

学 位 論 文 要 旨

氏 名	マハブバ ブルブル (Mahbuba Bulbul)
題 目	クルマエビにおける大豆及び菜種ミールの栄養評価 (Nutritional Evaluation of Soybean and Canola meals for Kuruma Shrimp <i>Marsupenaeus japonicus</i>)

植物性タンパク質は、需要の増加、供給量の減少及び市場価格の高騰が問題となっている配合飼料における魚粉の代替タンパク質として最も適していると考えられる。しかし、クルマエビにおける植物性タンパク質の利用性に関する知見は少なく、本研究では植物性タンパク質として、大豆及び菜種ミールに着目し、クルマエビにおける利用性を検討した。

まず、飼料中の魚粉を削減し、大豆または菜種ミールで置き換えた試験飼料を用いて2つの飼育実験を行った。その結果、大豆では魚粉45%代替区、菜種では魚粉20%代替区が、最終体重(g)及び日間成長率(SGR)で有意に高い値を示した。また、両実験とも魚粉代替率が高くなるにつれて、摂餌量が有意に低下することが明らかになった。植物性タンパク質単独の代替では栄養素が不足する可能性が考えられたため、以降の実験は大豆及び菜種ミールを6:4で混合して使用した。試験飼料中の魚粉添加量を40%から28%、24%、20%及び16%(魚粉代替率0~60%)に減らした試験飼料を用いて飼育実験を行った。最終体重及びSGRは魚粉16%添加区では低下したものの、20%添加区までは違いがみられなかった。摂餌量、飼料転換効率及び栄養素蓄積量は、16%添加区で最も低い値を示した。

次に、高植物性タンパク添加飼料に対する、結晶アミノ酸(CAA)、フィターゼ(PT)及びフィッシュソルブル(FS)の添加効果を検討した。大豆・菜種混合物(6:4)で魚粉の60%を置換した試験飼料(PP)を基本とし、1.5%CAA添加(PAA)、PT2000FTU/kg添加(PPT)、10%FS添加(PFS)および全てを添加した飼料(PMX)を作製した。飼育実験の結果、PMXが最も高い成長を示した。PP区は最も低い最終体重とSGRを示したものの、CAA、PTまたはFSを添加したPAA、PPT及びPFS区では成長は有意に改善された。また、成長が高くなるにつれて摂餌量も増加した。消化管内のプロテアーゼ活性は、PP区とCAA区で有意に低い値を示した。

これらの結果を基に、魚粉を0%、75%、85%及び100%大豆・菜種混合物で代替し、CAA、PT及びFSを添加した高魚粉代替飼料を用いて、飼育実験を行った結果、成長は魚粉代替率が増加するにつれて若干低下したが、有意差は検出されなかった。また、試験区間で摂餌量に違いは見られなかった。しかし、飼料転換効率、タンパク利用率及びプロテアーゼ活性は魚粉無添加飼料で有意に低い値を示した。

以上の結果から、クルマエビ飼料において大豆または菜種ミールを単独で使用した場合、魚粉の45%または20%を代替できることが明らかになり、大豆及び菜種ミールを混合して使用した場合は魚粉の約半分を代替できることが明らかとなった。また、CAA、PTまたはFSの添加は飼料の栄養価と嗜好性を改善することを示した。本研究では植物性タンパク質及びメチオニン、リジン等のアミノ酸、PT及びFSを用いて、魚粉添加量を6%(魚粉代替率85%)に低減することに成功した。これは、植物性タンパク質の利用性の拡大と養殖用配合飼料の開発に大いに寄与するものであると考えられる。

学 位 論 文 要 旨

氏 名	Mahbuba Bulbul (マハブバ ブルブル)
題 目	Nutritional Evaluation of Soybean and Canola meals for Kuruma Shrimp <i>Marsupenaeus japonicus</i> (クルマエビにおける大豆及び菜種ミールの栄養評価)

Plant proteins have been considered to be the most sustainable alternatives to fishmeal (FM) in order to counteract the increasing demand, limited supply and forcible market price of this finite protein source for aquafeeds. Since the utilization of plant proteins by kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus* is not fully understood, the present studies were conducted to clarify the effects of dietary plant proteins. In this study, particularly, the effects of soybean and canola meals were investigated for kuruma shrimp.

First two feeding trials were conducted to evaluate dehulled soybean meal (SBM) and canola meal (CM), respectively, in the test diets containing the reduced levels of dietary FM. In each trial, five diets were prepared by replacing 0, 15, 30, 45 and 60, and 0, 10, 20, 30 and 40% of FM with SBM and CM, respectively. Those diets were fed to juvenile kuruma shrimp for 56 and 60 days, respectively. There were no significant differences ($P>0.05$) in final weight (FW, g) and specific growth rate (SGR, % day) among shrimp fed 0, 15, 30 and 45% replacement in the SBM trial, and 0, 10 and 20% replacement in the CM trial, respectively. In both trials, growth parameters significantly ($P<0.05$) decreased in shrimp fed higher plant protein based diets (60% for SBM trial, and 30 and 40% for CM trial). Feed intake (FI) was positively correlated to the growth pattern, and the significantly lowest FI ($P<0.05$) was found in the highest FM replacement levels for both trials. It was found from these studies that a certain amount of FM could be reduced, beyond which the shrimp performances were deteriorated.

In the third study, a combination of complementary plant proteins might be beneficial to compensate the nutritional deficiencies. Therefore, a 60-day feeding trial was conducted to study the effects of reducing FM from 40% down to 28, 24, 20 and 16% (replacing 0–60% FM) with a combination of SBM and CM at 6:4 ratio, respectively on the performance of kuruma shrimp. It was found that FW and SGR of shrimp were not varied by feeding up to 20% FM based diets which were decreased at 16% FM. FI, feed efficiency ratio (FCR) and protein efficiency ratio (PER) were also significantly depressed in the same group. The retention efficiency of protein and indispensable amino acids had decreasing trends and lowest ($P<0.05$) value was found in 16% FM. In summary, dietary FM could be reduced down from 40 to 20% with the blend of SBM and CM.

In study four, a 60-day feeding trial was conducted to assess the effectiveness of different feed additives such as crystalline amino acids (CAA), phytase (PT) and fish soluble (FS) in high plant protein based diets for kuruma shrimp. Diets were formulated by replacing 60% FM as follows: SBM and CM blend (6:4, PP), blend and 1.5% CAA (PAA), blend and 2000 FTU kg^{-1} PT (PPT), blend and 10% FS (PFS), and blend and a mixture of CAA, PT and FS (PMX), respectively. Results showed that the fastest growth was obtained in PMX among the dietary treatments, and FW and SGR were lowest in PP, but those parameters significantly recovered when fed PAA, PPT and PFS, respectively. The growth results were highly correlated to FI. Whole body crude protein decreased ($P<0.05$) in PP group. Significantly lower values of protease activity (PA, unit mg^{-1} protein) in the digestive tract were found in PP and AA groups, and the values were comparable among the rests. Overall, the best results for most of the parameters were found in shrimp fed PMX diet.

The previous trial suggests that a mixture of CAA, PT and FS in appropriate ratio could reduce or eliminate dietary FM in shrimp diets. Therefore, in the fifth trial, four diets were formulated by reducing 0, 70, 85 and 100 % FM with the blend and specific supplementation of CAA, PT and FS. The results indicated that although FW and SGR showed slightly decreasing trends with reducing dietary FM levels, those were not significantly affected by the dietary treatments. FI was also not varied among treatments. However, the dietary treatments significantly affected the feed utilizations, protein utilizations and PA, and all of which significantly decreased in no FM group.

Upon considering overall results, it has been summarized that SBM and CM are two promising plant proteins for kuruma shrimp. These plant proteins could individually reduce 45% and 20% FM, respectively while the blend of SBM and CM (6:4) could eliminate at least half of the FM. Supplementation of CAA, PT and FS to plant proteins are an effective approach to improve dietary nutritional quality, specially amino acids, and palatability. Finally, dietary FM could be reduced down to only 6% (reducing 85% FM) with plant protein blend and supplementation of methionine, lysine, PT and FS. Thus, the increasing use of plant protein will definitely reduce the feed cost, which would immensely benefit to develop sustainable aquaculture practices.

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏 名	マハブバ ブルブル
審査委員	主査 鹿児島 大学 教授 越塩 俊介
	副査 鹿児島 大学 教授 大富 潤
	副査 鹿児島 大学 教授 小山 次朗
	副査 鹿児島 大学 教授 杉元 康志
	副査 鹿児島 大学 准教授 石川 学
審査協力者	
題 目	Nutritional Evaluation of Soybean and Canola meals for Kuruma Shrimp <i>Marsupenaeus japonicus</i> (クルマエビにおける大豆及び菜種ミールの栄養評価)
<p>養殖用配合飼料において、植物性タンパク質は、需要の増加、供給量の減少及び市場価格の高騰が問題となっている魚粉の代替タンパク質として最も有望であると考えられる。しかし、クルマエビにおける植物性タンパク質の利用性に関する知見は少なく、植物性素材の有効利用にはさらなる知見の蓄積が必要である。本研究では植物性タンパク質として、大豆及び菜種ミールに着目し、クルマエビにおける利用性を検討している。</p> <p>まず、飼料中の魚粉を減らし、大豆または菜種ミールで置き換えた試験飼料を用いて2つの飼育実験を行っている。その結果、大豆ミールでは魚粉 45%代替区、菜種ミールでは魚粉 20%代替区が、最終体重と日間成長率 (SGR) で有意に高い値を示し、両者で魚粉の一部代替が可能であることを明らかにした。しかし、両実験とも魚粉代替率が高くなるにつれて、摂餌量が有意に低下することを明らかにし、クルマエビの摂餌の改善が必要であることを示唆している。次に、試験飼料中の魚粉添加量を 40% から 28%、24%、20% 及び 16% (魚粉代替率 0~60%) に減らした試験飼料を用いて飼育実験を行っている。植物性タンパク質単独の代替ではアミノ酸等栄養素が不足する可能性が考えられたため、以降の実験は大豆及び菜種ミールを 6:4 で混合して使用した。</p>	

飼育実験の結果、最終体重及び SGR は魚粉 16% 添加区では低下したものの、20% 添加区までは違いがみられず、大豆・菜種混合物により魚粉添加量の削減が可能であることを明らかにした。また、魚粉添加量を 16% まで削減すると、摂餌量に加え、飼料転換効率及び栄養素蓄積量も低くなることを示している。

次に、植物性タンパク質添加量を増やした際に生じる摂餌量や飼料効率の低下を改善するために結晶アミノ酸 (CAA)、フィターゼ (PT) 及びフィッシュソルブル (FS) の添加効果を検討している。大豆・菜種混合物 (6:4) で魚粉の 60% を置換した試験飼料 (PP) を基本とし、1.5% CAA 添加 (PAA)、PT 2000 FTU/kg 添加 (PPT)、10% FS 添加 (PFS) および全てを添加した飼料 (PMX) を作製し、飼育実験を実施している。その結果、PMX が最も高い成長を示し、CAA、PT または FS を添加した PAA、PPT 及び PFS 区でも成長が有意に改善することを明らかにしている。また、成長が高くなるにつれて摂餌量も増加することを示した。PP 区と CAA 区において、消化管内のプロテアーゼ活性が有意に低くなることも確認している。

最後に、魚粉の 75%、85% 及び 100% を大豆・菜種混合物で代替し、CAA、PT 及び FS を添加した魚粉代替飼料を用いて、飼育実験を行った結果、成長は魚粉代替率が増加するにつれて若干低下するが、魚粉代替飼料が魚粉飼料と同等の成長を示すことを明らかにしている。また、CAA、PT 及び FS の添加により魚粉代替飼料の摂餌量は改善するが、魚粉無添加飼料では、飼料転換効率、タンパク利用率及びプロテアーゼ活性は有意に低い値を示したことから今後の改善点も示唆している。

以上の結果から、クルマエビ飼料において大豆または菜種ミールを単独で使用した場合、魚粉の 45% または 20% を代替できることを示し、大豆及び菜種ミールを混合して使用した場合は魚粉の約半分を代替できることを明らかにした。また、CAA、PT または FS の添加は飼料の栄養価と嗜好性を改善することを示し、本研究では植物性タンパク質及びメチオニン、リジン等のアミノ酸、PT 及び FS を用いて、魚粉添加量を 6% (魚粉代替率 85%) に低減することに成功した。これは、植物性タンパク質の利用性の拡大と養殖用配合飼料の開発に大いに寄与するものであると考えられる。

以上の理由から、本論文は博士(水産学)の学位論文として価値を十分満たしていると考えられる。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏名	マハブバ ブルブル
審査委員	主査 鹿児島 大学 教授 越塩 俊介
	副査 鹿児島 大学 教授 大富 潤
	副査 鹿児島 大学 教授 小山 次朗
	副査 鹿児島 大学 教授 杉元 康志
	副査 鹿児島 大学 准教授 石川 学
審査協力者	
実施年月日	平成25年 1月 28日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <input checked="" type="radio"/> 口答・ <input type="radio"/> 筆答	
<p>主査及び副査は、平成25年1月28日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者マハブバ ブルブルが博士(水産学)の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者
氏名

マハブバ ブルブル

[質問1] クルマエビ生産量のほとんどが漁獲による天然物が占めると説明があつたが、
養殖による生産量の方が多いのではないか。

[回答1] データを確認してみる。

[質問2] クルマエビはどの位から成熟を始め産卵可能となるのか。試験に使用した1.6g程の稚エビが60日間でどの程度成長するか。

[回答2] 産卵可能な年齢についてはわからない。60日で3~4gまで成長した。

[質問3] この研究では5g以下の稚エビを用いているが、この研究結果は成熟可能な成エビにも応用可能か。

[回答3] 今後、検討する必要がある。

[質問4] 飼料組成がエビの体色に及ぼす影響はあるのか。今回の研究では体色の変化はみられたか。

[回答4] 今回は体色については観察していない。

[質問5] 植物性タンパク質添加量を増やすと摂餌量が低下するがこの原因はなにか。天然の環境では何を食べているのか。

[回答5] 遊離アミノ酸が少ないためと考えられる。天然の餌料についてはよくわかっていない。

[質問6] エビの味は、飼料組成によって影響を受けるのか。

[回答6] 今回は確認していない。今後検討する必要がある。

[質問7] 今回使用した大豆粕と菜種粕は、どこから入手したのか。また、容易に入手可能であるのか。

[回答7] Jオイルミルズの製品である。販売されているので入手はできる。

[質問8] フィターゼを添加しているが、試験飼料中には無機リンが多く含まれているこの条件でフィターゼはフィチン酸と反応するのか。

[回答8] よくわからない。

[質問9] 飼料作製時に加熱されるが、フィターゼに影響はないのか。今回使用したフィターゼの至適温度とpHはどうか。

[回答9] 飼料作製後のフィターゼ活性は測定していないので、不明である。至適温度とpHについてはわからない。

[質問10] クルマエビの消化管内のpHはいくらか。その条件でフィターゼは作用するのか。

[回答10] 酸性だと思われるが、よくわからない。

[質問11] 飼料組成は、エビの脱皮間隔や脱皮頻度に影響を与えなかったか。

[回答11] 脱皮殻を完全には回収できないのでよくわからない。脱皮間隔は、飼料組成よりエビの大きさによって変化していた。

No. 2

学位申請者
氏 名

マハブバ ブルブル

[質問 1 2] 大豆粕と菜種粕の混合比を6:4に決めた理由はなにか。

[回答 1 2] 最初は7:3で試してみたが, 成長やアミノ酸組成を考慮して6:4とした。

[質問 1 3] 無魚粉飼料の成長を改善するために, 不足しているものは何だと考えるか。

[回答 1 3] アミノ酸等が考えられるが今後検討する必要がある。