

Evaluasi Kecernaan Pakan Vegetarian pada Lobster Air Tawar Marron (*Cherax cainii*) Menggunakan Kromium Oksida sebagai *Marker*

(*VEGETARIAN FEED DIGESTION EVALUATION
ON MARRON FRESHWATER LOBSTER (CHERAX CAINII)
USING CHROMIUM OXIDE AS A MARKER*)

Ishaaq Saputra^{1,2}, Forcep Rio Indaryanto^{3,4}

¹School of Molecular and Life Sciences,
Curtin University, Bentley, WA 6102, Australia

²Stasiun Karantina Ikan, Pengendalian Mutu
dan Keamanan Hasil Perikanan Merak,
Jl. Raya Tol Merak Km 01 No 1,

Pelabuhan Penyabrangan Merak Banten, Provinsi Banten
Email: ishaaq.saputra@student.curtin.edu.au

³Jurusan Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian,

⁴Indonesia Center of Excellence for Food Security
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
Jl. Raya Jakarta km 04, Pakupatan, Serang, Provinsi Banten

ABSTRACT

The range of protein requirements in Forty marron (*Cherax cainii*) makes it possible to use artificial feed based on non-fish meal or from plant material. The aim of this study was to evaluate vegetarian feed digestibility on marron freshwater lobster (*Cherax cainii*) using chromium oxide as a marker. The study was conducted at the Curtin Aquatic Research Laboratory, Curtin University, Perth, Western Australia. A 40 freshwater lobsters with an initial weight of 60.07 ± 5.33 g were kept in 10 aquariums. Observations carried out for 10 days. Results indicated that total digestibility and survival rate of marron given commercial feed with protein sources of soybean meal were not significantly different from commercial feed with fish meal protein sources ($P < 0.05$). However, relative growth, FCR and FER forty marron given commercial feed with fish meal protein sources is better.

Keywords: *Cherax cainii*; marron; protein replacement; vegetarian

ABSTRAK

Besarnya rentang kebutuhan protein pada lobster air tawar (LAT) memungkinkan untuk penggunaan pakan buatan yang berbahan dasar bukan tepung ikan atau dari bahan tumbuhan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pencernaan pakan vegetarian pada LAT Marron (*Cherax cainii*) menggunakan kromium oksida sebagai *marker*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Perairan Universitas Curtin, Australia Barat. Sebanyak 40 ekor lobster air tawar dengan berat awal $60,07 \pm 5,33$ g dipelihara dalam 10 akuarium. Pengamatan dilaksanakan selama 10 hari. Hasil yang diperoleh adalah pencernaan total dan kelangsungan hidup LAT Marron yang diberi pakan komersial dengan sumber protein tepung kedelai tidak berbeda nyata dengan yang diberi pakan komersial dengan sumber protein tepung ikan ($P < 0,05$). Namun demikian pertumbuhan relatif, FCR dan FER LAT Marron yang diberi pakan komersial dengan sumber protein tepung ikan memiliki nilai yg lebih baik.

Kata-kata kunci: *Cherax cainii*; marron; protein pengganti; vegetarian

PENDAHULUAN

Lobster air tawar Marron atau LAT Marron (*Cherax cainii*) merupakan jenis lobster air tawar terbesar Australia yang endemis di daerah Australia Barat. Budidaya LAT Marron dimulai tahun 1970-an di Australia Barat dan Australia Selatan. Menurut Australian Department of Fisheries (2010), budidaya LAT Marron ini merupakan budidaya yang paling banyak jumlah pembudidayanya di Australia Barat dengan total produksi 60 ton per tahun.

Cherax cainii merupakan satu dari 10 spesies yang merupakan famili *Parastacidae* yang menghabiskan seluruh siklus hidupnya di sungai dan memperoleh pakannya dari bangkai binatang maupun tanaman air. Secara umum, anggota genus *Cherax* merupakan *detritivor* (Jones 1990). Kebutuhan protein pada pakan lobster *C. quadricarinatus* bervariasi antara 13-43% (Saoud et al., 2012). Besarnya rentang kebutuhan protein pada lobster air tawar memungkinkan untuk penggunaan pakan buatan yang berbahan dasar bukan tepung ikan atau dari bahan tumbuhan.

Pergantian sumber protein dari tepung ikan ke sumber protein lain dapat meningkatkan produktivitas budidaya melalui peningkatan pertumbuhan dan mengurangi biaya dengan cara meminimalisir konversi pakan (FCR). Keberhasilan penggantian tepung ikan sebagai bahan pakan dengan sumber protein yang lain telah dilakukan pada beberapa jenis species lobster air tawar seperti *C. destructor* (Jones et al., 1996), *Pacifastacus leniusculus* (Fuertes et al., 2012; 2013a; 2013b), *C. quadricarinatus* (Thompson et al., 2005; Muzinic et al., 2004; Saoud et al., 2008) dan *Procambarus clarkii* (Hua et al., 2015).

Efisiensi pakan tidak hanya ditentukan oleh jumlah pakan tetapi juga oleh kualitas bahan-bahan pakan tersebut. Beberapa parameter yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam menentukan kualitas pakan buatan antara lain palatabilitas, pencernaan dan penyerapan nutrisi pakan (Glencross et al., 2007). Pencernaan total merupakan salah satu cara yang secara luas digunakan untuk menguji kemampuan pakan yang dicerna. Pengujian ini dilakukan menggunakan kromium oksida (Cr_2O_3) karena diketahui bahan ini tidak memiliki efek beracun (Lee et al., 1986) dan juga tidak dapat diserap (Lee et al., 1986; Sakita et al., 2015). Selain itu, kromium oksida juga digunakan sebagai *marker*

biologis yang tidak dipengaruhi oleh dosis (Neto et al., 2003).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Perairan Universitas Curtin, Australia Barat. Sebanyak 40 ekor LAT Marron (*C. cainii*) berumur satu tahun dipanen dari kolam pemeliharaan dan kemudian diaklimatisasi selama empat hari. Selama aklimatisasi berlangsung, lobster diberi pakan dua kali per hari secara sekenyangnya (*ad libitum*). Bobot awal LAT $60,07 \pm 5,33$ g. Empat ekor lobster dipelihara di dalam akuarium dengan dimensi 23 cm x 25 cm x 30 cm (0,12 m³). Sebanyak 3-4 potongan pipa PVC dengan ukuran 10-15 cm dan diameter 5 cm diletakkan dalam masing-masing akuarium sebagai tempat bersembunyi. Selain itu, setiap akuarium juga dilengkapi dengan aerasi. Total sejumlah 10 buah akuarium digunakan untuk menguji pencernaan total pakan komersial. Suhu media pemeliharaan selama penelitian berkisar antara 26-28°C dan oksigen terlarut berkisar 5,43-8,92 ppm.

Dua jenis pakan LAT komersial yaitu pakan komersial A (bahan protein utama berasal dari tepung kedelai atau pakan vegetarian) dan pakan komersial B (bahan protein utama dari tepung ikan (*Peruvian anchovy*) dengan merek dagang *Speciality Feed* digunakan dalam percobaan ini. Pada Tabel 1 disajikan profil bahan dasar kedua pakan yang digunakan dalam penelitian ini.

Bahan organik kromium oksida bubuk digunakan sebagai penanda pakan dengan konsentrasi 1% dari berat kering pakan. Jumlah total pakan yang digunakan adalah 495 g dan dicampur dengan 5 g kromium oksida. Kedua bahan tersebut dihancurkan untuk memperoleh bahan pakan yang halus. Setelah itu kedua bahan dicampur dan diberi sedikit air. Adonan pakan yang telah dicampur kromium oksida berwarna hijau dicetak menggunakan cetakan pelet ikan dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C. Pakan yang telah dikeringkan selama 24 jam kemudian dipotong menjadi ukuran standar, yakni 0,5 cm.

Pakan diberikan sebanyak 1% dari berat badan LAT yaitu sekitar 1,2 g setiap pemberian pakan. Pakan dibiarkan selama 30-60 menit dalam akuarium sebelum disipon. Baik LAT yang diberi pakan komersial A atau B diberi

Tabel. 1. Profil bahan dasar pakan komersial untuk lobster air tawar

Kandungan	Pakan Komersial A (sumber protein nabati)	Pakan Komersial B (sumber protein hewani)
Protein kasar (Min.)	21%	21,6%
Lemak	7%	7%
Serat kasar (Max.)	5%	8%
Kalsium	1,5%	1,5%
Phosfor	1%	1%
Kecernaan energi	12 MJ/kg	11 MJ/kg
Garam	0,2%	-

Tabel 2. Hasil pencernaan total, kelangsungan hidup, pertumbuhan relatif, FCR dan FER pakan komersial A dan B pada lobster air tawar

Parameters	Pakan Komersial A (sumber protein nabati)	Pakan Komersial B (sumber protein hewani)
Kecernaan total	25,95%	22,12%
Kelangsungan hidup	85,00%	85,00%
Pertumbuhan relatif	3,64 % ^a	5,47 % ^b
FCR	5,26 ^b	3,89 ^a
FER	0,19 ^a	0,26 ^b

Keterangan: FCR= *feed conversion ratio*; FER= *feed efficiency ratio*

pada dengan tingkat persentase yang sama, dua kali sehari pada jam 10.00 pagi dan 15.00 sore.

Setiap LAT ditimbang menggunakan timbangan digital (AND EK-3000i, Korea) pada awal dan akhir penelitian untuk mengetahui peningkatan berat. Feses diambil sebelum pemberian pakan selama penelitian berlangsung. Feses yang diambil disaring menggunakan saringan dengan ukuran 60 µm kemudian disimpan dalam cawan lebur. Feses yang terkumpul kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C dan disimpan kedalam desikator sebelum ditimbang dan dianalisis.

Pakan, larutan standar dan feses diproses menggunakan *Kjeldahl Digester* (Foss Tecator Digester 8, Swedia) sebelum dianalisis menggunakan spektrofotometer. Seluruh bahan kering termasuk sampel pakan komersial A, pakan B, feses perlakuan A, dan feses perlakuan B dihancurkan menggunakan *mortar* keramik. Setelah itu, sebanyak 0,1 g setiap sampel dipindahkan kedalam tabung *Kjeldahl*. Kemudian sebanyak 5 mL HNO₃ 70% ditambahkan ke setiap tabung sampel menggunakan dispenser otomatis. Seluruh tabung diletakkan dalam digester selama 20

menit dengan suhu 300°C. Ketika proses peluruhan selesai, sebanyak 3 mL asam perklorat 70% ditambahkan kedalam masing masing tabung. Setelah proses ini selesai, sampel berubah warna dari hijau menjadi kuning atau oranye. Sampel kemudian dilarutkan kedalam 50 mL air destilasi dan dipindahkan ke dalam tabung 100 mL.

Jumlah Cr₂O₃ dalam pakan dan feses dianalisis menggunakan spektrofotometer (S20 Spectrophotometer, Boeco, Jerman) dengan membandingkan nilai absorbansi sampel dengan larutan standar. Larutan standar dibuat dengan melarutkan 0,2; 0,4; 0,8; 1,0; 1,4; 1,8 dan 2,0 mg kromium oksida ke dalam 100 mL air destilasi. Sampel diambil dan dimasukkan ke dalam *cuvet* untuk kemudian dihitung nilai absorbansinya.

Kecernaan total masing-masing pakan dihitung menggunakan metode tidak langsung pada akhir penelitian. Perhitungan pencernaan total menggunakan rumus menurut Cho *et al.* (1985), yaitu Persentase pencernaan total = $100 - [1 \times (\% \text{marker dalam pakan}) \times (\% \text{marker dalam feses})^{-1}]$, sedangkan Konsentrasi kromium oksida (%) = $[\text{konsentrasi (mg/100 mL)}] \times [\text{berat sampel (mg)}]^{-1}$.

Konsentrasi kromium oksida (mg/100 mL) ditentukan menggunakan rumus regresi $Y = 0,1468x + 0,0024$, dalam hal ini Y adalah nilai absorban dan x adalah nilai kromium oksida. Persamaan regresi ini diperoleh dari *plotting* larutan stok dengan hasil pembacaan *absorban*.

Pertumbuhan relatif LAT dihitung menggunakan persamaan $WG = 100 \times (W_t - W_i) / W_i$, dalam hal ini W_t adalah berat akhir dan W_i adalah berat awal. Tingkat kelangsungan hidup dihitung menggunakan persamaan $SR = 100 \times (\text{jumlah akhir} / \text{jumlah awal})$. Rasio Efisiensi Pakan dihitung dengan rumus $FER = \text{Jumlah Pakan yang dimakan} / \text{kenaikan berat}$, Rasio konversi pakan (FCR) = kenaikan berat lobster / jumlah pakan.

Hasil perhitungan peningkatan berat untuk kedua jenis sampel pakan dianalisis menggunakan *independent t-test*. Analisis statistika dilakukan menggunakan *software SPSS 22.0* (SPSS, Illinois, Amerika Serikat).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa pencernaan total dan kelangsungan hidup LAT Marron yang diberi pakan komersial A tidak berbeda nyata dengan yang diberi pakan komersial B dengan sumber protein tepung ikan ($P < 0,05$). Namun demikian, pertumbuhan relatif, FCR dan FER LAT Marron yang diberi pakan komersial A berbeda dengan yang diberi pakan komersial B. Pencernaan total kedua sampel pada penelitian ini sangat rendah. Pada penelitian lain yang menggunakan lobster air tawar menghasilkan pencernaan total pakan yang lebih tinggi. Laporan hasil penelitian Pavasovic *et al.* (2007), menunjukkan bahwa pencernaan total *C. quadricarinatus* yang diberi pakan dengan protein yang bersumber dari tumbuhan adalah 65,32-89,29%. Sementara itu laporan hasil penelitian Jones dan De Silva (1997a), pada *C. destructor* yang diberi pakan dari berbagai sumber protein, menunjukkan nilai pencernaan total minimal 70%.

Rendahnya tingkat pencernaan pada penelitian ini mungkin disebabkan oleh tingginya tingkat kesulitan dalam pengumpul kotoran LAT Marron (*C. cainii*) dan mengakibatkan kotoran mudah terkontaminasi oleh kromium oksida sehingga berpengaruh terhadap hasil penilaian pencernaan pakan. Guna pengumpulan kotoran, perlu dibuatkan alat

pengumpul kotoran khusus seperti yang dilakukan oleh Jones dan De Silva (1997a).

Meskipun pencernaan total kedua jenis pakan yang diuji rendah, hasil penelitian menunjukkan bahwa pakan vegetarian (Pakan komersial A) cenderung memiliki pencernaan total lebih tinggi dibandingkan dengan pakan komersial B. Hasil serupa juga dilaporkan dari penelitian yang dilakukan Campaña-Torres *et al.*, (2006) pada *C. quadricarinatus*. Dalam penelitiannya, ditemukan bahwa pencernaan total pada pakan yang memiliki protein dari sumber nabati lebih tinggi dibandingkan dengan pada pakan dengan sumber protein hewani. Penelitian yang sama dengan spesies *Procambarus clarkii* juga menunjukkan kecenderungan yang sama, dan pakan dengan sumber protein yang berasal dari tepung kedelai memiliki koefisien pencernaan total lebih baik bila dibandingkan dengan sumber protein dari tepung daging/tulang maupun tepung daging kepiting (Reigh *et al.*, 1990).

Tingkat kelangsungan hidup LAT Marron yang diberi pakan Pakan komersial A dan pakan komersial B memiliki nilai yang sama yaitu $85,00 \pm 0,136\%$ dan masih dalam rentang normal seperti penelitian-penelitian terdahulu tentang penggantian tepung ikan dengan sumber protein nabati pada pakan LAT (Thompson *et al.*, 2005; Muzinic *et al.*, 2004; Fuertes *et al.*, 2012). Pada penelitian penggantian tepung ikan dengan protein nabati dengan spesies *C. quadricarinatus*, diperoleh tingkat kelangsungan hidup sebesar 76% sampai 85%. Meskipun tidak dibahas secara khusus, pakan yang menggunakan tepung ikan sebagai sumber protein utama memberikan nilai tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi (Thompson *et al.*, 2005). Lebih lanjut, laporan hasil penelitian yang dilakukan oleh Fuertes *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa penggantian tepung ikan sebagai sumber protein lebih dari 35% pada pakan *Signal Crayfish (Pacifastacus leniusculus)*, menghasilkan tingkat kelangsungan hidup yang lebih rendah secara signifikan. Akan tetapi, laporan hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Muzinic *et al.* (2004) memberikan hasil yang berbeda. Pada penelitiannya, tingkat kelangsungan hidup LAT yang diberikan pakan vegetarian memiliki tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi (88%) daripada pakan standar (76%).

Rataan berat tubuh LAT pada kedua perlakuan mengalami kenaikan pada akhir percobaan masing-masing 2,28 g untuk LAT Marron yang diberi makan pakan komersial A

dan 3,09 g untuk LAT Marron yang diberikan pakan komersial B. Akan tetapi, hanya LAT Marron yang diberi pakan komersial B yang mengalami kenaikan berat secara signifikan ($P < 0,05$), sedangkan yang diberi pakan komersial A tidak mengalami peningkatan yang signifikan ($P > 0,05$).

Pertumbuhan relatif yang dihasilkan dari pemberian pakan yang berbeda menunjukkan bahwa pertumbuhan relatif pada LAT yang diberikan pakan komersial B memiliki nilai yang lebih baik (5,47%) bila dibandingkan dengan pakan komersial A (3,64%). Hasil yang sama juga dilaporkan oleh García-Ulloa *et al.* (2003) dan Fuertes *et al.* (2012) pada LAT dan spesies krustasea yang lain (Lim dan Dominy 1990) bahwa pakan dengan protein tepung ikan memberikan hasil pertumbuhan yang lebih baik daripada pakan dengan sumber protein tepung kedelai. Properti fisika dan kimia, serta kandungan mikronutrient pada tepung ikan telah dipercaya memberikan efek yang baik untuk pertumbuhan dan kelangsungan beberapa spesies krustacea. Jones *et al.* (1996) melaporkan adanya efek negatif dari kenaikan jumlah penggantian tepung ikan dengan tepung kedelai pada *C. quadricarinatus*. Lebih lanjut, pertumbuhan lobster *Pascifastacus leniusculus* dilaporkan menurun sebesar 25% sebagai efek dari penggantian tepung ikan dengan tepung kedelai sebesar 35% (Fuertes *et al.*, 2012). Hasil ini juga serupa dengan beberapa hasil penelitian yang lain pada spesies yang berbeda-beda (Brinker dan Reiter, 2011; Lim *et al.*, 2011; Khan *et al.*, 2003).

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan pakan komersial B lebih baik daripada pakan komersial A. Pakan komersial B memiliki FCR yang lebih rendah dan FER yang lebih tinggi dibandingkan dengan pakan komersial A (Tabel 1). FCR menentukan tingkat efisiensi ikan untuk mengubah pakan menjadi jaringan tubuh yang baru (Stickney, 2009), sedangkan FER merupakan rasio tingkat efisiensi pakan (Ballestrazzi, 1994). Nilai FCR dan FER saling bertolak belakang. Dalam suatu kegiatan budidaya ikan, tingginya FCR mengindikasikan ketidakefisienan pemberian pakan pada kegiatan budidaya tersebut. Sehingga, sebaiknya nilai FCR dapat ditekan serendah-rendahnya untuk mengurangi ongkos produksi. Temuan pada penelitian ini mengkonfirmasi

beberapa penelitian tentang penggantian tepung ikan sebagai sumber protein pada pakan lobster air tawar (*C. quadricarinatus*) (Thompson *et al.*, 2005; Tidwell *et al.*, 1993) dan *Signal Crayfish* (*P. leniusculus*) (Fuertes *et al.*, 2012; Fuertes *et al.*, 2013). FCR pada *C. quadricarinatus* yang diberi pakan yang mengandung tepung ikan berkisar antara 3,03-4,81, lebih rendah dibandingkan dengan lobster yang diberi pakan vegetarian dengan kisaran FCR 4,43-5,73 (Thompson *et al.*, 2005). Dengan spesies yang sama, Tidwell *et al.* (1993) melaporkan FCR pakan sebesar $3,11 \pm 0,34$ untuk LAT dengan total penggantian tepung ikan dengan tepung kedelai lebih tinggi daripada FCR untuk LAT yang diberi pakan standar ($2,51 \pm 0,05$). Fuertes *et al.* (2012) menyarankan penggantian tepung ikan dengan protein nabati dengan jumlah yang tidak terlalu banyak untuk pakan *Signal Crayfish* (*P. leniusculus*). Hal ini karena penggantian tepung ikan sebesar 35% pada pakan dapat meningkatkan nilai FCR dan menurunkan nilai FER.

SIMPULAN

LAT Marron (*C. cainii*) yang diberi pakan dengan bahan protein utama dari tepung ikan (*Peruvian anchovy*) memiliki nilai pertumbuhan relatif, FCR dan FER yang lebih baik dari pakan dengan protein utama dari tepung kedelai.

SARAN

Pengumpulan kotoran LAT Marron sulit untuk dilakukan dan mengakibatkan kotoran mudah terkontaminasi oleh kromium oksida dan berpengaruh terhadap hasil penilaian pencernaan pakan. Pengumpulan kotoran perlu dibuatkan alat pengumpul kotoran khusus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Dr. Benjamin Saunders, sebagai supervisor penelitian sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Selain itu, ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Rowan Kliendienst sebagai Manajer CARL yang telah mempersiapkan segala fasilitas yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Brinker A, Reinhard Reiter R. 2011. Fish meal replacement by plant protein substitution and guar gum addition in trout feed, Part I: Effects on feed utilization and fish quality. *Aquaculture* 310 (3–4): 350-360. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.041>.
- Campaña-Torres A, Martínez-Cordova LR, Villarreal-Colmenares H, Civera-Cerecedo R. 2006. Carbohydrate and lipid digestibility of animal and vegetal ingredients and diets for juvenile Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture Nutrition* 12 (2): 103-109. doi: 10.1111/j.1365-2095.2006.00388.x.
- Campaña-Torres, A, Martínez-Cordova LR, Villarreal-Colmenares H, Civera-Cerecedo R. 2005. In vivo dry matter and protein digestibility of three plant-derived and four animal-derived feedstuffs and diets for juvenile Australian redclaw, *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture* 250 (3–4): 748-754. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.02.058>.
- Cho CY, Cowey CB, Watanabe T. 1985. *Finfish nutrition in Asia: Methodological approaches to research and development*. Ottawa, Canada: International Development Research Centre.
- Australian Department of Fisheries. 2010. *The Maroon Fishery*. Western Australia: Department of Fisheries.
- Fuertes JB, Celada JD, Carral JM, Sáez-Royuela M, González-Rodríguez A. 2012. Effects of dietary protein and different levels of replacement of fish meal by soybean meal in practical diets for juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae) from the onset of exogenous feeding. *Aquaculture* 364–365: 338-344. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.050>.
- Fuertes JB, Celada JD, Carral JM, Sáez-Royuela M, González-Rodríguez A. 2013a. Replacement of fish meal by pea protein concentrate in practical diets for juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana, Astacidae) from the onset of exogenous feeding. *Aquaculture* 388–391: 159-164. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.01.028>.
- Fuertes JB, Celada JD, Carral JM, Sáez-Royuela M, González-Rodríguez A. 2013b. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana, Astacidae) from the onset of exogenous feeding. *Aquaculture* 404–405: 22-27. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.04.019>.
- Glencross BD, Booth M, Allan GL. 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition* 13(1): 17-34. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x.
- Hua XM, Shui C, He YD, Xing SH, Yu N, Zhu ZY, Zhao CY. 2015. Effects of different feed stimulants on freshwater crayfish (*Procambarus clarkii*), fed diets with or without partial replacement of fish meal by biofeed. *Aquaculture Nutrition* 21(1): 113-120. doi: 10.1111/anu.12148.
- Jones CM. 1990. *The Biology and Aquaculture Potential of Cherax quadricarinatus*. Brisbane: Department of Primary Industries and Fisheries.
- Jones PL, De Silva SS. 1997a. Apparent nutrient digestibility of formulated diets by the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture Research* 28(11): 881-891. doi: 10.1046/j.1365-2109.1997.00913.x.
- Jones PL, De Silva SS. 1997b. Influence of differential movement of the marker chromic oxide and nutrients on digestibility estimations in the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor*. *Aquaculture* 154(3–4): 323-336. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00068-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00068-9).
- Jones PL, De Silva SS, Mitchell BD. 1996. Effects of replacement of animal protein by soybean meal on growth and carcass composition in juvenile Australian freshwater crayfish. *Aquaculture International* 4(4): 339-359. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00120950>
- Khan MA, Jafri AK, Chadha NK, Usmani N. 2003. Growth and body composition of rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing oilseed meals: partial or total replacement of fish meal with soybean meal. *Aquaculture Nutrition* 9(6): 391-396. doi: 10.1046/j.1365-2095.2003.00268.x.
- Lee J, Fisher MT, Maré B. 1986. Comparison of techniques for chromium sesquioxide analysis in marker studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 37(4): 366-372. doi: 10.1002/jsfa.2740370406.

- Lim C, Dominy W. 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 87(1): 53-63. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90210-E](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(90)90210-E).
- Lim SJ, Kim SS, Ko GY, Song JW, Oh DH, Kim JD, Kim JU, Lee KJ. 2011. Fish meal replacement by soybean meal in diets for Tiger puffer, *Takifugu rubripes*. *Aquaculture* 313 (1-4): 165-170. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.007>.
- Muzinic LA, Thompson KR, Morris A, Webster CD, Rouse DB, Manomaitis L. 2004. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and brewer's grains with yeast in practical diets for Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture* 230(1-4): 359-376. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00420-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00420-4).
- Neto H, Graner CAF, Pezzato LE, Padovani CR, Cantelmo OA. 2003. Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32: 249-255.
- Oh JS, Ha GW, Cho YS, Kim MJ, An DJ, Hwang KK, Lim YK, Park BK, Kang B, Song DS. 2006. One-step immunochromatography assay kit for detecting antibodies to canine parvovirus. *Clin Vaccine Immunol*. 13(4): 520-524.
- Pavasovic A, Anderson AJ, Mather PB, Richardson NA. 2007. Effect of a variety of animal, plant and single cell-based feed ingredients on diet digestibility and digestive enzyme activity in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868). *Aquaculture* 272 (1-4): 564-572. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.08.027>.
- Reigh, Robert C., Stephanie L. Braden, and Richard J. Craig. 1990. Apparent digestibility coefficients for common feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Aquaculture* 84 (3):321-334. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90097-7](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(90)90097-7).
- Sakita GZ, Meira DC, Neto HB, Cyrino JEP, Abdalla AL. 2015. Chromium oxide (51Cr2O3) used as biological marker was not absorbed by fish. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 67: 755-762.
- Saoud IP, Yta AGD, Ghanawi J. 2012. A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Aquaculture Nutrition* 18(4): 349-368. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00925.x>.
- Saoud IP, Rodgers LJ, Davis DA, Rouse DB. 2008. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Aquaculture Nutrition* 14 (2):139-142. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00513.x.
- Thompson KR, Muzinic LA, Engler LS, Webster CD. 2005. Evaluation of practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, for juvenile Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Aquaculture* 244(1-4) : 241-249. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.018>.
- Tidwell JH, Webster CD, Yancey DH, D'Abramo LR. 1993. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and distillers' by-products in diets for pond culture of the freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Aquaculture* 118(1): 119-130. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90285-7](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(93)90285-7).