



☒ 公開
☐ 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：0302020100

農業部苗栗區農業改良場113年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 鱗翅目昆蟲作為動物性蛋白替代來源
的評估 (第1年/全程1年)
(英文名稱) Evaluation of Lepidopteran
insects as an alternative source
of animal protein

計畫編號： 113農科-3.2.2-苗-01

全程計畫期間： 自 113年1月1日 至 113年12月31日
本年計畫期間： 自 113年1月1日 至 113年12月31日

計畫主持人： 古金台
執行機關： 農業部苗栗區農業改良場



1130396



鱗翅目昆蟲作為動物性蛋白替代來源的評估

苗栗區農業改良場

古金台

摘要

食用昆蟲為熱門的動物性蛋白替代來源，目前研究最多的種類以黑水虻 (*Hermetia illucens*)、麵包蟲 (*Tenebrio molitor*) 及蟋蟀的研究最多，並已有各種類型的商品上市。鱗翅目昆蟲的數量為食用昆蟲的第二大類群，可做為下階段的開發標的，增加食用昆蟲產品的多元性。但由於研究種類眾多並分散，對於不同物種個別研究的力度較低，故大多需要更多的研究佐證及技術研發，方有機會形成產品進入消費市場。

本研究利用文獻搜集統整分析國內外食用鱗翅目昆蟲在營養成分、健康效益、安全風險、經濟效益、飼養及加工技術、消費者接受度及法規等面向，發現目前食用的種類均富含蛋白質及脂質，但只有蠶蛹接近 FAO 的建議值，且多個種類還未進行營養成分分析，還需考量養殖技術的開發才能找到適合的種類。另若能開發統一的標準作業流程，可提升產品品質、食品安全及製作效率，後續也能供法規訂定時參考。而國內消費者對於食用昆蟲最可接受的處理方式，以製成動物飼料或寵物飼料最高，且鱗翅目昆蟲非屬最被喜歡及厭惡的類群，適合用來做為材料。

關鍵字: Animal protein sources, Edible Lepidoptera, Edible insect

前言

因應人口持續成長預測及開發中國家蛋白質攝取量提升，估計至 2050 年蛋白質產量需增加 75%，才可供應人類需求 (Rahman, 2016)。但常見之動物性蛋白質，通常為畜牧業畜養的雞、豬及牛，會在飼養過程中產生溫室氣體如甲烷，造成較其他農業行為高的碳排放量；且興建畜牧場需與自然生態或其他農業競爭土地資源。另一方面，現行的畜產及養殖動物飼料蛋白質來源以大豆、玉米及魚粉為主，前兩者同時為人類糧食，並且因全球氣候變遷及烏俄戰爭影響導致產量下降、成本提升，後者則因海洋資源耗竭，成本逐年上升，故發展其他更為永續的替代來源已勢在必行。目前關於蛋白替代來源的種類，包含植物性的藻類、微藻類、植物肉及動物性的人造肉、食用昆蟲。

食用昆蟲具有營養成分豐富、生長週期短、土地及水資源需求低及排碳少等優點，在各大洲均有食用人口，估計約有 2,100 種不同物種 (van Huis, 2022)，以黑水虻 (*Hermetia illucens*)、麵包蟲 (*Tenebrio molitor*) 及蟋蟀的研究與應用最多。而食用鱗翅目昆蟲在所有食用昆蟲種類中數量排名第二，以亞洲、非洲及南美洲的相關紀錄較多，於歐洲與北美的應用較少。相較於黑水虻及麵包蟲已被開發成食材原料、寵物飼料及養殖飼料等產品，鱗翅目昆蟲所受到的關注度較低，但其豐富的種類可供做為下一梯次食用昆蟲的開發標的，以增加食用昆蟲產品的





多元性。但也由於研究種類眾多並分散，對於不同物種個別研究的力度較低，故大多需要更多的研究佐證及技術研發，方有機會形成產品進入消費市場。

本研究的目的為利用文獻搜集方式，統整分析國內外食用鱗翅目昆蟲在營養成分、健康效益、安全風險、經濟效益、飼養及加工技術、消費者接受度及法規等面向之優劣勢，以做為後續研究進行方向之參考資訊。

鱗翅目食用昆蟲種類

全球各大洲約有 24 個科，總共約 350 種可食用鱗翅目物種，其中單獨屬於某大陸特有的情況較多，僅有少數物種會分佈在不同洲別，如白薯天蛾 (*Agrius convolvuli*)、紅鈴蟲 (*Pectinophora gossypiella*) 及亞洲玉米螟 (*Ostinia furnacalis*) 等同時發生於亞洲和非洲。非洲國家食用鱗翅目昆蟲的數量是最多的，共有 35 個國家記錄了 18 個科、139 種食用鱗翅目昆蟲。前三大科別分別是天蠶蛾科 (*Saturniidae*) 占 49%、舟蛾科 (*Notodontidae*) 占 12%及天蛾科 (*Sphingidae*) 占 8%。亞洲最多為中國，共記錄了 68 種可食用鱗翅目種類 (另有學者統計中國有 122 個種的紀錄，其計算種類尚包含國內少數民族食用種類及蟲草) (Feng et al., 2018)，其次是日本記錄了 19 種。北美的紀錄全來自墨西哥共有 16 科 78 種食用鱗翅目物種，南美洲的記錄來自 5 個國家 12 個科約 23 種，其中夜蛾科是食用最多的物種。在大洋洲地區，記錄了 3 個國家 6 個科的 19 種食用鱗翅目昆蟲。在歐洲發現的唯一記錄來自義大利，有來自 2 個科的 2 種可食用鱗翅目昆蟲(Siddiqui et al., 2023)。臺灣可食用鱗翅目昆蟲種類，至衛生福利部食品藥物管理署食品原料整合查詢平臺查詢，僅家蠶 (*Bombyx mori*) 為我國核准可食昆蟲種類，食用部位為蛹。

比對 Siddiqui 等人(2024) 綜整之食用鱗翅目昆蟲名錄，可發現國內常見之鱗翅目害蟲種類如甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua*)、秋行軍蟲 (*Spodoptera frugiperda*)、番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera*)、玉米穗蟲 (*Helicoverpa zea*)、球莖夜蛾 (*Agrotis ypsilon*)、紋白蝶 (*Pieris rapae*) 及大蠟蛾 (*Galleria mellonella*)等也在名單之中，顯示此類昆蟲因其繁殖迅速、數量眾多及一年多世代等特性，雖對農作物造成嚴重危害，但也因此在某些國家成為額外的蛋白質補充來源，使得當地農友常陷於害蟲防治與昆蟲收穫之兩難抉擇。

營養成分

營養成分是評估食用昆蟲是否可做為動物性蛋白替代來源最基本的項目，例如蛋白質可提供熱量，並建構、維持及修補組織；脂質可儲存熱量、維持體溫及保護器官；礦物質及維生素則與調節代謝與生理機能有關。食用昆蟲富含蛋白質、脂質、礦物質及維生素等營養元素，且各營養元素比例均衡，符合人類營養需求。雖然昆蟲營養占比常常會受到環境、食物、生命階段 (如幼蟲期與蛹期的營養占比即有差異)，乃至測量計算方式的不同而有差異，但與肉類產品做比較，還是常含有高於或同等於其的成分，如在蛋白質及胺基酸組成方面，學者分析近百種已



1130396



知的食用昆蟲，多數食用昆蟲種類的蛋白質含量高於植物，胺基酸比例接近世界衛生組織 (WHO) 與聯合國農糧組織 (FAO) 建議的食物胺基酸組成模式 (Xiaoming et al., 2010)。食用昆蟲的必需胺基酸含量很高，尤其是賴氨酸、蛋氨酸和色氨酸，而這些氨基酸在植物性飲食中往往受到限制 (Köhler et al., 2019)。脂肪是昆蟲體內僅次於蛋白質的第二大常量營養素，食用昆蟲的平均比例為飽和脂肪酸 (SFA) 與不飽和脂肪酸 (UFA) 的比值為 0.43-0.79，顯示不飽和脂肪酸的豐度。昆蟲也是許多礦物質的豐富來源，大多數昆蟲的磷含量都很高，如每 100g *Zonocerus variegatus* (一種蝗蟲) 中的含量高達 21,800 mg，只需食用 30g 即可達到成人每日建議膳食攝取量。某些半翅目和直翅目昆蟲，如蚱蜢、蟋蟀和蝗蟲，含有較高的鎂含量 (每 100g 最多 1,910 mg) (Rumpold & Schluter, 2013)。昆蟲的鐵、鋅、鈣含量也較牛肉、豬肉及雞肉高，可成為某些發展中國家民眾因缺乏微量元素而導致營養不均衡 (慢性飢餓) 問題的解方 (Gibson, 2015)。昆蟲中除幾種鱗翅目種類外，鈉含量普遍較低，因此可以用作對鈉較為敏感群眾的飲食成分 (Rumpold & Schluter, 2013)。

另外昆蟲因具有外骨骼而富含幾丁質 (約為乾重的 10%)，可被提煉為幾丁聚醣，亦是後續昆蟲養殖產業成形後，可收集利用的材料。幾丁聚醣是一種無毒的天然聚合物，市面上產品來源主要為節肢動物如蝦、蟹的外殼，已廣泛應用於食品、生醫及工業領域。其對腸道微生物群具有益生元作用，刺激有益菌的生長並抑制有害菌，還可調節免疫系統、促進傷口癒合、降低膽固醇及調節血糖，在農業上則可應用於增強作物的抗病能力 (Selenius et al., 2018)。幾丁質含量會因昆蟲種類、生長環境及生命階段而異，如黑水虻及家蠶 (*Musca domestica*) 約占 10-20%，麵包蟲約占 16-17%，家蠶約占 3-20% (Rehman et al., 2023)。

學者評估 7 種食用昆蟲 (鱗翅目昆蟲有家蠶、莫潘蠕蟲 *Gonimbrasia belina* 和螟蛾科 *Pyrallidae*) 與 10 種常見畜禽肉類之營養成分，也計算了致動脈粥狀硬化指數、血栓形成指數、低膽固醇及高膽固醇比率和營養品質指數，結果顯示兩者皆富含可供人體正常生長及發育的營養 (Orkusz, 2021)。

另也有人比較 40 種在非洲及亞洲最常被食用的鱗翅目昆蟲種類，其中豆天蛾 (*Clanis bilineata*) 蛋白質含量最高 (92.5%)、蝙蝠蛾 (*Phasus triangularis*) 脂肪含量最高 (77%)、*Latebraria amphipyrioides* (一種裳蛾科昆蟲) 粗纖維含量最高 (29%)、斑點帝蛾 (*Gynanisa maja*) 鈣及鎂含量最高 (1664 mg/100 g 及 1000 mg/100 g)。但大部分的種類在維生素含量上都不符合世界衛生組織建議及聯合國農糧組織的每日最低攝取量 (Siddiqui et al., 2023)。

而蠶幼蟲和蛹中含有約 60-70%的蛋白質、10-20%的脂肪、2-5%的碳水化合物以及鈣、鐵、鋅、鎂等多種礦物質，並含有大量的必需胺基酸，即甲硫胺酸、纈胺酸和苯丙胺酸，且達到世界衛生組織建議及聯合國農糧組織的建議。在許多替代蛋白質來源中，蠶蛹蛋白質在以合理的成本加工後被認為是家禽的重要飲食蛋白質來源，餵食脫脂蠶蛹的母雞可提高產蛋能力，而用作鯉魚和魚類的飼料可獲得更高的產量，亦使兔子增重並促進皮毛生長良好 (Velayudhan et al., 2008)。





本研究為評估常見夜蛾科昆蟲幼蟲之營養成分是否有機會替代動物性白質，選用黑水虻、麵包蟲、斜紋夜蛾、甜菜夜蛾及秋行軍蟲的末齡幼蟲進行 18 種胺基酸分析比較。其中除麵包蟲以麥麩餵食外，其餘種類皆以斜紋夜蛾人工飼料餵養。依檢測報告所示 (表一)，各種胺基酸含量多寡依序大略為麵包蟲、黑水虻、秋行軍蟲、甜菜夜蛾、斜紋夜蛾，惟檢測時係以未烘乾蟲體進行，並未進行蛋白質及水分含量等其他測試，故無法與現行文獻使用每克蛋白質含量或每克乾重含量進行比較，不確定與現行常見種類或 WHO/FAO 訂定標準之差異。

若以前人研究鱗翅目昆蟲、麵包蟲及家蠅的胺基酸成分進行比較 (附錄一)，可發現鱗翅目昆蟲不同種類間差異度大，如家蠶、大蠟蛾於各項必需胺基酸含量均有樣本符合建議攝取量，但非洲蠶 (*Anaphe venata*)則多項必需胺基酸含量不足。而同一種昆蟲種類會因樣本狀況、檢測方法及計算方法不同，而測出不同含量的胺基酸，如家蠶、麵包蟲及家蠅。





表一、五種測試昆蟲幼蟲之胺基酸含量

Test sample (g/100g wet materials)	His	Ile	Leu	Lys	Met	Cys	Phe	Tyr	Thr	Trp	Val	Arg	Ser	Pro	Ala	Gly	Glu A
<i>Tenebrio molitor</i>	0.31	0.89	1.49	0.92	0.12	0.16	0.71	0.52	0.47	0.13	1.86	0.88	0.69	1.06	1.71	1.03	2.50
<i>Hermetia illucens</i>	0.13	0.45	0.74	0.63	0.14	0.12	0.43	0.22	0.31	0.09	1.13	0.48	0.41	0.62	0.92	0.57	1.30
<i>Spodoptera frugiperda</i>	0.13	0.34	0.58	0.63	0.10	0.13	0.43	0.17	0.29	0.05	0.73	0.40	0.41	0.52	0.80	0.58	1.33
<i>Spodoptera exigua</i>	0.12	0.24	0.50	0.59	0.11	0.12	0.39	0.16	0.23	0.04	0.57	0.38	0.37	0.41	0.54	0.40	1.17
<i>Spodoptera litura</i>	0.10	0.21	0.39	0.51	0.08	0.10	0.32	0.13	0.20	0.03	0.52	0.28	0.31	0.32	0.57	0.37	1.02

His, histidine; Ile, Isoleucine; Leu, leucine; Lys, lysine; Met, methionine; Cys, cysteine; Phe, phenylalanine; Tyr, tyrosine; Thr, threonine; Trp, tryptophan; Val, valine; Arg, arginine; Ser, serine; Pro, proline; Ala, alanine; Gly, glycine; Glu A, glutamic acid





藉由網路蒐尋資料發現，目前市面上的鱗翅目昆蟲產品以蠶蛹為主，產品形式有乾燥蠶蛹、顆粒飼料、罐頭、凍乾及餅乾，用途為人類食用、寵物用（犬貓及特寵）及飼料用（錦鯉），皆為即食產品（產品圖片如圖一）。

		
a. 人類食用餅乾	b. 人類食用罐頭	c. 人類食用蠶蛹乾
		
d. 貓罐頭	e. 貓罐頭	f. 貓凍乾
		
g. 特寵用蠶蛹乾	h. 特寵用蠶蛹乾	i. 特寵用蠶蛹乾
		
		j. 錦鯉飼料

圖一、市售鱗翅目昆蟲產品（皆為蠶蛹製品）

*圖片出處：

a. <https://shopee.tw/%E7%8F%BE%E8%B2%A8%E6%9C%80%E5%BE%8C%E4%B8%80%E5%8C%85%E6%B3%B0%E5%9C%8BHiSo%E6%95%B4%E4%BA%BA%E5%B0%88%E7%94%A8%E8%9F%B2%E8%9F%B2%E9%A4%85%E4%B9%BE%E7%82%B8%E8%9F%8B%E8%9F%80%E7%82%B8%E8%9F%B2%E8%9F%B2%E7%82%B8%E8%9F%B2%E8%9B%B9%E8%B6%85%E7%89%B9%E5%88%A5%E9%9B%B6%E9%A3%9F15g%E9%A6%99%E9%85%A5%E7%82%B8%E8%9F%8B%E8%9F%80%E9%A6%99%E9%85%A5%E8%9F%B2%E8%9B%B9-%E8%A0%B6%E8%9B%B9-i.11072679.1991640937>

b. https://tw.bid.yahoo.com/item/100465496495?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2x1LnNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAI6NLklUni7zG1pCM9W2rJNrSK4MOREvXBC2GFXNYxCg187qTTnIGWU8VAJLYuf9W1hoM8W9_oslRZ6N2TJIMgy6HEN4LoyQSH2_PE83ulo10MNZ1K3IH2h4bNWswHC8Seyog832wVUGaUmnhzHvfllopeWRUEXRQU9dtC7yzRdk

c. <https://shopee.tw/Crazy4Thai-%E6%B3%B0%E5%9C%8B-THAILAND-UNIQUE-%E8%9F%B2%E8%9B%B9-%E8%A0%B6%E8%9B%B9-%E8%9F%AC%E8%9B%B9->



1130396



%E8%99%8E%E9%A0%AD%E8%9C%82%E8%9B%B9%E5%8D%B3%E9%A3%9F%E5%8C%85-%E9%A3%9F%E7%94%A8%E6%98%86%E8%9F%B2-i.169615206.9421985035
d.<https://www.jjpets.com.tw/products/%E3%80%90PURRFAC%E6%B3%A2%E8%8F%B2%E7%89%B9%E3%80%91%E5%B9%B2%E8%B2%9D%E8%A0%B6%E8%9B%B9%E8%B2%93%E7%94%A8%E4%B8%BB%E9%A3%9F%E7%BD%9080g65d5b4bf3e012054.html>
e. <https://www.munchee.com.tw/products/eco-wild-recipe-mix-2>
f. <https://www.munchee.com.tw/products/snowpop-3mix>
g.<https://shopee.tw/PetBest%E5%B0%8F%E5%8B%95%E7%89%A9%E3%80%90%E9%B9%BE%E7%87%A5%E8%9F%B2%E8%9B%B9%E3%80%9165g%E9%AB%98%E8%9B%8B%E7%99%BD%E8%A0%B6%E8%9B%B9%E8%A0%B6%E8%9B%B9%E4%B9%BE%E9%A3%9F%E8%9F%B2%E5%8B%95%E7%89%A9%E5%88%BA%E8%9D%9F%E5%80%89%E9%BC%A0%E8%9C%9C%E8%A2%8B%E9%BC%AF%E5%AF%B5%E7%89%A9%E9%BC%A0%E9%BB%9E%E5%BF%83%E4%BA%AC%E4%BA%AC%E6%B0%B4%E6%97%8F-i.92261664.19173677444>
h. <https://smallmoleculelab.cyberbiz.co/products/91245801>
i.<https://planetpetgo.com/product/pv-high-calcium-gold-protein-mulberry-pupa-40g/>
j.<https://www.hikaritw.com/%E9%8C%A6%E9%AF%89%E8%A0%B6%E8%9B%B9%E9%A3%BC%E6%96%99>

依照劉俊邦 (2021) 整理市售昆蟲產品種類繁多，包含烘焙食品如麵包、蛋捲、餅乾等；調理食材如加入蟲粉的義大利麵條、蟋蟀粉、蟲肉丸、漢堡昆蟲肉及昆蟲罐頭；酒水飲料類如啤酒、蒸餾酒；休閒零食類如脆片、蟲乾、糖果、機能能量棒；菜餚類如中餐、拉麵及西餐；調味品類如調味料、沙拉醬及醬油等。但以網路搜尋國內產品，除了蠶蛹產品外，以黑水虻犬貓乾糧及罐頭居多(部分國外進口產品會標示原料比例)，曾經販售的蟋蟀餅乾因不符國內法規已經下架，似乎符合法規的螞蟥蛋捲則僅有前幾年小量報導消息，無法找到商品或訂購資訊。故原欲依照產品營養成分、類型、價錢、昆蟲種類、原料來源等進行相關比較，但目前國內可尋得資訊顯示昆蟲種類及產品類型單一或僅有一個品牌，產品市場尚未打開。亦觀察到曾有國外寵物飼料產品於寵物社群投放產品資訊，但訪客留言稀少，反應冷淡。

健康效益

食用昆蟲除了具有豐富的營養價值外，對於其他有益於人類健康的潛在功效，亦時有相關研究發表。例如 Siddiqui 等 (2023) 指出昆蟲蛋白質可作為營養食品成分，在功能性食品和膳食補充劑中加入，設計治療特定的健康狀況，例如肥胖、糖尿病和心血管疾病。昆蟲蛋白質還有治療肥胖的潛力，因食用昆蟲可顯著增加





食物飽足感，幫助體重管理 (Skotnicka et al., 2021)。

而食用昆蟲含有的生物活性化合物，可抗氧化、抗高血壓、抗發炎、抗菌和免疫調節，對人類健康有正面影響 (Giampieri et al., 2022)。鱗翅目昆蟲體內亦具有多個種類含有酚類化合物、黃酮類化合物及抗菌肽等，如家蠶胜肽應用於老鼠脾細胞體外試驗可誘發免疫反應 (Li et al., 2020)；豆天蛾的胜肽可促進大鼠的骨礦物質密度和鈣含量的提升 (Gao et al., 2021)。

在實際應用經驗上，家蠶的幼蟲和蛹在印度被用於治療氣喘、支氣管炎、咳嗽、結核病、糖尿病、高血壓、關節炎、風濕病、皮膚病、傷口和潰瘍(Choudhury et al., 2024)。

安全風險

食用昆蟲的安全風險源可能來自於野外採集蟲體受化學藥劑噴灑、蟲體內有來自於食物或飼料的重金屬累積、採收至餐桌期間的微生物污染、可能的過敏原反應及抗營養素的存在等。

食用昆蟲會累積各種毒素或殺蟲劑，對人類健康產生不利影響 (De Marchi et al., 2021)。為避免化學藥劑對蟲體的污染，應僅量避免由野外採集蟲體，尤其像國內農藥使用頻繁，建議都採用人工養殖方式來獲得蟲體，且養殖地點需謹慎評估，遠離農業密集區域。

重金屬是無機元素，存在於食用昆蟲生活或進食的土壤、水或空氣中。它們會對人類造成神經毒性、腎毒性、肝毒性和致癌性 (Aguilar-Toalá et al., 2022)。食用昆蟲體內重金屬的累積取決於多種因素因素，包括昆蟲種類、生長階段和飼料基質 (Schrögel & Wätjen, 2019)。而許多昆蟲種類已進化出金屬耐受或解毒機制 (Janssens et al., 2009)。而有些物種在糞便中排出金屬，減少對金屬的吸收及食物鏈轉移。非洲已有研究證實在越接近礦區的地方，越容易藉由土壤-植物-食用昆蟲-人類食物鏈讓重金屬累積 (Mwelwa et al., 2023)，故養殖食用昆蟲的地點、環境及食物來源均需要加以注意。

食用昆蟲可能被各種微生物污染，例如細菌、病毒、真菌和寄生蟲，可能導致人類食源性疾病。在食用昆蟲中檢測到的一些常見病原體包括沙門氏菌、大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、蠟樣芽孢桿菌、肉毒桿菌、單核細胞增生李斯特菌、空腸彎曲菌、霍亂弧菌、甲型肝炎病毒、諾羅病毒、黃麴菌、煙麴菌和豬帶條蟲。污染源可以來自環境、飼料、處理、加工或與其他食品的交叉污染。食源性疾病的症狀從輕微到嚴重不等，如腹瀉、嘔吐、發燒、腹痛、脫水、頭痛、肌肉疼痛甚至死亡 (De Marchi et al., 2021)。

昆蟲就像許多含蛋白質的食物 (牛奶、貝類和大豆) 可能會引起敏感個體的過敏反應 (Reese et al., 1999)，包括皮疹、噁心、腹瀉和濕疹等。在食用昆蟲中發現的一些常見過敏原是原肌球蛋白、精氨酸激酶和肌漿鈣結合蛋白。原肌球蛋白是一種纖維蛋白，也存在於甲殼類和節肢動物，可能會導致對貝類或塵蟎過敏的消費者產生交叉反應 (Aguilar-Toalá et al., 2022)。





有相關報導可引起過敏症狀的昆蟲種類有蝗蟲、蚱蜢、蠶蛹、蝙蝠蛾科 (*Hepialidae*)、莫潘蠕蟲、麵包蟲、十七年蟬 (*Magicicada septendecim*、*Magicicada cassini* 和 *Magicicada septendecula*)、蜂蛹、蜜蜂幼蟲、豆天蛾和椰子大象鼻蟲 (*Rhynchophorus ferrugineus*) (Ribeiro et al., 2018)。1980 年至 2007 年間，昆蟲是中國僅次於甲魚、螃蟹和鳳梨的第四常見過敏源，曾引起過敏性休克症狀的有蝗蟲 (27 例)、蚱蜢 (27 例)、蠶蛹 (5 例)、蟬 (1 例)、蜂蛹 (一箱)、蜂幼蟲 (一箱) 和豆天蛾 (1 例)，無死亡病例 (Ji et al., 2009)。非洲蠶 (*Anaphe venata*) 的蛹含有硫酸胺酶，可導致硫酸胺缺乏。在奈及利亞，每年都會引發季節性運動失調症候群 (Nishimune et al., 2000)。

用化學物質或酵素水解食用昆蟲，可以將其蛋白質分解為胜肽和胺基酸，從而降低其過敏性並提高其生物利用度 (De Marchi et al., 2021)，如加熱、酶解和酸鹼處理可以顯著降低蠶蛹蛋白萃取物的致敏性 (He et al., 2021)。

昆蟲飼養

食用昆蟲的取得可分為於田間或自然環境中採集、人工種植作物吸引昆蟲前來取食及人工大量飼養。如非洲有多種鱗翅目昆蟲即是由農村之老人、婦女或小孩至寄主植物生態區中進行採集，自行處理後食用或送至集市處販售，藉以補充動物性蛋白質或賺取補貼。但也由於具有經濟價值，且消費需求日增，使得自然環境中存在的數量供不應求，轉而開始嘗試簡單的室內養殖型式，但最終仍需發展出技術更優良的養殖方式。

依飼養數量的多寡，可將飼養規模分為實驗室飼養、小規模飼養及工業量產，各規模差異比較整理如附錄二。目前除麵包蟲及黑水虻已有多家國外大廠進行工業量產，其餘食用昆蟲種類皆為實驗室飼養至小規模飼養中。但由於工業量產所使用之生產技術及生產設備多為商業機密或已申請專利保護，而不常見於文獻資料。但觀察廠商網站及宣傳影片等資料，可發現已導入電腦視別、深度學習等科技於生產過程。另亦有廠商只進行生產設備販售，如 Flybox 開發模組化設備，可依飼養者需求規劃所需設備及監控軟體，並可協助尋找前端飼料來源及後端加工或銷售業者，還可諮詢不同地區昆蟲飼養相關法規。

在亞洲地區，鱗翅目昆蟲中以家蠶因可吐絲供做紡織品原料而自古就被大量飼養，日本、中國、泰國及臺灣等，都有行之有年的飼養方式，並為了能夠降低寄主植物桑樹的產期，及配合進行其他生技試驗而發展人工飼料。

其他會進行小量飼養的鱗翅目昆蟲種類，則大都是因其為重要之農業害蟲，需在實驗室中進行生物特性、藥劑試驗及生物防治資材測試而發展，如小菜蛾、紋白蝶及多種夜蛾科昆蟲。

也有某些種類開始有大量飼養的研究，如劉千華 (2013) 為獲得大量幼蟲進行核多角體病毒生產，調整斜紋夜蛾飼料配方以降低人工飼料成本，並以自動化系統為理念，開發幼蟲飼養容器與並建立自動化大量飼養系統，成蟲則開發化蛹器及仿葉式產卵器，以改良種源庫的處理方式。秋行軍蟲造成墨西哥低程度管理





玉米 (基改玉米) 的經濟損失高達 70%，為飼養其自然天敵漿黑卵蜂 (*Telenomus remus*) 來進行商業販售，需開發低成本的人工飼料來大規模飼養秋行軍蟲。新開發的飼料價格低廉，若僅考慮原物料，生產一隻幼蟲的成本為 0.032 美元，故儘管使用這個配方餵食較使用玉米葉的蟲體發育情形較差，但仍然被視為一個可行的選擇 (González-Cabrera et al., 2024)。

由於目前發展大量飼養飼料及技術的目的，以利用所生產出的蟲體做為核多角體病毒、真菌、線蟲及寄生蜂的寄主或替代寄主居多，所以對於降低價格成本的目標常會高於維持蟲體營養。但昆蟲自身的營養成分受到所取食的食物營養影響非常大，在食用昆蟲大量養殖技術的發展來說，兩個目標的重要性相當，故現行已有的技術可能都需要試驗修正後，再確認對昆蟲各階段發育情形及營養成分的影響後才可使用。而自動化飼養的系統則尚未有實體開發案例。

中國近年來積極發展昆蟲養殖與作物生產期程整併之運作模式，如江蘇黃淮地區於農年設施內進行之西瓜-豆天蛾-結球甘藍模式，於 12 月 15 日前後進行早熟種西瓜育苗，隔年 2 月初定植，5 月下旬至 6 月初採收。大豆選用營養生長期較長的品種，接續於 6 月上旬直播，7 月上旬接種豆天蛾卵，8 月下旬收穫豆天蛾成蟲。8 月上旬選擇生育期 55-60 天的早熟結球甘藍品種進行育苗，9 月上中旬定植，11 月下旬採收 (張等，2023)。利用如前述的合併生產模式，其生產規模約達小規模量產模式，並同時具有提高生產收益、改善連作栽培障礙及降低農藥與肥料使用量等效益。

加工技術

傳統食用昆蟲利用的方式有 3 種，分別是整隻昆蟲、昆蟲顆粒或糊狀物及各項成分分離產品(如萃取出蛋白質、脂質、甲殼素等產物)。而常見的加工處理流程可大致分為加熱、乾燥及成分萃取 3 個步驟。加熱的目的在於避免蟲體內的酵素繼續作用並殺滅大部分可能的有害病原微生物，於相關文獻中可以發現並無統一的處理方式，在使用的水量、水溫、浸入時間等皆有差異，但此過程對於蟲體的色澤、表面材質、微生物數量及營養物質流失等皆有影響。乾燥的目的則是將物體內的水分去除，降低微生物可生長利用的機會，以達到延長保存期限的功能，前人研究所使用的方法亦非常多樣，如日光乾燥、熱風乾燥、油炸乾燥、煙燻乾燥、冷凍乾燥及微波乾燥等，各種方法內的條件亦繁多並各有優缺點。萃取蛋白質常用的方法為去除脂肪法、水萃法、酒精萃法等。另更加適當的保存條件及運送包裝等亦需要更進一步的研究 (Melgar-Lalanne et al., 2019)。

亦有新興技術開始被應用，如為了避免熱處理對昆蟲營養造成的負面影響，發展出透過高靜水壓技術 (high-pressure hydrostatic technology, HPP) 和冷常壓電漿 (cold atmospheric pressure plasma, CAPP) 處理，可達到殺菌效果確保食品安全，但也還保留營養和感官特性 (van Huis & Tomberlin, 2017)。而為提高消費者的接受度，昆蟲食品可能需要以蛋白質或脂質萃取物的方式，加入其他材料來發展複合型產品，如麵包、能量棒，若以超臨界二氧化碳和超音波輔助技術則可



1130396



以提高蛋白質和脂質的萃取效率。

食用昆蟲加工技術的研究，主要以黑水虻、麵包蟲及蟋蟀等較多，關於鱗翅目食用昆蟲專門的加工技術還較少有相關文獻，還需要有研究者投入進行相關研究。韓國於 2010 年為加速食用昆蟲的應用及食品加工技術發展，幫助開展食用昆蟲市場而展開「昆蟲產業化專案」，食品藥品安全部並發布昆蟲食品製造標準化的指南，製造商在預計收成之前，要讓昆蟲禁食 1-2 天，至少冷藏 12 小時；再去除翅膀和腿，清洗 3 次，然後在水中靜置 5 分鐘，接著在流水下再放置 10 秒鐘，去除水份後，必須在 110 度殺菌 10 分鐘，隨後在 -40 度下冷凍乾燥至少 12 小時。如果最終產品為粉末狀，則在最後一步進行粉碎，粉末尺寸應在 100 目以下（資料來源為衛生福利部食品藥物管理署可食用昆蟲議題網頁）。鱗翅目食用昆蟲的幼蟲及蛹外型相似，應也可依此方式發展出製造標準化指南，供不同種類的鱗翅目昆蟲種類應用，且將處理程序模組化，後續在進行工廠作業時，也只需依蟲體大小或其他特殊事項調整參數，就可使用同一套設計甚至設備來做加工。

經濟效益

目前全球相關資訊較多的可食鱗翅目昆蟲為家蠶、豆天蛾及莫潘蠕蟲，其經濟與環境效益分別介紹如下：

家蠶是亞洲地區自古即大量飼養來產製絲織品之昆蟲，由於絲線原料來自其化蛹後包覆於蛹外之蠶繭，於抽成絲線後，蠶蛹常被拿來做為動物飼料或供人類食用，將原本應棄置的剩餘物做有效的應用，避免增加垃圾。2004 年僅蠶的生產就為泰國經濟創造了超過 5,000 萬美元的收入 (Sharma et al., 2022)。韓國約有 6,900 人從事養蠶產業，其中僅有 2,000 人為專職養蠶者，但每年有 7,000 萬美金的產值，包含蠶絲、蠶粉、食品、飼料、醫藥及蟲草原料 (Hong et al., 2010)。每年約有 1/5 產量 (2 噸) 的蠶蛹被做成蠶蛹罐頭 (韓國稱為 beondaegi, 約 0.9-1.3 美元 / 130-135 隻蠶蛹 / 0.75-1.1 克) 及供街邊販售 (Meyer-Rochow et al., 2018)。本場於 110 年 4 月 13 日公告「抗菌性蠶蛹生產及蠶蛹伴侶動物用罐頭調製技術」，內容包含抗菌性蠶蛹生產技術及抗菌性蠶蛹生產及蠶蛹伴侶動物用罐頭調製配方，經廠商技轉上市後亦展現良好的銷售情況。

豆天蛾幼蟲做為食用昆蟲最有名的例子是位於中國蘇州連雲港地區，由於其富含與肉品及雞蛋類相當的蛋白質含量，且口感類似雞蛋，故又被稱為「豆丹」或「豆蛋」，是當地非常有名的一道菜色。中國除西藏外每個省分皆有豆天蛾危害情，會造成大豆葉片穿孔，嚴重時會影響大豆結莢，降低大豆收成量。但豆天蛾幼蟲被做為美食亦在附近地區行之有年，故若觀察相關文獻寫作主題，會發現在 2000 年前之文獻以將其做為害蟲進行防治之論述為主，2000 年後即防治方式與開發為可利用昆蟲資源兩種主題共同出現，顯示其由有害生物逐漸轉變成有用資源之現況。目前豆天蛾幼蟲產量每年約為 3 萬噸，產值近 45 億元人民幣 (Qian et al., 2023)，江蘇省市場監督管理局並於 2019 年發布「豆丹人工養殖技術規程」供養殖農戶參考，以提升市場貨品品質，但目前產量尚不及預估需求。





將豆天蛾養殖與其他種類作物的生產期程整併，可協助改善生產環境。如張等 (2023) 發表於設施內進行西瓜、豆天蛾及結球甘藍輪種栽培管理模式，可減緩溫室西瓜土壤連作障礙，減少梅雨季節對生產的影響，平衡土壤養分及提高收益。每 667 平方公尺總收益為 2.5 萬元人民幣，扣除成本約 1.03 萬人民幣，淨利潤約為 1.47 萬元人民幣，產出與投入比例約為 243%，推廣面積已達 47.2 公頃。另孫等 (2023) 指出連雲港市於 2019 年引進大球蓋菇 (*Stropharia rugosoannulata*) 試種成功，於 2020 年串接豆天蛾養殖成功，發展出大球蓋菇及豆天蛾綜合種養技術，可調整優化種植業結構及減少化學肥料與農藥的投入。2022 年全市種植面積為 841.6 公頃，每 667 平方公尺淨收益為 3.76-7.44 萬元人民幣。

莫潘蠕蟲是天蠶蛾科幼蟲，為辛巴威、納米比亞及波札那等位於非洲南部國家重要的可食昆蟲，幼蟲以南非洲本土樹種莫潘樹 (*Colophospermum mopane*) 樹葉為食，該地區民眾以手採集後販售，可燉煮或烘烤後食用。每年的交易量為 16,000 噸，為非洲南部創造了 3,900-5,900 萬美元的收入 (Baiyegunhi et al., 2016)，而南非 Limpopo 省 Thohoyandou 鎮的莫潘蠕蟲賣家平均每年可賺取約 1,393 美元 (Hlongwane et al., 2021)。莫潘蠕蟲做為食物來源有碳足跡相對較小、採集資源耗用較少的益處，還可以幫助減少糧食短缺，提高農村社區收入。

消費者接受度

消費者接受度是推廣食用昆蟲所要面臨的重大挑戰之一，許多作者回顧了不同國家和地區消費者對昆蟲產品的偏好和支付意願，發現消費者對昆蟲的接受程度有很大差異，取決於熟悉程度、感知益處、感官屬性、社會規範、道德問題和價格等因素 (Madau et al., 2020)，如恐新症及厭惡感是總被提出做為影響消費者意願的主要原因。另依照消費者所在區域是否原本即存在食蟲文化，會反應在有關消費者意願調查的結果中，有食蟲文化的區域如中國或非洲，其意願會顯著高於西方國家如義大利。西方國家其實也有相關的食蟲紀錄，只是隨著時代演進，西方國家開始以昆蟲多為危害作物及人類的存在，而賦予其可怕、骯髒及不衛生等形象，且都市化程度加大，周邊可供昆蟲聚集產生具有經濟效益的機會降低，人們也不再用其做為補充糧食，使得食蟲行為日漸式微。有些調查結果可看出不同年齡性別趨勢；有些是完全相反的結果，或者沒有差異。但大部分的問卷均是投放到網路社群進行填答，填答者可能會有不均勻的情形，而產生不同的結果。另外有研究者建議幼兒才是日後有可能以食用昆蟲做為食物的對象，應自現在開始對其建立相關的食用觀念。

對於食用昆蟲的食品型式，則大部分均有共識，消費者普遍喜好經過深度加工的產品，如昆蟲麵粉製作成的餅、麵包及雜糧棒，勝過整隻昆蟲的產品，故後續開發出具吸引力且不含整隻昆蟲的產品，應是加工技術研發的必然方向，而開發出的產品變多後，亦有機會增加消費者的購買意願。

國內對於食用昆蟲的應用意願亦有相關的研究，如吳幸珊 (2023) 探討臺中





市高中生對於食用昆蟲的態度，共計 656 位學生調查結果顯示，高中生對於食用昆蟲除了擔心衛生問題外，並無其他負面想法。能了解食用昆蟲的優點，但無法料理及購買。另不論以何種方式呈現食品，食用意願皆很低。建議加強學生對食用昆蟲的認識以降低負面情感，並多讓其接受昆蟲食品，如營養午餐或試吃活動。劉俊邦 (2021) 採用創新擴散理論來探討影響 20 歲以上消費者對食用昆蟲產品的態度及購買意願之因子，研究結果顯示創新屬性、溝通管道與社會系統具有推力，知覺風險為阻力。即若適時展示食用昆蟲的相對優勢如現行寵物食品常使用高營養、低碳排及低過敏用語，加強與現有食品的相容性如泰國發展零食類產品，讓食用變得容易如發展食譜，提供試食機會如活動現場試吃，觀察食用案例如拍攝寵物食用體驗影片，藉由大眾媒體或人際交流傳播及意見領袖的影響為具有效果的推廣行為，而消費者對於昆蟲食品會有心理層面上的風險，所以減少產品以昆蟲形體出現及增加確保安全的措施才能降低推動阻力。

本研究為瞭解消費者對鱗翅目食用昆蟲之態度，並考量國內消費者對食用昆蟲多屬未曾接觸或認識不足，且缺乏對不同類別昆蟲之辨識能力，單獨就鱗翅目昆蟲進行問項設計，會導致填答者可能以憑空想像之方式回覆，缺乏實際意義。故利用知識圖卡搭配相關問項方式，一面進行食用昆蟲知識之推廣，一面搜集相關之資訊，共計有知識圖卡 10 張及問項 10 題 (如附錄三)。問卷以 google 表單方式進行網路發放，邀請填答對象為農業試驗所、種苗繁殖場、各區農業改良場參加過食農教育相關課程的學員，共計回收問卷 226 份。受訪者以女性占 61.9% 較多；年齡以 51-60 歲占 35% 最多；教育程度以研究所及以上占 43.4% 最多；職業以軍公教人員及農林漁牧業占比較高，分別為 28.3 及 27.9%；沒有養寵物的人數占 55.8% 較多；最喜歡的食用昆蟲種類以蟋蟀、蝗蟲、蚱蜢占 41.2% 最多；最不喜歡的食用昆蟲種類以蒼蠅類占 55.3% 最多；居住地為本島各縣市及外島的金門與澎湖縣，以高雄市、屏東縣及苗栗縣人數最多，分別占 13.3、11.1 及 10.2% (表二)。

表二、問卷調查結果 (n=226)

題目	次數(人)	百分比(%)
性別		
女性	140	61.9
男性	86	38.1
年齡		
21-30 歲	6	2.7
31-40 歲	34	15
41-50 歲	59	26.1
51-60 歲	79	35
61 歲以上	48	21.2
教育程度		





國中及以下	2	0.9
高中(職)	29	12.8
大學(專)	97	42.9
研究所及以上	98	43.4
職業		
軍公教人員	64	28.3
農林漁牧業	63	27.9
服務業	29	12.8
自由業	23	10.2
無	14	6.2
家管	12	5.3
製造業	11	4.9
醫生、律師、會計師等專業人員	7	3.1
商業	2	0.9
學生	1	0.4
是否養寵物		
否	126	55.8
是	100	44.2
最喜歡的食用昆蟲種類		
蟋蟀、蝗蟲、蚱蜢	93	41.2
蜜蜂、螞蟻	81	35.8
毛蟲類	31	13.7
甲蟲類	16	7.1
蒼蠅類	5	2.2
最不喜歡的食用昆蟲種類		
蒼蠅類	125	55.3
毛蟲類	56	24.8
蟋蟀、蝗蟲、蚱蜢	16	7.1
蜜蜂、螞蟻	15	6.6
甲蟲類	14	6.2

而食用昆蟲的應用方式，則依序為可接受做為飼料給豬、雞、魚等吃>做為飼料給寵物吃>萃取有益成份做為保健品或化妝品>做為食物給人類吃>做為生質柴油燃料(表三)。另經由交叉比對發現，在 100 位有飼養寵物的飼主中，飼養的動物包含狗、貓、魚、兔子和其他種類，有 91%的飼主可接受食用昆蟲做為寵物飼料(表四)。

表三、食用昆蟲應用方式



1130396



項目	次數	百分比(%)	觀察值百分比(%)
做為飼料給豬、雞、魚等吃	200	23.5	88.5
做為飼料給寵物吃	195	22.9	86.3
萃取有益成份做為保健品或化妝品	169	19.8	74.8
做為食物給人類吃	154	18.1	68.1
做為生質柴油燃料	134	15.7	59.3
總計	852	100	377

表四、是否飼養寵物與可接受食用昆蟲做為寵物飼料之交叉分析表

			做為飼料給寵物吃		
			不接受	可接受	總計
是否養寵物	否	次數	22	104	126
		百分比	17.5%	82.5%	100.0%
	是	次數	9	91	100
		百分比	9.0%	91.0%	100.0%
總計		次數	31	195	226
		百分比	13.7%	86.3%	100.0%

分析受訪者受測前對昆蟲的害怕程度，發現約 75%以上的受測者本身對昆蟲不會有恐懼感，且利用成對樣本 T 檢定分析受訪者受測前後對昆蟲的恐懼感變化情形，可發現於接受食用昆蟲相關資訊後，對昆蟲的恐懼感有降低（表五及表六）。

表五、受訪者對昆蟲的害怕程度（1 表示完全不怕，10 表示極度害怕）

害怕程度	次數(人)	百分比(%)	累積百分比(%)
1	38	16.8	16.8
2	50	22.1	38.9
3	36	15.9	54.9
4	11	4.9	59.7
5	36	15.9	75.7
6	13	5.8	81.4
7	16	7.1	88.5
8	12	5.3	93.8
9	9	4.0	97.8
10	5	2.2	100.0
總計	226	100.0	



1130396



表六、瞭解食用昆蟲相關知識後對昆蟲害怕程度的改變 (n=226)

項目	平均數	標準差	平均差異	t 值
受測前	3.92	2.500	0.31	3.26**
受測後	3.61	2.564		

**P<0.01

本次問卷調查的受訪對象以高學歷的女性軍公教人員與農林漁牧從業人員居多，與歷年參與各場試所的食農教育學員基礎背景相當，該族群較為關注農食領域資訊且常為食農教育的推動者，若能使其對食用昆蟲更加瞭解，有機會可在後續的相關活動加以傳播，成為資訊的傳遞者，協助食用昆蟲的推廣。另也由於其接觸昆蟲的機會可能大於一般民眾，故本身對於昆蟲的恐懼感就沒有太高到足以使其產生抗拒心態，能夠以較開放的態度來接收食用昆蟲訊息。而受訪者對於食用昆蟲的應用，還是以做為人類食品以外的方式較能接受，本次調查以做為生質柴油燃料為最少的選項，可能是因為資訊圖卡未揭露食用昆蟲有些種類具有豐富的油脂有機會成為生質柴油燃料的原料，致使部分受訪者不瞭解本選項是否為實質可行，而影響作。但總結來，將食用昆蟲做為動物飼料還是較被接受的發展方向，而受訪者中的寵物飼主也顯示了相當高的接受度。另受訪者在受測前後對昆蟲害怕程度的改變，暗示或許相似的宣導方式可以除了可以提升民眾對食用昆蟲的瞭解，亦有機會降低其對昆蟲的恐懼感。

相關法規

缺乏完整的法律規範讓產業可依循，讓消費者可信賴，是目前食用昆蟲產業發展的一大問題。而食用昆蟲的生產、加工、銷售、消費等方面缺乏明確、一致的標準和法規，可能會對食品安全、品質和可追溯性以及智慧財產權保護、生物多樣性和道德問題帶來風險。且還需要協調不同國家和地區之間的法律架構和政策，並為昆蟲食品產業制定指導方針和最佳實踐 (Van Huis & Oonincx, 2017)。李等人 (2021) 蒐集國際相關法規資料提及，歐盟於 2015 年修正立法將昆蟲視為新穎食品，並於 2021 年通過麵包蟲幼蟲乾為歐盟第 1 件昆蟲食品，而供製成飼料用昆蟲蛋白質之種類共七種，但不包含鱗翅目昆蟲；加拿大將已在世界任一地有傳統食用紀錄的昆蟲不列為新穎食品，如家蠶、家蟋蟀、麵包蟲被列為非新穎食品，寵物食品已有販售，但作動物飼料需要上市前註冊授權；美國對新穎食品極少規範，動物飼料規範類同食品，但若作為食品添加劑應受上市前審查及 FDA 批准才能上市，除非屬於 GRAS (generally recognized as safe) 物質則免審查上市；墨西哥無新穎食品監督，飼料原料一般不需要註冊。

曾有學者指出食用鱗翅目昆蟲在非洲及亞洲國家並沒有相關的食品管理辦法 (Niassy et al., 2018; Raheem et al., 2019)，但其實中國、韓國、新加坡及臺灣於早期或近幾年都有正式或不正式的立法規定。如中國於 2014 年將蠶蛹列為食品，2016 年廣西壯族自治區製定了食用冷凍新鮮蠶蛹食品安全地方標準



1130396



(DBS45/030 – 2016)，這些標準規定了食用冷凍蠶蛹生產的衛生要求、加工、運輸和儲存以及食品標籤和檢查蠶蛹的方法 (李等，2021 年)。韓國積極發展昆蟲產業，於 2010 發布昆蟲產業培育和支持法案 (Act on Fosterage and Support of the Insect Industry)，食品醫藥品安全處 (Ministry of Food and Drug Safety, MFDS) 至 2021 年為止也已將日本稻蝗 (*Oxya japonica*)、蠶蛹、蠶幼蟲、麵包蟲幼蟲、黃斑黑蟋蟀 (*Gryllus bimaculatus*)、白點花金龜 (*Protaetia brevitarsis*) 幼蟲、獨角仙 (*Allomyrina dichotoma*) 幼蟲、大麥蟲 (*Zophobas atratus*) 幼蟲和西方蜜蜂 (*Apis mellifera*) 幼蟲及蝗蟲 (*Locusta migratoria*) 等 10 種昆蟲在韓國食品法典 (Korean Food Code) 中註冊為一般食品成分 (Ham et al., 2021)。新加坡食品局於 2024 年開放 16 種昆蟲為業者可進口、製造和出售以供人或牲畜食用，但需符合相關標準。如業者須證明進口的昆蟲是在嚴格的食物安全監管下養殖，並非野生採收，且昆蟲的養殖基質也不能含有病原體或有害污染物。其中的鱗翅目種類包含大蠟蛾幼蟲、小蠟蛾 (*Achroia grisella*) 幼蟲、蠶幼蟲及蠶蛹，是正式法規中開放最多鱗翅目種類的。

我國目前合法之食品及飼料用鱗翅目食用昆蟲種類僅蠶蛹，衛生福利部食品藥物管理署表示若相關養殖企業有意願發展其它可食用性昆蟲，並進行食品加工，產品製程等研發，必須先依循我國於 2018 年公告之非傳統性食品原料申請作業指引，提供相關資料，主管機關評估該原料是否屬非傳統性食品。若被歸類為傳統食品原料，則可用於食品加工。若不屬於傳統食品原料，則需要備齊安全性佐證資料，審核獲准後方能做為食品原料使用 (衛生福利部食品藥物管理署網站)。飼料部分則依農業部訂定之飼料管理法辦理。

目前還需要各界付出更多努力來製定和實施此類標準和指南，以確保整個價值鏈的食品安全、品質和可追溯性。不同國家和地區對食用昆蟲作為食品和飼料的監管和授權缺乏明確、一致的法律架構。利害關係人之間需要加強合作，協調和更新法律框架，以促進食用昆蟲的貿易和消費 (Choudhury .,2024)。

結論

鱗翅目可食昆蟲雖然在各地區都有食用紀錄且種類眾多，但大多只有特定地區食用的情形，在各方面均需投入更多研究才可選定開發標的。

就營養來說，目前食用的種類均富含蛋白質及脂質，只有蠶蛹接近 FAO 的建議值，但還有很多鱗翅目種類還未進行營養成分分析，需要有更多研究資料累積，才能找到適合投入開發的種類。另考量養殖技術亦是後續量產首先會遭遇的問題，本研究先針對國內已開發養殖技術的幾種夜蛾科昆蟲來做測試，期望可找到同時符合前兩項要求的種類。

另不同種鱗翅目幼蟲及蛹外型及體內構造相似，若能開發一套統一加工的標準作業流程，可利用來處理不同種類的昆蟲，對於產品品質、食品安全及製作效率均有所助益，後續也能供法規訂定時參考。

國內消費者對於食用昆蟲最可接受的處理方式，以製成動物飼料或寵物飼料





最高，且鱗翅目昆蟲非屬最被喜歡及厭惡的類群，適合用來做為材料。

而與現行已邁向工業化廠房發展之黑水虻及麵包蟲相比，鱗翅目昆蟲會因無法如前兩者可利用如豆渣及果皮等剩餘資源物飼養而降低其環境效益及可能產生較高的生產成本，且大規模飼養方法還需持續發展；但隨著食用昆蟲市場擴大會有多元化或特殊食材需求，且多種鱗翅目昆蟲已有人工飼料配方，可避免天候影響食料來源並藉由持續調整配方成分降低成本，而目前因做為天敵產業的寄主或替代寄主，也有大量飼養方法的研發投入。而法規與消費者接受度，目前還是全體食用昆蟲的挑戰，期望藉由現行第一代黑水虻及麵包蟲產品，增加消費者的熟悉度及曝光度，打開食用昆蟲市場，進而促進法規的調整。另法規調整常需提供營養成分、風險分析、安全測試等各式資料，若可預先準備就可即時因應。

參考文獻

- 李啟陽、石憲宗、姚美吉、王泰權及張淑貞。2021。昆蟲應用於食品與飼料之國外相關法規回顧。2021 昆蟲應用於動物飼料產業現況研討會。23-30 頁。
- 吳幸珊。2023。國高中生對食用昆蟲的態度及可能影響因素之探討-以臺中市區為例。國立中興大學昆蟲學系碩士論文。73 頁。
- 張朝陽、徐兵划、顧妍、黃大跃及孫玉東。2023。設施西瓜-豆丹-結球甘藍周年高效種養模式。中國蔬菜 (1): 129-130。
- 孫瀟瀟、胡曙鑒、蘇文英、張正球、韓善紅及李進。2023。連雲港地區大球蓋菇-豆丹綠色高效綜合種養技術。中國蔬菜 (9): 129-131。
- 劉千華。2013。斜紋夜蛾自動化大量飼養系統之建立。臺灣大學昆蟲學研究所碩士論文。102頁。
- 劉邦俊。2021。以創新擴散理論與知覺風險探討食用昆蟲產品購買意願之影響因素。銘傳大學觀光學院觀光事業系碩士在職專班碩士論文。102 頁。
- Aguilar-Toalá, J. E., Cruz-Monterrosa, R. G., & Liceaga, A. M. (2022). Beyond human nutrition of edible insects: health benefits and safety aspects. *Insects*, 13(11), 1007.
- Baiyegunhi, L., Oppong, B., & Senyolo, M. (2016). Socio-economic factors influencing mopane worm (*Imbrasia belina*) harvesting in Limpopo Province, South Africa. *Journal of forestry research*, 27, 443-452.
- Choudhury, S., Das, J. K., Borah, L., Medhi, K., Hazarika, A. K., & Naorem, A. S. (2024). Edible Insects: Nutritional, Medicinal and Allergenic Aspects. *Indian Journal of Entomology*, 1-7.
- De Marchi, L., Wangorsch, A., & Zoccatelli, G. (2021). Allergens from edible insects: cross-reactivity and effects of processing. *Current allergy and asthma reports*, 21, 1-12.
- Feng, Y., Chen, X. M., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, C. Y., & Ding, W. F. (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Sci*, 25(2), 184-198.





- <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12449>
- Gao, Y., Zhao, Y.-J., Xu, M.-L., & Shi, S.-S. (2021). *Clanis bilineata tsingtauca*: A Sustainable Edible Insect Resource. *Sustainability*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212533>
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., Machì, M., Cianciosi, D., Navarro-Hortal, M. D., & Battino, M. (2022). Edible insects: A novel nutritious, functional, and safe food alternative. *Food Frontiers*, 3(3), 358-365. <https://doi.org/10.1002/fft2.167>
- Gibson, S. (2015). *Animal, Vegetable, Mineral?: How eighteenth-century science disrupted the natural order*. OUP Oxford.
- González-Cabrera, J., Contreras-Bermúdez, Y., Sánchez-González, J. A., & Gutiérrez-Campos, J. M. (2024). Development of an artificial diet with a mass-rearing and low-cost approach for *Spodoptera frugiperda* reproduction. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1-11.
- Ham, Y.-K., Kim, S.-W., Song, D.-H., Kim, H.-W., & Kim, I.-S. (2021). Nutritional composition of white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis*) larvae produced from commercial insect farms in Korea. *Food Science of Animal Resources*, 41(3), 416.
- He, W., He, K., Sun, F., Mu, L., Liao, S., Li, Q., Yi, J., Liu, Z., & Wu, X. (2021). Effect of heat, enzymatic hydrolysis and acid-alkali treatment on the allergenicity of silkworm pupa protein extract. *Food Chem*, 343, 128461. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128461>
- Hlongwane, Z. T., Slotow, R., & Munyai, T. C. (2021). The role of edible insects in rural livelihoods, and identified challenges in Vhembe District, Limpopo, South Africa. *Resources (Basel, Switzerland)*, 10(12), 123.
- Hong, I., Kang, P., Kim, K., Nam, S., Lee, M., Choi, Y., Kim, N., Kim, H., Lee, K., & Humber, R. (2010). Fruit body formation on silkworm by *Cordyceps militaris*. *Mycobiology* 2010; 38: 128-32. In.
- Ji, K., Chen, J., Li, M., Liu, Z., Wang, C., Zhan, Z., Wu, X., & Xia, Q. (2009). Anaphylactic shock and lethal anaphylaxis caused by food consumption in China. *Trends in Food Science & Technology*, 20(5), 227-231.
- Köhler, R., Kariuki, L., Lambert, C., & Biesalski, H. K. (2019). Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 372-378. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.02.002>
- Li, Z., Zhao, S., Xin, X., Zhang, B., Thomas, A., Charles, A., Lee, K. S., Jin, B. R., & Gui, Z. (2020). Purification, identification and functional analysis of a novel immunomodulatory peptide from silkworm pupa protein. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 26, 243-249.





- Madau, F. A., Arru, B., Furesi, R., & Pulina, P. (2020). Insect farming for feed and food production from a circular business model perspective. *Sustainability*, 12(13), 5418.
- Melgar-Lalanne, G., Hernandez-Alvarez, A. J., & Salinas-Castro, A. (2019). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 18(4), 1166-1191. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- Meyer-Rochow, V. B., Ghosh, S., & Jung, C. (2018). Farming of insects for food and feed in South Korea: tradition and innovation.
- Mwelwa, S., Chungu, D., Tailoka, F., Beesigamukama, D., & Tanga, C. (2023). Biotransfer of heavy metals along the soil-plant-edible insect-human food chain in Africa. *Sci Total Environ*, 881, 163150. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163150>
- Niassy, S., Ekesi, S., Hendriks, S. L., & Haller-Barker, A. (2018). Legislation for the use of insects as food and feed in the South African context. *Edible insects in sustainable food systems*, 457-470.
- Nishimune, T., Watanabe, Y., Okazaki, H., & Akai, H. (2000). Thiamin is decomposed due to Anopheles spp. entomophagy in seasonal ataxia patients in Nigeria. *J Nutr*, 130(6), 1625-1628. <https://doi.org/10.1093/jn/130.6.1625>
- Orkusz, A. (2021). Edible Insects versus Meat-Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/nu13041207>
- Qian, L., Chen, B.-J., Gui, F.-R., Qin, Y., Deng, P., & Liao, H.-J. (2023). Nutritional and feeding adaptability of *Clanis bilineata tsingtauica* larvae to different cultivars of soybean, (*Glycine max*). *Foods*, 12(8), 1721.
- Raheem, D., Raposo, A., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., & Carrascosa, C. (2019). Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International*, 126, 108672.
- Rahman, M. H. (2016). Exploring sustainability to feed the world in 2050. *Journal of Food Microbiology*, 1(1), 7-16.
- Reese, G., Ayuso, R., & Lehrer, S. B. (1999). Tropomyosin: an invertebrate pan-allergen. *International archives of allergy and immunology*, 119(4), 247-258.
- Rehman, K. u., Hollah, C., Wiesotzki, K., Heinz, V., Aganovic, K., Rehman, R. u., Petrusan, J.-I., Zheng, L., Zhang, J., & Sohail, S. (2023). Insect-derived chitin and chitosan: A still unexploited resource for the edible insect sector. *Sustainability*, 15(6), 4864.
- Ribeiro, J. C., Cunha, L. M., Sousa-Pinto, B., & Fonseca, J. (2018). Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Molecular nutrition & food research*, 62(1), 1700030.





- Rumpold, B. A., & Schluter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*, 57(5), 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Schrögel, P., & Wätjen, W. (2019). Insects for food and feed-safety aspects related to mycotoxins and metals. *Foods*, 8(8), 288.
- Selenius, O., Korpela, J., Salminen, S., & Gallego, C. G. (2018). Effect of chitin and chitooligosaccharide on in vitro growth of *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Escherichia coli* TG. *Applied Food Biotechnology*, 5(3), 163-172.
- Sharma, A., Gupta, R., Sharma, P., Duwa, A. K., Bandral, R., & Bal, K. (2022). Silkworm as an edible insect: A review. *Pharma Innov*, 1667-1674.
- Siddiqui, S. A., Ngah, N., Eddy-Doh, A. M., Ucak, I., Afreen, M., Fernando, I., Singh, S., Shah, M. A., Povetkin, S. N., & Castro-Muñoz, R. (2023). Edible Lepidoptera as human foods – a comprehensive review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 10(1), 25-49. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230072>
- Skotnicka, M., Karwowska, K., Klobukowski, F., Borkowska, A., & Pieszko, M. (2021). Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/foods10040766>
- van Huis, A. (2022). Edible insects: Challenges and prospects. *Entomological Research*, 52(4), 161-177. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12582>
- Van Huis, A., & Oonincx, D. G. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 1-14.
- van Huis, A., & Tomberlin, J. K. (2017). *Insects as food and feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers.
- Velayudhan, K., Balachandran, N., Sinha, R., & Kamble, C. (2008). Utility of silkworm pupae: A new dimension as food and medicine. *Indian Silk*, 47(1), 11-18.
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z., & Zhiyong, C. (2010). Review of the nutritive value of edible insects. *Forest Insects as Food: Humans Bite Back*, 85.





附錄一、不同種類昆蟲之胺基酸含量比較

Edible insects (mg/g protein)	His	Ile	Leu	Lys	Met	Cys	Met	Phe	Tyr	Phe	Thr	Trp	Val	Arg	Ser	Pro	Ala	Gly	Glu A
							+ Cys			+ Tyr									
Lepidoptera	23.7	40.4	62.7	57.7	22.1	12.2	34.7	46.3	49.1	95.8	40.0	11.2	54.1	46.9	48.4	44.9	48.9	43.8	103.4
<i>Aegiale Acentrocne</i> <i>hesperiaris</i>	31.0	46.0	72.0	66.0	47.0			51.0	63.0	114.0	76.0	3.0	58.0	57.0	83.0		66.0	59.0	123.0
<i>Aegiale hesperiaris</i>	16.0	49.0	52.0	36.0	10.0			37.0	42.0	79.0	33.0	9.0	47.0	30.0					
<i>Aegiale hesperiaris</i> k (maguey grub)		45.0	61.0	50.0	31.0			70.0			41.0	8.0	51.0						
<i>Anaphe venata</i> (larvae, without hair)	7.8	21.4	13.1	8.8	0.0			21.4	25.0	46.4	3.8	0.0	17.6	3.2		18.7	18.2	14.1	6.1
<i>Ascalapha odorata</i> (larvae)	28.0	41.0	69.0	63.0	23.0			95.0	44.0	139.0	40.0	4.4	48.0						
<i>Bombyx mori</i> (larvae)	29.5	33.0	48.9	50.0	12.5	9.1	21.6	28.4	34.1	62.5	28.4	6.8	39.8	43.2	38.6	35.2	40.9	58.0	102.3
<i>Bombyx mori</i> (larvae)	25.8	32.3	52.7	47.3	14.0	8.6	22.6	29.0	31.2	60.2	31.2	7.5	40.9	41.9	36.6	34.4	45.2	60.2	100.0
<i>Bombyx mori</i> (pupae)	27.0	34.0	62.0	61.0	34.0	14.0	48.0	46.0	56.0	102.0	39.0	15.0	47.0	47.0	37.0	70.0	39.0	36.0	95.0





<i>Bombyx mori</i> (pupae)	35.4	46.1	70.6	77.2			36.3			122.0	45.3	19.0	52.2	58.8	37.9	44.4	39.4	29.7	107.3
<i>Bombyx mori</i> (pupae)	22.5	37.7	60.2	53.1	17.5	3.5	21.0	42.5	48.0	90.5	38.3		45.9	46.2	36.8	16.0	38.9	34.6	86.5
<i>Bombyx mori</i> (spent pupae)	25.0	57.0	83.0	75.0	46.0	14.0	60.0	51.0	54.0	105.0	54.0	9.0	56.0	68.0	47.0	40.0	55.0	46.0	149.0
<i>Clanis bilineata</i> (larvae)	28.5	28.0	35.6	33.6	34.9	26.1	60.1	34.7	34.3	69.0	22.5	9.6	40.1	30.5	30.9	31.2	39.8	30.8	82.3
<i>Galleria mellonella</i> (larvae)	23.4	44.7	87.9	56.0	15.6	7.8	23.4	37.6	62.4	100.0	41.8	8.5	48.2	50.4	74.5	67.4	66.7	52.5	138.3
<i>Galleria mellonella</i> (larvae)	22.4	41.6	70.8	57.1	27.3	13.0	40.4	37.3	54.0	91.3	36.0	8.7	54.0	50.9	77.0	77.0	71.4	57.8	121.1
<i>Imbrasias epimethea</i> (caterpillars)	19.7	28.6	81.0	74.2	22.4	18.7	41.1	65.0	75.0	140.0	48.0	16.0	102.0	66.2					
<i>Imbrasias ertli</i> (caterpillars)		36.0	36.7	39.3	15.8	13.4	29.2	17.4	13.2	30.6	40.5	8.1	41.9						
<i>Imbrasias truncata</i> (caterpillars)	17.4	24.2	73.1	78.9	22.2	16.5	38.7	62.2	76.5	139.0	46.9	16.5	102.0	55.5					
<i>Mellacosoma americanum</i> Fab. meal	18.0	28.0	48.0	44.0	12.0	7.0	19.0	29.0	34.0	63.0	32.0		36.0	40.0	37.0	28.0	53.0	40.0	89.0
<i>Nudaurelia oyemensis</i> (caterpillars)	18.1	25.6	82.7	79.8	23.5	19.7	43.2	58.6	75.7	134.0	44.5	16.0	96.0	63.5					
<i>Omphisca fuscidentalis</i> (caterpillars)	23.3	33.9	60.0	56.0			41.7			100.7	34.9	41.1	38.8	47.9	41.3	40.7	37.7	32.7	93.2





<i>Samia ricinii</i> (prepupae)	27.9	43.3	65.2	65.4	21.2	5.2	26.4	51.7	63.2	114.9	44.8		52.9	46.9	47.6	60.3	60.5	56.4	129.0
<i>Samia ricinii</i> (pupae)	26.7	44.2	66.3	65.4	23.1	5.3	28.4	52.4	64.0	116.4	47.5		53.6	44.1	52.5	64.6	61.4	49.4	129.0
<i>Usta terpsichore</i> (caterpillars)		108.7	91.3	91.0	11.3	12.9	24.2	55.9	33.0	88.9	50.8	6.6	75.8						
Coleoptera	26.3	45.6	74.2	50.6	16.2	14.6	31.9	47.1	55.7	98.6	35.2	10.1	51.9	53.9	42.6	64.1	69.5	55.2	123.7
<i>Tenebrio molitor</i> (larvae)	37.9	49.4	82.2	64.9	19.5	10.9	30.5	43.7	79.9	123.6	40.8	10.3	69.0	60.3	54.6	74.1	80.5	59.8	132.8
<i>Tenebrio molitor</i> (larvae)	35.3	46.7	77.7	60.9	14.1	8.2	22.3	40.8	77.7	118.5	34.8	9.2	66.3	56.0	49.5	65.8	74.5	53.8	123.9
<i>Tenebrio molitor</i> (adults)	28.7	43.5	82.7	44.3	12.7	6.8	19.4	26.2	33.3	59.5	34.2	11.0	63.3	43.0	41.4	63.3	76.4	84.4	89.0
<i>Tenebrio molitor</i> (larvae)	31.6	50.3	106.4	54.5	12.8	8.6	21.4	35.3	74.5	109.8	41.8	8.0	58.8	51.9	51.3	69.5	82.4	55.6	112.8
Diptera	22.3	32.6	57.4	62.9	27.2	5.3	36.6	50.6	56.7	107.3	38.8	28.3	46.9	49.4	60.0	27.8	58.9	45.1	98.6
<i>Musca domesticus</i> (larvae)	30.9	22.8	45.3	81.6	36.6	6.6	43.1	55.8	71.1	126.9	35.5	49.5	45.6	56.7	88.0	24.7	75.8	51.1	89.2
<i>Musca domesticus</i> (pupae)	26.0	35.0	53.0	52.0	26.0	4.0	30.0	42.0	48.0	90.0	32.0		34.0	42.0	32.0	31.0	42.0	39.0	108.0
Amino acid requirement in human nutrition	15.0	30.0	59.0	45.0	16.0	6.0	22.0			30.0	23.0	6.0	39.0						

Ile, Isoleucine; Leu, leucine; Lys, lysine; Met, methionine; Cys, cysteine; Phe, phenylalanine; Tyr, tyrosine; Thr, threonine; Trp, tryptophan; Val, valine; Arg, arginine; His, histidine; Ser, serine; Pro, proline; Ala, alanine; Gly, glycine; Glu A, glutamic acid.

*本表格修改自 Rumpold and chluter, 2013. Nutritional composition and safety aspectsof edible insects





附錄二、昆蟲養殖規模比較表

項目	實驗室養殖	小規模養殖	工業化量產
餵食與清潔工作	僅依靠少量人力	依靠較多人力	導入機械或自動化流程，現場有少量監管人員即可
健康監測	以目視或實驗室設備檢測，因量少可精準觀察	以目視觀察	導入監測系統，如利用電腦影像辨視
繼代與飼養分區	不分區飼養，同一批中留取部分繼代	不分區飼養，或者僅進行繼代及飼養其中一項工作	繼代與飼養分區，或直接於不同建築中進行
環境調節系統	不一定需要	不一定需要	均需裝設
病原體感染影響	容易早期發現將受感染個體去除	除非每日觀察，否則不易於發病 早期發現，發現時通常已有部分蟲體感染	容易有大面積感染
飼養空間	於生長箱內或溫網室中	於小面積室內空間或溫網室中，目前也有廠商開發貨櫃式養殖空間	於大面積室內空間或連棟溫網室中，亦有於室內空間置入多個貨櫃
種源來源	於田間採集，並於實驗室內繁殖繼代多次	自行於田間採集或向特定廠商定期購買種源	自行繁殖或向特定廠商定期購買種源，種源可能經過育種選拔(如基因編輯)
飼料需求	新鮮植物或人工飼料，需求量極少	自行種植、購買或收集，需求量中等	與特定廠商購買，需求量極大
廢棄物產生	非常少量	量不多	大量廢棄物

本表格參考 Berggren et al., 2018. Using current systems to inform rearing facility design in the insect-as-food industry. 整理。



您知道昆蟲也可以成為餐桌上的一道美食嗎？

它富含蛋白質和多種營養素、飼養容易、產生的碳足跡低，是目前最夯的永續性食物？邀請您來瞭解 10 個有趣的食用昆蟲小知識，並協助我們回答 10 個小問題。讓我們可以知道您對食用昆蟲的態度，以做為後續研究的參考。

問卷連結：<https://forms.gle/kR8pJfV3dLJgDW1v8>

感謝您的支持與協助

敬祝 身體健康 萬事如意！

農業部苗栗區農業改良場 敬上

一、 在面對昆蟲時...您是淡定自如？還是感到恐懼？

1分最低(完全不害怕) ○1 ○2 ○3 ○4 ○5 ○6 ○7 ○8 ○9 ○10 10分最高(極度害怕)

二、 10個食用昆蟲的有趣小知識

食用昆蟲介紹就要開始囉！請點下方【繼續】



1.您知道...全球有超過2,000種可食用昆蟲？

★ 10個食用昆蟲的有趣小知識

全球有超過2,000種可食用昆蟲

世界各地的人們食用各種昆蟲，其中最受歡迎的包括蝗蟲、蟋蟀、蠶蛹和甲蟲幼蟲。不同地區偏好的昆蟲種類因文化和資源而異。

旅遊時，可觀察不同地區的飲食文化，有機會逛當地市場，可能有意想不到的蟲蟲大餐驚奇。



在泰國和中國，蝗蟲和蟋蟀常被用作小吃，在市場上廣受歡迎。在非洲，蠶蛹和甲蟲幼蟲是地方的傳統食物。



2.您知道...吃昆蟲不是「新潮」，而是古老的傳統？

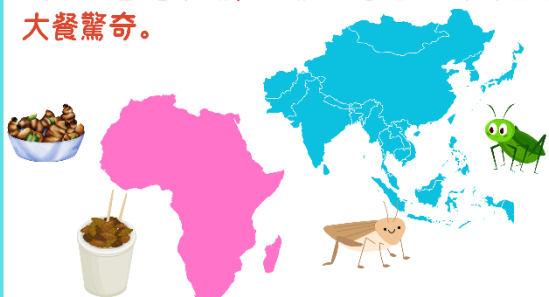
★ 10個食用昆蟲的有趣小知識

全球有超過2,000種可食用昆蟲

世界各地的人們食用各種昆蟲，其中最受歡迎的包括蝗蟲、蟋蟀、蠶蛹和甲蟲幼蟲。不同地區偏好的昆蟲種類因文化和資源而異。



旅遊時，可觀察不同地區的飲食文化，有機會逛當地市場，可能有意想不到的蟲蟲大餐驚奇。



在泰國和中國，蝗蟲和蟋蟀常被用作小吃，在市場上廣受歡迎。在非洲，蠶蛹和甲蟲幼蟲是地方的傳統食物。

3.您知道...世界昆蟲美食節的興起？

★ 10個食用昆蟲的有趣小知識

世界昆蟲美食節的興起

隨著昆蟲美食的市場潛力，許多國家開始舉辦昆蟲美食節，吸引大量的觀光客和媒體關注。不僅促進了昆蟲美食的普及，也為食蟲產業的發展提供了機會。



在泰國美食節有各種昆蟲創新料理，提升了昆蟲食品的國際知名度。

蟲蟲入菜...是黑暗料理？
還是創意料理？

在墨西哥的蟲蟲美食節，將昆蟲用多元料理方式，藉此發揚當地飲食文化。



3.您知道...世界昆蟲美食節的興起？

★ 10個食用昆蟲的有趣小知識

吃昆蟲不是「新潮」，而是古老的傳統

吃昆蟲是老祖宗的菜單。人類食用昆蟲的歷史可追溯至數千年前，而至今仍有超過20億人口以昆蟲為日常飲食的一部分，包括非洲、亞洲和南美的許多文化。

在美洲洞穴中發現的古代人糞化石中，有許多昆蟲和節肢動物的殘骸，證明人類從古代就有食用昆蟲。

昆蟲是最容易取得的食物



4.您知道...昆蟲可以「入味」各種菜餚？

★ 10個食用昆蟲的有趣小知識

昆蟲可以「入味」各種菜餚

昆蟲食品不僅限於原形態，還可以加工成粉末，用於製作餅乾、麵包、意大利麵甚至巧克力棒，從而消除「視覺上的抗拒感」。



在國外已有販售昆蟲製成的零食

堅果味 蝦味 蘑菇味 松子味
昆蟲的特別味道
吃起來像...



5.您知道...昆蟲富含蛋白質、好脂肪和纖維?

★ 10個食用昆蟲的有趣小知識

昆蟲富含蛋白質、好脂肪和纖維

例如蟋蟀含有豐富的蛋白質、Omega-3和Omega-6脂肪酸，而許多昆蟲的幾丁質外殼還能為腸道提供膳食纖維，有助於健康。



6.您知道...昆蟲食品比傳統肉類更環保?

★ 10個食用昆蟲的有趣小知識

昆蟲食品比傳統肉類更環保

昆蟲養殖的溫室氣體排放量比牛、羊、豬等低，且需要的土地及水資源也較少，這使得昆蟲成為可持續發展的優質蛋白質來源。



7.您知道...昆蟲可以協助資源循環利用?

★ 10個食用昆蟲的有趣小知識

昆蟲可以協助資源循環利用

有些昆蟲如：黑水虻、麵包蟲，能利用廚餘或農業剩餘資源作為飼料，如果再將養殖的昆蟲作為豬、雞、魚的飼料，就可以形成資源循環利用。

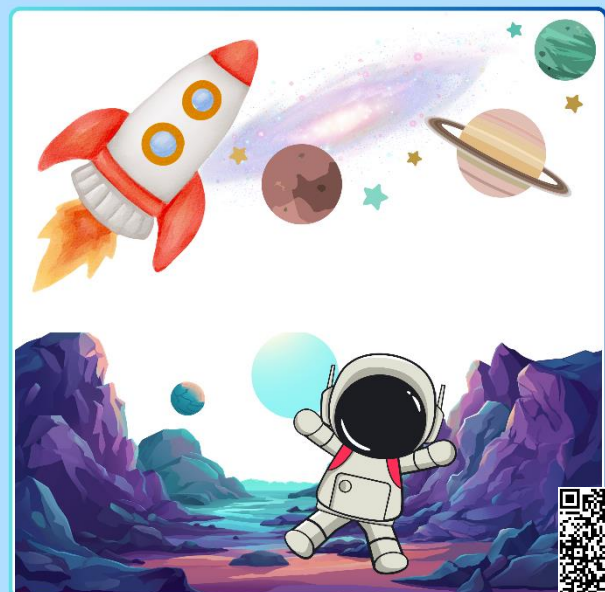


8.您知道...昆蟲是太空食品的潛在候選?

★ 10個食用昆蟲的有趣小知識

昆蟲是太空食品的潛在候選

由於昆蟲養殖佔用空間小且資源消耗低，科學家認為昆蟲可以成為未來太空任務中的主要食物來源。



10 10個食用昆蟲的有趣小知識

昆蟲為兒童教育增添樂趣

許多學校和科學機構開始使用昆蟲食品作為教育工具，讓學生了解生態系統、資源循環和未來的可持續飲食。



9 10個食用昆蟲的有趣小知識

知名品牌已涉足昆蟲食品

國際食品企業如雀巢和Tyson Foods均開始投資昆蟲食品市場，開發昆蟲蛋白相關產品，顯示出這個市場的未來潛力。

食用昆蟲市場的未來潛力



高纖維

高蛋白

寵物罐頭

雀巢公司產品創新
開發健康導向的食品





三、食用昆蟲問卷

親愛的民眾您好：

本問卷希望瞭解您目前對於食用昆蟲之態度，以作為相關研究之參考，請您協助回答下列問題，並請您依照自己內心的感受或經驗判斷，依題目順序勾選及填答即可。該問卷僅供推廣研究使用，絕對不移作其他用途，請放心。若您對問卷內容有不清楚或建議，竭誠歡迎您以 e-mail 與我們聯絡，再次感謝您的幫忙。

敬祝 身體健康 萬事如意！

農業部苗栗區農業改良場 農業推廣科

聯絡人：古金台 助理研究員

電話：037-222111*803

E-mail：anii.cc@mdares.gov.tw

(一)基本資料

1. 您的性別：☐生理男 ☐生理女
2. 您的年齡：☐20歲以下 ☐21-30歲 ☐31-40歲 ☐41-50歲 ☐51-60歲 ☐61歲以上
3. 您的教育程度：☐國中及以下 ☐高中（職） ☐大學（專） ☐研究所及以上
4. 您的居住地?(填寫範例：如苗栗縣公館鄉) _____
5. 您的職業？☐無 ☐家管 ☐學生 ☐服務業 ☐製造業 ☐商業 ☐金融業 ☐自由業
☐軍公教人員 ☐醫生、律師、會計師等專業人員 ☐農林漁牧業☐其他
6. 您是否養寵物？☐是 ☐否

6-1 寵物類別：_____

(二)食用昆蟲認知評估

7. 您覺得食用昆蟲作為一種永續資源(相對少的碳足跡、土地和水的利用)，可以接受被用來做哪些方面的利用?(複選)
☐做為食物給人類吃 ☐做為飼料給寵物吃 ☐做為飼料給豬、雞、魚等吃
☐萃取有益成份做為保健品或化妝品 ☐做為生質柴油燃料
8. 底下有幾種常見的食用昆蟲種類，請挑選出您"最喜歡"為何種？
☐毛蟲類（例如蠶寶寶、蝴蝶）☐蒼蠅類（例如蒼蠅、黑水虻）
☐甲蟲類（例如麵包蟲、金龜子）☐蟋蟀、蝗蟲、蚱蜢 ☐蜜蜂、螞蟻
9. 底下有幾種常見的食用昆蟲種類，請挑選出您"最不喜歡"為何種？
☐毛蟲類（例如蠶寶寶、蝴蝶）☐蒼蠅類（例如蒼蠅、黑水虻）
☐甲蟲類（例如麵包蟲、金龜子）☐蟋蟀、蝗蟲、蚱蜢 ☐蜜蜂、螞蟻
- 10.瞭解這些有關食用昆蟲的小知識後， 您害怕昆蟲的程度是幾分呢?請再用1-10分評分一遍。
1分最低(完全不害怕) ○1 ○2 ○3 ○4 ○5 ○6 ○7 ○8 ○9 ○10 10分最高(極度害怕)

