

ユズ果皮ペースト添加飼料を給与したブリ幼魚における血合筋の褐変抑制

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	深田, 陽久 古谷, 尚大 益本, 俊郎
巻/号	60巻1号
掲載ページ	p. 135-137
発行年月	2012年3月

ユズ果皮ペースト添加飼料を給与した
ブリ幼魚における血合筋の褐変抑制深田陽久^{1,2,*}・古谷尚大¹・益本俊郎¹Prevention of Dark Muscle Discoloration
during Storage of Sliced Young Yellowtail
Seriola quinqueradiata Fed Yuzu
Citrus junos Paste-supplemented DietsHaruhisa FUKADA^{1,2,*}, Takahiro FURUTANI¹
and Toshiro MASUMOTO¹

Abstract: This study was performed to investigate the beneficial use of yuzu pomace as a feed additive in young yellowtail. The antioxidant effects of grated yuzu rind from pomace (yuzu paste) in the prevention of dark muscle discoloration during storage of sliced young yellowtail were tested. Dark muscle discoloration during storage at 4°C was significantly reduced in fish fed a yuzu paste-supplemented diet (50 g yuzu paste in 1,450 g of diet, wet basis). This result indicates that the supplementation of yuzu paste to diets is effective to prevent dark muscle discoloration in young yellowtail.

Key words: Yellowtail; Discoloration; Yuzu; Feed

ユズ *Citrus junos* は、日本国内では果汁として利用されることが多い。しかしながら、搾汁で得られる果汁は重量で果実の20%程度である。搾汁後の果皮の一部は食品やエッセンシャルオイルの原料として利用されるものの、ほとんどが焼却処分されており、その費用が問題となっている(沢村・柏木 2008)。一方、養殖ブリの販売においては、切り身等への加工後に、時間の経過とともに血合筋が酸化によって褐色になり(褐変)、商品価値が著しく下落することが問題となっている(木村 2000)。これまでのユズを用いた研究で、ユズ果汁の飼料への添加による褐変抑制効果(深田ら 2010) やユズ果皮エタノール抽出物の魚粉の脂質酸化抑制効果(Kang et al. 2004) が確認されている。そこで本研究では、廃棄物となっているユズ果皮の有効利用と養殖ブリの鮮度保持期間の向上を目的として、ユズ果皮ペーストを飼

料へ添加し、ブリ幼魚の成長と血合筋の褐変に与える影響を評価した。

各試験飼料の配合組成および一般成分は Table 1 に示した。淡水を含む基本飼料1,450 g 当たり 0 g (対照飼料)、10 g および50 g のユズ果皮ペースト(湿重量)を添加した。各飼料は十分に混合した後、小型ペレット(NO22VR-7500DX, 株式会社平賀工作所, 神戸)を用いてシングルモイストペレット(ペレット径 8 mm)に成型し、合計3種類の試験飼料を調製した。供試魚には、高知県土佐湾沖で採捕され、試験開始まで市販のEP飼料で予備飼育したブリ当歳魚を用いた。供試魚として各試験区の平均魚体重が等しくなるように選別した個体を20尾ずつ各水槽に収容した。飼育は800 l 容角型FRP水槽で行い、1試験区あたり2水槽、計6水槽を設けた。試験期間中、供試魚には各試験飼料を夕方1回、1週間に3日飽食になるまで給与した。試験は、2009年12月28日から2010年3月15日までの11週間で行った(水温16.8–20.1°C)。以上の飼育試験は、高知県香南市赤岡町ヒラメ中間育成施設にて行われた。

試験終了時の魚体重および給餌量に基づいて試験終了時の増重率、飼料効率、日間成長率、タンパク質効率および日間給餌率を算出した。併せて生残尾数から生残率も求め

Table 1. Composition of experimental diets

Diet	Control	Yuzu10	Yuzu50
Ingredients (g/1,450 g)			
Fish meal		650	
Krill meal		50	
Fish oil ¹		100	
α -Starch		80	
Yuzu peel paste ²	0	10	50
Vitamin mixture ³		20	
Mineral mixture ⁴		20	
Guar gum		5	
CMC · Na ⁵		20	
Cellulose	55	53	46
Water	450	442	409
Total		1,450	
Proximate compositions (g/kg) * (Dry matter basis)			
Crude protein	467	461	464
Crude fat	169	171	181
Crude ash	132	130	135

¹ Riken feed oil Ω (Eiken Shoji Co.Ltd, Tokyo, Japan).

² Dry matter, 17.3%; crude protein, 2.6%; crude fat, 1.7%.

³ Vitamins (mg/100 g dry diet) : thiamine · HCl, 1.6; pyridoxine · HCl, 1.6; nicotinic acid, 4.8; inositol, 113; folic acid, 1.6; choline chloride, 779; calcium ascorbate, 119; menadione-NaHSO₄, 5.13; riboflavin, 2.93; calcium pantothenate, 9.33; biotin, 4.67; cyanocobalamin, 1.07; vitamin A palmitate, 2.67; α -tocopherol, 117; α -cellulose, 837.

⁴ Minerals (mg/100 g dry diet): KH₂PO₄, 209; Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O, 247; calcium lactate, 113; iron citrate 66; ZnSO₄ · H₂O, 8; CuSO₄ · 4H₂O, 5.04; CoCl₂ · 6H₂O, 0.04; KIO₃, 0.12; α -cellulose, 443.2; dextrin, 360.

⁵ Carboxymethyl cellulose sodium salt.

*By analysis.

2011年7月29日受付; 2011年10月31日受理.

¹ 高知大学農学部 (Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783-8502, Japan).

² JST-CREST.

*連絡先 (Corresponding author) : Tel & Fax, (+81) 88-864-5156; E-mail, fukaharu@kochi-u.ac.jp (H. Fukada).

た。また、試験終了時に各水槽から試験魚を3尾ずつ無作為に取り出し、3枚におろした後に中央部を厚さ約1cmのスライスにした。色彩色差計を用いて、スライスされた切り身における血合筋の中央部を測定した。褐変の評価は、 a^* 値 ($+a^*$ =赤色, $-a^*$ =緑色) と b^* 値 ($+b^*$ =黄色, $-b^*$ =青色) を基に a^*/b^* 比で行った (Ochiai et al. 1988)。成長成績より得られた値は、一元分散分析に引き続き、Fisher's LSD 検定を行った。褐変化 (a^*/b^* 比) は、Bartlett's 検定を行い、等分散であることを確認した上で、一元分散分析に引き続き、Dunnett's test で対照区と比較した。

試験終了時の成長成績を Table 2 に示した。いずれの試験区においても順調に成長した。試験終了時における各試験区の体重、増重率、飼料効率、日間成長率、タンパク質効率、および日間給餌率は、それぞれ全試験区間で有意な差はみられなかった。生残率は全ての試験区で100%であった。

a^*/b^* 比は、ユズ果皮10区では対照区と比較し有意な差は認められなかった。ユズ果皮50区では、対照区と比較し測定開始時から常に高い値を示し、測定3時間後、12時間後および24時間では有意差が認められた。

本試験では、全ての試験区間において魚体重、飼料効率および日間成長率に有意な差がみられなかった (Table 2)。ティラピア *Oreochromis niloticus* において水溶性の食物繊維であるグアガムの飼料への添加 (8%) によって成長成績と消化吸収率の低下が確認されている (Amirkolaie et al. 2005)。ユズ果皮にも100g中に3.3gの水溶性食物繊維が含まれており (文部科学省食品成分データベース <http://fooddb.jp/>)、成長への影響が懸念されたが、飼料1,450gのうち50gまでのユズ果皮ペーストの添加は、11週間以内の飼育期間であれば、ブリ幼魚の成長に影響を及ぼさないと考えられた。

血合筋の褐変は筋肉中のミオグロビンの量とその状態に大きく関係している (Hiraoka et al. 2004; Sohn et al. 2005)。ミオグロビンは還元型で暗赤紫色、酸化型で鮮紅色および

メト化によって褐色になり、状態によって呈示する色が大きく異なる。血合筋の褐変は、体内の活性酸素などの影響によって酸化型ミオグロビンのヘム部にある鉄が酸化され生成するメトミオグロビンの蓄積により引き起こされる。Hiraoka et al. (2004) によって、血合筋の褐変が進むと a 値は低くなることが報告されている。また、 a/b 比は血合筋の褐変に伴って低い値を示す (Ochiai et al. 1988)。本試験における血合筋の a^*/b^* 比は、ユズ果皮50区で対照区と比較して3、12および24時間後、有意に高かった (Fig. 1)。この結果より、ユズ果皮ペーストは血合筋におけるミオグロビンの酸化を抑制し、褐変の進行を遅らせたと考えられる。ユズ果皮に含まれる抗酸化成分として、魚肉中で抗酸化効果を示すビタミンとして知られているビタミンC (Ruff et al. 2003; Yoo et al. 2004)、メトミオグロビン生成に関与する活性酸素の除去能を持つフラボノイド・フェノール類が考えられる (Yoo et al. 2004)。本研究ではユズ果皮に含まれる上記の抗酸化物質の複合効果により、褐変が抑制できたと考えられる。ユズ果皮ペーストはユズ果汁 (深田ら 2010) と同様に飼料へ添加することでブリ切り身の血合筋の褐変抑制効果があると認められた。これまで、農産物を飼料中に添加することによるブリ血合筋の褐変抑制は、オリーブ葉粉末 (大山ら 2010) およびエノキタケ廃菌床抽出物 (Bao et al. 2009) で確認されている。エノキタケ廃菌床抽出物では、5日間の絶食によって褐変抑制効果が失われてしまうことが認められている。そのため、ユズ果皮ペースト利用の今後の課題として、褐変抑制効果の持続性の確認があげられる。今後、ユズ果皮の褐変抑制効果の持続性が確認できれば、ユズ果皮は養魚飼料への有用な添加剤になりうると考えられる。

本研究の結果から、ペースト化したユズ果皮を添加した飼料を給与することで、低水温期にブリ幼魚の成長を損なうことなく、血合筋の褐変進行を抑制できることがわかつ

Table 2. Growth performance and feed utilization efficiency of yellowtail fed the experimental diets

	Dietary group		
	Control	Yuzu10	Yuzu50
Initial body weight (g)	418.1 ± 1.1	418.3 ± 0.8	417.8 ± 0.9
Final body weight (g)	531.2 ± 31.6	534.3 ± 18.6	538.9 ± 28.5
Weight gain (%) ¹	27.1 ± 7.9	27.7 ± 4.7	29.0 ± 6.5
Specific growth rate (%/day) ²	0.31 ± 0.09	0.32 ± 0.05	0.33 ± 0.07
Feed efficiency (%) ³	57.4 ± 10.8	60.3 ± 9.3	57.4 ± 11.3
Daily feeding ratio (%/day) ⁴	1.50 ± 0.05	1.54 ± 0.05	1.61 ± 0.02
Protein efficiency ratio ⁵	1.00 ± 0.22	1.03 ± 0.17	1.01 ± 0.18
Survival rate (%) ⁶	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0

Values are mean ± standard error of duplicate tanks.

No significant difference was confirmed by one-way ANOVA followed by Fisher's LSD test ($P < 0.05$).

¹Weight gain = $100 \times (\text{final total body weight} - \text{initial total body weight}) / \text{initial body weight}$.

²Specific growth rate = $100 \times (\ln \text{ final mean weight} - \ln \text{ initial mean weight}) / \text{trial days}$.

³Feed efficiency = $100 \times (\text{final total body weight} - \text{initial total body weight}) / \text{total dry feed}$.

⁴Daily feeding ratio = $100 \times \text{total dry feed intake} / [(\text{initial fish number} + \text{final fish number}) / 2 \times (\text{initial average body weight} + \text{final average body weight}) / 2 \times \text{feeding days}]$.

⁵Protein efficiency ratio = $\text{weight gain} / \text{total protein intake}$.

⁶Survival rate = $100 \times (\text{final fish number} / \text{initial fish number})$.

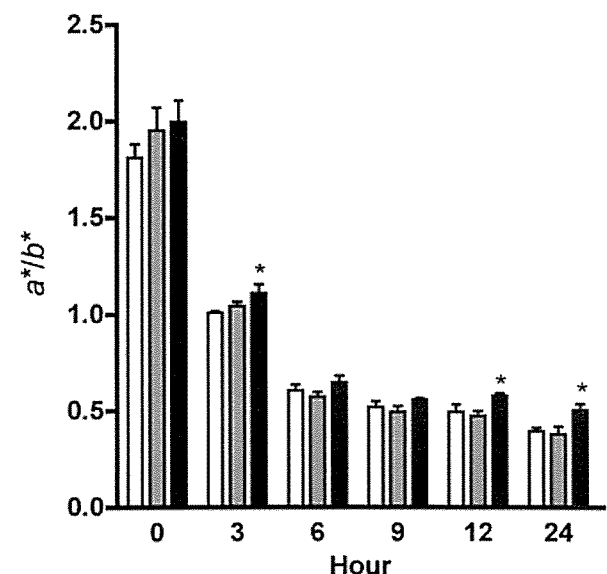


Fig. 1. a^*/b^* of dark muscle of yellowtail fed the experimental diets during 24 hours of refrigerated storage (□, Control; ▨, Yuzu10; ■, Yuzu50). Values are mean of 6 fish. The asterisks show significant difference to control in each hour ($P < 0.05$).

た。さらなる検討によって、ユズ果皮の廃棄物を削減すると同時に養殖魚へ鮮度保持期間の向上という付加価値を与えることが可能と考えられる。

本研究は、JST-CREST 研究領域「持続可能な水利用を実現する革新的技術とシステム」の「気候変動を考慮した農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システムの構築（代表：藤原 拓）」の援助により行われた。また、ユズ果皮ペーストを提供頂きました四国総合研究所に厚く感謝いたします。

文 献

- Amirkolaie, A. K., J. Leenhouwers, J. A. Verreth and J. W. Schrama (2005) Type of dietary fiber (soluble versus insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waster production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquac. Res.*, **36**, 1157-1166.
- Bao, H. N. D., Y. Shinomiya, H. Ikeda and T. Ohshima (2009) Preventing discoloration and lipid oxidation in dark muscle of yellowtail by feeding an extract prepared from mushroom (*Flammulina velutipes*) cultured medium. *Aquaculture*, **295**, 243-249.
- 深田陽久・橋口智美・柏木丈拵・妹尾歩美・高桑史明・森岡克司・沢村正義・益本俊郎 (2010) ユズ果汁添加飼料を給与したブリにおける血合筋の褐変抑制と筋肉中からのユズ香気成分の検出. 日水誌, **76**, 678-685.
- Hiraoka, Y., E. Ohsaka, K. Narita, K. Yamade and N. Seki (2004) Preventive method of color deterioration of yellowtail dark muscle during frozen storage and post thawing. *Fish. Sci.*, **70**, 1130-1136.
- Kang, H. J., S. P. Chawla, C. Jo., J. H. Kwon and M. W. Byun (2004) Variation in major antioxidants and total antioxidant activity of yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) during maturation and between cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 5907-5913.
- 木村 凡 (2000) 養殖魚の鮮度保持技術の現状と課題. 養殖, **38(9)**, 44-48.
- Ochiai, Y., C. J. Chow, S. Watabe and K. Hashimoto (1988) Evaluation of tuna meat discoloration by Hunter color difference scale. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**, 549-653.
- 大山憲一・榎野元秀・植田 豊・竹森弘征・多田武夫 (2010) 養殖ブリの血合筋の褐変抑制に及ぼすオリーブ葉粉末添加飼料の投与効果. 水産増殖, **58**, 279-287.
- Ruff, N., R. D. Fitzgerald, T. F. Cross, K. Hamre and J. P. Kerry (2003) The effect of dietary vitamin E and C level on market-size turbot (*Scophthalmus maximus*) fillet quality. *Aquac. Nutr.*, **9**, 91-103.
- 沢村正義・柏木丈拵 (2008) 柚子搾汁後残滓のエココンシャスな精油抽出・処理技術の開発. 高知大学国際・地域連携センター年報, 高知大学国際・地域連携センター, 高知, pp. 64-66.
- Sohn, H. J., Y. Taki, H. Ushio, T. Kohata, I. Shioya and T. Ohshima (2005) Lipid oxidation in ordinary and dark muscles of fish: influences on rancid off-odor development and color darkening of yellowtail flesh during ice storage. *J. Food. Sci.*, **70**, s490-s496.
- Yoo, M. K., W. K. Lee, B. J. Park, J. H. Lee and K. Hwang (2004) Variation in major antioxidants and total antioxidant activity of yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) during maturation and between cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 5907-5913.