with the subjective method. However, in order to be anxious about the incorrect discrimination by a judgment person's individual variation, it is desirable to evaluate flesh color by the objective method. It becomes important to set up the valuation basis reliable for that purpose. When a salmon processor actually discriminates flesh color grades in a disposal plant, the discrimination standard of the high accuracy adapted to visual evaluation of a fillet color is needed. Therefore, in this study, it was investigated how the difference in the form of a chum salmon sample would affect color measurement values. Based on the result, we made the objective valuation basis corresponding to subjective evaluation from CIELAB color system values in a fillet, and established the discrimination standard for chum salmon flesh color.

キーワード：シロザケ, 表色系, C I E L A B, 色相, 色差, カロテノイド, サーモンカラーチャート, 判別分析

まえがき

シロザケ(秋サケ) *Oncorhynchus keta*の身肉は、カロテノイドであるアスタキサンチンを含有することから鮮やかなサーモンカラーを呈することを特徴としている。サケのカロテノイドに関する研究は、成分組成、代謝機構、筋肉組織中の細胞内分布など数多く報告されている^{1,3)}。

カロテノイド由来であるその肉色は品質面から重要視され、赤みの強いもの程、高値で取引される。商業上、シロザケの肉色判別は主に色知覚で表す主観的方法(色知覚(視覚)による方法)で行われているが、判定者の個人差に基づく判別誤認等が懸念されることから客観的な方法(測色計による方法)による判別が望まれている。サケ加工現場での肉色の等級判別は、フィレ色の主観的評価に則した高い精度の判別基準が必要とされる。

そこで本研究では、シロザケ肉色を客観的評価として数値化するために、試料形状の違いが測色値に及ぼす影響を把握するとともに、カロテノイド量と測色値の関係について調べた。その結果を基に、フィレ状態で測色し

たときのCIELAB表色系値から主観的評価に対応した客観的評価基準を作成し、シロザケ肉色判別基準の設定を行った。

材料及び方法

1. 実験試料

平成17年9月から10月に北海道石狩市、斜里郡斜里町ウトロ、沙流郡日高町の沿岸で漁獲された婚姻色の発現度合いの異なるシロザケ60尾を試料とした。試料は、魚体をフィレマシーンにより裁割した後、氷詰めして産地から輸送(24時間以内)された。肉色の測定は試料到着後、直ちに行った。カロテノイド測定用の試料については、真空包装し遮光状態で分析に供するまで-25℃で保存した。

2. 主観的方法による肉色評価

魚体の脊鰭付け根から頭部に向かい約10cm以内の脊肉部の肉色を北海道漁業協同組合連合会のサーモンカラーチャート(Fig.1)(以下、SCCと略す)を使用して、

目視により測色した。SCCによる数値20未満をホワイト, 20以上23未満をピンク, 23以上をレッドの3等級に判別した。



Fig. 1 Salmon color chart. Hokkaido federation of fisheries cooperative associations.

3. 客観的方法による肉色評価

3.1. 分光測色計による肉色の測定

3.1.1. フィレ測定

主観的方法により肉色評価した部位に対して, 分光測色計CM-2500d (コニカミノルタ社製) の計測部位 (ターゲットマスク) を直接押し当てて測色した。

3.1.2. ミンチ肉測定

主観的方法により肉色評価した部位を切り取り, 皮, 血合い肉, 骨を取り除きオスターブレンダーにより粉碎した。粉碎した試料, 約20 gをプラスチックセルCM-A132 (20mm) (コニカミノルタ社製) に詰めて分光測色計CM-2500dで測色した。

測定条件: 照明受光光学系 d/8 (SCE), 測定径 8 mm, D65光源, 10° 視野, L*a*b*表色系及びL*C*h表色系, 1検体につき3回測定を行い, その平均値を使用した。

3.2. カロテノイド量の測定

肉色測定後の各粉碎試料 5 g にアセトン20mlを加え, ホモジナイズ後, 遠心分離 (3,000rpm, 10分間) した。これを上澄液が着色しなくなるまで繰り返し, 集めた上澄液の溶媒を除去し, エーテルで分液ロートに移した。これに水を加えて分配し, 水洗を数回した後, エーテル部分を除去してアセトンで定容し, 477nmの吸光度を測定した。カロテノイド量は, 吸光度にアスタキサンチン吸光係数 $E_{1cm}^{1\%}=2,200$ を乗じてアスタキサンチン量に換算して算出した。

結果

1. 試料形状の違いが分光測色値に及ぼす影響

フィレ測定及びミンチ肉測定で測色した各試料60尾の分光反射率の平均値をFig.2に, CIELAB表色系色度図をFig.3に示した。分光反射率の比較では, 530nm以上の波長でミンチ肉測定の反射率が高くなる傾向が認められた。明度指数 (L*) 及びクロマティクネス指数 (a*, b*) の平均値は, いずれもフィレ測定 (L*=42.08

±3.94, a*=11.59±3.73, b*=13.26±2.15) よりミンチ肉測定 (L*=45.45±3.26, a*=15.69±4.41, b*=21.11±3.17) で高い値を示した。またフィレ測定とミンチ肉測定での色差 (ΔE^*ab) の平均値は10.20であった (Table 1)。フィレ測定の a* と b* の相関係数が0.7179であるのに対し, ミンチ肉測定の相関係数は0.9289と高かった。カロテノイド量と a* の関係については, フィレ測定 (r=0.9076) よりもミンチ肉測定 (r=0.9426) で高い相関を示した (Fig.4)。

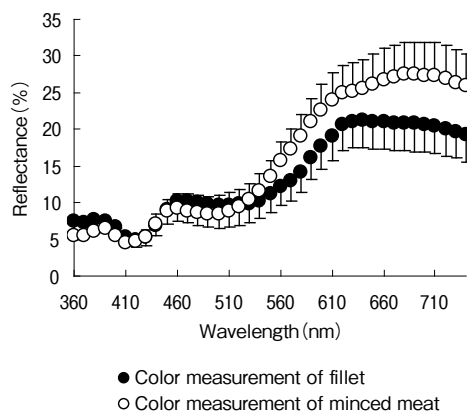


Fig. 2 Spectral reflectance of chum salmon muscle. Values indicate the average of 60 samples. Bars indicate standard deviation of 60 samples.

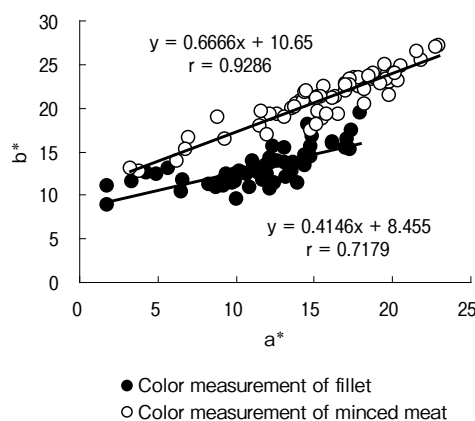


Fig. 3 CIELAB chromaticity diagram of the chum salmon muscle.

Table 1 CIELAB values and color difference of chum salmon muscle.

	L*	a*	b*	ΔE^*ab
Color measurement of fillet	42.08±3.94	11.59±3.73	13.26±2.15	10.20±3.66
Color measurement of minced meat	45.45±3.26	15.69±4.41	21.11±3.17	

Values represent the mean±standard deviation of 60 samples.

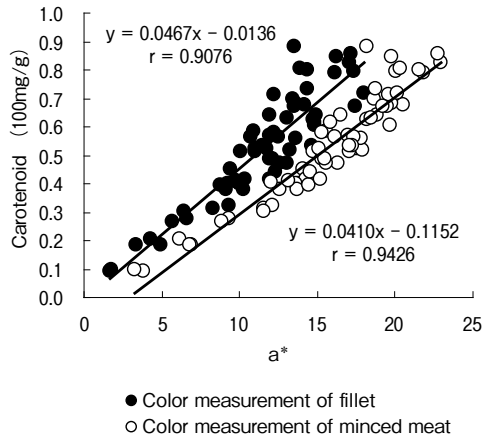


Fig. 4 Relationship the a^* and carotenoid concentration of the chum salmon muscle.

2. CIELAB表色系 (a^*) によるシロザケ肉色の等級判別

肉色を主観的評価により3等級に判別した各試料60尾のフィレ測定での a^* をFig.5に示した。説明変数を a^* とする線形判別関数による判別分析を行った結果、ホワイト等級とピンク等級及びピンク等級とレッド等級の境界値は、それぞれ $a^* = 8.20, 12.81$ であったため判別基準をホワイト等級: $a^* < 8$, ピンク等級: $8 \leq a^* < 13$, レッド等級: $13 \leq a^*$ とした。

そして主観的評価での判別結果を正当値として、これら a^* の判別基準から客観的評価を行った結果、判別率の中率は、ホワイト等級とピンク等級の判別で97.1%, ピンク等級とレッド等級の判別で74.5%であった。また全体での判別率の中率は、76.7%であった (Table 2)。

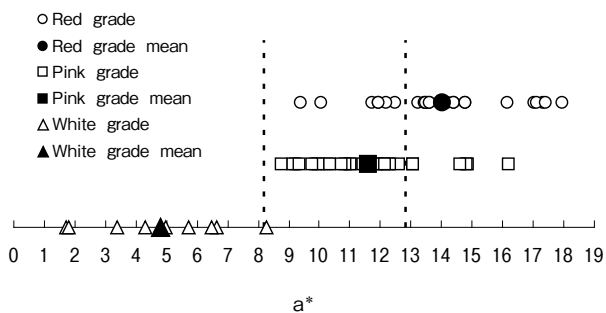


Fig. 5 The a^* of the chum salmon muscle by three grades.

Table 2 Results of discriminant analysis.

	Red grade or pink grade	Pink grade or white grade	Total
Discrimination by a^*	74.5% (38/51)	97.1% (34/35)	76.7% (46/60)

Numbers in parenthesis indicates (correct discrimination / total samples).

3. レッド等級とピンク等級判別のための客観的指標値の検索

肉色を主観的評価によりレッド等級とピンク等級に判別した試料51尾のSCC値とフィレ測定での各表色系値, L^* , a^* , b^* , C^* (彩度), h (色相角), a^*/b^* 及びカロテノイド量との相関係数をTable 3に示した。SCC値との相関は, h , a^*/b^* で高く, それぞれ-0.7869, 0.7855であった。 a^* やカロテノイド量の相関も比較的高く, それぞれ0.5822, 0.6800であった。 L^* , b^* , C^* との相関は, それぞれ-0.1501, 0.1164, 0.3794と低かった。

Table 3 Correlation coefficient with SCC value of chum salmon muscle of pink and red grades.

L^*	a^*	b^*	C^*	h	a^*/b^*	Carotenoid concentration
-0.1501	0.5822	0.1164	0.3794	-0.7869	0.7855	0.6800

4. CIELAB表色系 (a^* , b^*) によるシロザケ肉色の等級判別 (レッド等級, ピンク等級)

肉色を主観的評価によりレッド及びピンク等級に判別したレッド等級とピンク等級に判別した試料51尾のCIELAB表色系色度図をFig.6に示した。レッド等級とピンク等級について, 説明変数を a^* , b^* とする線形判別関数 $Z = 2.467(a^*) - 2.133(b^*) - 2.633$ を算出した。得られた線形判別関数からレッド等級とピンク等級の判別分析を行った結果, 判別率の中率は92.2%であった。また, 全体での判別率の中率は, 91.7%となった (Table 4)。

考 察

カロテノイド色素は動物から植物, 微生物にまで広く分布している長鎖の共役二重結合からなるポリエン構造を特徴とする一群の色素の総称名であり, 黄~橙~赤

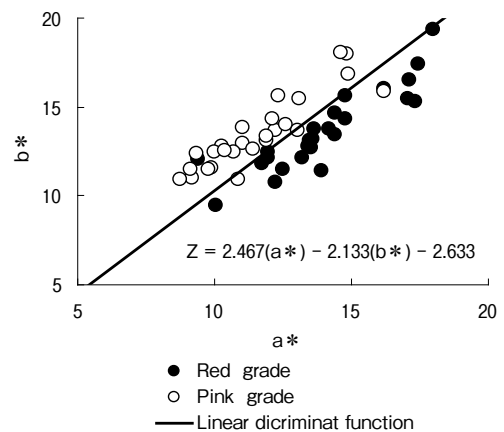


Fig. 6 CIELAB chromaticity diagram of the chum salmon muscle of pink and red grades.

Table 4 Results of discriminant analysis.

	Red grade or pink grade	Total
Discrimination by linear discriminant function	92.2% (47/51)	91.7% (55/60)

Numbers in parenthesis indicates (correct discrimination / total samples).

色をしている。これらの色素から作り出される色相を CIELAB 表色系で表現するためには、クロマトイクネス指数 (a^* , b^*) の大小とその比率が重要となる。

そのためサケ肉色を発現させるカロテノイド量は、 a^* , b^* との相関が高いと考えられる。フィレ測定とミンチ肉測定を比較した場合、 a^* と b^* の相関が後者で高く、サケ筋肉中のカロテノイド量を推定するには身肉を均質化して測色する手段が有効と考えられる。実際に a^* とカロテノイド量の関係は、ミンチ肉測定の方が高い相関を示した。

しかし、身肉の粉碎により分光反射率が変化するため、得られる表色系値は、フィレ測定とミンチ肉測定では異なり、その色差は、色違いのクレームとなる範囲 ($\Delta E^*_{ab} > 3$) であった。

以上のことから、フィレ肉色とミンチ肉色の違いが明らかとなった。実際のシロザケ肉色判別では、フィレ状態での肉色の評価が必要であり、その主観的評価と高い相関を持つ客観的評価基準が求められる。

羽田野ら⁴⁵⁾は、シロザケ肉色の a^* は、シロザケの品質を最も良好に反映している指標であると考えており、 a^* を利用した肉色判別基準を提案し、ホワイト等級で $a^* < 10$ 、ピンク等級で $10 \leq a^* < 14$ 、レッド等級で $14 \leq a^*$ と設定している。

本研究においても、シロザケ肉色等級を a^* から評価するための判別基準を設定した。線形判別分析より、 a^* の判別基準をホワイト等級で $a^* < 8$ 、ピンク等級で $8 \leq a^* < 13$ 、レッド等級で $13 \leq a^*$ とした。その判別基準は、羽田野らが提案する数値と近似し、ほぼ同様の傾向であった。本研究での基準値が少し低めに設定されたのは、使用した計測器、光源、視野等の違いによる影響と考えられた。

この判別基準による判別精度は、ホワイト等級とピンク等級では高かったが、ピンク等級とレッド等級では少し低めであった。羽田野らは、レッド等級の下限に一方的に境界線を引くことには問題はあるが、格付けの曖昧さが生む諸問題の解決の糸口として境界を定めたことを述べている。本研究では、格付けをさらに明確にするためには、レッド等級とピンク等級の判別精度を向上させる必要があると考えられた。

そこで、レッド等級とピンク等級の試料の SCC 値と各

表色系値の相関関係を調べた結果、 a^* よりも h 、 a^*/b^* で相関が高かった。このことからレッド等級とピンク等級を判別する際、赤方向を示す a^* を単独で使用するよりも、色相差を表現できる h や a^* と b^* の比率等を指標値として利用する方が、主観的評価との整合性が向上する可能性が示唆された。 a^*/b^* や h の値は色素量を推定するのにも有効であり、Moore はラズベリーで、そして Iglesias らはリンゴを対象に果皮中のアントシアニン量との相関が高いことを報告している^{6,7)}。

CIELAB 表色系色度図からみて、ピンク等級よりレッド等級での色相角が小さくなる傾向が認められたことから、2 群の線形判別分析を行った結果、先に記述した線形判別関数: $Z = 2.467(a^*) - 2.133(b^*) - 2.633$ 、レッド等級: $Z > 0$ 、ピンク等級: $Z < 0$ によってレッド等級とピンク等級を良好な精度で判別することが可能となった。また今回はデータを示していないが、レッド等級とピンク等級の判別については、 h や a^*/b^* を指標とした評価でも良好な結果を得ている。

以上の結果から、フィレ状態でシロザケ肉色判別の客観的評価を CIELAB 表色系から設定する場合、ホワイト等級とピンク等級の判別には a^* を、ピンク等級とレッド等級の判別には色相差を利用することが有効であると考えられる。

現在、食品業界において色の品質管理は、重要な課題の一つである。今後、色を数値化(定量化)して品質保証をすることは、さらに重要性を増すと考えられる。実際に色を数値化したコミュニケーションツールである CIELAB 表色系は、1976 年に国際照明委員会 (CIE) で規格化され、日本でも JIS (JISZ8729) において採用されている。シロザケ肉色の判別についても評価基準を設け品質保証することが重要になる。

要約

婚姻色の発現度合いの異なるシロザケ 60 尾を試料とし、視覚的評価に則した客観的なシロザケ肉色判別基準を CIELAB 表色系から設定した。

- シロザケ魚肉をミンチ状にして測色することにより、カロテノイド量と a^* の相関が高まったが、均質化することで分光反射率が変化したため、フィレ肉色とミンチ肉色に色差が生じることが明らかとなった。
- フィレ測定の結果から CIELAB 表色系 a^* を説明変数とする線形判別関数での判別分析を行い、サケ肉色の等級判別の判別基準をホワイト等級で $a^* < 8$ 、ピンク等級で $8 \leq a^* < 13$ 、レッド等級で $13 \leq a^*$ と設定した。

3. 主観的評価を正当値とした場合、この判別基準での全体の判別の中率は76.7%であり、ピンク等級とレッド等級での判別の中率の精度は74.5%と低かった。
4. レッド等級とピンク等級試料のSCC値とフィレ測定の色相値の相関は、 h , a^*/b^* でそれぞれ-0.7869, 0.7855と高く、主観的評価に色相差が影響すると考えられた。
5. ピンク等級とレッド等級試料についてフィレ測定でのCIELAB表色系 a^* , b^* を説明変数とする線形判別関数： $Z=2.467(a^*)-2.133(b^*)-2.633$, レッド等級： $Z > 0$, ピンク等級： $Z < 0$ での判別分析を行った結果、ピンク等級とレッド等級の判別の中率は92.2%まで改善し、全体の判別の中率も91.7%となり精度が向上した。

Improve Fruit Color of 'Delicious' Apples.*HortScience*, 35, 1207-1208 (2000)

謝 辞

本研究を進めるにあたり、貴重な御指導と御助言を頂いた北海道大学大学院教授高橋是太郎博士に厚く御礼申し上げます。また試料のシロザケの提供及びブナ度合い判別に際し協力して頂いた北海道漁業組合連合会販売事業部部长本田勝実氏、瀧波憲二氏に深謝する。

文 献

- 1) 松野隆男, 勝山政明, 永田誠一: 魚類のカロテノイドに関する比較生化学的研究-XIX. 日水誌, 46, 879-884 (1980)
- 2) Ando, S. and Hatano, M.: Metabolic Pathway of Carotenoids in Chum Salmon *Oncorhynchus Keta* During Spawning Migration. *Comp. Biochem. physiol.* 87, 411-416 (1987)
- 3) Henmi, H., Iwata, T., Hata, M., and Hata, M.: Studies on the Carotenoids in the Muscle of Salmons I. Intracellular Distribution of Carotenoids in the Muscle. *Tohoku J. Agr. Res.* 37, 101-111 (1987)
- 4) 羽田野六男, 高橋是太郎, 大西あゆみ, 亀山喜明: 産卵回帰シロサケの体表色の画像処理による品質判定. 日水誌, 55, 1427-1433 (1989)
- 5) 羽田野六男, 高橋是太郎, 座間宏一: 産卵シロサケの諸性状と品質の関係について. 日水誌, 53, 479-486 (1987)
- 6) Moore, P.P.: Estimation of Anthocyanin Concentration from Color Meter Measurements of Red Raspberry Fruit. *HortScience*, 32, 135 (1997)
- 7) Iglesias, I., Graell, J., Echeverria, G. and Vendrell, M.: Orchard Cooling with Overtree Sprinkler Irrigation to