

# 昆蟲蛋白在養殖漁業的發展潛力分析

林盈甄<sup>1,\*</sup> 莊凱恩<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 行政農業委員會農委會農業試驗所農業經濟組助理研究員。台灣 台中市。

## 摘要

食用魚類需求持續成長，預估 2030 年養殖漁業將必須提供全球 62% 魚類食用需求，為能持續獲利與發展，控制飼料成本與使用高營養飼料為養殖漁業擴大經營的挑戰。飼料中魚粉為主要蛋白質成份來源，然而魚粉受到可利用海洋資源之有限性，及其他市場對魚粉需求增加，魚粉國際價格逐年上升，對養殖漁業與飼料製造廠商產生經營壓力，因此開發可替代水產飼料中魚粉之原料為必要策略。魚粉替代來源包括陸水生植物、昆蟲、蚯蚓、生物蓄團與單細胞生物，其中昆蟲最符合永續發展要求，飼養昆蟲所需要之土地面積和水量，皆低於其他陸生植物與動物，製造過程為低生態足跡，在消費者注重永續消費趨勢下，昆蟲源水產養殖飼料具有發展潛力。確認昆蟲飼料之經濟可行性對商業發展有其重要性，因此本文藉由文獻探討與次級資料分析，評估水產養殖戶與產業利害關係人接受度、消費者對昆蟲飼料養殖產品購買意願，以及昆蟲飼料之生產成本收益。將昆蟲粉用於替代魚粉需求高之魚種飼料，可降低其對魚粉依賴，此外，因昆蟲具特殊成分亦可朝向開發機能性飼料，提升昆蟲產品附加價值，在魚粉價格持續升高以及重視環境永續趨勢下，發展水產養殖昆蟲飼料具有經濟可行性。

**關鍵詞：**昆蟲蛋白、昆蟲飼料、水產養殖、市場可行性。

## 前言

由於海洋可利用資源越來越缺乏，且受消費需求增加造成養殖漁業有擴大規模壓力，為提升產量與品質，養殖漁戶對高營養且轉換效率高之飼料有高度需求。但國際魚粉價格持續上升可能使得飼料價格逐漸提高，也直接墊高養殖漁戶生產成本，因此發展魚粉替代原料以及發展高營養價值水產飼料，為各家飼料製造廠商之發展趨勢。本文從歐盟發展、產業化趨勢以及消費者接受度等面向，進行分析，評估昆蟲蛋白在養殖漁業之發展潛力。

## 昆蟲產品添加於水產養殖飼料之發展趨勢

全球人口增加且因健康取向之飲食習慣，消費者對食用魚類需求漸增，目前食用魚來源可分為捕撈與養殖，預估至 2030 年養殖漁業將必須供應全球 62% 食用魚類 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO 2020)，因此全球養殖漁業產業需持續擴大以因應持續上升之消費需求。而養殖業者若想要擴大經營規模且增加市場佔有率，佔總生產成本約 40–70%、佔變動成本 75%–85% 之飼料投入 (Arru *et al.* 2019)，為養殖規模擴大的最大障礙。此外，對於飼料製造廠商而言，

\*論文聯繫人

E-mail: yclin84@tari.gov.tw

若能掌握食用魚需求增加趨勢，提供轉換效率高且具價格競爭力之優質飼料，則能因應需求而獲利。然而，作為飼料主要原料之魚粉，國際價格逐漸上漲，造成養殖戶擴大規模與飼料廠商生產壓力，因此，飼料廠與養殖戶皆開始關注降低魚粉使用議題，飼料廠商有意願投入與降低魚粉使用有關之研究。

魚粉為水產養殖飼料中重要蛋白質來源，但近 10 年，受到魚群過度捕撈、聖嬰現象發生使漁獲量不穩定、其他市場對魚粉需求增加以及捕撈配額影響，魚粉價格逐漸高漲，其國際價格從 1999 年每公噸 433 美元 (以匯率 30 換算，新台幣 13 元/公斤)，上升至 2013 年每公噸 1,747 美元 (以匯率 30 換算，新台幣 52 元/公斤)，增加 303% (Mitra 2021)。除價格因素外，使用魚粉也有重金屬疑慮，因此飼料製造廠商為維持競爭力，積極尋求魚粉替代來源。

以大豆粉取代養殖飼料中的魚粉在產業上已被普遍使用，但大豆粉仍有其需要克服的缺點，包括蛋胺酸 (methionine) 和賴胺酸 (lysine) 等必需胺基酸缺乏、蛋白質含量偏低、含有營養抑制因子與不容易消化之碳水化合物等問題，影響取代魚粉的可行性 (Llagostera *et al.* 2019)。此外大豆粉尚有國際價格波動與基改疑慮問題。

除大豆粉外，還有多項研究針對陸水生植物、昆蟲、蚯蚓與生物蓄團 (biofloc)、單細胞生物等的魚粉替代物研究 (Mitra 2021)，其中昆蟲飼料被認為最能符合聯合國永續發展目標 (SDGs)。養殖昆蟲與種植大豆相較，生產相同產量蛋白質，昆蟲養殖所需之土地面積和水較少，可保育和永續利用陸域生態系統，避免讓森林變為農地而喪失生物多樣性 (SDGs15)；昆蟲粉取代魚粉，有助於永續海洋利用和保護海洋資源 (SDGs14)。此外昆蟲可將食品產業之副產物與食物消費剩餘之有機物質有效率轉化為蛋白質，養殖後剩餘物質可做為肥料，從原料到消費之過程達零廢棄循環目標，不僅符合永續生產與消費模式 (SDGs12)，也同時朝向循環經濟發展 (Madau *et al.* 2020)。

為降低風險，昆蟲作為飼料使用，於歐美國家有

權責機關管制，歐盟於 2017 年 7 月 1 日頒布歐盟 2017/893 條例，允許 7 種昆蟲可做為水產養殖飼料之蛋白質來源，包括黑水虻 (*Hermetia illucens*, black Soldier Fly)、家蠅 (*Musca domestica*, housefly)、麵包蟲 (*Tenebrio molitor*, mealworm)、外米偽步行蟲 (*Alphitobius diaperinus*, lesser mealworm)、家蟋蟀 (*Acheta domestica*, house cricket)、短翅竈蟋 (*Grylloides sigillatus*, banded cricket) 以及田蟋蟀 (*Gryllus assimilis*, field cricket) (Sogari *et al.* 2019)。歐盟對昆蟲飼料除了規範種類以外，還對於養殖昆蟲使用之飼料種類、加工方式及食品安全有所管制。

## 昆蟲製品於飼料產業之商業發展

人類食用昆蟲歷史悠久，中國在 3,200 年前即有食用昆蟲記錄 (Yi *et al.* 2010)，唐朝有紀錄將黃蜂幼蟲與蛹使用於料理中 (Govorushko 2019)。目前擁有食用昆蟲習慣之人口集中於熱帶，推估 2030 年食用昆蟲市場規模為 730,000 公噸，產值為 80 億美金 (Pippinato *et al.* 2020)，其來源 92% 為野外捕獲 (wild harvest)、6% 為半飼養 (semi domestication)、2% 養殖於良好控制環境 (farmed) (Madau *et al.* 2020)。

2016 年全球飼料 (含禽類、畜牧、水產、寵物等) 產量為 10.322 億公噸，其中水產養殖飼料佔 3.8% (Govorushko 2019)。雖水產養殖飼料產量低於禽畜飼料，但其占 51% 昆蟲蛋白使用，水產養殖飼料為昆蟲蛋白主要市場。昆蟲飼料市場規模以 2018 年的 12% 年成長率估算，至 2024 年預計可達 13.694 億美元，主要消費地區為水產養殖盛行之亞洲 (Madau *et al.* 2020)。

昆蟲飼料生產以歐美企業為產業領導者，荷蘭與法國企業於昆蟲飼料產業佔有領先地位 (Madau *et al.* 2020)，目前歐洲可生產昆蟲飼料的公司或新創企業包括 Ynsect、Protix、Mutatec 和 Hermetia

Baruth GmbH (Arru *et al.* 2019) · 而歐盟非營利組織 - 昆蟲食物與飼料平台 (International Platform of Insects for Food and Feed, IPIFF) 則已有 78 個成員。

就昆蟲種類而言 · 黑水虻 (*Hermetia illucens*)、家蠅 (*Musca domestica*)、蠶 (*Bombyx mori*) 及麵包蟲 (*Tenebrio molitor*) 被認為具有可商業化量產的潛力 (Govorushko 2019)。其中麵包蟲可量產原因 · 包括粗蛋白質與脂質含量高、含有必須胺基酸、容易飼養、且已量產作為食蟲寵物飼料和魚餌產品 (Arru *et al.* 2019)。2017 年 7 月至 2018 年 10 月 · 歐盟製造商已生產 1,000 公噸商品化昆蟲蛋白產品 (Mulazzani *et al.* 2021)。因此 · 從昆蟲飼料市場年增率、新創公司加入產業、部分昆蟲具備商業化量產與加工技術 · 且有商品販售等現況來看 · 顯示於歐盟國家中 · 昆蟲飼料為具成長性的新興產業。另歐盟除對昆蟲加工為蛋白質產品有所管制 · 但對昆蟲油則無使用範圍管制 (Sogari *et al.* 2019) · 可使用於禽畜動物飼料中。

然而歐盟生產之昆蟲粉產品目前尚缺乏價格競爭力 · 因歐盟養殖與加工昆蟲需符合嚴格規範以及品質標準認證 · 且生產規模尚小。以昆蟲粉為例 · 歐盟廠商製造蛋白質含量 60-70% 之昆蟲粉產品 · 成本每公斤介於 3.5-7 歐元之間 · 遠高於魚粉、大豆粉、小麥與玉米蛋白粉。而非洲與亞洲生產之蛋白質含量 55% 昆蟲粉產品 · 每公斤成本僅 1.2-2.5 歐元 (Mulazzani *et al.* 2021)；具量產潛力之麵包蟲產品價格為每公斤 6 美元 · 黑水虻產品價格每公斤 2.5 美元 (Llagostera *et al.* 2019) · 前述昆蟲粉價格皆較魚粉高。

## 昆蟲飼料之市場可行性

歐盟已開放管制種類之昆蟲源蛋白質可使用於水產養殖飼料 · 且消費者對於昆蟲飼料使用於水產養殖之接受度優於其他動物 · 如豬、牛等 (Verbeke *et*

*al.* 2015) · 顯示水產養殖昆蟲飼料為可發展方向 · 但若實際商業化發展 · 水產養殖戶與產業利害關係人的接受度、消費者對昆蟲飼料養殖產品購買意願、以及昆蟲飼料之生產成本收益 · 都會直接影響昆蟲飼料之商業發展可行性。

### (一) 利害關係人對昆蟲飼料觀點

水產養殖戶是否願意於實際養殖作業中使用 · 對昆蟲飼料市場規模擴大具有直接影響。Verbeke *et al.* (2015) 指出受訪畜牧戶相較於農產業利害關係人與非產業內人士 · 對於昆蟲飼料使用風險感知程度高 · 且因對昆蟲飼料有營養價值與安全性疑慮而使用意願偏低；農產業利害關係人則對昆蟲飼料的利益感知程度高 · 且比起畜牧戶更相信昆蟲飼料可以降低畜養過程之生態足跡。整體受訪者皆認為相較於傳統飼料 · 昆蟲飼料更具永續性、營養價值 · 但在微生物安全性則被認為較傳統飼料差。

Rumbos *et al.* (2021) 透過半結構式訪問水產飼料廠商與水產養殖戶共 9 家 · 詢問其對昆蟲飼料製造與使用意願 · 其中有 4 家具有高度使用或製造意願 · 僅 1 家持反面意見。願意使用廠商認為昆蟲飼料可讓經營事業降低環境生態足跡、有助於創新性發展及強化事業永續性；而不考慮使用的廠商 · 則認為生產成本可能因昆蟲飼料售價高而提高 · 以及對消費者的接受度有疑慮。

Mulazzani *et al.* (2021) 指出影響水產養殖戶選擇飼料的因子 · 除了考量飼料價格、漁產品售價、飼料轉換效率等經濟面原因以外 · 還包括是否需要改變販售通路或另闢產品生產線 · 技術面則會考量轉換為昆蟲飼料是否需要調整養殖作業流程。不同經營規模與供應通路也會影響水產養殖戶的飼料選擇 · 規模小且供應高品質漁產品至利基市場之水產養殖戶 · 因原本已在用不含動物副產品的高價飼料 · 因此若昆蟲飼料能保證高飼料轉換效率、提升漁產品品質 · 並且可為漁產品在永續性訴求增值 · 這些經營利基市場之小型家庭式養殖戶之使用意願高；但經營規模大之水

產養殖戶，則因其考量成本，多使用含有動物副產物低價飼料，且因其產品多供應至連鎖通路，需遵循通路養殖規範，致使大型養殖戶使用昆蟲飼料意願低。

## (二) 消費者對昆蟲飼料觀點

消費者對昆蟲飼料養殖之產品購買意願，會影響水產養殖戶是否願意使用昆蟲飼料。影響消費者是否願意購買因素包括感知風險、對魚肉感官品質影響程度。Mancuso *et al.* (2016) 透過量化調查蒐集義大利 277 位消費者對以昆蟲飼料養殖漁產品之接受度，90% 受訪者對於永續水產養殖飼料研究議題具有興趣，90% 受訪者對水產養殖飼料中添加昆蟲粉持正面態度，76% 願意購買使用創新飼料（昆蟲粉）養殖的漁產品，23.8% 受訪者認為目前歐盟尚無可量產之昆蟲飼料產品，且創新產品需投入開發成本，所以願意用較高價格購買相關產品；而消費者不願意購買的原因，則包括感受不佳、不信任製造過程以及可能影響漁產品品質。

Rumbos *et al.* (2021) 研究顯示，67.6% 希臘受訪者對將昆蟲用於魚類養殖持正面態度，71% 受訪者願意購買，原因為能降低養殖環境生態足跡，其次能降低養殖漁業對野生魚群捕撈的壓力。

Szendró *et al.* (2020) 指出，匈牙利消費者購買野放 (free-range) 方式飼養之動物意願，高於以昆蟲飼料所飼養的動物，雖野放養殖動物於飼養環境中也會食用昆蟲，但因被認為可維護動物福利，較具消費吸引力；另因一般消費者不了解飼料對自然環境衝擊，因此無法了解傳統飼料與昆蟲飼料對永續環境之差異。此外影響購買以昆蟲飼料養殖動物的意願因子方面，受訪者認為沒有風險最為重要。

Llagostera *et al.* (2019) 比較野生捕撈、魚粉飼料養殖、植物粉飼料養殖、昆蟲粉飼料養殖漁產品之消費者願付價格，其中以野生捕撈最高 23.46 歐元/公斤；植物粉飼料 (17.20 歐元/公斤) 與昆蟲粉飼料養殖之漁產品 (16.39 歐元/公斤) 願付價格相近，魚粉飼料養殖漁產品 (11.86 歐元/公斤) 最低，因此預

期消費者對昆蟲粉養殖之漁產品有購買意願；另比較三種飼料養殖方式對環境（除野生捕撈）之衝擊，消費者認為昆蟲粉飼料對環境之衝擊最低，但在漁產品食味品質方面，受訪者則認為昆蟲飼料養殖之漁產品可能降低品質的程度最大。

## (三) 成本收益觀點

成本收益是水產養殖戶是否願意轉換飼料的重要考量，而影響成本收益之因素包括昆蟲飼料售價、飼料轉換率與消費者接受程度。Arru *et al.* (2019) 透過小規模鱸魚養殖戶個案分析，藉由實際成本收益數據，及 (1) 昆蟲飼料部分取代魚粉將降低飼料轉換效率，與 (2) 昆蟲飼料價格高於魚粉假設下，推估若以麵包蟲粉取代 50% 魚粉，則飼料價格增加 197.3%，若要維持農戶收益，麵包蟲粉飼料售價則需從每公斤 1.85 歐元下降至 1.68 歐元。另 Mulazzani *et al.* (2021) 在假設昆蟲粉取代魚粉不影響飼料轉換率，以及消費者接受程度相同情境下，估算以昆蟲粉取代 50% 魚粉，將使得鱒魚飼料售價每公斤增加 25%，而鱸魚飼料售價每公斤增加 28%。

## 我國水產養殖飼料發展昆蟲蛋白質之可行性

依據經濟部技術處 2020 年食品產業年鑑，飼料指供給家畜、家禽、水產類營養或促進健康成長的食料。臺灣飼料產業可分為禽畜水產飼料和寵物飼料，2020 年動物飼料製造業銷售值為新台幣 72,776,420 千元。其中水產養殖飼料重要蛋白質來源之魚粉，我國主要進口來源國為祕魯、墨西哥與智利，近年也開始從日本與阿曼等國進口 (圖 1)，我國魚粉年進口量從 2002 年 230,740 公噸下降至 2020 年 132,187 公噸 (圖 2)，相同期間，進口到岸價格則從每公斤 0.64 美元，約每公斤新台幣 19.2 元 (以匯率 30 換算)，增加至 109 年每公斤 1.32 美元，約每公斤新台幣 39.6 元 (以匯率 30 換算)，18 年間增加 106% (表 1)。(國際貿易中心查詢

<https://www.intracen.org/itc/market-info-tools/market-analysis-tools/> · 魚粉價格增加造成飼料製造成本漸增。財團法人食品工業研究所，針對

總體飼料環境進行分析後發現，我國水產飼料技術方面應著重於魚粉替代蛋白質研發，以減緩國際價格漸增之魚粉造成之飼料製造成本上升趨勢。

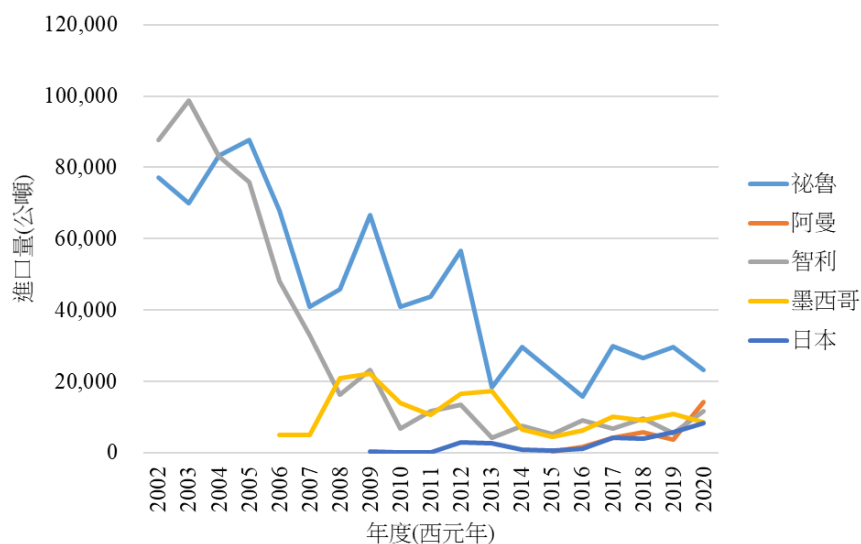


圖 1. 我國魚粉進口主要來源國之進口量趨勢

Fig. 1. The trend of imported quantity of Taiwan fishmeal main importers

資料來源: 國際貿易中心 2021 年 9 月查詢

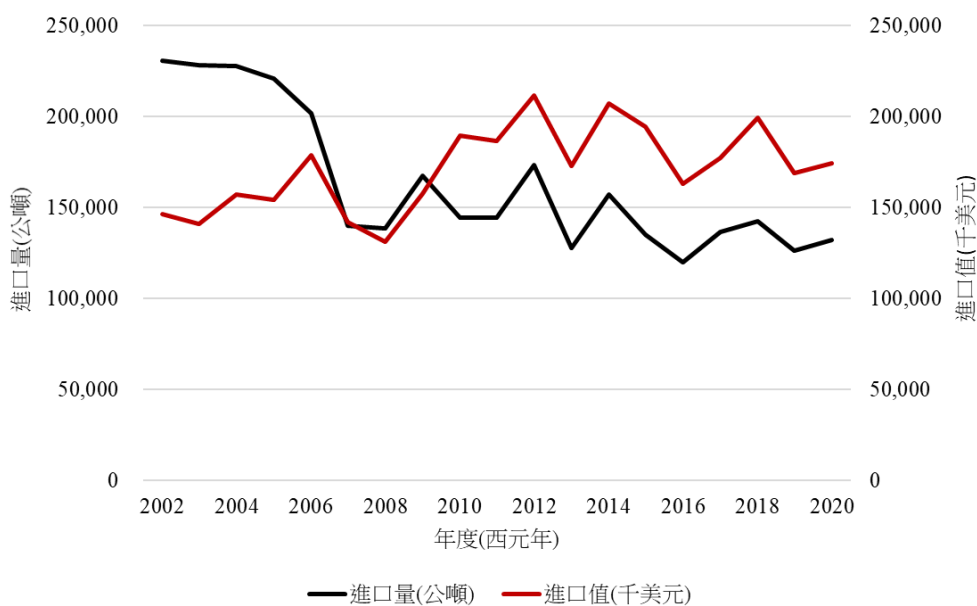


圖 2. 我國魚粉總進口量與進口價值趨勢

Fig. 2. The trend of Taiwan's fishmeal imported quantity and value

資料來源: 國際貿易中心 2021 年 9 月查詢與本研究整理

表 1. 我國進口魚粉到岸價格趨勢

Table 1. The CIF of Taiwan imported fishmeal

年度(西元年)	到岸價格 (美元/公斤)	到岸價格
		(新台幣/公斤) 匯率 30
2002	0.64	19.2
2003	0.62	18.6
2004	0.69	20.7
2005	0.70	21.0
2006	0.89	26.7
2007	1.01	30.3
2008	0.95	28.5
2009	0.94	28.2
2010	1.31	39.3
2011	1.29	38.7
2012	1.22	36.6
2013	1.36	40.8
2014	1.32	39.6
2015	1.44	43.2
2016	1.36	40.8
2017	1.29	38.7
2018	1.40	42.0
2019	1.34	40.2
2020	1.32	39.6

資料來源:國際貿易中心 2021 年 9 月查詢與本研究整理

我國主要的養殖魚類中，石斑魚養殖飼料對魚粉依賴性高，依據漁業署統計年報，108 年石斑魚飼料製造量 25,579.5 公噸。以飼料中含有 40% 魚粉估算，養殖石斑魚全年魚粉需求量推估約為 10,231.8 公噸。若以石斑魚飼料中魚粉 50% 含量改以昆蟲粉取代，昆蟲粉添加於石斑魚飼料之全年需求量推估為

5,115.9 公噸。

台灣魚粉 2020 年進口平均到岸價格，每公斤為 39.6 元新台幣 (表 1)，但因不同進口來源國魚粉品質不同，單價有所差異，2020 年進口量最多之秘魯，其魚粉進口到岸價格每公斤新台幣 43.2 元，而泰國為每公斤新台幣 35.1 元 (表 2)。

表 2. 2020 年我國進口魚粉不同來源國家之進口量值與單價

Table 2. Imported quantity, imported value and unit price of Taiwan fishmeal main importers in 2020

進口來源國家	進口值 (千美元)	進口量 (公噸)	單價 (美元/公斤)	單價
				(新台幣/公斤) 匯率 30
祕魯	33,331	23,193	1.44	43.2
阿曼	18,891	14,104	1.34	40.2
智利	17,864	11,671	1.53	45.9
日本	11,758	8,243	1.43	42.9
墨西哥	11,381	8,648	1.32	39.6
美國	9,722	7,494	1.30	39
丹麥	9,615	5,589	1.72	51.6
阿根廷	7,720	6,921	1.12	33.6
馬來西亞	7,576	6,247	1.21	36.3
摩洛哥	5,323	3,918	1.36	40.8
巴西	4,037	4,385	0.92	27.6
泰國	3,997	3,415	1.17	35.1
菲律賓	3,824	3,421	1.12	33.6

資料來源: 國際貿易中心 2021 年 9 月查詢與本研究整理

昆蟲粉對飼料價格影響程度，與使用意願有關，因此本研究於「昆蟲粉取代部分魚粉後能維持相同飼料轉換率」、「昆蟲粉蛋白質含量與魚粉相同」以及「轉換飼料增加之原料成本完全轉嫁於售價」情境下，推估以昆蟲粉取代石斑魚飼料中 50%魚粉用量後，飼料價格變化。

歐盟製造之高品質昆蟲粉，依據成本，每公斤價格介於 3.5 歐元至 7 歐元之間 (Mulazzani *et al.* 2021)，因此以每公斤 3.5 歐元昆蟲粉 (以匯率 33 換算，每公斤新台幣 115.5 元)，作為估算依據。若以昆蟲粉取代石斑魚飼料中 50%魚粉使用量 (假設飼料中魚粉含量為 40%)，當魚粉每公斤為新台幣 43.2 元 (祕魯進口魚粉平均到岸價格)，推估售價每公斤 53.17 元之石斑魚飼料 (依據電訪國內 9 家飼料業者)。

使用昆蟲粉取代 50%魚粉使用量後，價格將提高至每公斤新台幣 67.63 元，增加 27.2%。

若未來因需求量上升與產業規模化，2030 年每公斤價格可降至 1.5 歐元至 2.5 歐元之間 (Byrne 2021)，以每公斤 1.5 歐元 (以匯率 33 換算，每公斤新台幣 49.5 元)之昆蟲粉取代 50%魚粉使用量之石斑魚飼料，其價格可降至每公斤新台幣 54.43 元。

因目前國際昆蟲粉價格尚高，若要朝向取代魚粉發展，昆蟲粉需擴大生產規模，或利用自動化設備降低可能之人力需求及生產成本，增加價格競爭力。此外，除替代魚粉外，也可朝向開發飼料微量營養添加劑，針對昆蟲粉中有益於魚類免疫系統與腸道健康成分進行研究，提升昆蟲產品附加價值，使用昆蟲粉取代對魚粉倚賴度高之水產組合飼料，在魚粉價格應會

持續升高之產業環境下，具有市場可行性。

## 結論與展望

提升昆蟲產業規模以提高昆蟲粉價格競爭力，為昆蟲產業能持續發展的挑戰。而提升產業規模，需開拓昆蟲粉不同市場，例如禽畜飼養與水產養殖用飼料、寵物用飼料、保健食品原料或提供消費者食用等。為降低風險，現今部分國家相關權責機關已開始針對昆蟲及其加工品使用用途進行立法管制，許多科學研究也針對產業化飼養昆蟲可能累積之有害化學物質與致病微生物進行研究 (Van der Fels-Klerx *et al.* 2018)。

提高消費者購買意願為擴大市場策略之一，而消費者對新技術或新加工過程的接受程度，與其感知風險與利益相關，潛在有害物質與未知健康風險會影響消費者的選擇與使用 (Bruhn 2007)。消費者不願意購買原因依重要性排序為對安全衛生不信任、對昆蟲飼料不認同、不相信漁產品會因昆蟲飼料養殖而有高品質與高營養、對健康潛在負面影響、影響漁產品味道以及可能提高產品售價 (Rumbos *et al.* 2021)。當提供訊息讓受訪者了解昆蟲飼料有助於提升水產養殖環境的永續性，以及提升養殖魚類免疫系統之好處後，受訪者具有高度購買意願 (Naranjo-Guevara *et al.* 2021)。持續對消費者傳播新技術與加工過程為產品或環境所帶來之利益訊息，可降低消費者對產品的疑慮，因此若能向消費者傳遞昆蟲飼料的客觀資訊，提升消費者認識程度，將能促使消費者接受來自昆蟲飼料養殖的漁產品。

另水產養殖戶使用昆蟲飼料意願對產業規模擴大有直接影響，而水產養殖戶選擇轉換飼料的考量因素則包括價格、飼料效率、下游通路願意接受程度、是否可加值產品助於行銷、不需調整養殖作業等。因此昆蟲粉取代水產養殖飼料中魚粉成分時，應確保維持或提升目前傳統飼料轉換效率。若取代後飼料轉換效率降低，昆蟲粉價格仍維持高價，則會降低魚戶收益 (Arru *et al.* 2019)。另對水產養殖戶傳遞科學資訊，

也可提高他們使用昆蟲飼料的意願，訊息類型包括昆蟲飼料對漁產品食用感官特性影響、對於魚類生長與健康影響、產品安全性法規架構、消費者接受度等 (Rumbos *et al.* 2021)。

最後，昆蟲粉除可朝向發展取代水產養殖飼料中魚粉以外，因昆蟲仍有其他有益成分，對提升魚類免疫系統與腸道健康有幫助，因此朝向開發飼料微量營養添加劑，可使昆蟲源蛋白質跳脫與魚粉之價格競爭，提升昆蟲產品附加價值。

## 引用文獻

- 蕭宜庭。2020。產業篇-飼料業。頁 361-372。2020 食品產業年鑑。(簡相堂主編) 財團法人食品工業發展研究所。台北市。470 頁。
- Arru, B., R. Furesi, L. Gasco, F. A. Madau and P. Pulina. 2019. The introduction of insect meal into fish diet: The first economic analysis on European sea bass farming. *Sustainability* 11: 1697.
- Bruhn, C. M. 2007. Enhancing consumer acceptance of new processing technologies. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 8: 555-558.
- Byrne, J. 2021, February 24. Demand for Insect Protein Could Hit 500,000 Tons by 2030. *Feednavigator.Com*.  
<https://www.feednavigator.com/Article/2021/02/24/Demand-for-insect-protein-could-hit-500-000-tons-by-2030>
- FAO. 2020. The state of world fisheries and aquaculture. Food and agriculture organization of the United Nations Press. Rome, Italy. 224pp.
- Govorushko, S. 2019. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 91: 436-445.



- Llagostera, P. F., Z. Kallas, L. Reig, and D. A. de Gea.** 2019. The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. *J. Clean. Prod.* 229: 10-21.
- Madau, F. A., B. Arru, R. Furesi, and P. Pulina.** 2020. Insect farming for feed and food production from a circular Business model perspective. *Sustainability.* 12:5418.
- Mancuso, T., L. Baldi, and L. Gasco.** 2016. An empirical study on consumer acceptance of farmed fish fed on insect meals: the Italian case. *Aquac. Int.* 24: 1489-1507.
- Mitra, A.** 2021. Thought of Alternate Aquafeed: Conundrum in Aquaculture Sustainability? *Proc. Zool. Soc.* 74(1) p.1-18.
- Mulazzani, L., F. A. Madau, P. Pulina, and G. Malorgio.** 2021. Acceptance of insect meal in aquaculture feeding: A stakeholder analysis for the Italian supply chains of trout and seabass. *J. World Aquac. Soc.* 52: 378-394.
- Naranjo-Guevara, N., M. Fanter, A. M. Conconi, and S. Floto-Stammen.** 2021. Consumer acceptance among Dutch and German students of insects in feed and food. *Food Sci. Nutr.* 9: 414-428.
- Pippinato, L., L. Gasco, G. A. Di Vita, and T. Mancuso.** 2020. Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. *J. insects as Food Feed* 6: 371-381.
- Rumbos, C. I., E. Mente, I. T. Karapanagiotidis, G. Vlontzos, and C. G. Athanassiou.** 2021. Insect-Based Feed Ingredients for Aquaculture: A Case Study for Their Acceptance in Greece. *Insects* 12: 586.
- Sogari, G., M. Amato, I. Biasato, S. Chiesa, and L. Gasco.** 2019. The potential role of insects as feed: A multi-perspective review. *Anim.* 9: 119.
- Szendrő, K., M. Z. Nagy, and K. Tóth.** 2020. Consumer acceptance of meat from animals reared on insect meal as feed. *Anim.* 10: 1312.
- Van der Fels-Klerx, H. J., L. Camenzuli, S. Belluco, N. Meijer, and A. Ricci.** 2018. Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods. *Compr. Rev. Food Sci. FoodSaf.* 17: 1172-1183.
- Verbeke, W., T. Spranghers, P. De Clercq, S. De Smet, B. Sas, and M. Eeckhout.** 2015. Insects in animal feed: Acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders and citizens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 204: 72-87.

# Insect Protein Development Potential Analysis in Aquaculture

Ying-Chen Lin<sup>1,\*</sup> and Kai-En Chuang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agricultural Economics Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

## Abstract

The consumption of fish is growing globally. Aquaculture has been predicted to provide 62% of fish for human consumption by 2030. To improve sustainability and profitability of current aquaculture practices, management of production cost and use of high nutrient aquafeed become the major challenge for continue business expansion. Fish meal is the main protein source of a farmed fish diet. Due to the limited marine resources and increasing demand in another industrial sector, international fishmeal price has been increased for a decade. High price fishmeal is a significant burden on aquaculture farmers and aquafeed companies. Therefore, finding new feeding products for partial replacement of fishmeal is required. There are several options of alternative feed protein sources include plant based feed, insect meal, earthworm meal, single cell protein and biofloc. The insect meal is more favorable following with Sustainable Development Goals than other options. Due to insect farming needs less land space and water than farming traditional livestock and cultivating soybean, processed insect protein is considered as a low environmental footprint protein source. Additionally, because attention to sustainability and sustainable consumption has been increased, insect aquafeed has a high potentiality to develop. However, ensuring insect based aquafeed economic viability is essential for business development. Economic viability assessment is in terms of acceptability of farmers and industry stakeholders, consumers' willingness, and cost and benefits analysis. The price of imported fishmeal has been rising for decades and increasing pressure in feed industry manufacturing costs. Therefore, the use of insects for feeding farmed fish represents an alternative to reduce the dependency of fish meal. Moreover, because of nutritional properties, developing insect-based additives to improve the health of farmed animals is a strategy of adding product value. In the situation of fishmeal price increasing and attention toward sustainability, developing farmed insect and insect protein is a viable option.

**Key word:** Insect protein, Insect feed, Aquaculture, Market viability.

\*Corresponding author.  
E-mail: yclin84@tari.gov.tw