

八、 區塊鏈運用於農業供應鏈與公平貿易的作法與未來發展

方正璽¹

摘要

區塊鏈技術發展已經非常成熟，但在農業的運用上還是以小規模的營運測試為主。區塊鏈是一種建基於分散式加密帳本的技術，它具有去中心化、不可竄改性、透明性、可溯源性與高度的隱私性。在這些特性下，非常適合做為農產品品質的記錄系統。本文介紹兩個區塊鏈運用案例，包含第一個通過美國農業部流程認證計畫的 BeefChain，說明它如何利用區塊鏈建構牛肉市場從牧場到餐桌的完整供應鏈。其次說明 Fairfood 如何透過區塊鏈技術來實現公平貿易的訴求。最後，簡單介紹區塊鏈技術未來可能的發展方向，尤其在農產品代幣化可能會帶來農業營運模式的更多可能性。

關鍵詞：區塊鏈、代幣化、智能合約

Key words： Blockchain, Tokenized、Smart contract

¹ 世新大學口語傳播暨社群媒體學系 專任助理教授

前言

區塊鏈的技術源起於 2008 年金融海嘯時，人們意識到個人交易資料如果都交由一個中心化的組織來管理，一旦組織管理不善可能會導致整個社會產生的巨大傷害。此時一位化名為中本聰的人（至今尚未確認是一個人或一群人）提出了「比特幣白皮書」，並在其中介紹了區塊鏈的技術，從此啟動了 web 3.0 的革命。

簡單的說，區塊鏈的概念是以密碼學的方式，讓每一個新增的區塊都包含前一個區塊的加密雜湊 (hash) 值，可以想像所有的訊息都記錄在一個分散的網路串連中，每一筆資料的更改都必須要在網路中的所有節點同時記錄，若竄改單一節點的資料，是無法通過驗證。若要修改區塊鏈上的訊息記錄，至少需要同時掌握一半以上的節點才有可能。以比特幣為例，雖然實際的節點不可數，但據信大約有 1 萬個節點 (高重建, 2020)。這意味著駭客至少需要同時掌控 5000 節點才能修改記錄，是近乎不可能達成的任務。因此，區塊鏈能夠在沒有大型機構做擔保的去中心化平台中保有高度的資料可信度。也因為每個節點都保有所有資料交換的記錄，因此更容易追溯資訊移動的完整軌跡。區塊鏈這種建基於分散式加密帳本的技術使得它具有去中心化、不可竄改性、透明性、可溯源性與高度的隱私性，近年來已被廣泛運用在農業生產履歷的驗證上。

資訊完整性也是農、漁、畜牧和食品業的重要問題。因為農產品的生產、運輸、包裝、儲藏等方式不同，都會直接影響到食品安全。然而，大部份的農業從生產到銷售端會牽涉到非常複雜的供應體系，過程不但包含各種類型的生產者、還有販運商、中小型加工業者、零售商、貿易商甚至包含一些跨國公司。為了因應複雜的全球供應鏈，過去已經有許多農業科技的研發運用，包含種感測器、RFID、ERP 系統等等。但是這類型的資訊通常是由通路中不同階段的中間商來收集與管理，這種以各別中心化組織做為農業資訊的收集、管理與驗證單位會造成兩個主要問題，其一是資料收集、處理與發佈都由分散的各別組織管理，因此，企業可以選擇性的揭露產品訊息，資料在跨組織間傳送時常常遇到信任問題，徒增交易的磨擦，甚至組織間並未達成資料共享，導致供應鏈的資料難以串接，而無法進行產品溯源管理。例如，2018 年美國曾發生長葉萵苣菜遭到污染的事件，為了追溯污染源頭，零售業者沃爾瑪 (walmart) 必須清查所有賣場的貨架，但因為快速無法溯源，導致全面性的產品下架，對農民產生巨大的影響。

此外，資料所有權也是另一個問題，常見的情形是農民配合企業進行資料收集之後，若農民需要瞭解個別農場的生產、運輸或銷售資料時，反而需要向企業申購資料。因為資料的保管由各別企業所執行，不但農民無法順利取得產品資料，消費者也無法直接查閱產品在供應鏈上的處理記錄。

區塊鏈做為創新的資訊記錄底層架構，也為農業生產、運輸與銷售的體系帶來新的作法。然而，目前大多數仍屬於測試性質。本文首先將說明區塊鏈技術的特質，其次介紹目前區塊鏈技術運用在農業經營的現況與問題，最後提出未來可能的發展方向。

區塊鏈的特性

區塊鏈的技術雖然提出已久，但運用在農業經營管理上仍處於早期階段，區塊鏈技術因為其具有去中心化、無信任性 (trustless)、透明性、不可竄改性與高度隱私性，因此可以做為資訊記錄、儲存與傳遞的底層技術：

去中心化 (decentralization)

區塊鏈最早的運用是為了去除掉金融資產交易中不可缺少的第三方機構。在傳統交易中，因為買賣雙方之間不一定熟識，因此透過公正的第三方機構來中介交易、保管所有交易資訊等等，可以有效的解決交易雙方信任的問題。同樣的情形，也常見於農業的認證或驗證。以有機農業為例，消費者無力檢驗農產品是否符合有機農業的生產規範，因此，透過公正的第三者做為驗證單位。例如 TOPA 或 MOA，皆是透過第三方來協助消費者驗證產品的品質。區塊鏈技術則可在無中央化的組織之下，利用分散式的網路節點與密碼學的方式促成去中心化的交易網絡。其概念是將交易的資訊記錄在一個巨大的分散式帳本中，每一個交易的個體都是其中一個節點，每一個節點都代表一個區塊，一旦有交易產生，就必須在每一個區塊中記錄交易的資訊，每一個區塊也會包含前一個區塊的雜錯值 (hash)。在這樣的系統中，就算不存在第三方機構也一樣可以實現資訊正確無遺漏的轉移。換言之，只要參與到區塊鏈的生態體系中，不止是大型企業、連農民、消費者、通路上的任何成員都是整個區塊鏈上的資訊節點，也都包含完整產品從生產、包裝、運送、銷售等相關資訊。

智能合約(Smart Contracts)

智能合約是一組事先規範好的協議，以代碼的型式在區塊鏈上運行，只要達到預先設定好的條件就可以在沒有第三者的介入下自動執行。區塊鏈中可以定義不允許更改的基本資訊，這些資訊可做為產品品質評估或驗證使用，並自動成為下一階段的輸入資訊。透過智能合約，可以自動化流程的例子如。

- 咖啡豆的自動分揀和分級，並依分級結果自動定價和計費。
- 在雞蛋交付給零售商的同時，能立即自動支付費用給農民，毋需經過中間商。
- 消費者收到椰子時，可以即刻核實並支付給農民公平價格。
- 有機葡萄的自動化認證過程。

- 自動執行溢價支付或補貼，例如針對飼養傳統牛種的農民給予溢價支付，當牛隻死亡時給予補貼等。

無信任(trustless)

區塊鏈的設計是為了解決第三方中介交易的問題，因此，其機制設計是以無信任 (trustless) 的概念出發 (Malherbe et al., 2019)。所謂無信任並非指不信任，而是指不需要判斷訊息的可信度 (高重建, 2020)。無信任的根基是因為區塊鏈的不可竄改性，而不可竄改並非不可修改，而是所有的修改內容都會被記錄在區塊鏈上，無法任意竄改 (Liu, Zhang et al. 2021)。修改的方式是採共識機制，並且以智能合約的方式來執行，一旦被寫進程式中，智能合約會產生比法律更高的準確性，因為它不允許違反合約的行為存在。在這種情況下，即使交易雙方彼此沒有任何信任基礎，也能對交換的訊息保有信心。

透明性與可溯源性

透明性與可溯源性可以一起討論。在區塊鏈的特性中，透明性代表著在資料交換的當下，雙方共同分享與維護資料數據。由於採分佈式網絡的共享帳本數據，所有帳本上的訊息皆為公開的，在記錄的同時也會留下時間標記，代表著任何存取者都能從共享帳本中，輕易看到資訊的來源與過程，所有修正記錄也都可以一目了然，帳本會持續更新最新資料並保持同步 (Guidi, 2020)。因為可以檢視起源，便提高了對數據的可信程度，也使數據的存在價值提高。正因為區塊鏈具備這樣高度的透明，因此將能夠建立起對區塊鏈的信任。所有整個供應鏈參與的人員都能確信所有鏈上的數據與資料，加上所有數據隨時可被檢驗、追溯，也實現了讓大眾共同監督的權力 (Salman et al., 2019)。零售商 Walmart 就引進 IBM 的 Food Trust 系統做為生鮮產品供應鏈的記錄系統，利用區塊鏈的技術，讓原本需要七天才能追溯芒果在墨西哥的生產地變成只需要幾秒鐘就能完成。若能精準的確認每一農產品的流動軌跡，當農產品或食品有任何污染風險或食用安全疑慮時，就無需預防性的全面下架所有商品。

區塊鏈於農業上的運用案例

區塊鏈技術可以運用在農業經營的不同層面上。最常見的就是利用區塊鏈技術做為產品生產履歷或產品品質驗證的記錄工具。現代農業的經營，由生產、集貨、分級 / 標準化、包裝、運輸、儲藏、銷售等等，需經過許多運銷階段。如圖 1 所示，大部份的運銷職能都是由大型農企業來執行，不同階段的參與者將資料傳送到一個中心化的資料平台，進行資料的交換。這樣的系統能提高供運鏈的營運效率，但資料無法公開分享，甚至彼此格式不相容，資料交換不易。區塊鏈技術則能讓各階段所有參與者都同時能存取，每一個節點都會備份完整的供應鏈交換資料，因此，利用區塊鏈做為產品溯源的工具具有其先天的優勢。

事實上，台灣已經有利用區塊鏈技術做為產銷履歷的具體案例，諸如稻米、台灣原木等等。

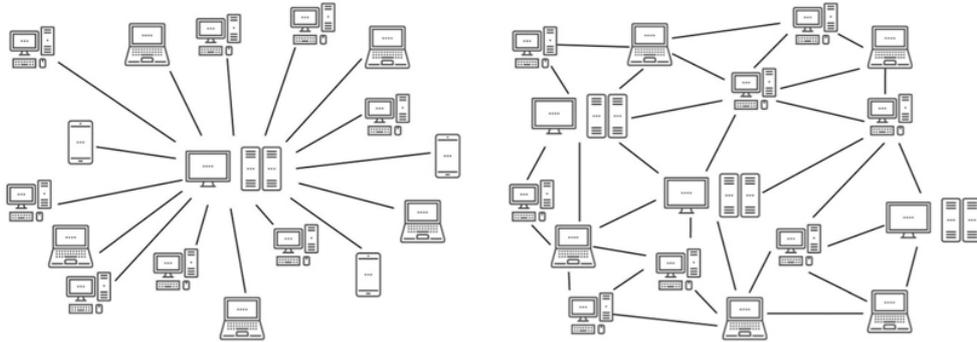


圖 8-1 傳統供應鏈(左)與區塊鏈供應鏈(右)對照圖

區塊鏈可運用在品質保證、供應鏈優化、公平貿易、農業補貼等等不同場域。本文介紹 BeefChain 與 FairFood 運用區塊鏈的實際案例，以供借鏡參考。

BeefChain的牛肉供應鏈

農產品的供應鏈體系相當複雜，許多運送過程沒有確實記錄或只用紙筆記錄。在已開發國家中，估計有 1/3 的農產品未被食用。這種通路的浪費很多都是因為農產品的運送過程中沒有處理好運輸條件，包含濕度、溫度、CO2 等等。區塊鏈無法解決農產品的運送品質，但透過感測器或 RFID 等技術，可以將運送過程中各階段的運送條件自動上鏈，農戶、中間商、零售商甚至消費者都能查明農產品是在哪一個階段變質，進而能尋求解決方案。

除了過程中能記錄不同階段的運輸條件之外，農產品溯源是區塊鏈最直覺的使用方式。其中，BeefChain 創立於 2018 年，是第一個以區塊鏈技術通過美國農業部 (USDA) 流程認證計畫 (Process Verified Program) 的公司²。BeefChain 的牧場主利用 RFID 標籤來標記他們的小牛，記錄相關資訊，如親子關係、地理位置、時間戳記、疫苗、疾病與治療等。這些資訊由參與者（如牧場主或獸醫）手動上傳，或由物聯網感測器自動記錄（如跟蹤牛群運動的閘門），然後由 BeefChain 成員驗證，最終存儲在 BeefChain 分類帳上，無法修改。整個系統利用了 RFID、物聯網、GPS、智慧裝置與 QR-code 的輔助措施來驗證懷俄明州牛隻來源地、年齡，牧養方式以及確保牛隻沒有被餵食抗生素或其他藥物，甚至可以偵測每頭牛每日活動的範圍，以確定該牛隻確實採牧場放養。區塊鏈的技術若只是單純採用 QR code 掃描，在過程中必須透過許多人員來處理資料上傳，這又會導致對資料的信任問題。雖然人工上傳的部份不可

² <https://www.forbes.com/sites/benjaminpirus/2019/04/25/beefchain-receives-first-usda-certification-for-a-blockchain-company/?sh=4f36d49a7607>

免除，但 BeefChain 巧妙透過 RFID 與物聯網的串連，讓資料可以自動上鏈，提供更可信的資料來源，因此，可以提供從牧場到餐桌完整的產品資訊。

當牛隻出售時，供區塊鏈的運作如圖 2 範例所示，過程中的每一個階段都依事先規範好的條件執行，並且所有資訊都上鏈供通路成員檢視。

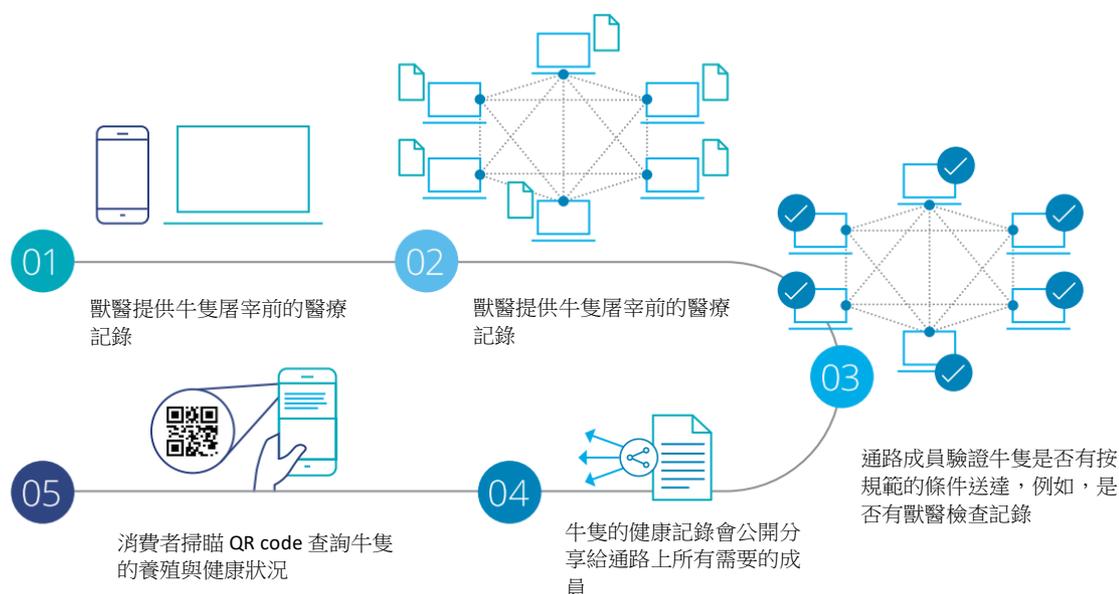


圖 8-2 BeefChain 供應鏈示意圖

透過區塊鏈系統的運作，德勤會計事務所認為可以帶來以下幾個好處：

(一) 促進國際貿易

- 降低供應鏈成本：透過區塊鏈與整個通路成員分享一致性的訊息，可以降低資料重複收集、資料格式不同所造成訊息交換障礙。
- 跟低價牛肉可明顯區隔的品質保證：因區塊鏈的透明性與可追溯性讓其產品得以因較高的品質保證而免於低價競爭。
- 簡化出口流程：區塊鏈提供點對點的交易選項，並且全程透明可追溯，因此可以消除不必要的中間通路商。

(二) 產品規範

- 不可篡改的時間戳記、簽名與記錄：區塊鏈無法事後篡改資料，可提供牛隻運送各階段的完整資訊來源。
- 遵循保證：區塊鏈是一種去中心化的技術，因為所有的資料都由網路審查並由網路驗證，確保了資料的有效性和準確性。

- 點對點的可追溯性：為了提升效率，區塊鏈技術需要多方參與，通常也包括監管機構。

(三) 成本效率

- 節省內部管理成本：區塊鏈的運行通常也要求減少人工流程與紙本記錄，可以節省行政成本。
- 縮短產品上市時間：因為所有通路參與者都有正確即時的資訊，可以讓通路決策更迅速準確。
- 提供點到點的供應鏈追溯性：因為區塊鏈要求供應鏈上的參與者都將信息發佈到鏈上，每個節點都無遺漏，故可輕易溯源追蹤。

(四) 安全性與可追溯性

- 所有供應鏈節點的透明度：區塊鏈的特質即是高度透明性，有助於確保所有通路成員皆能按照規範的標準程序運送產品。
- 嚴格遵守運輸政策、程序：由於區塊鏈資料不可竄改的特性，因此可以減少人力稽核的流程。
- 準確的食品安全保障：由於有最即時的食品品質資訊，可提供消費者更高的品質保證及產地、生產方式等資訊。

(五) 永續農業

- 最佳農場實踐：區塊鏈結合先進的數據分析，讓農民能夠深入了解自己的農場績效指標
- 促進點對點的可見性：由於區塊鏈能提供從田間到餐桌完整的資料，故有助於從數據來改善營運流程。
- 有助愛爾蘭達到農業減碳目標：透過數據的採集與共享可以有效找出減碳的關鍵點。

Fairfood利用區塊鏈建構公平貿易平台

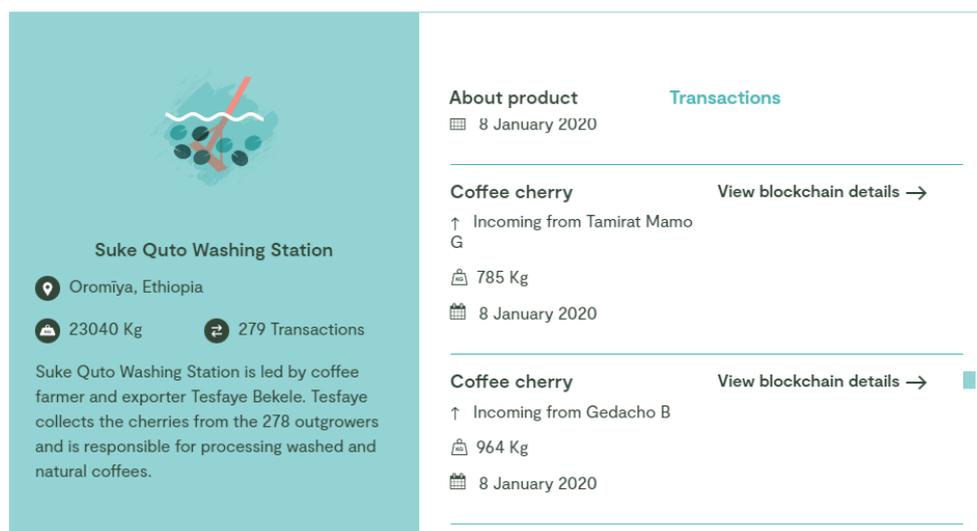
因為區塊鏈具有透明性、可溯源性，故非常適合運用在公平貿易的追蹤上。Fairfood 就曾在椰子、咖啡、葡萄酒的生產運送上採用區塊鏈的解決方案。2017 年就開始測試利用區塊鏈來協助印尼農民銷售椰子。該組織在印尼購買 1000 顆椰子上，並利用以太坊區塊鏈記錄從農民到消費者中間的所有過程。農民按壓指紋驗證貨款的交付，然後椰子經過物流加工廠、海運、集散中心最後到消費者手中。消費者掃瞄產品上的條碼就可以看到完整的產品履歷以及農民實際收到的貨款，消費者還可以直接傳送簡訊感謝農民。Fairfood 讓消費者可以直

接查閱農民出售價格，建立消費端與生產端的直接連繫。上述作法大量採用人力輔助，只是一個試點計畫，但因為能串起生產者與消費者，讓消費者確實得知農民的收入，故不失做為公平貿易最佳平台。

Fairfood 也與 Traboca 公司合作³，利用區塊鏈技術記錄咖啡從生產者到洗滌、研磨等加工業者，再到出口商、進口商的整個流程。利用視覺化的路徑顯示，讓消費者可以瞭解每一個階段的詳細情形。例如，下列生產者 Mamo 出售櫻桃咖啡每公斤可收穫 0.9 美元，這與附近農民相比，大約是 170 倍的價格。



在洗滌站上，則可以看到 Mamo 於 2020 年一月 8 日交付了 785 公斤的櫻桃咖啡，整個洗滌廠則收到了 23040 公斤，共 279 筆交易。



每一筆交易都能查閱其區塊鏈上的交易資訊，包含時間、交易數量、加密雜湊 (hash) 值、交易雙方資料等，如下所示：

³ <https://trace.fairfood.org/consumer-interface/#/web/trabocca>

Coffee cherry785 Kg 8 January 2020

Transaction Hash

 [5LkYSRxdeMnmpzboYth..](#) 

Additional Information

Blockchain logging in progress...

Seller name

Tamirat Mamo G

Seller address

 [3RwVKVWAAG5yRnxkUHj..](#) 

Buyer name

Suke Quto Washing
Station

Buyer address

 [W1qW25LzNkdB4HVj9Xv..](#) 

在過去，供應鏈運輸系統最大的問題是需要人工記錄、處理資料。但在上述案例中，農民只需要事先註冊好帳號，就可以輕鬆利用手機上鏈。在運送的過程中，溫度、濕地、時間等資訊都利用感測器自動偵測上鏈。通路成員在交付產品的過程也會掃描 QR Code 確認產品資訊。即使，在過程中仍有不少資訊需要透過人工手動上傳記錄，但區塊鏈運用在公平貿易的營運上，最重要的是讓消費者實際與農民對接，能輕楚看到農民收益狀況，讓消費者在購買公平貿易訴求的產品時，可以確認農民是否得到適當的回報。透過 Fairfood 的系統，消費者甚至可以直接在手機上給予農民小費。

區塊鏈在農業的運用與未來發展

本文介紹兩個案例，說明區塊鏈在供應鏈與公平貿易上的運用。事實上，區塊鏈技術運用在農業經營上仍屬於非常早期，許多案例都是屬於試點計畫。農產品因生產複雜性高，要整合各種不同類型的農民有其困難性。再者，以目前的自動感測技術，雖然可以做到自動感測並自動上鏈，免除人為輸入可能參生的錯誤或照假問題，但全程採用自動感應設備的成本較高，且許多細節資訊仍無法避免人工輸入。例如，自動影像偵測可以知道農場在何時施藥，但使用那一種農藥的資訊仍需經人工自行輸入。因此，品質審驗的環節仍然無法省略。

然而，區塊鏈技術確實帶給農業經營更多可能的作法。除了本文介紹利用區塊鏈技術建構產品可快速溯源且完全透明化的供應鏈體系之外，更值得關注的是透過智能合約與農產品代幣化，可以實現全新的商業模式。BeefChain 有一個後續計畫稱為 CattlePass，所有牛隻透過藍芽與其他 AI 輔助設備的監控，將牛隻代幣化為 NFT (Non-fungible token；非同質化代幣) 資產⁴。在這種情況下，牛隻可以化身為數位資產為提供牧場主提供更靈活的資金調度運用。農產品代幣化是相當值得未來持續關注的趨勢，相關案例還有大宗穀物交易的

⁴ <https://plainsight.ai/industrys-first-cattle-tracking-nft/>

AgriDigital⁵能讓農民交付產品時即可收到貨款，以及魚產品資訊上鏈可獲得Fishcoin 等等⁶。

展望未來，區塊鏈技術已經成熟，但目前的引進成本仍然較高，對開發中國家的小農而言，有非常大的數位落差。且綜觀各種案例，不同農產品區塊鏈的試點計畫也缺乏一致性的標準，因此，要移植成功案例到不同農產品類別會有相當大的困難。此外，區塊鏈的類型包含公有鏈、私有鏈、混合鏈等等，不同類型對資料的開放程度都不同，這關係到中間商是否願意跟所有通路成員共享所有的訊息，在資料濫用和侵權的法律沒有明確規定下，開放資料仍有相當大的努力空間。儘管如此，區塊鏈作以分散式帳本型式，資訊一旦被記錄就無法竄改，是農業供應鏈透明化的完美解決方案，有利農產品溯源追蹤、食品安全和品質保證，是未來相當值得期待的農業科技。

參考文獻

- 高重建. (2020). *區塊鏈社會學*. 天窗出版社有限公司
- Deloitte Ireland LLP, (2018). *Beefing Up Blockchain-How Blockchain can Transform the Irish Beef Supply Chain*. Retrived from :<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Innovation/Beefing-up-Blockchain-Meat-Supply-Chain-Transformation-Deloitte-2018.pdf>
- Guidi, B. (2020, 2020/02/01/). When Blockchain meets Online Social Networks. *Pervasive and Mobile Computing*, 62, 101131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2020.101131>
- Kang, P., & Indra-Payoong, N. (2021, 12/24). A Framework of Blockchain Smart Contract for Sustainable Agri-Food Supply Chain. *International Scientific Journal of Engineering and Technology (ISJET)*, 5(2), 1-14. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/isjet/article/view/242212>
- Khan, H. H., Malik, M. N., Konečná, Z., Chofreh, A. G., Goni, F. A., & Klemeš, J. J. (2022). Blockchain technology for agricultural supply chains during the COVID-19 pandemic: Benefits and cleaner solutions. *Journal of cleaner production*, 347, 131268. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131268>
- Liu, N., & Ye, Z. (2021, 2021/08/09). Empirical research on the blockchain adoption – based on TAM. *Applied Economics*, 53(37), 4263-4275. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1898535>
- Malherbe, L., Montalban, M., Bédu, N., & Granier, C. (2019). Cryptocurrencies and Blockchain: Opportunities and Limits of a New Monetary Regime [Article]. *International Journal of Political Economy*, 48(2), 127-152.

⁵ <https://cryptobusinessreview.com/be-inspired-agridigital-blockchain-for-agri-supply-chains/>

⁶ <https://fishcoin.co/fishcoin-protocol/>

<https://doi.org/10.1080/08911916.2019.1624320>

Patelli, N., & Mandrioli, M. (2020, 2020/11/01). Blockchain technology and traceability in the agrifood industry [<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15477>]. *Journal of Food Science*, 85(11), 3670-3678.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1750-3841.15477>

Salman, T., Zolanvari, M., Erbad, A., Jain, R., & Samaka, M. (2019). Security Services Using Blockchains: A State of the Art Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(1), 858-880.

<https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2863956>

