

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

旅遊餐飲碳足跡之調查研究

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 106-2410-H-343-010-
執行期間：106年08月01日至107年07月31日
執行單位：南華大學旅遊管理學系

計畫主持人：許澤宇

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：吳惠慈
大專生-兼任助理：楊聖玄
大專生-兼任助理：李敏秀
大專生-兼任助理：王鈺慈
大專生-兼任助理：張雅晶

中華民國 107 年 10 月 18 日

中文摘要：溫室氣體減量是近來國際間所重視的問題，雖然排放的大宗來自能源與工業，然農業，林業和其他土地利用所產生之排放量仍佔第二大貢獻（24%），此一部分即與食物有關。根據2005年學者之研究，若以每一觀光人日平均吃三餐來計，一年就有750萬億餐，即便個人單日飲食所產生的碳排放不是很大，但如果按這樣的比例來算，飲食所可能產生的碳排放則不容忽視。本研究聚焦在國人國旅餐飲常見之中式合菜，進行飲食碳足跡調查。研究結果發現，台灣之中式合菜，每人每餐之碳排放量介於0.98-1.30公斤，較日常飲食高約10%-46%，唯相較英美等國之飲食型態，其碳排約僅其一半不到。此外，本研究發現，在旅遊預算愈高的情況下，除了菜色數提高外，熱量、碳排放潛量也會相對提升。中式合菜中，碳排放的主要來源來自肉品類的料理，佔菜單碳排放量的65%-80%，蔬菜/豆腐的碳排放量貢獻則小於10%。本研究亦在健康飲食熱量需求基準下，透過飲食之情境分析，建議合菜菜單可調整為葷/素比例各半或6比4，肉類料理建議多考慮採用雞鴨禽肉、魚類/海鮮或豬肉等動物性製品，對有效降低碳排當有較大助益。

中文關鍵詞：溫室氣體，碳足跡，二氧化碳排放當量，生命週期評估，排放係數，飲食型態

英文摘要：The reduction of the Green House Gas (GHG) is one of the most important issue in international. Though emissions are largely from energy and industry, emissions from agriculture, forestry and other land uses account for the second largest share (24%), the sectors are associated with dairy diet. According to the study, almost 25 billion tourist days were spent in 2005. At an average of three meals per tourist per day, this corresponds to roughly 75 billion meals per year, or just over 200 million meals per day. Therefore, we cannot neglect the fact that the diet might have the potential to produce the vast majority of GHG. The study results showed that in Taiwan, the carbon emissions per person per meal of the domestic tourist group's diet of Chinese-style group meal range from 0.98 to 1.30 kilograms, which is about 10% to 46% higher than the daily diet, and less than half of the carbon emission of the diet pattern of the United Kingdoms and the United States. In addition, the study found that the higher the tourism budget, the higher the number of dishes, the higher the calorie and carbon emission potential. In the Chinese style group meal, the main source of carbon emissions comes from meat dishes, which account for 65%-80% of the menu's carbon emissions, and the contribution to carbon emissions by vegetables/tofu's is less than 10%. This study also made recommendations to the menu through a dietary scenario and suggested the ratio of half meat/fish and half vegetables or 60% of meat/fish and 40% of vegetables. Consider using chicken, duck, poultry, fish, seafood, pork, or other

animal products for meat dishes. Consequently, it will help reduce carbon emissions efficiently.

英文關鍵詞：Greenhouse Gas, Carbon Footprint, Carbon dioxide equivalent (CO₂-e) emissions, Life Cycle Assessment, Emission Factor, Dietary Patterns

旅遊餐飲碳足跡之調查研究

1. 前言

1.1 計畫背景及目的

觀光休閒旅遊已成為現代人類生活重要之一環，旅遊業更是近年來全球發展迅速產業之一，旅遊人次與產值大幅成長。在此同時，國際上除了重視休閒旅遊，也同時關注旅遊過程對環境造成之衝擊破壞，溫室氣體的排放，則是近年頗受重視的議題(Weir, 2017)。Gössling & Peeters (2015)的評估指出，2010 年全球旅遊系統，產生了 1.12 Gt CO₂；旅遊過程所造成的二氧化碳排放當量，雖屬航空交通運輸所排放的大量溫室氣體，然根據聯合國的研究統計，溫室氣體排放結構中，有近 18%是來自於農業及畜牧業(FAO, 2006)，這顯示「食物」對於溫室效應有相當影響。除了農業及畜牧業產生大量的碳排放量外，為保存與運送食物還需增加冷凍能源與運輸等的氣體排放(Punakivi et al., 2001; Punakivi and Saranen, 2001; Punakivi and Tanskanen, 2002)。以 2005 年之統計資料來說，當年全世界幾乎就有 250 萬億旅遊人日(tourists day) (UNWTO-UNEP-WMO, 2008)，若以每一觀光人日平均吃三餐來計，一年就有 750 萬億餐，即便個人單日飲食所產生的碳排放不是很大，但如果按這樣的比例來算，飲食所可能產生的碳排放則不容忽視(Gossiling et al., 2011)。因此，為減少溫室氣體的排放，Lang and Heasman (2004)認為透過適當飲食的選擇是對抗暖化的方法之一。然即便目前國外開始探究食物里程，討論對環境友善、降低環境衝擊之低碳飲食方式，國內在這方面的經驗及認知卻嫌不足。因此若能在旅遊人次逐年攀高同時，跟上時代潮流推動低碳飲食，在國內或可成為一良性示範。此外，未來若能進一步推動餐廳菜單規劃標示碳排放當量，除了可讓消費者體認到對環境的責任外，亦希望此措施未來能引導更多的業者利用當地食材，減少過季儲放，讓消費者能吃當地、吃當令食物，以減少溫室氣體排放為責任

因此，本計畫「旅遊餐飲碳足跡之調查研究」，所進行之旅遊餐飲碳足跡調查基礎工作，所獲得之研究成果除可提供社會大眾，提升其對旅遊過程二氧化碳排放當量之認識，在揭露相關訊息後，亦能作為旅遊業追求環境永續之重要參考依據。

1.2. 計畫之重要性

飲食的改變是否對減少溫室氣體排放及大眾的健康同時有利，是近年來廣受注目的問題(Auestad and Fulgoni, 2015)。Auestad and Fulgoni (2015)認為，由於非農業部分溫室氣體的排放佔全球的大部分，因此減緩溫室氣體的排放不應該側重於飲食，改變飲食顯然沒有明顯的好處。然而，卻也有諸多學者提出相反的見解，Aleksandrowicz et al. (2015)認為：非農業溫室氣體之排放分散在幾個部門¹，然農業，林業和其他土地利用變化則是第二大貢獻者（24%），此外，吾人對於溫室氣體減量的看法，應該是沒有單一的特效藥，若每個部門都能採用減量的策略，那麼就更能減少溫室效應。Gossiling et al. (2011)指出，若以每一觀光人日平均吃三餐來計，一年就有 750 萬億餐，即便個人單日飲食所產生的碳排放不是很大，但如果按這樣的比例來算，飲食所可能產生的碳排放則不容忽視。Scarborough et al. (2014)則首先針對英國不同飲食習慣(分為肉食主義、吃魚、吃素及蛋奶素者)，

¹如排放位居首位的能源（35%）、工業(21%)，運輸(14%)和建築(6%)(Edenhofer et al., 2014)。

調查飲食對溫室氣體排放之關係。除了飲食對碳排放之重要性廣受注意外，Green et al. (2015)亦探討飲食改變下，英國之大眾健康與溫室氣體減量關係，根據其研究指出，若英國人之日常飲食能符合世界衛生組織(WHO)之健康準則，則英國人之飲食碳排放當量較現今水平可削減 17%；此外若食用較少的動物製品及更多的水果，蔬菜和穀物，溫室氣體減量甚至可達 40%。這些數據在在顯示透過旅遊過程之餐飲(菜單)之調整，對溫室氣體減量能有所貢獻。事實上近年之低碳飲食推動方法之一，是透過菜單上列出碳標籤(e.g. Nilsson, Tuncer, & Thidell, 2004)來落實。亦即餐廳將菜單重新設計，標示出其可能之二氧化碳排放當量(e.g. Filimonau & Krivcova, 2017; Filimonau, Lemmer, Marshall, & Bejjani, 2017)，藉此資訊揭露以讓消費者體認到對環境的責任。然而針對旅遊飲食所盤查之碳足跡目前在國際上尚屬少見，多數的調查仍以日常飲食為主，例如 Weber and Mathews (2008), Tukker et al. (2011), Berner-Lee et al. (2012), Vieux et al. (2012), Scarborough et al. (2014)，因此更彰顯本研究議題-「旅遊」餐飲碳足跡調查工作之重要性。

2. 文獻探討

2.1 低碳飲食

全球暖化造成氣候變遷會減損糧食的生產，威脅人類生存，但是人類也經由食物生產及消費的過程製造大量溫室氣體而影響氣候 (FAO, 2006)。2007 年國際的政府間氣候變遷研究小組(IPCC) 在第四次評估報告結論中指出：「集合近年來更多資料，氣候變遷有百分之九十的機率是因為 1750 年以來人為活動造成」。歐盟(Tukker et al., 2006)、Garnett (2011)則指出，有近 30%的溫室氣體(GHG)產生與食物相關，顯示食物生產對於全球暖化有很大的影響(Hallstrom et al., 2015)。事實上，低碳飲食目前已是全球性的關注與討論議題之一，低碳飲食起源於低碳經濟，最早低碳經濟的政府文件是英國能源白皮書 (2003)。英國政府意識到島國資源不豐富，到 2020 年有八成能源仰賴進口，加上氣候變遷危機迫在眉睫，希望發展出低耗能、低污染、低排放的經濟模式，因此衍生出一連串的低碳生活、低碳社會、低碳城市，低碳飲食等新觀念。飲食習慣的調整被視為降低碳足跡的重要步驟(Garnett, 2011)，例如跨政府氣候變遷小組的 IPCC 主席曾指出：別吃肉、多騎單車、簡約消費，便是每個人可減緩氣候變遷的方式。Haines and Dora (2012)之研究指出，低碳飲食為選擇在地、當季及對於環境友善的食材，能降低對環境的衝擊。Weber and Mathews (2008)亦認為，飲食習慣的轉變可以是一個更有效的手段來降低碳足跡，只要每週一天 (即轉移 1/7 的總熱量)，從紅色的肉類和奶製品，轉為以雞，魚，蛋，或蔬菜為主的飲食習慣，將可大幅減少溫室氣體的排放。此外，低碳飲食可促使廠商負起企業責任，提供對環境友善的食物或飲食方式，以建立健康永續的生活環境與飲食型態。Xiaowei and Xing (2010)認為，低碳飲食是指食品在生產，運輸和消費中，具有低污染、低(碳)排放、低功耗、低熱量、低脂肪，例如時令蔬菜、當地的農作物，不含溫室蔬果，沒有太多的包裝食品等。Gossling et al. (2011)則認為低碳飲食是減少購買來自於溫室蔬菜、長途航空運輸的龍蝦和進口牛肉食品，深海魚類 (如鱈魚) 和養殖性肉類、魚類及能源密集度高食品，少肉多蔬果政策，使用重複多次性包裝，使用本地生產食物並能有較長保存期限來減少食物的浪費。

2.2 碳足跡

碳足跡(Carbon Footprint)的概念最早來自英國，英國也是世界上最早執行碳足跡

制度的國家。POST(2006)定義碳足跡為製程或產品生命週期中，二氧化碳及其他溫室氣體總排放量，以產品之生產製造多少公斤之二氧化碳排放當量(Kg CO₂-e)表示，用以描述其他溫室氣體造成的全球暖化效應。Lee(2011)說明碳足跡為一種測量直接及間接活動所產生的二氧化碳總量，計算須包含其產品的完整生命週期，二氧化碳排放當量則是因為不同溫室氣體，其造成溫室效應之潛力皆不同，因此計算時須參考 IPCC 公布的全球暖化潛值(GWP)，以將溫室氣體轉換成等同於二氧化碳之排放量，稱之為二氧化碳排放當量(CO₂ equivalents, CO₂-e)，例如 CO₂ 之 GWP 值為 1，CH₄ 為 21、N₂O 則為 310，是 CO₂ 的 310 倍(IPCC, 2007)。

2.3 飲食碳足跡

目前國際上針對飲食之碳足跡調查數據仍屬有限。Weber and Mathews (2008)調查美國每戶家庭平均因飲食消費所導致之碳排放量發現，每戶家庭一年因飲食所產生之二氧化碳當量約 8.1 公噸(每戶家庭人口數平均為 2.64 人)，換言之每人每年之飲食碳排為 3.1 公噸/人-年，或每人每天之飲食碳排放量為 8.5 公斤 CO₂-e；Berner-Lee et al. (2012)以 2007 年英國食物平衡表資料，在人均熱量 3458 大卡基礎下，發現英國人每人每天之飲食排放量約為 7.4 KgCO₂e(或每人每年 2.72 公噸 CO₂-e)。Scarborough et al. (2014)以每天 2000 大卡為標準，針對英國肉食者(低度-重度)、魚類食者、素食者與全素食者，分 6 種不同飲食型態，計算其相應之碳排，結果發現排放最高者為高度肉食者，最低為全素食者，每人每日飲食溫室氣體排放量分別為 7.19KgCO₂e 與 2.89KgCO₂e。在法國的調查則顯示，法國人每人每天飲食碳排放量約為 4.17KgCO₂e (Vieux et al.,2012)，芬蘭有 3.84 Kg CO₂-e/人-天(Risku-Norja et al., 2009)；在台灣，則有許澤宇等人(2015)透過 70 份樣本去盤查國人日常家庭飲食碳足跡(0.71-0.89 KgCO₂e/人-餐)及觀光碳足跡(0.61-3.02 KgCO₂e/人-餐)，丁誌紋(2016)則在嘉義東石布袋濱海景點的餐廳進行飲食碳足跡調查，在餐標 3000 元之情況下，每人每餐之平均碳排放量是 1.12 KgCO₂e。

2.4 台灣之中式合菜

台灣在歷史發展上，經歷多段殖民統治政權(1626-1642 西班牙統治台灣西北部、1624-1662 荷蘭統治台灣西南部、1662-1895 中國政權，其中 1662-1683 是第一次中國大移民、1895-1945 日本政權統治、1945 迄今，中國各省軍民隨蔣介石政權由中國播遷來到台灣，為台灣史上第二次大移民)，因為多元民族融合，在食物的表現上自然廣納各地的特色。也因為歷史較短，所以特色依然鮮明強烈，因此台灣常見之中式合菜，其特色主要包含日本、中國等地之料理。此外由於中國的福建(閩南)離台灣地理位置較近，因此台灣早期的移民多來自此地，這也造就台灣之中式合菜可視為出自閩菜源流，此外由於受到日本菜、客家菜及粵菜的薰陶，台灣之中式合菜自成一格，發展出鮮香、清淡的特性。除了海鮮、冷盤、生食外，湯湯水水更是一大特色。料理傾向自然原味，調味不求繁複，「清、淡、鮮、醇」是台灣菜烹調的重點，不論燉、炒、蒸或水煮，都趨於清淡，且喜以沾料調味。台灣菜的清鮮美味也在所有以調味濃厚(如臺灣客家菜或粵菜)取勝的地方菜中獨樹一幟。熱天候同時也使一些帶有酸甜味且開味的菜餚出現在臺灣菜中。此外，常見之合菜是以 10 人為一桌設計。與西式料理之差異，西式料理偏好牛肉、豬肉、禽類、海鮮、新鮮蔬果、起司，烹調過程中喜愛使用橄欖等植物油、運用大量香料，以清淡前菜，如：沙拉作為開胃菜，少有旺火爆炒，重視鮮度，講究

食材原味保留，不喜過度烹調，亦有特色加工及醃製食材，如：生火腿、香腸、醃橄欖、各種起司，喜好以套餐或重點主菜方式為供餐主要形式，注重美酒搭配，講究用餐及供餐禮儀，烹調時間及用餐時間較其他料理長，調味簡單，著重天然香草與高湯，對於用餐器具也較為講究。

3. 研究方法

3.1 研究對象及代表性

本研究首先界定研究範疇，聚焦在國人國內旅遊之用餐形式，並以團體客為主要研究之對象，因此用餐型態則限縮在團體旅遊常見之中式合菜。因此在研究上，首先須先界定出具代表性之團客國旅時之中式合菜菜色。依台灣觀光局訂定之一般餐標每桌十人份（2000 元合菜，單位：新台幣）及優質餐標每桌十人份（3000 元合菜），故本研究先透過 google 搜尋引擎，以「合菜」做為關鍵字，區分台灣各縣市進行搜尋，初步篩選出全國 google 排序在第一頁之熱門餐廳做為菜單代表性之提供者。再由研究者進行初步篩選出一般餐標及優質餐標各五十張菜單，共計 100 份菜單，接著進行菜色數分析與菜、肉等料理內容物分析。在菜色分析中發現，一般餐標以八道(35%)以及九道菜(40%)出現的比例最高。優質餐標以九道(40%)以及十道菜(30%)之比例最高。因此選用菜色數占比較高(一般餐標每桌 8-9 道菜，優質餐標為 9-10 道菜)，作為篩選原則，將 100 份菜單縮減成 40 份常態菜單，在扣除一些語意相同、使用原料、料理手法雷同的菜名，整理出共計大約 130 道菜品。研究者再將 130 道菜品進行重組，組出一般餐標及優質餐標各 10 份菜單，作為候選之代表性菜單。至於各菜單食材之選用及配比組成，本研究參考台灣勞動部勞動力資源發展署(2016)之中餐烹調技術士檢定公告食材重量數據做為基準；至於料理過程燃料使用時間，則依據國家中餐烹調技能檢定之規定，勞動部職訓 e 網通（2011）中的中餐烹調教學標準示範做為參考。接著再以德爾菲法，透過專家意見，針對前述候選之代表性菜單進行審核，以產生具代表性之菜單、食材配比組成及燃料使用量。本研究之專家組成有二，其一為擅長料理合菜之業界專家，包含連鎖餐廳或台菜海鮮餐廳之主廚、副主廚，資歷介於 15~30 年，共計五人(編碼 A1~A5)，主要審核菜單樣式及食材原料、配比之合理性；其二則為旅行社專職國內旅遊帶團之導遊共三人(以 B1~B3 編碼)，其資歷為 12~35 年不等，負責審核菜單樣式之合理性。在經過幾個回合的文件往來後，獲得一般餐標(2000 元)及優質餐標(3000 元)各 10 份具代表性菜單樣式及其料理所需之食材(含重量)、燃料消耗數據，以此 20 份代表性菜單做為本研究之國民旅遊團客之合菜研究對象。

3.2 系統邊界

建立系統邊界(system boundary)是以決定產品碳足跡評估包含哪些單元過程，本研究在國旅團客合菜飲食之碳排放量計算評估之範圍係包括從搖籃到墳墓(cradle-to-grave)，亦即從產地生產、運輸、包裝、儲放、棄置等各階段，此外亦涵蓋料理製程之燃料消耗。

3.3 飲食碳排放計算

由系統邊界可知，飲食之碳排放當量計算，包含食材從搖籃到墳墓各階段，且須涵蓋料理之能源耗用。Weber and Matthews (2008) 從 LCA 觀點，分析美國之飲食碳排，發現飲食 GHG 排放，主要來自於食材的生產(83%)，其餘才是運輸、

儲藏、棄置等，此外，即便是購買當地產品，GHG 最多減量 4%-5%。由於目前所能掌握確切的數據是不同活動單元之排放係數(例如生產、運輸)，及料理時所需之食材量，唯每樣食材之運送距離或棄置比例變異較大，因此，為簡化計算過程中所可能導致之不確定性，本研究引用 Weber and Matthews (2008)之見解，透過計算食材生產過程之碳排放量，再將此值除以 0.83，以換算得到食材從生產、運輸到棄置之碳排放總量；接著，再把料理製程所耗用之燃料加上來，如此才可推算完整一道菜的總碳排放量。列式如下：

每一菜色碳排放總量=(食材生產的碳排放量/0.83)+燃料使用的碳排放量

其中，食材生產的碳排放量=食材重量×食材生產的碳排放係數；燃料使用的碳排放量=燃料使用之時間(分鐘)×燃料使用的碳排放係數。

式中食材生產之排放係數(emission factors)代表每單位(公斤)生產所能產生之 CO₂-e，以公斤表示；而能源計算方式，由於中式料理多採用 LPG 作為燃料，Pathak et al. (2010), Thomas et al. (2000)指出 LPG 之排放係數為 2.95 kg CO₂-e/kg LPG，LPG 消耗率為 0.13 kg/hr (Pantangi et al., 2007)，因此可換算得到每分鐘 LPG 之耗用，GHG 排放為 0.0064 kg CO₂-e/min。由上述公式可知，食材之碳排放係數選用顯得重要，然由於目前國際上在食材之碳排放係數並未有一全面性之整理，資料皆散居在不同之資料庫或文獻，因此本研究碳排放係數主要參考英、美或歐盟組織之技術報告、或台灣產品碳足跡資訊網，及相關之期刊論文，此外計算中如果是水、小量調味料及配色的菜和鹽則因為使用份量少不列入計算範圍。

4. 研究結果與分析

4.1 代表性菜單之碳排放計算分析

經過計算，我們獲得 20 份代表性菜單之碳排放量(表 1)。由餐標分析可知，一般餐標之碳排放量介於 6.33-16.13，平均碳排放量為 9.76 (kgCO₂-e/餐-10 人)；優質餐標之碳排放量介於 7.89-18.94，平均碳排放量 12.96 (kgCO₂-e/餐-10 人)。優質餐標的平均碳排放量，相較標準餐標約多出 33%；就每人每餐之飲食碳排放量來看，在台灣，國民旅遊每人每餐之平均碳排放量介於 0.98-1.30 kgCO₂-e/人-餐。進一步分析各樣本之碳排放量來源可發現，碳排放量相對較高者，原因之一是該菜單樣本中，碳排放量貢獻主要來自於肉類，例如樣本 5，肉類碳排占總碳排 76%；或烹調食材方式的不同，例如樣本 15 之冰糖烤方(烤豬五花)，烹調時間 90 分鐘，是其他快炒類的 10-18 倍之多。

進一步將各菜單之菜色組成，區分為肉品類(包括牛、豬、禽類、魚/海鮮)、蔬菜豆腐類及其他類(包含湯品、肉與菜混和的料理)，結果發現，超過 9 成的菜單，肉品類的料理，貢獻的碳排放量佔該菜單的 65%-80%，蔬菜/豆腐的碳排放量貢獻則小於 10%，另外的 15%-30%則為湯品或菜/肉混和料理。

由於肉品類的料理是中式合菜最大的碳排放來源，因此進一步分析中式合菜料理中肉品類型的選擇，結果發現，每份菜單均會出現豬肉(100%)、雞、鴨禽類(100%)，至於魚/海鮮類食材的選用佔 80%，牛肉料理則佔 30%；這些不同種類肉品佔各菜單肉類碳排比例如圖 2。進一步來說，平均一張菜單肉類食材，豬肉碳排佔 20%-66%，禽類碳排 10-52% (半數集中於 20%-30%)，魚肉/海鮮料理碳排 14%-50% (半數集中於 14%-22%)，牛肉料理碳排 38%-41%。由於牛肉在中式合菜中並非每張菜單都會出現，但只要有牛肉食材，則為碳排之最大來源；扣除牛肉後，中式合菜肉品料理之碳排，主要為豬肉料理構成。

表 1 團客國民旅遊時中式合菜之碳排放當量

一般餐標(2000 元桌菜)			優質餐標(3000 元桌菜)		
代表樣 本編號	每桌碳排放量 kgCO ₂ e/桌(10 人)-餐	kgCO ₂ e/人-餐	代表樣 本編號	每桌碳排放量 kgCO ₂ e/桌(10 人)-餐	kgCO ₂ e/人- 餐
樣本 1	6.33	0.63	樣本 11	12.74	1.27
樣本 2	10.7	1.07	樣本 12	10.35	1.04
樣本 3	9.04	0.90	樣本 13	10.88	1.09
樣本 4	9.92	0.99	樣本 14	7.89	0.79
樣本 5	16.13	1.61	樣本 15	18.94	1.90
樣本 6	8.28	0.83	樣本 16	14.11	1.41
樣本 7	7.13	0.71	樣本 17	10.07	1.01
樣本 8	9.26	0.93	樣本 18	15.22	1.52
樣本 9	8.71	0.87	樣本 19	12.63	1.26
樣本 10	12.06	1.21	樣本 20	16.78	1.68
平均	9.76	0.98	平均	12.96	1.30

4.2 食材類別對碳排放量之貢獻

以下將各代表樣本中各道菜品重新分類統計，依主要使用的食材分成 8 個類別，分別為豬肉、家禽、牛肉、海鮮、蔬菜、豆腐、湯品及其他(表 2)。其目的是想了解在中式合菜中，不同之食材類別，在不同之料理方式之下，平均來說，具何種程度碳排放量貢獻?研究結果發現，一道(盤)10 人份的牛肉料理碳排放量為 4.18 kgCO₂-e，豬肉 1.71 kgCO₂-e，海鮮 1.60 kgCO₂-e，家禽 1.25 kgCO₂-e，湯品 1.08 kgCO₂-e，豆腐 0.69 kgCO₂-e，蔬菜 0.27 kgCO₂-e。每一道牛肉料理之碳排是豬肉的 250%，家禽碳排是豬肉的 76%，最低為蔬菜，其碳排只佔豬肉的 18%；值得一提的是，豆腐、湯品的碳排分別較蔬菜高 2.3-3.6 倍。

表 2 不同之食材類別平均碳排貢獻量

類別	豬肉	家禽	牛肉	海鮮	蔬菜	豆腐	湯品	其他
kgCO ₂ -e/餐-10 人	1.71	1.25	4.18	1.60	0.27	0.69	1.08	0.81
kgCO ₂ -e/餐-人	0.17	0.13	0.42	0.16	0.03	0.07	0.11	0.08

Note:本表統計不同食材類別，在不同料理方式下，各別食材類別之平均碳排放量。以豬肉為例，從 10 道豬肉料理統計出，每人每餐豬肉料理之平均碳排放量是 0.17 kgCO₂-e

4.3 食材料理方式對碳排放量之貢獻

台灣之食材料理，除大火快炒外，也喜好用燉(滷)、蒸、水煮、或烤的方式進行，不同的料理方式，除了造就多元口感外，對碳排放量的影響，主要來自烹調時間的長短之燃料使用差異。以豬肉為例(表 3)，大火快炒(如蔥爆後腿肉、黑胡椒豬柳)、水煮(如蒜泥白肉)、油炸(如客家炸肥腸)之碳排相對較低，每盤 10

人份的餐點平均介於 0.67-0.93 (kgCO₂-e/餐-10 人)；燉(滷)居次，如茶梅燉控肉(1.47)、東坡三層肉(1.64)、梅干扣肉(1.88)，最高則為需要深度燉煮，如招牌老滷豬腳(2.3)、紅燒蹄膀(3.38)及烤的料理方式，如冰糖烤方(3.38)。燃料之使用差異可達近 20 倍之多。

表 3 不同料理方式之碳排放量，以豬肉為例

類別	菜名	碳排放量	
		kgCO ₂ -e/餐-10 人	kgCO ₂ -e/餐-人
豬肉類	蔥爆後腿肉	0.67	0.07
	梅干扣肉	1.88	0.19
	東坡三層肉	1.64	0.16
	薑絲炒大腸	1.23	0.12
	招牌老滷豬腳	2.3	0.23
	客家炸肥腸	0.83	0.08
	冰糖烤方	3.38	0.34
	蒜泥白肉	0.93	0.09
	茶梅燉控肉	1.47	0.15
	紅燒蹄膀	3.38	0.34
	黑胡椒豬柳	0.72	0.07
	蜜橙排骨	2.13	0.21

5. 討論與管理意涵

5.1 台灣之國民旅遊團餐相較英美等國而言低碳

由前述結果可知，在台灣，旅遊餐飲之團膳，一般餐標每人每餐平均碳排為 0.98 kgCO₂-e/餐-人，優質餐標 1.3 kgCO₂-e/餐-人，此數值略高於許澤宇等人 (2015)所做台灣日常飲食之調查(0.71-0.89)；不過與丁誌紋 (2016)以個案研究，於台灣西部濱海風景區之嘉義縣東石鄉所做的海鮮餐廳(每桌3000元)碳排放量調查雷同(1.12 kgCO₂-e/餐-人)。相較於英、美等國之數據，台灣之飲食碳排放量(不論是日常或是旅遊)相對為低，例如Weber and Mathews (2008)調查美国家庭日常飲食之碳排放量，若以一天三餐換算，每人每餐碳排為 2.83 kgCO₂-e/餐-人；Scarborough et al. (2014)在每日人均熱量2000大卡基礎下，區分6種不同飲食型態，發現英國人每人每日飲食碳排介於 2.89KgCO₂-e 至 7.19 KgCO₂-e。事實上，台灣旅遊之飲食碳排程度是比較接近法國(1.39 kg CO₂-e/餐-人) (Vieux et al., 2012)與芬蘭(1.27 kg CO₂-e/餐-人)(Risku-Norja et al., 2009)之飲食碳排水準。

5.2 飲食習慣的調整是降低飲食碳足跡的重要步驟

由研究結果發現，台灣觀光之飲食型態相較英美等國GHG排放較低，事實上，很大的一個原因是台灣在團膳中式合菜之菜色中40%-60%的比例是以蔬菜、豆腐等所組成，即使是所選用之肉品，所選用以豬肉(100%)、雞、鴨禽類(100%)，及魚肉/海鮮(80%)為主，較少使用到牛/羊肉(30%)。Hamerschlag (2011)指出，餐飲之碳排放來源主要是肉類、乳製品及海鮮之消耗，若就LCA從搖籃到墳墓的觀點來看，生產過程佔總碳排放量之比例分別是牛肉(90%)、豬肉(69%)、鮭魚(72%)，

就牛肉和乳製品的情況，高碳排除了由於反芻動物的消化及排泄高GHG潛勢之甲烷(CH₄)外，由飼料所產生之一氧化二氮(nitrous oxide)亦是具高溫室氣體潛勢。相反的，雞肉在其生產過程，溫室氣體之排放則遠低於牛/豬等肉類。此外，紅肉相較於其他肉類，屬於高強度之GHG (red meat is more GHG-intensive than all other forms of food)；若以熱量來看，每大卡之紅肉其碳排量甚至可高達10.8 g CO₂e/Kcal (Weber and Mathews, 2008)，然在本研究中，即便是較高碳排放量之白肉，紅燒蹄膀，換算後僅1.2 g CO₂e/Kcal。因此台灣合菜的組成及飲食習慣，相較英、美而言具低碳飲食之潛力。

事實上，近年飲食習慣的調整已被視為是降低碳足跡的重要步驟。Berner-Lee et al. (2012) 曾以2009年英國每人每天平均食物熱量 3458 kcal 為基礎，以六種不同素食情境進行模擬，結果發現在少肉之不同素食情境(Vegetarian scenarios -undiscriminating vegan scenario)，飲食碳排放量能降低18%至31%的CO₂e。Scarborough et al. (2014) 則認為飲食需考慮健康飲食標準，建議英國成年人每天平均食物熱量為2000 kcal，在其飲食情境模擬下，分類高中低度肉食者(每天肉類攝取量分別為高於100g、50-99g 及低於50g)、魚類食者、素食者與全素者，結果發現肉食者的CO₂-e約為全素者的兩倍，降低肉食消耗絕對能降低GHG排放量。Hallstrom et al. (2015) 假設飲食情境分別為健康、全素、素食飲食、奶製品替代部份肉類、植物性食物替代部份肉類、混合食物替代部份肉類、豬肉及家禽類替代反芻肉類及均衡能量攝取等八種，透過多種豐富飲食改變，降低高達50%-60% GHG排放量，其中全素與素食飲食每年每人更降低760kg CO₂-e 及540kg CO₂-e。由此可知，透過飲食情境模擬，進一步能調整飲食習慣，有助於溫室氣體減量。

6. 結論

本研究發現，在台灣，國民旅遊團膳之中式合菜飲食型態，每人每餐之碳排放量介於0.98-1.30公斤，較日常飲食高約10%-46%，唯相較英美等國之飲食型態，其碳排約僅其一半不到。此外，本研究發現，在旅遊預算愈高的情況下，除了菜色數提高外，熱量、碳排放潛量也會相對提升。中式合菜中，碳排放的主要來源來自肉品類的料理，佔菜單碳排放量的65%-80%，蔬菜/豆腐的碳排放量貢獻則小於10%。本研究亦透過飲食之情境分析，提出菜單建議，建議葷/素比例各半或6比4，肉類料理建議多考慮採用雞鴨禽肉、魚類/海鮮或豬肉等動物性製品，對有效降低碳排當有較大助益。此外，台灣中式料理之烹煮方式之一，大火快炒，除保持食材鮮味外，燃料消耗較少，亦對GHG降低有幫助。如同 Aleksandrowicz et al. (2015)所說，永續飲食型態，是緩解全球氣候變遷的處方之一。

References

1. 勞動部勞動力資源發展署 (2016)。中餐烹調技術士檢定，取自 http://www.wun-ching.com.tw/img/Books_files/HT38-9789864300532-trial.pdf
2. 勞動部職訓 e 網通 (2011)。中餐烹調教學標準示範，取自 <https://www.youtube.com/watch?v=WXv6YezNdPM>
3. 許澤宇、王妹丹、楊惠玲(2015)。觀光與日常飲食碳足跡探討，環境與管理研究 16 (2): 51-68。
4. 丁誌紋(2016)。濱海遊憩區餐廳之碳足跡初探計畫期末報告。台灣交通部觀光局雲嘉南濱海國家風景區管理處。
5. Aleksandrowicz, L., Haines, A., and Green, R. (2015). Sustainable diet studies show co-benefits for greenhouse gas emissions and public health. *Advances in Nutrition*. 6, 282-283.
6. Auestad, N., & Fulgoni, V.L. (2015). What current literature tells us about sustainable diets: emerging research linking dietary patterns, environmental sustainability, and economics. *Advances in Nutrition*, 6(1), 19-36.
7. Berners-Lee, M., Hoolohan, C., Cammack, H., & Hewit, C. (2012). The relative greenhouse gas impacts of realistic dietary choices. *Energy Policy*, 43, 184-190.
8. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., Stechow, C., von Zwickel, T., & Minx, J. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
9. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2006). *Livestock a Major Threat to the Environment: Remedies Urgently Needed*. Available: <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2006/1000448/index.html> (2018/06/15 download available)
10. Filimonau, V., & Krivcova, M. (2017). Restaurant menu design and more responsible consumer food choice: An exploratory study of managerial perceptions. *Journal of Cleaner Production*. 143, 516 - 527.
11. Filimonau, V., Lemmer, C., Marshall, D., & Bejjani, G. (2017). Restaurant menu re-design as a facilitator of more responsible consumer choice: An exploratory and preliminary study. *Journal of Hospitality and Tourism Management*. 33, 73-81.
12. Garnett, T. (2011). Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy*. 36, S23-S32.
13. Gössling, S., Garrod, B., Aall, C., Hille, J., & Peeters, P. (2011). Food management in tourism: reducing tourism's carbon "foodprint". *Tourism Management*. 32(3), 534-543.
14. Gössling, S., & Peeters, P. (2015) Assessing tourism's global environmental impact 1900-2050, *Journal of Sustainable Tourism*, 23(5), 639-659.
15. Green, R., Milner, J., Dangour, A.D., Haines, A., Chalabi, Z., Markandya, A., Spadaro, J., Wilkinson, P. (2015). The potential to reduce greenhouse gas emissions in the UK through healthy and realistic dietary change. *Climate Change*. 129, 253-265.
16. Hallstrom, E., Carlsson-Kanyama, A., & Borjesson, P. (2015). Environmental impact of dietary change: a systematic review. *Journal of Cleaner Production*. 91, 1-11.
17. Hamerschlag, K. (2011). *Meat Eater's Guide: To Climate Change + Health*. Environmental working group. https://static.ewg.org/reports/2011/meateaters/pdf/report_ewg_meat_eaters_guide_to_health_and_climate_2011.pdf.
18. Haines, A., & Dora, C. (2012). How the low carbon economy can improve health. *BMJ*. 344, e1018. doi: 10.1136/bmj.e1018
19. IPCC (2007). *IPCC 4th Assessment Report, Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers*.
20. Lang T. & Heasman, M. (2004). *Food Wars: the Global Battle for Mouths, Minds and Markets*. Routledge Earthscan Publications.
21. Lee, K. H. (2011). Integrating carbon footprint into supply chain management: the case of Hyundai Motor Company (HMC) in the automobile industry. *Journal of Cleaner Production*. 19(11), 216-223.
22. Nilsson, H., Tuncer, B., & Thidell, A. (2004) The use of eco-labeling like initiatives on food products to promote quality insurance—is there enough credibility? *Journal of Cleaner Production* 12(5), 517-526.

23. Pathak, H., Jain, N., Bhatia, A., Patel, J., & Aggarwal, P.K. (2010). Carbon footprints of Indian food items. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 139, 66–73.
24. Pantangi, V.K., Karuna Kumar, A.S.S.R., Mishra, S.C., Sahoo, N. (2007). Performance analysis of domestic LPG cooking stove with porous media. *International Energy Journal*. 8(2), 139–144.
25. POST (Parliamentary Office of Science and Technology) (2006). Carbon footprint of electricity generation. POST note 268, Parliamentary Office of Science and Technology, London, UK. Retrieved May, 22, 2017, from <http://www.parliament.uk/documents/upload/postpn268.pdf>
26. Punakivi, M., Yrjölä, H., & Holmström, J. (2001). Solving the last mile issue: reception box or delivery box. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. 31(6), 427-439.
27. Punakivi, M., & Saranen, J. (2001). Identifying the success factors in e-grocery home delivery. *International Journal of Retail and Distribution Management*. 29(4), 156-163.
28. Punakivi, M., & Tanskanen, K., (2002). Increasing the cost efficiency of e-fulfilment using shared reception boxes. *International Journal of Retail and Distribution Management*. 30(10), 498-507.
29. Risku-Norja, H., Kurppa, S., Helenius, J. (2009). Dietary choices and greenhouse gas emissions e assessment of impact of vegetarian and organic options at national scale. *Progress in Industrial Ecology*. 6, 340-354.
30. Scarborough, P., Appleby, P., Mizdrak, A., Briggs, A., & Travis, R. Bradbury, K., & Key, T. (2014). Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. *Climate Change*. 125(2), 179 – 192.
31. Thomas, C., Tennant, T., Rolls, J. (2000). The GHG Indicator: UNEP Guidelines for calculating greenhouse gas emission for businesses and non-commercial organizations. In: *Creating a Standard for Corporate CO2 Indicator*, pp. 1–61.
32. Tukker, A., Huppes, G., Guinee, J., Heijungs, R., de Koning, A., van Oers, L., Suh, S., Geerken, T., Van Holderbeke, M., Jansen, B. (2006), *Environmental Impact of Products (EIPRO): Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25 Main report*. European Commission Joint Research Centre. http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf
33. Tukker, A., Goldbohm, R.A., de Koning, A., Verheijden, M., Kleijn, R., Wolf, O., Perez-Dominguez, I., Rueda-Cantuche, J.M. (2011). Environmental impacts of changes to healthier diets in Europe. *Ecological Economics*. 70, 1776-1788.
34. UNWTO-UNEP-WMO (2008). *Climate change and tourism: Responding to global challenges*. Madrid: UNWTO, UNEP & WMO.
35. Vieux, F., Darmon, N., Touazi, D., Soler, L.G. (2012). Greenhouse gas emissions of selfselected individual diets in France: changing the diet structure or consuming less? *Ecological Economics*. 75, 91-101.
36. Weber, C., & Matthews, H. (2008). Food-miles and the relative climate impacts of food choices in the United States. *Environmental Science & Technology*. 42(10), 3508-3513.
37. Weir, B. (2017). Climate change and tourism – are we forgetting lessons from the past? *Journal of Hospitality and Tourism Management*. 32, 108-114.
38. Xiaowei, Y., & Xing, J. (2010). Low-carbon economy and low-carbon food. *Energy Procedia*. 5, 1099–1103.

106年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：許澤宇			計畫編號：106-2410-H-343-010-			
計畫名稱：旅遊餐飲碳足跡之調查研究						
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)	
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇	
		研討會論文		0		
		專書		0	本	
		專書論文		0	章	
		技術報告		0	篇	
		其他		0	篇	
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件
				已獲得	0	
			新型/設計專利		0	
		商標權		0		
		營業秘密		0		
		積體電路電路布局權		0		
		著作權		0		
		品種權		0		
		其他		0		
	技術移轉	件數		0	件	
		收入		0	千元	
	國外	學術性論文	期刊論文		0	篇
			研討會論文		0	
			專書		0	本
專書論文			0	章		
技術報告			0	篇		
其他			0	篇		
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件
				已獲得	0	
			新型/設計專利		0	
		商標權		0		
		營業秘密		0		
		積體電路電路布局權		0		
		著作權		0		
		品種權		0		
其他		0				

	技術移轉	件數	0	件	
		收入	0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	4	人次	*學生已擁有相當豐富的旅遊知識，所欠缺的只是對環境相關議題以及政策之形成背景與原因不夠了解。因此，在實地訪談、調查，並進行飲食之溫室氣體排放潛勢計算過程，讓學生走入實務界，培養其獨立解決問題的能力。 *訓練學生發掘問題、分析問題、並解決問題的能力。研究過程能養成學生客觀、敏銳的觀察力，以及培養其具系統性、層次性的解析及整合能力。換言之，如何從實務的接觸中，引發學生發掘問題的能力與解決問題的能力。
		碩士生	1		*學生已擁有相當豐富的旅遊知識，所欠缺的只是對環境相關議題以及政策之形成背景與原因不夠了解。因此，在實地訪談、調查，並進行飲食之溫室氣體排放潛勢計算過程，讓學生走入實務界，培養其獨立解決問題的能力。 *訓練學生發掘問題、分析問題、並解決問題的能力。研究過程能養成學生客觀、敏銳的觀察力，以及培養其具系統性、層次性的解析及整合能力。換言之，如何從實務的接觸中，引發學生發掘問題的能力與解決問題的能力。
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
		非本國籍	大專生		0
	碩士生	0			
	博士生	0			
	博士後研究員	0			
	專任助理	0			
	其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)				

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以100字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形（請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊）

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以200字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以500字為限）

學術研究、國家發展及其他應用方面之貢獻

溫室氣體減量已成為國際間注目焦點，過去多將重點放在工業、電力、交通等之溫室氣體減量，本計畫從觀光角度切入，調查旅遊飲食內涵其對溫室氣體之貢獻，遽以作為未來觀光飲食管理之用。本計畫從國旅市場切入，聚焦在團體客常見之中式合菜，透過本研究可了解在旅遊過程，中式合菜此一飲食型態與溫室氣體之關聯性，此一數據可作為未來管理及推動低碳飲食之用；此外，透過飲食內涵與二氧化碳排放潛勢關係，可提出符合時代潮流之永續環境飲食內涵。再者，本研究蒐集飲食碳排放係數資料，事實上，目前國內尚未有此方面詳盡之官方資料提供，此一研究除了可廣泛蒐集國外食材(物)之碳排放係數外，另對於國外所沒有之國內飲食菜系，提供一拋磚引玉之效果，提出問題以邀請更多專家學者投入。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關行政院環境保護署，交通部，

(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)

本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

說明：(以150字為限)

吃飯做環保。旅遊飲食可透過調整菜單食材內容，對溫室氣體減量有極大貢獻。建議中式合菜可控制在每人每餐大約在1 kgCO₂-e左右水準，如此，相較英美等國飲食型態，二氧化碳年減量達72600公噸，約等同於每年需植樹3600公頃或植樹720萬顆所獲得之碳補償。