

生鮮ホソメコンブの鮮度評価方法に関する研究

木下康宣, 野上智代, 赤石恵, 大坪雅史, 鳥海滋, 吉野博之, 大野一*, 川下浩一**,
秋野秀樹**, 舟橋正浩**, 四ツ倉滋***

Study on Quality Evaluation Method of Fresh Hosome-Kombu

Yasunori Kinoshita, Tomoyo Nogami, Megumi Akaishi, Masashi Ootsubo,
Shigeru Toriumi, Hiroyuki Yoshino, Hajime Oono*, Kouichi Kawashita**,
Hideki Akino**, Masahiro Hunahashi** and Shigeru Yotsukura***

要 旨

生鮮コンブの鮮度は、加熱後の藻体の反射スペクトルを測定することにより、客観的に評価できることが明らかとなった。未加熱のコンブやワカメは褐色を呈しているが、加熱することにより鮮やかな緑色へと変化する。この時の藻体の反射スペクトルを測定した結果、加熱前の褐色を呈したものでは600nmに最大反射率が存在したが、加熱後の緑色のものでは、その値が560nmへとシフトすることが示された。そこで、一定期間保管した後の生鮮コンブを加熱して反射スペクトルを測定し、その結果から560nm/600nm比を算出したところ、この値は保管中の時間経過に伴い徐々に減少することが分かった。この傾向は、外観性状を中心とした官能評価や目視による観察結果とも良く一致していた。これらの結果から、同方法が生鮮コンブの鮮度評価手法として利用できることが確認された。

1. はじめに

コンブは古代より、我が国において様々な用途で利用されてきた。「続日本紀」や「延喜式」によると、奈良・平安時代には既に、現在の北海道や青森県から奈良・京都へと運ばれて、献上品や交易雑物として利用されていたことが記されており、江戸時代になると、北前船などの海路発達により全国に流通されるようになったと言われている¹⁾。この頃の環境を考えると、広域流通には、乾燥によって保存性を確保することが必須であったことが推測できる。しかしながら、国内生産量の90%以上を占めると言われる北海道にあっても、流通されるコンブの90%が干しコンブである²⁾ことから、コールドチェーンが発達した現在においても、コンブの流通形態は依然として乾燥品が主体となっ

ている。一方で、近年消費者の生鮮嗜好が高まっており、ワカメでもサラダ感覚を生かした生鮮品の流通が注目されている。このことから、今後はコンブにおいても流通・商品形態の多様化が進む可能性があると思われ。

魚類では、死後の時間経過に伴って死後硬直というダイナミックな特性変化が起こる。これには、筋肉中のアデノシン三リン酸(ATP)の分解程度が深く関与していることが分かっている。このことから、魚肉の鮮度指標には、ATPの分解の程度を尺度としたK-値などが広く利用されている。一方で、乾燥した干しコンブには検査規格があり、これに従って等級が決められ価格形成がなされている³⁾が、生のコンブでは、収穫後の保管中に外観や風味などに顕著な変化が起こらないため、鮮

*株式会社三和建設

**特定非営利活動法人北海道こんぶ研究会

***北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

度を評価する技術自体が確立されていない。我々はこれまでに、生鮮ワカメの鮮度評価技術に関する研究を行い、加熱した葉体の反射スペクトルを測定し、580nmの反射率に対する560nmの反射率の比を算出することによって、客観的に評価できることを報告してきた⁴⁾。しかし、藻類には、種によって様々な色素が様々な組成比で存在しており、これらの特性がその色合いを決定付けていると言われている。ワカメには、緑色を呈するクロロフィルaやクロロフィルcに加えて、褐色を呈するフコキサンチンなどが存在していることが知られている⁵⁾⁶⁾。同じ褐藻類であるコンブにも同様の色素が含まれているが、その組成比は異なることが予想される。このことは、生鮮コンブの鮮度評価方法として、既に報告したワカメの手法⁴⁾が利用できることを意味すると同時に、使用する波長を変えなければならない可能性があることを示唆している。

そこで、本研究では、コンブにおける反射スペクトル特性を追跡することによって、生鮮品の鮮度を評価するための適切な波長を明らかにすると共に、保管中の変化を追跡し、鮮度評価技術として使用できるか検証することを目的とした。

2. 材料および方法

2.1 実験材料および保管試料の調製

実験材料には、北海道久遠郡せたな町の(株)三和建設で陸上養殖により生産されたホソメコンブ (*Saccharina religiosa* (Miyabe) Lane, Mayes, Druehl et Saunders) を使用した。コンブは、収穫後直ちに十分量の海水と空気を含むビニール袋へ投入し、収穫当日氷蔵下で実験室へ運び使用した。藻体1~2枚 (1~6g) をガスバリア性の高い包装資材 (四国化工(株): 活かすパック, 酸素透過度: 40cc/m²・24h・atm (23°C, 75%RH), 0.09×110×210mm) に投入して真空包装した後、セプタムシールを貼って外気との気体交換が起こらないよう注意しながら、ルアーコック付きのシリンジを用いて500mlの空気を充填した。一部の試験では、これに藻体重量の200倍量の海水を充填したり、空気の代わりに窒素ガス (純度99.9%) および酸素ガス (純度99.9%) を充填して包装品を調製した。それぞれの包装品は、5°Cで0~14日間保管した。保管後の藻体は、直ちに80°Cの人工海水中で30秒間

加熱し、その後あらかじめ5°Cに冷却しておいた人工海水に30秒間浸漬することによって冷却した。加熱および冷却に用いた人工海水は、処理中に温度が変化しないよう、葉体1~6gに対して3Lを使用した。また、人工海水 (富田製薬(株): MARINE ART Hi) は、海水塩濃度換算値が34‰となるよう蒸留水に溶解して使用した。

2.2 藻体の反射スペクトルの測定

加熱前後で変化するワカメの色彩を評価するため、藻体の反射スペクトルを測定した。反射スペクトルは、収穫後の未加熱試料および一定期間保管した後に加熱した試料から、およそ20mm程度の小片を切り出して低密度ポリエチレン袋 (株) 生産日本社: ユニパック, 100mm×70mm×0.04mm) に投入し、分光測色計 (MINOLTA: CM-3500d) を用いて400~650nmにおける反射率を10nm間隔で測定した。キャリブレーションは、ポリエチレン袋が試料自体の測定値に影響を与えないよう、試料を含まないポリエチレン袋を測定口にあてて行った。測定条件は、視野角10°, 光路面積8mm, 光源D65とした。結果の一部は、反射スペクトルの測定結果から得た、600nmの反射率に対する560nmの反射率の比を算出し、緑変度として表した。

2.3 官能評価

藻体1~2枚 (1~6g) に500mlの空気を充填して5°Cで0~14日間保管した後に、80°Cの人工海水中で30秒間加熱処理した藻体を用いて、官能評価を行った。パネルには、実験担当者4-5名を使用した。評価は保管開始時の状態を標準品として、「標準品と同等の品位が保たれている」を5点、「やや劣るが遜色ない品位が保たれている」を4点、「劣るが商品として必要な品位が保たれている」を3点、「かなり劣り商品として不向きである」を2点、「著しく劣り商品としての品位が失われている」を1点として、5段階評価法により行った。項目は、外観、表層の崩れ、香りの3項目とした。結果は平均値で表した。

3. 結果および考察

3.1 加熱による藻体の反射スペクトル特性変化

収穫直後の生鮮コンブ藻体における加熱前後の

反射スペクトルを測定した結果を図1に示した。

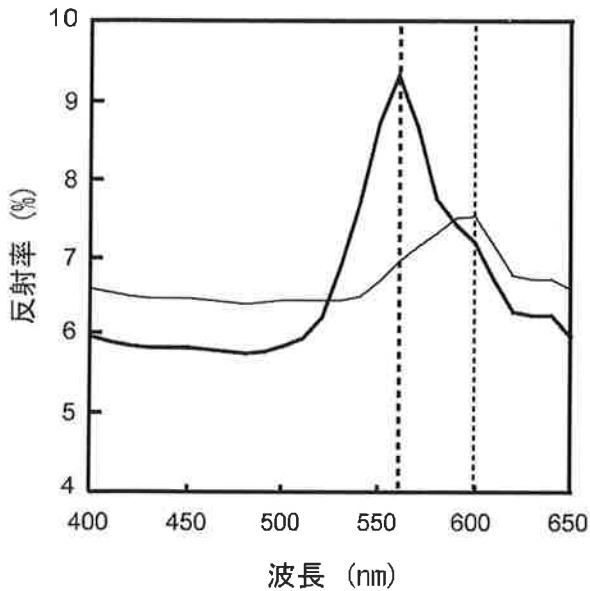


図1 加熱によるコンブ藻体の反射スペクトル特性
加熱前の藻体（細い実線），加熱後の藻体（太い実線），
加熱前の藻体を示す最大反射率の波長（細い破線），
加熱後の藻体を示す最大反射率の波長（太い破線）

加熱前の藻体の反射スペクトルでは、540nmから650nmにかけて小さなピークがあり、その最大反射率は600nmで7.5%であった。一方、加熱後の藻体では、480nmから650nmにかけて大きなピークが形成されており、その最大反射率は560nmで9.3%を示していた。生鮮ワカメの葉体では、加熱処理によって緑変した際に、最大反射率を示す波長が580nmから560nmへと変化することが示されている⁴⁾が、ホソメコンブでは600nmから560nmへと変化していた。このことから、ホソメコンブの緑変度は、ワカメと異なり、560nm/600nmの比としなければならないことが明らかとなった。ワカメから調製したクロロフィルaをアセトンに溶解して測定した結果では、クロロフィルa含量が高いほど緑色域に近く、これにフコキサンチンが混在すると、より長波長である黄色域側にシフトすることが報告されている⁷⁾。このことから、未加熱コンブの反射スペクトルで最大反射率を示す波長がワカメと異なっていたのは、フコキサンチンを始めとした含有色素の組成が異なるためと思われる、また加熱前の藻体の最大反射率を示す波長がワカメの場合よりも長波長側にあったのは、コンブのフコキサンチン含量が高いためではないかと推察された。なお、加熱によって最大反射率を示す波長が短波長側へシフトするのは、クロロ

フィルが持つ色調が顕在化したためと考えられ、560nmにおける反射率の増加は、主にクロロフィルaに由来する反射光が強く反映されたためと思われる。

3.2 空気中で保管した場合の緑変度の変化

次に、上述した緑変度が、生鮮ホソメコンブの鮮度指標値として利用できるかを確認するため、収穫後の藻体を海水を用いずに空気を充填して包装したものを5℃で14日間保管した場合の緑変度の変化を追跡して、図2に示した。加熱前の試料

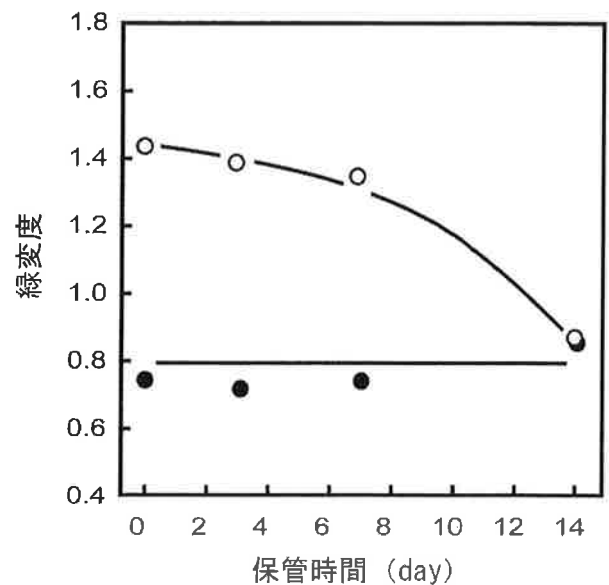


図2 空気中で保管した場合の緑変度の変化
加熱前 (●), 加熱後 (○)

における緑変度 (560nm/600nm比) は、保管14日間で大きな変化がなく、0.7~0.9で推移した。これは、加熱前の藻体では、保管中の色調に大きな変化がないことを示しており、目視による観察結果と良く一致していた。一方、加熱後の藻体を用いて測定した緑変度は、保管開始時で1.4と顕著に高かった。これは、収穫直後の藻体が加熱によって鮮やかに緑変していることを示している。また、この値は、保管7日目までは極めて緩やかに減少したが、その後14日目にかけて急速に減少し、14日目には0.9まで低下した。14日目のものは、加熱後全体的に緑色を呈していたものの、保管開始時のものに比べるとくすんでおり、明らかに品質変化が起きていた。この時の官能評価結果を図3に示した。評価点は、評価項目として設定した外観、表層の崩れ、香りの何れも、保管時間の経過

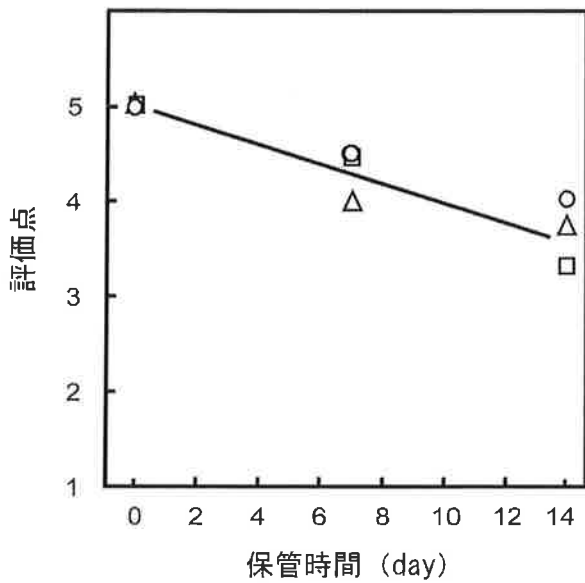


図3 空気中で保管した場合の官能評価結果
外観(○), 表層の崩れ(△), 香り(□)

に伴って徐々に減少した。なお、14日間の保管後の試料では、評価点が3点を上回っていたことから、一定の品位が保たれているものと判断されたが、保管開始時の状態に比べると官能的に明らかに劣っていることを確認した。

ワカメが加熱により緑変する現象は、クロロフィルが本来有している緑色が顕色化するためと考えられている^{8),9)}。また、クロロフィルは、細胞中の葉緑体に存在しており、健全な状態では通常、タンパク質などによって保護され、酸などによる変化から保護されているが、保管によって葉体のpHが低下したり細胞損傷が起こると分解が促進され、色素組成が変化することが知られている⁸⁻¹⁰⁾。これらのことから、保管時間の経過に伴って、加熱後のコンブの色合いが徐々にくすんだり、緑変度が低下したのは、藻体の健全性が失われてクロロフィルを中心とした色素組成が変化したためと推察された。

3.3 異なる酸素濃度で保管した場合の緑変度の変化

我々はこれまでに、生鮮ワカメの鮮度は、保管中の酸素濃度の影響を強く受けており、その濃度が高いほど、緑変度を指標とした鮮度が保持できることを明らかにしている⁹⁾。これらの結果は、コンブでも同様の傾向を示すと予想される。そこで、次に異なる酸素濃度で保管することによって

鮮度に変化が起こった場合でも、上述の緑変度を測定することにより、鮮度の違いを適切に評価できるか検討を行った。

コンブ藻体に、その重量の200倍量にあたる海水を加えて包装し、これに500mlの窒素もしくは酸素を充填して5°Cで14日間保管した。この時の緑変度を測定した結果を図4に示した。なお、こ

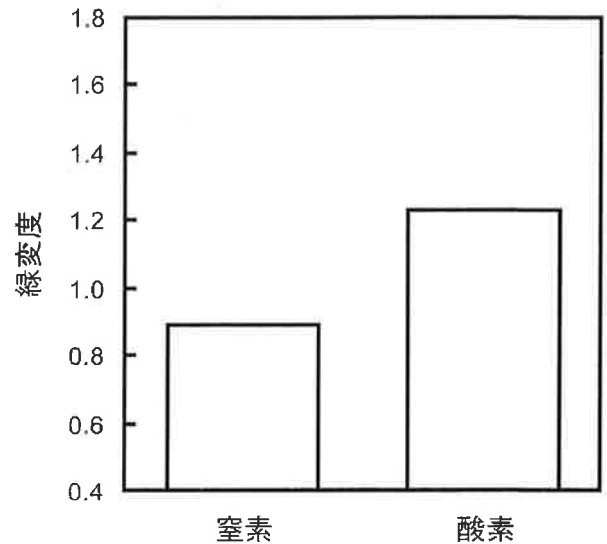


図4 異なる気体中で保管した後加熱した藻体の緑変度の差異

の試験で海水を使用したのは、溶解した気体の方が藻体組織での利用性が高いのではないかと考えたためである。窒素を充填した場合の緑変度は0.9と低く、目視上所々褐色を呈したままの部分が見受けられ、全体的にくすんだ緑色を呈していた。これに比べて酸素を充填した試料では、保管14日後でも緑変度が1.2と高く保たれており、目視上藻体が均一に鮮やかな緑色を呈していることが確認された。

今回の実験は、遮光下で行ったものであることから、コンブ藻体は保管中主に、二酸化炭素を利用して酸素を生成する光合成活動ではなく、酸素を消費して二酸化炭素を排出する暗呼吸活動が活発な生理環境にあったと推測される。野菜などの青果物では、収穫後も呼吸作用を継続していることがわかっており^{11),12)}、貯蔵中のガス組成を調節することによって呼吸活動の継続を図り、貯蔵性を高める試みがなされている¹³⁻¹⁵⁾。また、未加熱のワカメでは、遮光環境によって保管した場合は、酸素の消費が起こり二酸化炭素が排出されることが示されている⁹⁾。このことから、窒素を充填し

たものより酸素を充填したものの方が保管後の緑変度が高く保持されていたのは、十分量の酸素が存在することによって、生理機能が長く維持されたためと考えられた。

以上の結果から、未加熱の生鮮コンブでは、加熱後の試料を用いて560nm/600nm比を測定することにより、生鮮品の鮮度を評価できることが明らかとなった。

謝 辞

この研究の一部は、文部科学省「地域イノベーションクラスタープログラム（グローバル型）」および独立行政法人科学技術振興機構「重点地域研究開発推進プログラム（地域ニーズ即応型）」において、参画企業・団体との共同研究として行われたものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 今田節子. 海藻の食文化. 成山堂(2003)
- 2) 東京都中央卸売市場（水産物編），品目別・都道府県別および月別取り扱い高(2002)
- 3) 大石圭一. 3.1コンブの科学. 海藻の科学（第5版）47-52(1998)
- 4) 木下康宣, 吉岡武也, 宮崎俊一, 加藤早苗, 今野久仁彦. 生鮮ワカメの鮮度に与える酸素の影響. 日本食品工学会誌. Vol. 9, No. 4, pp. 297-302(2008)
- 5) "Marine food sitology (Suisan Syokuhingaku)", M. Suyama, S. Kounosu ed., Kouseisya-Kouseikaku, Tokyo, Japan, 1996, p. 315.
- 6) S. Kimura; "Chemistry of change in food color (Syokuhin no hensyoku no kagaku)", S. Kimura, T. Nakamura, H. Kato ed., Kohrin, Tokyo, Japan, 1995, p. 187.
- 7) N. Marutani, S. Tsuno; The green colouration and its preservation effect of naruto-hai-wakame (*Undaria pinnatifida*) (in Japanese). Koube Daigaku Kyouiku Gakubu Kenkyu Syuuroku, 52, 1-7 (1974).
- 8) O. Katayama, M. Tajima; "Food color (Syokuhin to Iro)", Kohrin, Tokyo, Japan, 2003, p. 71.
- 9) T. Sato, T. Funaoka; Processing seaweed, (1) Study on keeping the freshness of wakame (Wakame no sendohojishiken) (in Japanese). Hokusuisi Geppou, 23, 45-61 (1966).
- 10) T. Ishitani; "Chemistry of change in food color (Syokuhin no hensyoku no kagaku) ", S. Kimura, T. Nakamura, H. kato ed., Kohrin, Tokyo, Japan, 1995, p. 159.
- 11) N. Ogura; "Vegetable Science (Yasai no kagaku)", K. Takamiya ed., Asakura-shoten, Tokyo, Japan, 1997, p. 139.
- 12) H. Hisaka; A relation of change in appearance to changes in sugar content and respiration rate in spinach during storage (in Japanese). Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 36, 956-963 (1989).
- 13) Y. Ishikawa; "Food deterioration (Syokuhin to rekka)", T. Tsushida ed., Kohrin, Tokyo, Japan, 2003, p. 123.
- 14) T. Ibaraki, H. Ikeda, H. Ohta; Effects of several atmosphere compositions on keeping quality of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) (in Japanese). Food Preservation Science, 23, 3-7 (1997).
- 15) Y. Suzuki, M. Nagata, Y. Imahori, Y. Ueda; Effects of low oxygen, high carbon dioxide and ethylene on respiration and quality of Chinese chives (*Allium tuberosum* Rottler) (in Japanese). Food Preservation Science, 30, 173-177 (2004).