

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

[illegible]計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2621-Z-002-071-

執行期間：89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

整合型計劃：總計劃主持人：吳瑞碧 教授

子計劃主持人：吳瑞碧 教授

計畫參與人員：

博士後研究：王峻禧

研究生兼研究助理：彭志輝、廖珮如

執行單位：國立台灣大學農學院食品科技研究所

中 華 民 國 九 十 年 十 月 三 十 日

摘 要

本計畫為「果蔬汁產品綠色度之研究」三年計畫第二年總計畫「果蔬汁產品生命週期之評估及綠色度之改善」之中的一個子計畫。本子計畫擬承續去年度之工作，以柳橙汁、芭樂汁、楊桃汁及番茄汁為對象，根據生命週期評估法，試行將果蔬汁之生命週期分為原料輸入、包裝材料、製造加工、分配運輸、消費與廢棄物管理六個階段。利用電腦軟體根據去年計畫整合之結果(包括果蔬汁生命週期中物質流與能源利用等盤查資料)完成衝擊評估，再根據衝擊評估之關鍵點制定加工衝擊指數、濃度衝擊指數、原料衝擊指數、運輸衝擊指數、包材衝擊指數、廢棄物衝擊指數等六個指數，彙整後可計算出果蔬汁產品之生產衝擊指數，經轉換後可獲得生產階段之生產綠色度指標。果蔬汁在銷售階段時則會產生消費衝擊指數，這個指數隨著時間的增加而增加，並造成消費階段之綠色耗損。最後，產品的綠色度可藉由生產綠色指標減去消費階段之綠色耗損而達到量化的目的。

關鍵字：果蔬汁、綠色食品、生命週期、衝擊評估。

ABSTRACT

This project is a sub-project of the second-year part “Life Cycle Assessment and Greenness Improvement in Fruit and Vegetable Juices” in a three-year umbrella project entitled “Greenness in Fruit and Vegetable Juice Products”. As a continuation of the work done in last year, this project takes orange juice, guava juice, carambola juice, and tomato juice as the objects. The life cycle of these juices is divided into six stages, namely, receiving of raw materials, making of packaging materials, processing, distribution, consumption, and waste disposal for life cycle assessment. The impact assessment is done by existing software based on the data collected by last year’s projects, mainly the one entitled “Mass Flow and Energy Utilization in the Life Cycle of Fruit and Vegetable Juice Products”. The hot-spots are identified and the relevant impact indices in processing, product concentration, raw material, transportation, packaging, and waste treatment are calculated. Based on these indices, the impact index for the production of juice products is evaluated and then transformed to the greenness in production. An impact index for juice consumption occurs in sales stage. It increases with time, and results in the reduction in greenness. Finally, the greenness of juice products is proposed that deducts the reduction in greenness during consumption from the greenness index in production.

Keywords: juice, green food, life cycle assessment, impact assessment.

緣 起

食物鏈的永續循環，使大自然得以生生不息。但是隨著文明的發展，人類物質生活水準提高，食品對我們而言，遂不單只在食物鏈中扮演角色而已。有休閒效用、能招徠消費者、耐貯藏、具便利性等等新的要求使得食品製程複雜化，造成資源浪費及環境污染，終至影響大自然生態平衡。雖然食品科技研究人員已在積極經由有機栽培、生物工程、包裝材料的改進與省能源、低污染之技術與製程的研發等來改善這個情況，但只有喚起全民在食品整個生命週期包括產品設計、生產、包裝、行銷與消費等階段的綠色(環保)觀，使消費者積極選用綠色程度較高的食品，才能維持資源永續與環境永存。本計畫之動機亦即在此。

一. 文獻回顧

工業革命以來，人類大量開發化石能源以改善自身之生活，但卻也產生負面效應，威脅人類的生存環境。健康的生存環境應同時具有提供人類活動所需之能源和物質，以及接受並消解人類活動所釋放之廢熱、廢棄物的雙重功能。當這兩項功能維持適當平衡時，人類的活動方能永續進行。永續發展(sustainable development)即是「符合當代需要的發展，但不損及後代追求其本身需要的能力」的觀念(徐，1993)，亦是在經濟成長條件下妥善利用環境資源的一門藝術。面對21世紀，企業所面臨的問題是如何在保護環境的先決條件下，建立及遵循新的經濟遊戲規則(黃，1992)，而綠色商品就是21世紀商業行為中的共通訴求。綠色產品以減少物質與能源的浪費為主要考量，就是在產品、包裝、製程與行銷等四方面均符合環保原則，才可稱為綠色產品(Shi and Kane, 1996)。環保署(1994)則將綠色產品定義為產品於原料的取得、產品的製造、銷售、使用、廢棄物處理過程中，能夠具有「可回收、低污染、省資源」等功能或理念之產品。因此在研發綠色產品時必須牢記四個原則：一、以關懷環境、尊重萬物生命為前提，不以動物作實驗，不對保育動物造成傷害；二、耗用最低能源，減少整個產品生命週期中資源的浪費；三、對環境污染減至最低，製程中，不產生有毒物質；四、可回收與重覆使用，將

產品設計成可重覆使用或使用後方便拆裝分類回收，使資源可再生利用。換言之，產品的整個製程從「搖籃(cradle)(產品設計)到墳墓(grave)(廢棄物處理)」都必須具有綠色觀(Simon, 1992)。

綜觀台灣食品業永續發展方面的進度，環保問題雖然已經受到重視，但根據安(1994)針對國內食品 GMP 認證廠的環境管理評估，發現廠中最積極執行環保活動的都屬於生產部門，而能落實的部分大多是 GMP 所規範的內容。最不被積極執行的項目都屬於非生產部門所主管，特別是牽涉到部門間之整合者。由此可看出國內廠商的環境管理是驗證式的執行而非自發性之落實。食品綠色度的評估方法目前尚無人提出，雖有文獻提及綠色產品的開發，但大部分內容在於原則、理論或構想的提出而已。生命週期評估(Life Cycle Assessment)是目前評估綠色觀最為熱門的技術，1997 年公佈的 ISO14040(ISO, 1997)便是規範生命週期評估的環境管理標準。企業落實生命週期概念除可達到永續發展的目的之外，更可達到降低成本、減少管理阻礙以及提昇競爭力的效果(Fava and Consoli, 1996)。企業界追求綠色產品的努力還在起步階段，而且偏重製程某一階段環境污染之預防或廢棄物回收等一、兩個點。雖曾有文獻針對生命週期做全盤考慮，如 Andersson 等人(1998)所作蕃茄醬產品的生命週期盤查分析與衝擊評估，以及 Andersson and

Ohlsson(1999)比較以不同來源之原料來生產番茄醬時對環境的衝擊，並藉由操作條件的改變，達到環境改善的目的。這些文獻的探討重點僅限於個別工廠的個案評估，未及訂定可以通用於各廠之綠色度，而且評估時需要龐大的數據。國外雖然在生命週期評估的方法已經建立不少盤查資料庫，也發展了相當多的相關軟體，但是資料範圍仍不夠廣，而且各國條件不同，國外資料庫不見得適用於我國。環保署廢管處在85年起委由經濟部技術處推動，由工研院初步完成生命週期評估軟體的開發與資料的蒐集，但是資料的範圍著重於基礎設施，例如發電廠、車輛、焚化爐等。至於其他如農產品與食品等資料，則因複雜性過高蒐集不易而短缺。

食品屬於生物性材料，生物性的廢棄物在加工過程中被移除，加工產品經包裝後得以貯存並於市場上販售。這些加工食品在消費後只剩包裝容器，因此食品在整個生命週期中的物質流並非相當複雜，但是相同的原料卻會因製程技術的不同，得到不同的產品，也造成不同量的資源消耗，因而增加資料庫的複雜性。這些產品的生命週期主要有原料利用率、機械設備、包材以及能源消耗等之差異。若能將相同原料所製造的產品，根據製程找出相關的關鍵點並加以歸納，依關鍵點設定相關管制項目，並將各個管制項目予以量化，則除了使業者在管理各自工廠及設計綠色產品時有規則可循之外，也

方便資料庫之建立以及廠與廠之間相互比較之進行與相關機構綠色標章制度之推動。

1998 年內，國內果蔬汁飲料業總產值超過六十億元(台灣區果蔬汁公會，1999)，而且我國果蔬汁產品來源單純，國家標準齊全，加工過程也相當合理化，消費後又只剩包裝容器，可為開始研究綠色食品的好對象。國內果蔬汁一年的消費量約有兩億三千多萬公升，其中以柳橙汁最多，依次是蘆筍汁、芭樂汁、楊桃汁等(台灣區果蔬汁公會，1999)。雖然蘆筍汁之消費量位居第二，但是國內蘆筍產量逐年下降，大多原料來自進口，因此不列入研究對象。番茄汁雖然消耗量不是很高，但多由國產原料製成，且其製程頗能代表蔬菜汁，所以值得作為研究對象之一。因此本整合型計畫將以柳橙汁、芭樂汁、楊桃汁及番茄汁作為模式產品，以探討量化果蔬汁綠色度的方法。

(一). 果蔬汁的加工

1. 果蔬汁之原料

國內柳橙、芭樂、楊桃與番茄的種植面積與產量如表一。柳橙最大產區為台南縣，生產季節集中在 12 到 2 月。芭樂最大產區在高雄縣，生產季節集中在 4 到 10 月。楊桃最大產區是台南縣，生產季節集中在 7 到 9 月。番茄最大產區也是台南縣，生產季節集中在 11 到 4 月。國

內生產的柳橙與番茄原料不足以供應國內飲料市場的需求，因此每年仍從國外進口相當數量的原汁。進口來源以巴西與美國為主(表二)，進口的原汁有常溫濃縮與冷凍濃縮兩大類，由於冷凍濃縮的品質較佳，因此占有較多數的進口比例。巴西之平均運送距離為 20,700 公里，美國則為 10,400 公里。

2. 果蔬汁的製程與包裝

典型的果蔬汁加工方式有熱充填、冷藏、無菌加工這三種。熱充填是高酸性果蔬汁經過殺菌後，在高溫的條件下充填包裝並利用餘熱殺菌包裝容器的內表面。熱充填之包裝容器，如鐵鋁罐、玻璃瓶與 PET 塑膠瓶等，必須能夠承受高溫。冷藏加工則是將果蔬汁施予輕度殺菌並隨即降溫以降低熱對品質的破壞，然後充填包裝。由於包裝容器不像熱充填一樣經由餘溫殺菌，因此必須在冷藏保存，保存期限不長。冷藏果蔬汁之包裝容器不需要太堅固也不需要耐熱，常使用的是紙盒與 PP 塑膠瓶等。果蔬汁無菌加工之殺菌程度較冷藏加工為高，而且包裝容器也必須先行殺菌，然後在無菌的狀態下充填包裝。無菌加工所需要的技術門檻較高，但是可用的包裝材料比較多樣，其中以積層複合材料最常見，利樂包為其代表。

目前國內果蔬汁的製程也採用無菌加工、熱充填與

冷藏等三種加工方式。包裝的材料則因加工方式的不同而有所差異，如無菌加工果蔬汁之包裝方式以利樂包為主，熱充填果蔬汁則有 PET、金屬罐以及玻璃瓶等包裝方式，冷藏果蔬汁之包裝則以紙盒與塑膠瓶為主。加工方式是決定包裝材料的最大因素，當然消費者之習慣與方便性的考量也會影響包裝材料的選擇。綜合國內柳橙汁、芭樂汁、楊桃汁與番茄汁從 1996 到 1998 年依包裝別所作的統計數據(表三)，柳橙汁與芭樂汁的銷售量以紙盒包裝為最多，楊桃汁以無菌包裝為最多，而番茄汁則以罐裝為主。紙盒柳橙汁與芭樂汁因為供應餐廳與業務用，因此銷售量不小，但其趨勢卻呈下降，可能與來自茶飲料的競爭有關。

3. 果蔬汁之販售方式

果蔬汁依市面流通的方式可區分為常溫保存的常溫果蔬汁以及冷藏貯存的冷藏果蔬汁。這兩類產品的販售方式以及保存期限有所不同。果蔬汁的加工型態與包裝材料會影響果蔬汁產品的保存期限。無菌加工與熱充填之果蔬汁產品由於殺菌程度高，屬於常溫儲存的果蔬汁，其保存期限又依包裝材料而異，罐裝可達兩年之久，PET 可保存一年，而無菌包則介於九個月至一年之間。這些包裝材料對品質保護程度的不同是影響保存期限的主要原因。冷藏果蔬汁產品則由於殺菌程度較低，保存期限常介於 14 到 21 天之間，需要冷藏，消耗能源不少，

但品質較佳。從國內的銷售數量來看(表四)，國人對冷藏果蔬汁頗為偏愛。

國內果蔬汁的販售方式也與發生販售行為的處所有關，後者包括超市、量販店、檳榔攤、便利商店、平價雜貨店、全聯福利社、學校福利社、自動販賣機、餐飲辦桌，及其他等(表五)。販售處所的改變也可能改變消費者的習慣，以純果汁的銷售為例，台北市教育局自 1997 年起，僅允許取得 GMP 與 CAS 認證之純果汁與包裝水進入校園販售。此項行政命令的實施除了達到教育的目的之外，同時也增加了純果汁的銷售數量，其成長可於 1996、1997 年間銷售量的改變看出(表四)。因此若能早日推廣綠色的概念，亦可能增加優良食品廠商的商機。

(二). 國內果蔬汁的消費市場情況

國內柳橙汁、芭樂汁、楊桃汁與番茄汁於 1996~1998 年之間的銷售數量如表六。柳橙汁的銷售以清淡果汁與稀釋果汁為主，但 100%純果汁的銷售量也不低，而且有逐年增加的趨勢；芭樂汁與楊桃汁這兩種屬於國內特產的果汁，其消費著重於清淡果汁與稀釋果汁，而消費數量正逐年下降；番茄汁的產品類型則主要為 100%的純果汁，由於形象不錯，因此其銷售量逐年增加(台灣區果蔬汁公會，1999)。

根據食品工業研究所的調查資料(王與李，2000)，我

國 2000 年上半年果蔬汁飲料新產品共推出 54 個(表七)，推出月份以六月最多。其中，稀釋/清淡果蔬汁(44 個)遠超過純果蔬汁(10 個)，可能因純果蔬汁之口味變化有限而轉向開發口味變化較多的稀釋/清淡果蔬汁之故。包材區分以塑膠瓶居首，為 67%，其次是鋁箔包，為 28%。容量別以 300~390cc 最多，佔 56%，其次為 600~700cc，佔 11%。流通別則以常溫流通的產品為多數，佔 56%。

(三). 國內果蔬汁原汁廠之物質流

綜合吳等人(2000)、陳與葉(2000)與陳等人(2000)的調查結果，國內生產柳橙原汁、芭樂原汁、楊桃原汁與番茄原汁所需之資源消耗如表八所示。能源方面以運輸熱能、加工熱能與貯存電能之消耗較多。加工熱能主要用於加熱、殺菌，消耗熱能不低，但不隨果蔬之種類而變；加工電能方面則因原料蔬果不同導致製程步驟不同而有差異；貯存電能的差異主要與貯存溫度的高低及貯存時間之長短有關，貯存溫度愈低、貯存時間愈長則電能消耗愈大。運輸熱能也因果蔬汁種類的不同而異，例如番茄汁所耗用的運輸熱能僅為每噸 49 百萬焦耳，遠小於其他果汁。這是因為番茄汁的數據僅由一家廠商提供，而且這家廠商兼作原汁與下游加工，不需運輸原汁出廠，約可節省每噸 1,200 百萬焦耳的熱能，因此總運輸熱能的數值偏低。由此可見，是否一貫作業影響著果蔬

汁的綠色程度。至於其他耗用的非生物性的資源主要為包材、潤滑油與冷煤等，其用量變化程度不高而且與果蔬汁之種類無直接關係。用水量則以柳橙汁為最高，酸楊桃為最低。

貯存電能的消耗依貯存溫度及貯存時間而變。因此提高貯存溫度或縮短貯存時間皆是增加原汁綠色度的有效方法。以無菌包裝保存的原汁可於常溫下貯藏，節省了貯存電能。另一個降低貯存電能消耗的方法是縮短貯存時間，但在實際作業上，貯存時間必須配合原料盛產期以及原汁的需求面，影響因素太多，情況又隨時可能改變，不易事先規畫，也不適合納入綠色度的評估標準。

綜合而言，製造番茄汁所需總能量最低，其次是發酵楊桃原汁，再次是甜楊桃原汁、柳橙原汁與芭樂原汁。番茄汁節省能源之原因已經敘述。發酵楊桃原汁則因為是高鹽醃漬的發酵汁，不需低溫貯藏，不必考慮貯存電能，再加上其利用率高達 78%，因此也相當具有綠色度。甜楊桃原汁與芭樂原汁均需低溫貯藏，其貯存時間預估皆在 150 天以上，加上運輸熱能，導致綠色度相對低落。柳橙原汁製程相當簡單，貯存時間在正常情況下僅 18 天，但是因為耗用太多的運輸熱能，加上柳橙原果利用率僅有 48%，若再延長低溫貯存時間，能源的消耗勢必更高，所以綠色程度的表現最不理想。

本研究未涵蓋原料果蔬之種植生產過程，因此無從

確知各原料果蔬本身的綠色程度，也不將之列入果蔬汁綠色度的評估範圍。

(四). 國內果蔬汁下游加工廠之物質流

綜合吳等人(2000)、陳與葉(2000)與陳等人(2000)的調查結果，果蔬的種類並不會影響國內果蔬汁下游加工廠所消耗的物質流，影響的主要是果蔬汁的加工方式。生產冷藏果汁、無菌加工果汁與熱充填果汁所需之資源消耗如表九所示，加工熱能與電能的消耗隨著加工方式的不同而有所消長。熱充填加工消耗最多的熱能，而無菌加工則耗用最多的電能。冷藏果汁加工耗用的總能源最低，約為每噸 621 百萬焦耳；其次是無菌加工果汁，約 768 百萬焦耳；熱充填果汁則耗用高達 1,009 百萬焦耳的能源。用水量則以冷藏加工的用量最高，無菌加工次之，熱充填最少。從加工的角度來看，冷藏果汁的綠色程度表現最佳。但若考慮販售電能，冷藏果汁因常被冷藏於開放式展示櫃內販售，因此販售耗用之電能最高，估計每噸果汁高達 2,153 百萬焦耳。至於無菌加工與熱充填果汁，雖然可以常溫儲存，但因為消費者習慣冷飲，仍常被冷藏於密閉式的展示櫃內販售，也會耗用電能但較低，估計每噸果汁約為 421 百萬焦耳。總計所有能源消耗，發現熱充填所耗用之能源最少，無菌加工次之，冷藏果汁最高。以能源消耗的角度來看，熱充填製程最

為綠色。

另外，果蔬汁的濃度也是一個相當需要注意的因素。果蔬汁的濃度愈低，副原料的使用量就愈大，使用的加工資源就愈多。因此在量化果蔬汁的綠色度時也應將果蔬汁的濃度考慮進去。

(五). 廢棄物的處理

1. 果蔬汁工業之廢棄物

生產果蔬汁的製程中，每個步驟均有廢棄物的產生，大體上可分為液態廢棄物及固態廢棄物。液態廢棄物主要是加工過程所產生的廢水，包括原料洗淨廢水、榨汁過濾廢水(汁液廢水)、地板及機械設備洗淨廢水與冷卻用之廢水(表十)。液態廢水之 pH 值約 9 ~ 12，BOD₅ 約 250 ~ 350 ppm，可溶性固形物含量在 1.0 ~ 1.6% 間，並依產品、製程，以及季節等因素而有所改變。固體廢棄物主要有果蔬汁原料之莖、皮、修剪物、砂土、核心、果渣等生物性固體廢棄物與非生物性包裝材料兩大類。

2. 液態廢棄物的處理

活性污泥乃是由細菌、原生動物、輪蟲與真菌等混合微生物群所構成。對廢水中有機物之穩定作用主要靠細菌進行，而原生動物與輪蟲則有清除分散性細菌之作用。細菌在好氧環境下利用有機基質，首先由有機基質

在細胞壁上接觸，而後質傳輸入細胞內，再由細胞的代謝作用加以利用，使生成最後產物二氧化碳與水逸出細胞外，若有機基質為可溶性者，可立即質傳輸入細胞為其利用，若為膠體狀或較大顆粒狀，則需先經由細胞外酵素作用令其水解分化後才能被細胞利用。為了獲得澄清的處理水，微生物於去除有機物之後，仍需再加以分離，即利用二級（最終）沉澱池行固液分離，此時由於生物膠凝作用，使細小微生物結合成較大膠粒而加速沉降。經過分離的微生物群（即活性污泥）部份連續迴流至曝氣槽，部份成為剩餘污泥排出另行處理之。

滴濾池法乃由濾床、旋轉散水裝置及排水系統所構成。初沈池之出水經散佈在以直徑 5~10cm 之碎石、塑膠片等充填而成深 1.5~2.0cm 之濾床上，經由底部流出。將此流出水經終沈池沈澱分離後，即得處理水。污水散佈在濾床時，微生物則利用空氣中之氧氣及污水中之有機物繁殖，在濾材表面形成膠狀膜，此膜則稱為生物膜。滴濾池附著在濾材上生物膜的生物相較活性污泥法廣泛，污泥產生量也較少。

接觸曝氣法乃是將曝氣槽內之接觸材浸於水中，並經充分曝氣，使流入的污水能循環流動並獲得充份的攪拌，而與接觸材料作充份的接觸。經過一段時間後，接觸材表面開始附著生物污泥而形成生物膜，該生物膜在好氧的狀態下即可吸附、氧化污水中的有機物質。

旋轉生物接觸法由初沈池、生物轉盤系統及終沈池所組成。生物轉盤系統主要包括：接觸槽、旋轉圓盤體，驅動系統及覆蓋物。旋轉生物接觸法為一利用附著於圓盤上之微生物群去除污水中之有機物質的方法。其圓盤以直徑之 40~70% 浸於接觸槽的污水中，緩慢旋轉圓盤以進流污水，經數日後圓盤表面開始產生附著微生物群，這些微生物群隨著圓盤的旋轉，自空氣中吸收氧氣及自污水中吸收有機物質而進行好氧性分解。微生物之厚度隨著接觸日數逐漸變厚，被覆蓋於底層的微生物群漸呈厭氧並逐漸失去活性，終自圓盤表面脫落，併同出流水流出接觸槽，於終沈池沈澱分離而被去除。

3. 生物性固態廢棄物的處理

有關蔬果加工產生之固態廢棄物的處理方式亦有多種，包括堆積製成肥料(堆肥)、轉化成能源物質(燃料)，製成飼料，以及視其為原料而萃取其中有經濟價值的成份。堆肥為一相當常見的廢棄物處理利用方法，可將蔬果加工之固態廢棄物添加木屑或稻殼，以調整基質水分含量。堆肥期間應考慮發酵溫度及通風量等參數。根據果菜市場廢棄物處理技術之比較研究(林等，1995)，堆肥法比衛生掩埋法及焚化法更具經濟及技術可行性。

利用微生物可將蔬果廢渣轉化為能源物質。徐與方(1993)利用遺傳工程構築兩種細菌，可用來分解柑橘與芭

樂榨汁後剩餘殘渣而產生酒精。除了酒精之外，蔬果加工廢棄物亦可用來生產甲烷(Lane, 1979)以及生物氣體(biogas)(Hang, 1987)。

將蔬果加工廢棄物用於動物之飼料亦是一可能的處理方式。但是，由於各種動物之營養需求與廢渣之組成不一定能夠配合，因此可能需要加工處理、調配後方能使用，而且使用量也會有所限制。

從蔬果加工之廢棄物中萃取分離具經濟價值的物質是一極受重視的處理方式。蔬果加工廢棄物中可被萃取出來利用之常見成份有果膠(pectin)、精油、纖維素、色素等。另外，一些已知及未知之具保健功能之微量成份亦可能是萃取分離的標的。但是，不論自廢棄物中萃取出何種成份，仍會存留殘渣，而此二次加工後所產生之殘渣仍需採用適當的方式處理，而且二次加工過程本身也需要使用能源。這些額外的能源消耗對環境的影響衝擊多大，由於系統太過複雜不易釐清，國內也沒有這種工業，因此不將這個處理方式列入綠色度的考量。

4. 非生物性廢棄物的處理

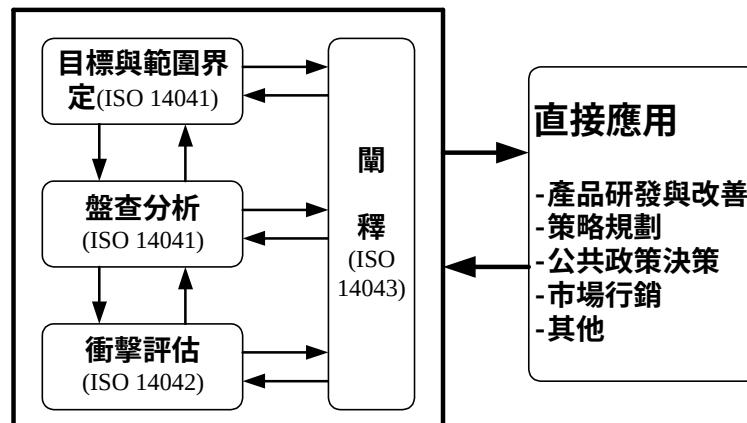
包裝容器的用途在於盛裝果蔬汁以便消費者享用。這些包裝容器並不在消費後自然消失，而是需要後續處理。無論果蔬汁的加工方式為何，後續處理如何，包裝容量愈大，單位質量果蔬汁之包材用量愈少。熱充填加

工方式雖然耗用能源最省，但是每單位重量果蔬汁所用到的包材量卻最多；而耗用能源最高的冷藏果蔬汁，其946ml之紙盒所耗用之包材量卻最少。除了包裝容器以外，熱充填與無菌包裝尚需考慮外包裝；冷藏紙盒包裝、無菌包裝與熱充填鐵罐還常外附吸管。大部分熱充填產品的外包裝就是紙箱。無菌加工果汁則將紙箱當作承載基版，上方再以PE膜熱封包裝，紙包材用量較低，外包裝之總質量也最低。每包無菌包裝果蔬汁均附有一隻吸管，相較於紙盒或鐵罐果蔬汁只在消費者需要時才向商家取用吸管，無菌包裝之吸管用量應該較多。生產與回收鐵罐、鋁箔包、紙盒、PP、PE塑膠與吸管等各種材料所需要耗用之資源多寡以及對環境之影響理應根據各包材的成分(表十一)計入果蔬汁綠色度的評估。

上年度子計畫「以風險評估方法建立綠色食品評估準則之研究」(馬與黃，2000)的電話訪問調查結果顯示，大台北地區民眾的回收概念類似，考量的重點都在回收的方便性與公害的避免。因此，最常進行回收的廢容器材質是保特瓶和塑膠瓶(表十二)。業者只要在包材上盡量選擇民眾常回收的材料(如保特瓶、塑膠瓶)再加上政府落實垃圾費隨袋徵收的政策，並使民眾多加瞭解回收後的再利用情形，即可促進容器的回收，進而提高果蔬汁的綠色度。因此，應將包材的回收率列在果蔬汁綠色度的評估標準之內。

(六). 生命週期評估法

目前綠色觀的評估技術以生命週期評估最為熱門與成功。1997 年所公佈的 ISO14040 便是規範生命週期評估的環境管理標準，它將生命週期評估分為目標與範疇界定 (Goal and Scope Definition)、生命週期盤查分析 (Life Cycle Inventory Analysis)、生命週期衝擊評估 (Life Cycle Impact Assessment) 及生命週期闡釋 (Life Cycle Interpretation) 四個階段 (ISO, 1997)，如下圖所示：



目標與範圍界定指的是將評估之目的與範圍定義清楚，使評估結果得以應用在預定之目標上。生命週期盤查分析包含資料蒐集及相關計算程序，將整體生產系統之各類投入與產出量化，此類投入與產出包括能源的消耗、物料的使用、以及排放至空氣、水體及土地之污染等。經由生命週期的盤查分析可以瞭解產品的特性及其對環境影響的關鍵點 (hot-spots)。生命週期衝擊評估則就生命週期盤查分析的結果，評估產品於整體生命週期造

成環境衝擊之程度。生命週期闡釋則是整合盤查分析及衝擊評估等結果詳加闡釋，作為物料選用、生產流程改善、產品設計改進等決策時之參考。企業落實生命週期概念可達到降低成本、減少管理阻礙以及提昇競爭力的效果(Fava and Consoli, 1996)。

儘管生命週期評估的觀念簡單易懂，但在實際施行時仍需不少盤查資料的配合以及電腦軟體的輔助計算。我國環保署廢管處從 85 年起委由經濟部技術處推動，並請工研院著手生命週期評估軟體的開發與盤查資料的蒐集。目前雖然已經完成生命週期評估軟體的開發，但相關的盤查資料因為涉及國內產業的機密資料，在尚未完全取得授權的前提下，目前尚未能提供外界使用。本研究所使用的生命週期評估軟體則是 SimaPro 4.0，這是由荷蘭 Leiden 大學環境科學中心(Center for Environmental Science; CML)為了簡化生命週期在評估時的複雜度所發展的一套電腦軟體。最大的優點在於讓工程師不須要花太多功夫去了解生命週期分析的過程及數據便能以生命週期的觀念來設計產品，達到環境保護之目的。這套軟體首度於 1990 年完成推出，至 2001 年為止已發展至第五版，主要具備下列之特色(呂，1998)：

- a. 可容許不同製程或產品生命週期之組合，例如產品及其包裝就可考量為一個組合。
- b. 分析過程中可將產品分解，並就每個分解之零件是否

回收做環境上的考量。

- c. 可研究探討不同廢棄物處理策略或流程對環境的影響。
- d. 對於環境衝擊評估過程之特徵化、標準化、及權重操作，提供多種選擇方法並可自動換算單位。
- e. 對於不是環保專家的人，可使用生態指標法 (Eco-Indicator 95)，以「點數 (Pt)」的方式代表所分析的衝擊指標值 (indicator score)，有助於客觀的判斷。
- f. 可將分析的結果以不同的方式顯現。
- g. 不同計畫之數據可分開保存，以求有保密要求之數據安全性。
- h. 可結合其他模式之相關資料，不同盤查系統的資料亦可以輸入計算。

生態指標法 (Eco-Indicator 95) 是在歐洲的界定範圍下，將環境效應值特徵化，包括臭氧層破壞、溫室效應、酸化、水質優氧化、重金屬、致癌物質、冬季煙霧、夏季煙霧、能源消耗、廢棄物處理及其他衝擊等 (表十三)，不包括的環境問題則有：毒性物質 (只出現在工作地點的)、原物料的消耗以及廢棄物的數量 (Nissen *et al.*, 1997)。利用「距離目標原則」 (distance-to-target) 的評估方法，用現況及目標狀況之差異來判斷衝擊之嚴重性並加以標準化。目標值是根據歐洲環境資料所衍生出來

的，條件包括：1.在每萬人中超過一人死亡；2.在歐洲造成5%以上之環境破壞；或3.在非煙霧季造成起霧。最後再將所得之衝擊指標值以「點數」的方式表示，以應用於各產品或生命週期各階段之比較(丁，1998)。

二． 研究目的

本申請年度為「果蔬汁產品綠色度之研究」三年計畫之第二年。這三年的總目標，在於配合綠色環保科技之發展，以省能源、低污染、可回收為標的，以目前國內製造柳橙汁、番石榴汁、楊桃汁及番茄汁為模式產品，對果蔬汁飲料綠色度進行定性及定量、明瞭影響綠色度之因子、探究綠色度與大眾生活的關係，建立種子技術，以推廣綠色食品之觀念，促成有利於生態的綠色食品的市場，並將提出果蔬汁綠色製程管制制度及作業規範供業者參考。由於就國內果蔬汁飲料市場而言，柑桔(包括柳橙)汁之消費量最多，其次是番石榴汁，第三是楊桃汁；就單種蔬菜汁而言，第一是蘆筍汁，第二是番茄汁(台灣區果蔬汁工業公會，1999)，但國內蘆筍原汁產量逐年遞減，絕大部分仰賴進口，故本計畫以柑桔汁、番石榴汁、楊桃汁及番茄汁為模式產品。本計畫之研究過程及成果將可作為各類食品綠色度研究及實際生產綠色食品時之範例。

本計畫為第二年總計畫「果蔬汁產品生命週期之評估及綠色度之改善」之中的一個子計畫。本子計畫擬承續去年度之工作，以柳橙汁、芭樂汁、楊桃汁及番茄汁為對象，根據生命週期評估法，試行將果蔬汁之生命週期分為原料輸入、包裝材料、製造加工、分配運輸、消費與廢棄物管理六個階段。利用電腦軟體根據去年計畫

整合之結果(包括果蔬汁生命週期中物質流與能源利用等盤查資料)完成衝擊評估，再根據衝擊評估之關鍵點制定管制項目並加以量化。最後根據作業工時或環境衝擊評估等設定各階段之權重，加總各項指數而得果蔬汁之綠色度。完成本計畫後預期可以瞭解國內果蔬汁產品之生命週期，量化果蔬汁綠色度，並得以比較各種加工方式或替代品對環境的影響。此外與其他子計畫成果綜合時，將足以建立第三年度研究計畫改善果蔬汁綠色度與建立綠色製程時之背景資料。

三． 研究方法及進行步驟

本計畫將根據去年度總計畫執行之成果(包括果蔬汁生命週期中物質流與能源利用等盤查資料)，先確認果蔬汁生命週期之範圍與目標，接著分析果蔬汁產品在各個階段的投入與產出，透過國外生命週期衝擊評估軟體 SimaPro4.0 評估並找出各個階段對環境衝擊的關鍵點，針對各關鍵點訂定管制項目並加以數據化，最後再根據權重關係合計各個階段以完成果蔬汁綠色度的量化。茲分述如下：

(一). 果蔬汁生命週期之評估

1. 目標與範圍之界定

果蔬汁的生命週期如圖一所示，包括蔬果原料的栽種；運輸到原汁廠加工成原汁或濃縮汁；再運輸到下游工廠加工變成商品；商品再經運輸配送到販售場所；最後經消費者消費並產生廢棄物。若要完整進行果蔬汁之生命週期評估，勢必需要蒐集所有相關的物質流資料，如蔬果栽種所需之能源、肥料、殺蟲劑等詳盡資料。但這些資料實在蒐集不易，加上本研究之目的是定義果蔬汁綠色度的量化方法，生命週期評估法只是當作評估的一個工具，重點不是在知道果蔬汁對環境衝擊的影響程度，而是希望藉由果蔬汁生命週期的分析將其系統化以

方便建立果蔬汁綠色度的量化方法，因此不去討論蔬果栽種及收穫。

計畫將以盤查果蔬汁產品從生產到廢棄物處理完畢整個過程對環境所產生的影響為目標，設定果蔬汁產品之生命週期資料盤查範圍(圖二)。將一些影響相同的因素以及無法客觀評估的項目去除，比如運輸，不管使用的果蔬汁是哪一種，每一種果蔬汁之運輸體系應該都差不多；又如果蔬汁的種類，會因為關係到消費者的主觀意識與嗜好性而無法客觀評估，也不包括在綠色度量化的標準之內。綜合去年度各個子計畫的報告結果，果蔬汁之生命週期範圍將分成原料輸入、分配運輸、製造加工、包裝材料、消費、廢棄物管理等六個階段，每個階段再根據對環境衝擊影響程度的差異歸納分類，詳述如下：

- a. 原料輸入階段：將原料輸入的來源分成國產常溫原汁、國產冷凍原汁、進口常溫原汁與進口冷凍原汁四大類。
- b. 分配運輸階段：評估原汁廠與下游加工廠之距離。
- c. 製造加工階段：將果蔬汁之加工分成冷藏加工、熱充填與無菌加工等三類，以及純果汁、稀釋果汁與清淡果汁等三類。
- d. 包裝材料階段：將使用於果蔬汁包裝的材料分

成鐵罐、PP 塑膠瓶、PET 寶特瓶、紙盒與鋁箔包等五類。

e. 消費階段：將消費販售時的產品型態分成常溫流通與冷藏流通兩大類。

f. 廢棄物管理階段：包括固體廢棄物處理的堆肥法、衛生掩埋法和焚化法三類，以及液態廢棄物處理的活性污泥法、接觸曝氣法、滴濾池法和旋轉生物圓盤法等四類。

這六個階段的輸入端包括蔬果原料、包裝材料、能源(燃油與電能)與水，輸出端為放流水、氣狀排放物、固體廢棄物與果蔬汁產品。

2. 生命週期盤查分析

果蔬汁產品生命週期中對於環境所產生的衝擊來自於原物料及能源的消耗、氣狀排放物對空氣的污染，放流水對生態環境的影響、固體廢棄物的處理等。因為果蔬汁加工層次不高，因此假設各個加工步驟本身氣狀排放物總量在可忽略的範圍之內，所有對環境產生影響的氣狀排放物僅來自於能源消耗與廢棄物處理(主要為燃燒所產生的廢氣)；固體廢棄物主要來源有果渣、包材與廢水處理所產生之污泥，此計畫將包括這些固體廢棄物對環境衝擊之探討。至於研發方面所造成的環境影響，因為所佔比例不大，因此將忽略之。因此，針對目

標與範圍所界定的每個步驟進行盤查分析時，盤查的資料將著重在電力、燃油、用水量、包裝材料與運輸用燃料等影響環境較大的因素上，而這些資料可由文獻整理所蒐集的物質流中取得。

3. 衝擊評估

調查國內使用電力、燃料與用水對環境造成的衝擊資料(表十四)(工研院化工所，2001)，輸入到 SimaPro4.0 以進行衝擊評估分析。假如盤查資料無法納入現有衝擊資料庫處理時，則擬參考相似資料。

(二). 各個階段管制點的定義

針對目標範圍所界定的六個階段所進行的衝擊評估分析結果，篩選出對環境衝擊較大的因素而刪除對環境衝擊影響不大的因素，以簡化量化時的計算。然後，將這些衝擊較大的因素分類，並依據各類別對環境的衝擊評估，定義出各個管制點項目，如輸入/輸出量、溫度、流量等並加以量化，目的在使每個階段對環境的衝擊以指數的方法呈現(如原料衝擊指數、加工衝擊指數、濃度衝擊指數、運輸衝擊指數、包材衝擊指數、廢棄物衝擊指數、消費衝擊指數等)。

(三). 果蔬汁綠色度之量化

管制點的量化指數完成後，再依據每個階段的權重加以計分，權重之決定以作業時間與衝擊評估分析結果為標準。綜合計分結果即得果蔬汁之綠色度指標。

(四). 統計資料之蒐集

有關各原料果蔬之種植及果蔬汁之生產方面的統計數據向行政院農業委員會及台灣區果蔬汁工業公會取得，果蔬汁原汁廠與下游加工廠之物質流資料則由去年度執行之計畫取得。

(五). 遭遇之困難

果蔬汁生命週期的物質流需要業者全力配合提供資料或給予實地量測的許可，由於各家廠商的配合意願與程度不同，因此調查樣品數受到侷限。再加上盤查的資料大部分來自於問卷，某些類的數據變異相當大。雖然問卷得來的數據難免有所偏差，不過應該可由質能平衡計算的方式檢驗之，並可綜合比較各個不同工廠之資料以確保資料的正確性。另外，國內廠商為了增加機械使用率，廠內生產的產品相當多樣化。果蔬汁生產之電力系統大都沒有獨立，也沒有特別的系統監控各機械的用電狀況，因此電力的估計相當複雜且容易造成誤差或數據的短缺。雖然本年度已盡可能再次蒐集所需之資

料，但仍有缺乏之處。這些短缺的數據，雖然不致影響整體研究結論，未來仍應設法改善之。

四． 結果與討論

(一). 果蔬汁之生命週期評估

1. 目標與範圍界定

本研究將果蔬汁之生命週期目標與範圍界定為原料輸入、分配運輸、製造加工、包裝材料、消費、廢棄物管理等階段。

(1). 原料輸入階段：

蔬果原料之取得常受限於生產季節，因此原汁廠常須在短短的收穫期內將原料製成原汁貯藏以備全年之用。一般說來，貯存的方式有冷凍與無菌貯藏這兩種。原汁廠大都以冷凍的方式貯藏蔬果原汁，一來可以採用較低殺菌條件以保品質，二來較不需嚴格的衛生要求及高級的操作技術。冷凍貯藏可以保存較高的品質，但也消耗較多的電力同時對環境產生較大之衝擊。目前國內的原汁供應總類，除了有常溫原汁或冷凍原汁的分別之外，還有進口與國產之分。因此研究中將界定原料輸入階段之目標範圍為國產常溫原汁、國產冷凍原汁、進口常溫原汁及進口冷凍原汁等四個項目。

(2). 分配運輸階段：

從圖一可知果蔬汁生命週期中有很多運輸的步驟，包括生鮮原料到原汁廠的前段運送、原汁到下游廠商的後段運送及下游加工廠到販賣場所這三段。原汁廠的運輸熱能雖然隨著果蔬汁種類的不同而異，但是深究其原因之後可以發現，柳橙、芭樂、楊桃與番茄這四種蔬果的主要產地，皆在於台南縣與高雄縣，因此前段運輸距離基本上僅與原汁工廠座落的地點有關。通常原汁廠的地點會選擇靠近產地的地方設置，前段運輸距離的差異不會太大，因此不列入考慮的變因之中。後段運輸的距離則和原汁廠與下游工廠的距離有關，從 0 到 195 公里。其中有兩個工廠因為是果汁的一貫專業製造廠，原汁製造與下游加工同廠進行，因此後段運輸的熱能消耗為零。由此可見，是否一貫作業影響著果蔬汁的綠色程度，下游加工廠與原汁廠的距離應該列入果蔬汁綠色度的評估項目。至於下游工廠到販賣場所，由於廠商的果蔬汁都會販賣到全省，工廠位置雖會影響這段運輸的耗油量，但從預估值來看差異也不大(表九)。除非廠商願意公佈其在全省的銷售資料，這個數據才有精算的機會，因此這段運輸的耗油量也不列入比較。所以本研究中分配運輸的範圍界定在原汁加工廠與下游加工廠間的距離。

(3). 製造加工階段：

果蔬汁的製造，依技術層面可分成熱充填、冷藏加工與無菌加工三大方式。去年度的調查資料曾顯示果蔬汁的種類並不會影響加工方式的物質流消耗。另一個影響物質流消耗的是果蔬汁的濃度，果蔬汁濃度愈低所需要的原汁量也就愈低，但相對的就必須增加糖與添加物的添加量，其對於環境的衝擊也就因此而變得複雜。對於不同濃度的果蔬汁定義，根據國內 CNS 所訂定之標準可分成 100%純果汁、稀釋果汁(濃度 30%以上)與清淡果汁(濃度 10%以上)三類。所以研究中將果蔬汁製造加工階段的範圍界定為兩個層次，一個層次是加工方式包括熱充填、冷藏加工與無菌加工三類，另一層則是果蔬汁之濃度以 100%純果汁、稀釋果汁與清淡果汁作為分類。

(4). 包裝材料階段

根據果蔬汁依包裝別之銷售數量(表二)與國內 2000 年 1-6 月依包裝不同所推出之果蔬汁新產品個數(表七)研判，國內果蔬汁所使用的包裝材料主要有鐵罐、紙盒、PP 塑膠瓶、PET 塑膠瓶、鋁箔包。

(5). 消費階段

因為國內販售的場所種類眾多(表五)，因此如果要

將國內各種販售場所都要列入果蔬汁綠色度的估算時，除了必須了解各個產品在每個販售所的消費量之外，還要考慮販售場所的規模大小。因此，本研究將消費階段以常溫流通與冷藏流通來加以分類。常溫流通指的是可以常溫運輸、常溫貯藏、有效期限較長的產品；冷藏流通則必須冷藏運輸、冷藏貯藏、有效期限較短的產品。

(6). 廢棄物管理階段

根據去年的調查資料顯示，國內廠商目前對於廢棄物的管理已有愈來愈成熟的趨勢。一般而言，廠商對於固體廢棄物處理大部分都是委託農民處理，農民大都使用堆肥法發酵成有機肥料。若是藉由公共廢棄物處理系統處理，衛生掩埋法和焚化法就是最常用的處理方法。國內廠商常用的液態廢棄物處理方法有活性污泥法、接觸曝氣法、滴濾池法等三種。近來「旋轉生物圓盤法」在工業廢水處理上的效率不差，所以也將其列入綠色度評估的標準。

2. 盤查分析

(1). 原料輸入階段

根據廠商的經驗提供，冷凍一噸原汁平均每日需要用電 0.72 度，相當於 2.6 百萬焦耳。國內原汁的貯藏

時間從 18 到 180 天不等，平均約為 90 天。而國外進口的原汁因為需要海運，會多出海運、通關與庫存的時間，保守估計需要總共再增加 90 天；因運輸距離增加所增加的燃料消耗亦需計入。研究中將以美國為進口的主要來源，估計運輸所增加之距離約為 10000 公里。表十五即是這四類原汁相較之下所消耗之資源盤查資料。

(2). 分配運輸階段

根據表八的資料顯示，國產原汁加工廠與下游加工廠的距離從 0 到 195 公里不等。由於運送距離不長，冷凍原汁的運輸不一定需要冷凍車，因此假設所有的原汁運輸皆無冷凍裝置，並以國內 5.5-6.5 噸的柴油車運輸資料來進行衝擊評估。

(3). 製造加工階段

熱充填、冷藏加工與無菌加工等三種果蔬汁加工方式所需要的資源盤查資料可由表九的資料中取得，整理後如表十六所示。另外，市售果蔬汁之糖度大都為 12°Brix，糖酸比 40，也就是說酸度有 0.3%之多。所以稀釋與清淡果汁必須要添加糖與酸來調整果蔬汁之品質。根據上數數據，製造 100%純果蔬汁、稀釋果蔬汁與清淡果蔬汁所需要用到之資源盤查資料如表十七所示。濃度愈低，所需要用的水、糖與酸量就愈多，但是

使用的原汁量也愈低。

(4). 包裝材料階段

對於相同容積的果蔬汁，包裝容量愈小者所耗用之包裝材料愈多。為了能夠互相比較，因此以 1 公升容量的果蔬汁為對象，觀察不同包裝容器的資源消耗。表十八即是一公噸果汁使用鐵罐、紙盒、PP 塑膠瓶、PET 塑膠瓶、鋁箔包等五種不同容器所需使用之資源盤查資料。

(5). 消費階段

常溫流通與冷藏流通的主要差異在於運輸與販售階段是否需要低溫的環境。由於台灣地區不大，通常運輸過程所花費的時間不多，運輸過程中所消耗之能源消耗不大，研究中將忽略其影響，僅考慮販賣期間所需要耗用的電能。根據表九的資料，常溫流通之販售場所所需之電力約有 2155 百萬焦耳/公噸果汁，而冷藏流通之販售場所則須使用 421 百萬焦耳/公噸果汁。

(6). 廢棄物管理階段

果蔬汁的固體廢棄物多屬生物性之廢棄物，堆肥法除可將生物性之廢棄物發酵成有機肥料之外，也因為不

需使用電力而廣泛應用於原汁廠內。目前多數的國內原汁廠均是由農民將廢棄物運回堆肥，甚少有掩埋或焚化的處理。加上國內並無掩埋或焚化蔬果固體廢棄物的相關數據，目前暫時排除固體廢棄物處理對綠色度評估的影響。但若用於其他種食品時，固體廢棄物的處理可能就必須考慮進去，這部分的資料應該在往後研究中補強。

常見之液態廢棄物處理方法有活性污泥法、接觸曝氣法、滴濾池法與旋轉生物圓盤法等四種。根據子計畫「果蔬汁加工廢棄物處理技術對綠色度之影響」(蔣，2001)的研究結果，這四種處理所需使用之資源盤查資料如表十九所示。

3. 衝擊評估

(1). 原料輸入階段

根據表十五的盤查資料並以 SimaPro 4.0 電腦軟體估算其對環境的衝擊評估，其中，海運所需要的衝擊影響乃採用 SimaPro 4.0 中 BUWAL250 資料庫中 Seaship 的資料，平均一噸原料海輸一公里對環境所造成的衝擊值約為 3.68×10^{-5} Pt。這四種原料輸入的方法對環境衝擊的影響大小依序為進口冷凍原汁 > 果產冷凍原汁 > 進口常溫原汁 > 國產常溫原汁(圖三)。觀察其原因，主要是因為貯藏過程所消耗的電力對環境之影響比海運

運輸的影響來的大，而且這個影響是取決於貯藏時間的長短。因此，除非能夠精準估算出原汁確切的貯藏時間，否則原料輸入階段的衝擊評估誤差會很大。不過可以確定的一點是；進口冷凍原汁在運輸過程中一定需要花費冷凍貯藏電能，因此其對環境的影響一定比國產冷凍原汁來的大。

(2). 分配運輸階段

國產原汁加工廠分配運輸到下游加工廠對環境所造成的影響，可利用國內 5.5-6.5 噸柴油車的使用條件，藉由 SimaPro 的計算，估算出運輸一公噸原汁一公里對環境產生的衝擊為 $1.93 \times 10^{-2} \text{Pt}$ 。由於運輸距離從 0 到 195 公里不等，因此一公噸原汁在分配運輸階段中其對環境產生的衝擊範圍將取決於運輸的距離，而其對環境的影響值將介於 0 到 3.88Pt 之間。

(3). 製造加工階段

根據表十六的盤查分析資料並以 SimaPro 4.0 電腦軟體估算三種果蔬汁加工製程對環境的衝擊影響，結果如圖四所示。這三種果蔬汁加工方法對環境衝擊的影響大小依序為無菌加工 > 熱充填 > 冷藏加工。進一步觀察無菌加工中所使用之電能、燃料與用水對環境產生的衝擊評估影響(圖五)，其中，電力使用對環境的衝擊值高

達 0.92Pt，其影響程度遠超過燃油與用水量。由此可知，國內電力的使用是衝擊環境的主要因素。

以楊桃汁為例，根據表十七的盤查分析資料並以 SimaPro 4.0 電腦軟體估算三種不同濃度之楊桃汁對環境的衝擊影響，結果如圖六所示。這三種不同濃度之楊桃汁對環境衝擊的影響大小依序為 100%純果蔬汁 > 30%稀釋果蔬汁 > 10%清淡果蔬汁。由於 SimaPro 資料庫中並沒有糖與有機酸對環境的衝擊資料，本研究也無法針對這兩個產品深入調查，所以才會忽略糖與有機酸的影響。從這個角度來看，基礎資料庫有其建立的必要性，希望往後相關研究能加強這些基礎資料的蒐集。

雖然糖與有機酸的基礎資料缺乏，但根據經濟部能源資訊網的資料顯示，國內生產一公噸的糖需要 176.8 度的電力。另外，還需考慮水分蒸發所需之熱量，利用水的蒸發熱 (540 cal/g) 除以燃油熱值 (9200 kcal/l)，並以此估算甘蔗汁蒸發結晶所需的熱能。將糖的影響重新代入計算，結果顯示，三種不同濃度之楊桃汁對環境衝擊的影響大小依序為 10%清淡果蔬汁 > 30%稀釋果蔬汁 > 100%純果蔬汁 (圖七)。不過，果蔬汁濃度降低時，雖然會增加其對環境的衝擊影響，但是需要使用的原汁量也跟著降低，進而降低原料運輸與貯藏的能源消耗。因此，雖說圖七的結果表示 100%純果蔬汁對環境的衝擊影響最小，但實際的影響程度還需考慮原料運輸與貯藏

的影響纔能下定論。

(4). 包裝材料階段

根據表十八的盤查分析資料並且引用 SimaPro 中的包裝容器生產資料，以 SimaPro 4.0 電腦軟體估算五種果蔬汁包裝材料對環境的衝擊影響，結果如圖八所示。五種包裝材料對環境衝擊的影響大小依序為 PET 塑膠瓶 > 鐵罐 > PP 塑膠瓶 > 鋁箔包 > 紙盒。這個評估包含了包裝容器所用之原料以及生產加工之過程，但並沒有考慮廢棄物回收與處理等步驟的影響。

(5). 消費階段

根據常溫流通與冷藏流通消耗電能所作之環境衝擊評估如圖九所示，冷藏流通對環境所產生的衝擊高達 10.65Pt。主要是低溫貯存所耗用之電力高的關係，不過這個衝擊還會受到貯藏時間的長短影響。因此，只要廠商的庫存與生產能夠精準控制，降低產品的販售貯藏時間，則冷藏流通對環境的衝擊影響即可降低。另外，雖然常溫流通之果蔬汁不需要冷藏貯藏但往往仍被置於冷藏環境中販售。若廠商的庫存管理不佳，常溫流通的果蔬汁其實很有可能會貯藏在低溫環境下很久，反而造成比冷藏流通消耗更多的能源消耗。當然這部分的考量屬於企業管理的範疇，實在難有量化的標準。因此，

研究中仍以圖九之結果來討論。

(6). 廢棄物管理階段

液體廢棄物處理對環境衝擊評估如圖十所示。四種廢水處理方法對環境衝擊的影響大小依序為接觸曝氣法 > 活性污泥法 > 旋轉生物圓盤法 > 滴濾池法。差異之處主要在於滴濾池法的使用較為省電，但是缺點就是體積較大。旋轉生物圓盤法也是較為省電的一種處理方法，體積比較適中，但是處理的廢水種類較有限制。一般來說，果蔬汁工廠大都使用活性污泥法處理廢水，相信未來應有改進的空間。

(二). 管制點的定義

1. 濃度衝擊指數

三種不同濃度之果蔬汁對環境衝擊的影響大小依序為 100%純果蔬汁 > 30%稀釋果蔬汁 > 10%清淡果蔬汁(圖七)。雖然各家廠商在選擇添加物或糖的種類時或許還會造成差異，但其影響應不大。所以，濃度衝擊指數將以這三種果蔬汁濃度為選項，定義為：

濃度衝擊指數 = 0.539 Pt (濃度為 100%純果蔬汁)

濃度衝擊指數 = 0.691 Pt (濃度為 30%稀釋果蔬汁)

濃度衝擊指數 = 0.735 Pt (濃度為 10%清淡果蔬汁)

對於稀釋或清淡果汁而言，製造這兩種濃度的果蔬汁產品雖然對環境的影響衝擊較大，但其使用的原汁量卻比純果蔬汁少而導致原料輸入衝擊影響的降低。因此，在果蔬汁濃度指數選定後，必須適時修正原料輸入與分配運輸對環境的衝擊影響，否則可能會有高估的現象發生。

2. 加工衝擊指數：

三種果蔬汁加工方法對環境衝擊的影響大小依序為無菌加工 > 熱充填 > 冷藏加工。在此，雖然各廠的加工機械或操作條件不同會影響到能源的消耗，但是其影響不會太大(圖四)。除此之外，這三種加工方式的能源消耗不會受到其他因素的影響，所以，加工衝擊指數將以這三種加工為選項，定義為：

加工衝擊指數 = 0.93 Pt (加工方式為無菌加工)

加工衝擊指數 = 0.54 Pt (加工方式為熱充填)

加工衝擊指數 = 0.43 Pt (加工方式為冷藏加工)

3. 原料衝擊指數：

果蔬汁原料的來源雖然可以分成國產常溫、國產冷凍、進口常溫與進口冷凍四類，但實際上其消耗的能源與其貯藏的時間與運輸的距離有關。圖三所表現的是根

據其平均值所估算對環境的衝擊，若要精確估算產品之綠色度，則需確知實際貯藏時間與運輸的距離，而這些資訊是生產廠商在生產果蔬汁之前能夠嚴格控制的。另外，還必須將果蔬汁濃度的影響考慮進去，因為 30% 稀釋果蔬汁僅需要添加 30% 的原汁，因此原汁的使用量會降低。所以，研究中將原料衝擊指數定義成：

$$\text{原料指數} = (0.0256 P_t \times \text{貯藏日數} + 36.8 \times 10^{-6} P_t \times \text{海運距離}) \times \text{果蔬汁濃度}$$

其中， $0.0256 P_t$ 是貯藏一日對環境產生的衝擊值，而 $36.8 \times 10^{-6} P_t$ 則是一公噸原料海運一公里對環境產生的衝擊值。這個公式可精確估算出原料輸入對環境的衝擊影響。

4. 運輸指數：

將一公噸原汁運輸一公里對環境產生的衝擊值約為 $1.93 \times 10^{-2} P_t$ 。國內下游加工廠商由於運輸距離從 0 到 195 公里不等，因此一公噸原汁在分配運輸階段中其對環境產生的衝擊範圍將取決於運輸的距離。另外，運輸衝擊也必須將果蔬汁濃度的影響考慮進去。所以，運輸衝擊指數定義成：

$$\text{運輸衝擊指數} = 1.93 \times 10^{-2} P_t \times \text{原汁廠與下游加工廠之}$$

運輸距離 × 果蔬汁濃度

根據目前的調查資料，這個運輸衝擊指數將落於 0 到 3.88 Pt 之間。當然，若下游加工廠商與原汁廠的距離超過 200 公里，運輸衝擊指數值還會再增加。

5. 包材衝擊指數：

五種包裝材料對環境衝擊的影響大小依序為 PET 塑膠瓶 > 鐵罐 > PP 塑膠瓶 > 鋁箔包 > 紙盒 (圖八)。雖然各廠的加工機械或操作條件不同會影響到能源的消耗，但其影響畢竟不大。影響較大的因素是包裝容量的大小，因為包裝容量愈小，單位果蔬汁所使用的包材愈多。由於包材使用量與其容量的關係並無規則所循，再加上包材對於環境的衝擊影響值並不是很大 (最大為 PET 塑膠瓶，衝擊值為 0.43 Pt)，研究中將忽略包裝容量的影響，因此，包材衝擊指數將以這五種包材為選項，定義為：

包材衝擊指數 = 0.43 Pt (包材為 PET 塑膠瓶)

包材衝擊指數 = 0.40 Pt (包材為鐵罐)

包材衝擊指數 = 0.19 Pt (包材為 PP 塑膠瓶)

包材衝擊指數 = 0.10 Pt (包材為鋁箔包)

包材衝擊指數 = 0.05 Pt (包材為紙盒)

6. 廢棄物衝擊指數：

四種廢水處理方法對環境衝擊的影響大小依序為接觸曝氣法 > 活性污泥法 > 旋轉生物圓盤法 > 滴濾池法(圖十)。同理，廢棄物衝擊指數將以這四種方法為選項，定義為：

廢棄物衝擊指數 = 0.107 Pt (處理方法為接觸曝氣法)

廢棄物衝擊指數 = 0.086 Pt (處理方法為活性污泥法)

廢棄物衝擊指數 = 0.029 Pt (處理方法為生物圓盤法)

廢棄物衝擊指數 = 0.025 Pt (處理方法為滴濾池法)

7. 消費衝擊指數：

兩種果蔬汁消費流通方式對環境衝擊的影響大小依序為冷藏流通 > 常溫流通(圖十)。圖中所表現的是其平均值對環境的衝擊，但實際上消耗的能源與消費販售的貯藏時間有關，因此把貯藏時間的影響納入計算。消費衝擊指數定義成：

消費衝擊指數 = $0.623 \text{ Pt} \times \text{貯藏日數}$ (冷藏流通)

消費衝擊指數 = $0.122 \text{ Pt} \times \text{冰藏日數}$ (常溫流通)

其中， 0.623 Pt 是貯藏冷藏流通果蔬汁一天對環境產生

的衝擊值，0.122 Pt 則是冰藏常溫流通果蔬汁一天對環境產生的衝擊值(吳等人，2000)。值得注意的是，這個貯藏日數的變因，是由消費者所決定而無法由果蔬汁加工廠商事先控制。

(三). 果蔬汁綠色度之量化

果蔬汁之生命週期已於上述中明確定義成七個衝擊指數。根據這些指數的特性重新排列其順序如圖十一所示。本研究將果蔬汁之生命週期分割成兩部分，一部份是生產製程，包括固定的因素如原汁廠與下游工廠的距離、加工方式、包裝材料、廢水處理的方法等，以及變動的因素如原汁的來源與貯藏的時間與果蔬汁的濃度等。這些因素都是廠商在生產果蔬汁產品時所能控制的因素。理論上，果蔬汁產品經過這些程序之後就可以算出其對環境所造成的傷害。傷害的程度就可藉由研究中所定義之濃度衝擊指數、加工衝擊指數、原料衝擊指數、運輸衝擊指數、包材衝擊指數與廢棄物衝擊指數等，依據其生產條件而計算出對環境的衝擊值。因此，把這六個衝擊指數相加再定義成生產衝擊值指數：

$$\begin{aligned} \text{生產衝擊指數} = & \text{濃度衝擊指數} + \text{加工衝擊指數} + \text{原料} \\ & \text{衝擊指數} + \text{運輸衝擊指數} + \text{包材} \\ & \text{衝擊指數} + \text{廢棄物衝擊指數} \end{aligned}$$

另一個部份則是消費者所控制的因素。當消費者購

買果蔬汁產品時，其實才決定了果蔬汁產品在販售過程的貯藏時間。因此，消費衝擊指數是由消費者的購買行為所產生，而不是由廠商所決定。所以，果蔬汁綠色度的量化方法中，應該將這兩個部分的影響分開討論。

表二十是果蔬汁於各個階段中對環境產生之平均衝擊值，將每個階段中對環境影響最大的衝擊值相加可得知，果蔬汁產品對環境的最大衝擊值為 21.73Pt，而最小值為 1.53 Pt。事實上，廠商在完成果蔬汁產品的生產時，已經可以計算出產品的生產衝擊指數，其值介於 10.56 到 1.04 Pt 之間。消費衝擊指數則受到貯藏時間的影響，若以冷藏流通果蔬汁產品平均貯藏十七日來計算，其消費衝擊平均值可達 10.65 Pt。

由於消費者所能接受綠色度量化的數值應該是值愈大，產品綠色度愈高。因此，必須將上述的衝擊指數作適當之轉換以符合實際之需求。因此，擬將這兩部分的衝擊值分成兩部分處理，第一部分是產品包裝上所標示的生產綠色度量化的指標，將其定義成：

$$\text{生產綠色度指標} = \left(1 - \frac{\text{生產衝擊指數} - 1.04}{10.56 - 1.04} \right) \times 100$$

為了簡化計算，將上述的數據再作些微的調整如下：

$$\text{生產綠色度指標} = \left(1 - \frac{\text{生產衝擊指數} - 1}{10} \right) \times 100$$

$$\text{生產綠色度指標} = 110 - 10 \times \text{生產衝擊指數}$$

在果蔬汁的條件範圍下生產衝擊指數的最大值為

10.56Pt，利用上述公式所換算之生產綠色指標為 4.4；當生產衝擊指數為最小值 1.04Pt 時，換算的生產綠色指標則為 99.6。如此，果蔬汁的生產綠色度即可藉由上述之公式計算而得，並可藉由生產綠色度來判斷果蔬汁對環境的衝擊影響。

消費衝擊對果蔬汁產品的環境影響當然也必須考慮，但是這部分的影響必須由消費者決定。冷藏果蔬汁的消費衝擊指數，每貯藏一天增加 0.623Pt，根據生產綠色度指標的轉換邏輯，可將這個衝擊指數換算成下述之消費階段之綠色度耗損：

$$\text{消費階段之綠色度耗損} = \frac{0.623 \times \text{冷藏流通之貯藏日數}}{10} \times 100$$

簡化之後可得：

$$\text{消費階段之綠色度耗損} = 6.23Pt \times \text{冷藏流通之貯藏日數}$$

同理，對於常溫流通之果蔬汁消費階段之綠色度耗損則由下列之公式計算而得：

$$\text{消費階段之綠色度耗損} = 1.22Pt \times \text{常溫流通之貯藏日數}$$

因此，果蔬汁之綠色度計算將先決定生產綠色度指標，然後減去消費階段之綠色度耗損。亦即：

$$\text{果蔬汁之綠色度} = \text{生產綠色度指標} - \text{消費階段之綠色度耗損}$$

(四). 實例說明

圖十二描述某個下游加工廠向與其距離約有 100

公里之遠的原汁廠購買已經貯藏 60 天的國產冷凍原汁並製造成 30%稀釋冷藏紙盒果汁的流程，其廢水的處理採活性污泥法，並探討不同消費販賣貯藏期間(1、5、10 與 15 天)對產品綠色度的影響。

根據上述描述的條件，計算出各項之衝擊指數如表二十一，其中雖然 30%稀釋果汁的濃度衝擊指數較 100%純果蔬汁為高，但是原料衝擊指數與運輸衝擊指數也跟著產品濃度的降低而降低。若產品改為 100%純果汁，雖然濃度衝擊指數會降低成 0.539 Pt，但是原料衝擊指數會增加到 1.536 Pt，而運輸衝擊指數則會增加到 1.93Pt。原本這三個衝擊指數的和為 1.73 Pt，但變換成 100%純果汁後，這和卻提高到 4.01Pt。因此可見，果蔬汁濃度對環境的衝擊影響因原料輸入與運輸距離的不同而有所差異，但並沒有絕對的關係與規則可循。表二十二 是將表二十一所算出之衝擊指數換算成生產綠色指標以及消費階段之綠色耗損。果汁的綠色度在出廠時應標示為 87，經過貯藏一天之後，其綠色度會因為消費階段之綠色耗損而降低到 80.77。隨著貯藏日期的增加，綠色度繼續下降，等到貯藏 15 天之後其綠色耗損量會超過其生產綠色指標而使得果汁綠色度變成負值。雖然果汁綠色度變成負值表面看來不甚合理，但從這裡也可以教育消費者必須盡量避免屯積冷藏果蔬汁產品的觀念以達到對環境的保護。

五． 結 論

藉由加工衝擊指數、濃度衝擊指數、原料衝擊指數、運輸衝擊指數、包材衝擊指數、廢棄物衝擊指數等六個指數的定義與計算，可彙整出果蔬汁產品之生產衝擊指數，經轉換後可獲得生產階段之生產綠色度指標。果蔬汁在銷售階段時則會產生消費衝擊指數，這個指數隨著時間的增加而增加，並造成消費階段之綠色耗損。最後，產品綠色度之評估可藉由生產綠色指標減去消費階段之綠色耗損而達到量化的目的。

六． 參考文獻

丁執宇，1998。衝擊評估方法介紹及如何應用在產業界，生命週期評估研討會。

工研院化工所，2001。台灣省供水、貨車、電力使用等衝擊資料。<http://202.39.10.92/lcaweb/cgi/cgi2/exe/reptla>。

王素梅、李河水，2000。我國冷藏飲料之現況與展望。農委會研究計畫報告，計畫編號：89 科技-3.1-糧-94(2).doc。

台灣區果蔬汁公會，1997。「台灣區果蔬汁公會年刊」。

台灣區果蔬汁公會，1998。「台灣區果蔬汁公會年刊」。

台灣區果蔬汁公會，1999。「台灣區果蔬汁公會年刊」。

台灣區果蔬汁公會，1999。「台灣區果蔬汁公會年刊」。

安寶儀，1994。「食品業環境管理之初探」。碩士論文，
國立台灣大學商學研究所。

吳瑞碧，蔣丙煌，葉安義，王峻禧，2000。果蔬汁產品
生命週期非生物性資源之利用項況調查。行政院國家
科學委員會補助專題研究計畫成果報告，計畫編號：
NSC89-2621-Z-002-030-。

呂穎彬，1998。生命週期評估資料庫應用。工業污染防治，
第66期，113-140頁。

林達昌，1995。果菜市場廢棄物之減量策略。農委會研
究計畫報告，計畫編號：84科技-2.9-輔-07(3)。

徐炳勳，1992。「美麗共生」。台北：天下文化雜誌。

徐源泰；方祖達，1993。以基因重組酵素及微生物轉換
水果廢渣為能源物資。農委會研究計畫報告，計畫編
號：82科技-1.1-糧-56(41)。

馬鴻文，黃建中，2000。以風險評估方法建立綠色食品
評估準則之研究。行政院國家科學委員會補助專題研
究計畫成果報告，計畫編號：
NSC89-2621-Z-002-031-。

陳雪娥，葉蔭桓，2000。果汁綠色度之研究：柑桔汁即
番石榴汁加工物質流之建立及生物性資源之利用評
估。行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報

告，計畫編號：NSC89-2621-Z-030-002-。

陳肅霖，吳明昌，傅心梅，曾國展，2000。果汁綠色度之研究：楊桃汁及蕃茄汁加工物質流之建立及生物性資源之利用評估。行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告，計畫編號：NSC89-2621-Z-040-001-。

黃俊英，1992。「環保熱潮與企業經營」，二版。台北：中華民國管理科學學會。

經濟部工業局工業污染防治技術服務團，食品工廠廢水防治手冊，1986。

環保署，1994。「環保標章與綠色產品」。

Andersson, K. and Ohlsson, T. 1999. Including environmental aspects in production development: a case study of tomato ketchup. *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.*, 2:134-141.

Andersson, K., Ohlsson, T., and Olsson, P. 1998. Screening life cycle assessment (LCA) of tomato ketchup: a case study. *J. Cleaner Production* 6:277-288.

Fava, J. A. and Consoli, F.J. 1996. Application of life-cycle assessment to business performance. In *Environmental Life-cycle Assessment*. McGraw-Hill Press, New York, NY, USA..

Hang, Y. D. 1987. Production of fuels and chemicals from apple pomace. *Food-Technol.* Chicago, III.: Institute of Food Technologists. 41(3):115.

ISO 1997. *Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and*

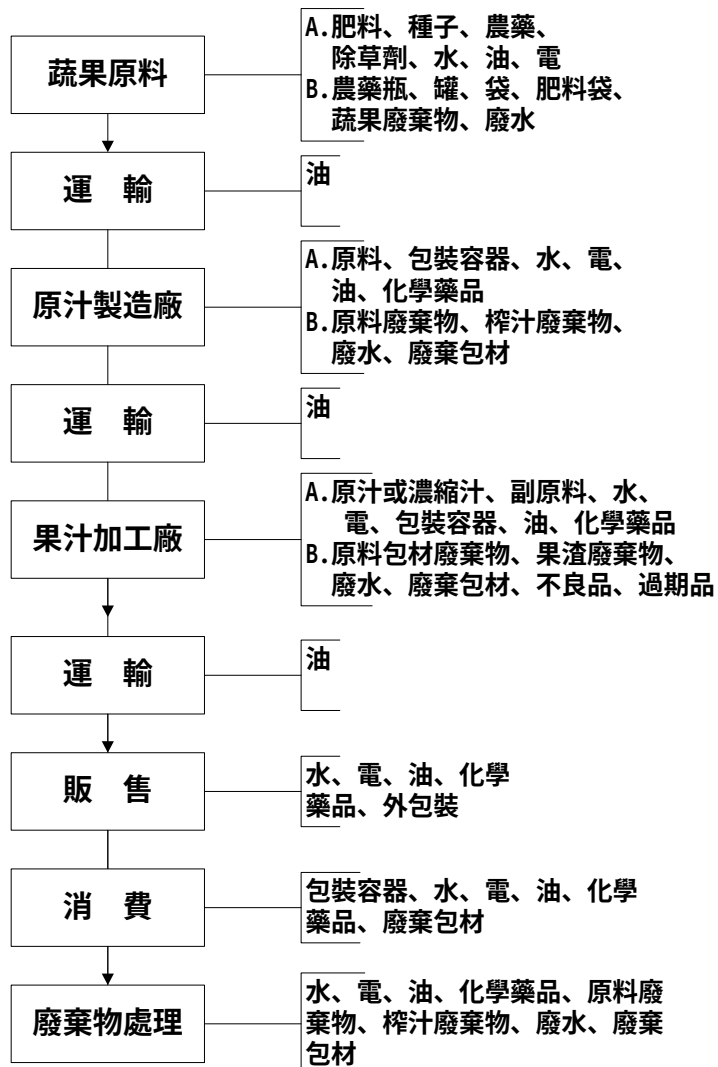
Framework.

Lane, A. G. 1979. Methane from anaerobic digestion of fruit and vegetable processing wastes. Food-Technol-Aust. Sydney, Council of Australian Food Technology Associations. 31(5): 201, 204, 207.

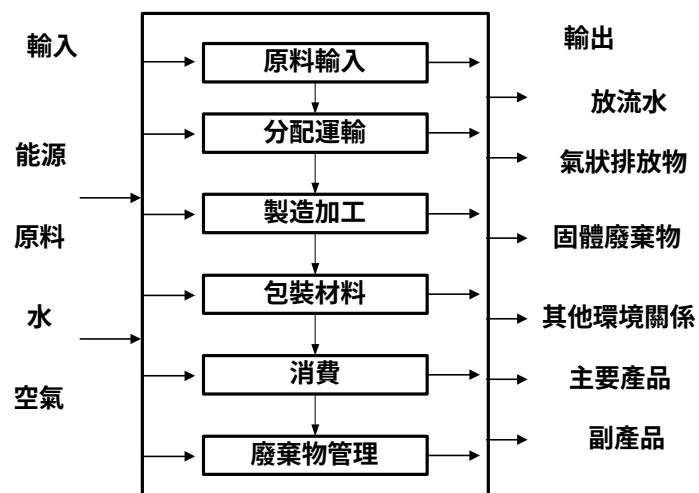
Nissen, N.F., Griesse, H., Middendorf, A., Muller, J., Potter, H. and Reichl, H. 1997. Comparision of simplified environmental assessment versus full life cycle assessment (LCA) for the electronics designer. In "Life Cycle Networks", Krause, F.L. and Seliger (Eds.). Chapman & Hall, p.301-312.

Shi, J.S. and Kane, J.M., 1996. Green issues. Business Horizons 39(1):65-70.

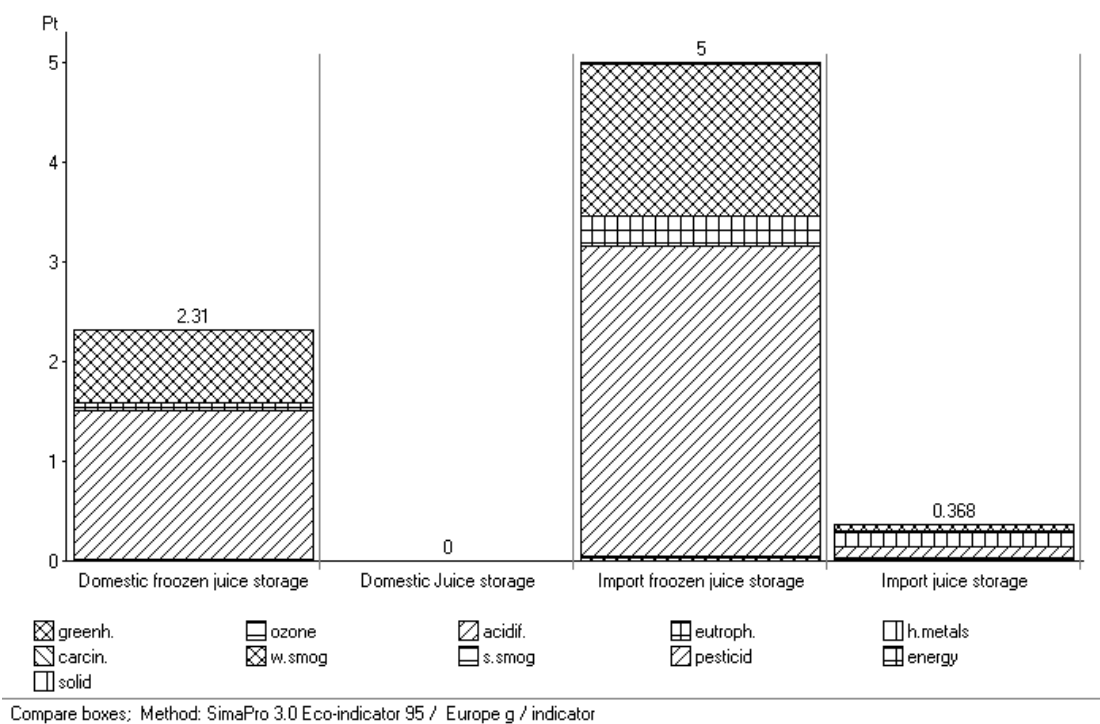
Simon, F.L. 1992. Marketing green products in the triad. Columbia J. of World Business (Fall and Winter):268-285.



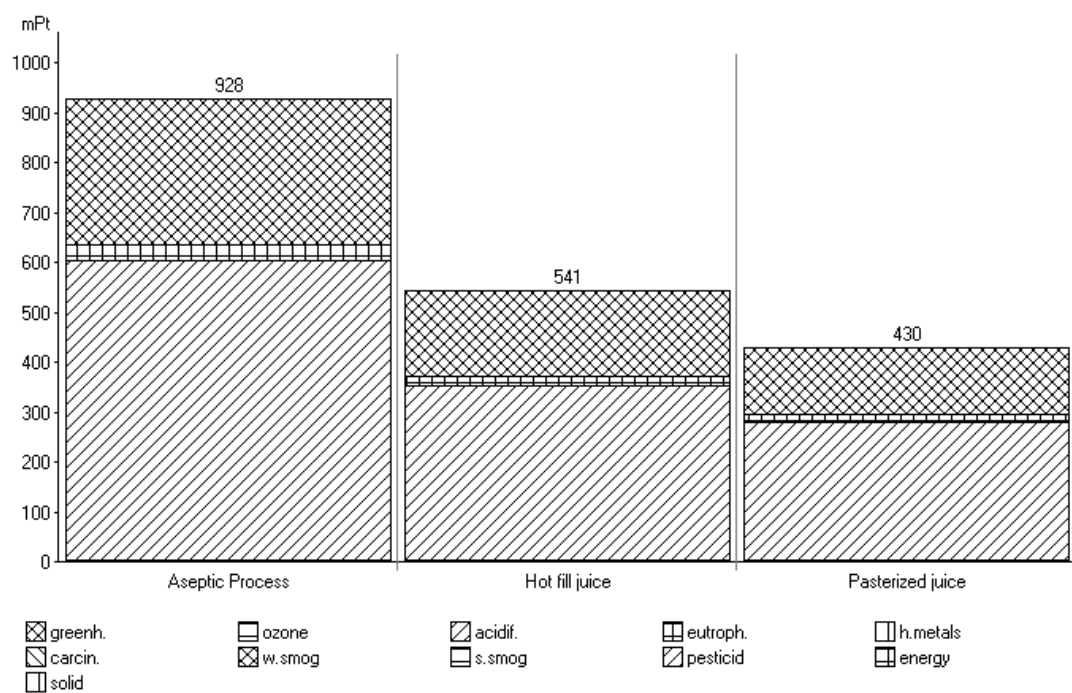
圖一、果蔬汁之生命週期



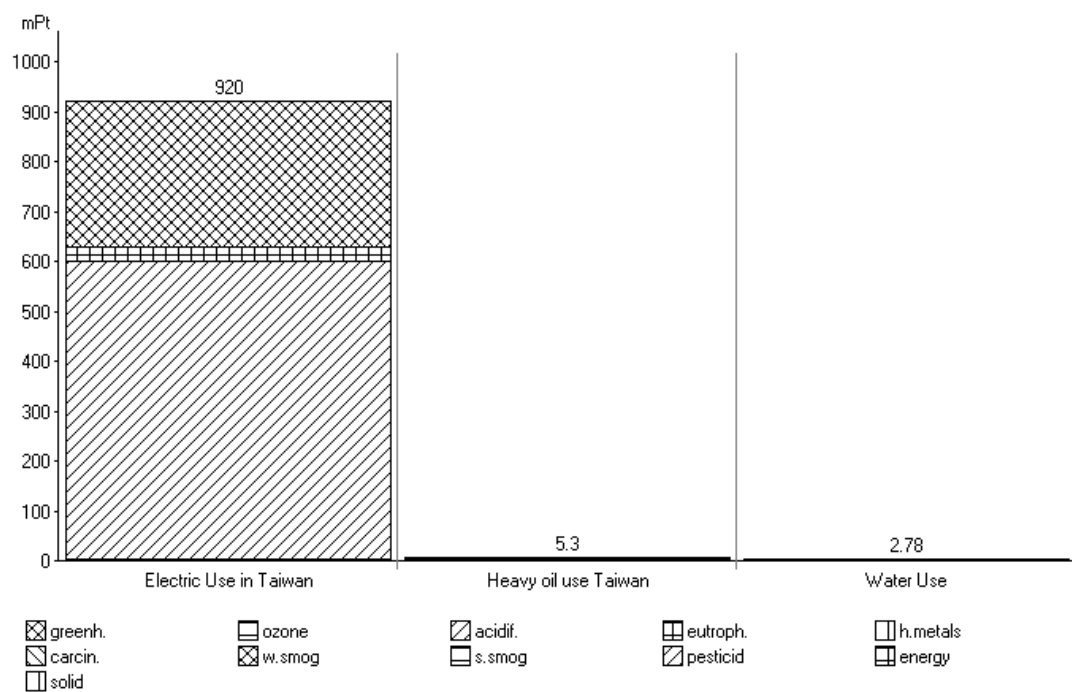
圖二、果蔬汁產品之生命週期資料盤查範圍。



圖三、原料輸入階段之衝擊評估比較。

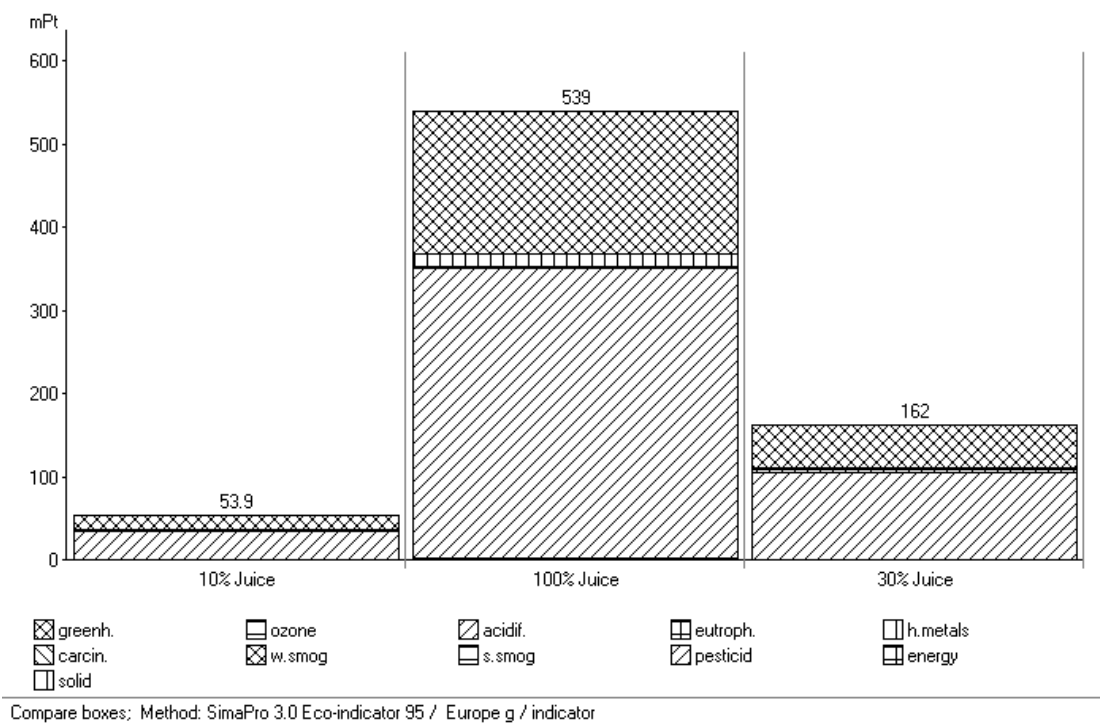


圖四、製造加工階段中無菌加工、熱充填與冷藏加工等三種加工方式對環境產生之衝擊評估比較。

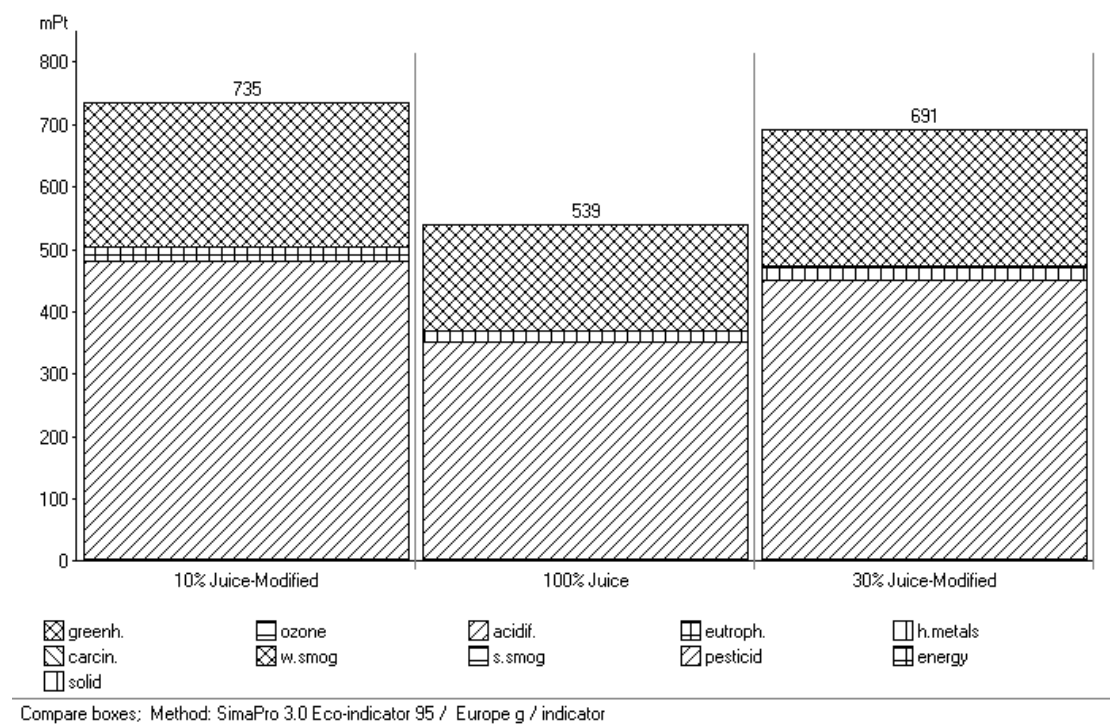


Analyse 1 p assembly 'Aseptic Process'; Method: SimaPro 3.0 Eco-indicator 95 / Europe g / indicator

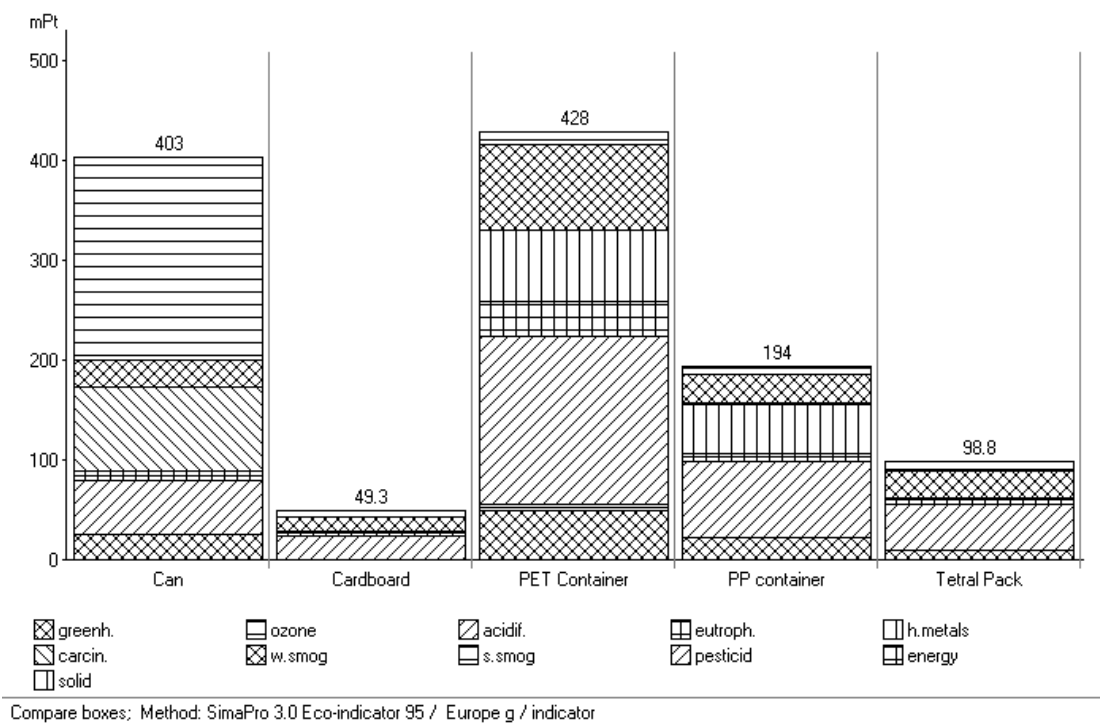
圖五、 無菌加工過程中，電力使用、燃料使用與用水量等對環境產生之衝擊評估比較。



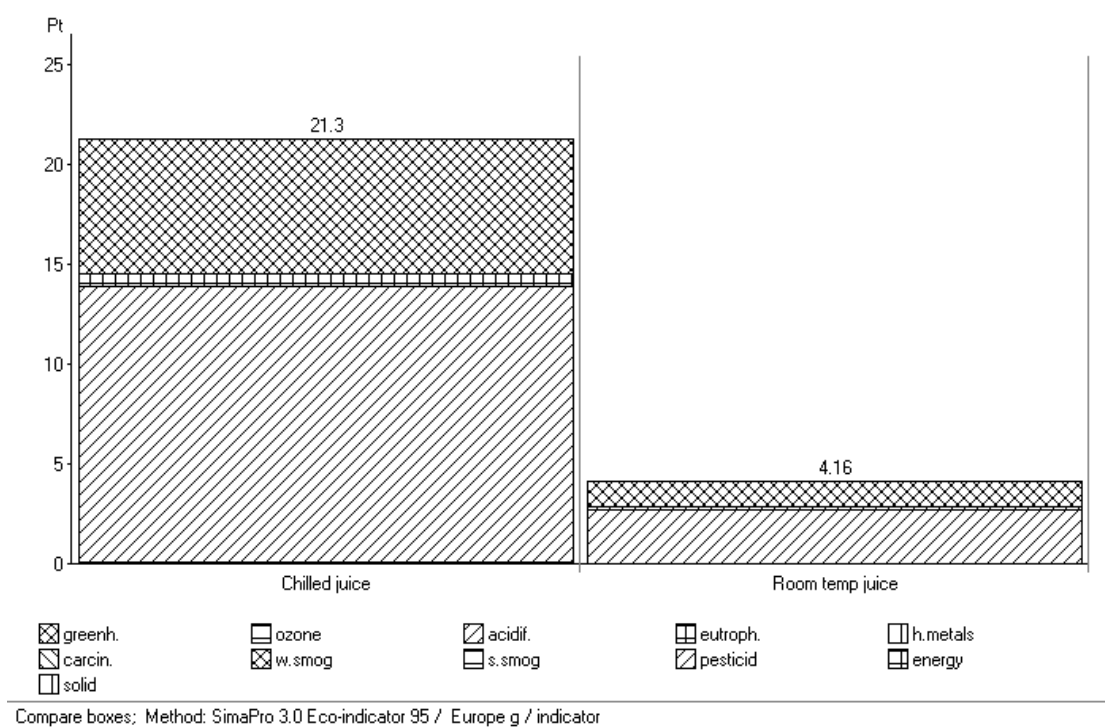
圖六、製造加工階段中 100%純果蔬汁、30%稀釋果蔬汁與 10%清淡果蔬汁等三種果蔬汁濃度產品對環境產生之衝擊評估比較。



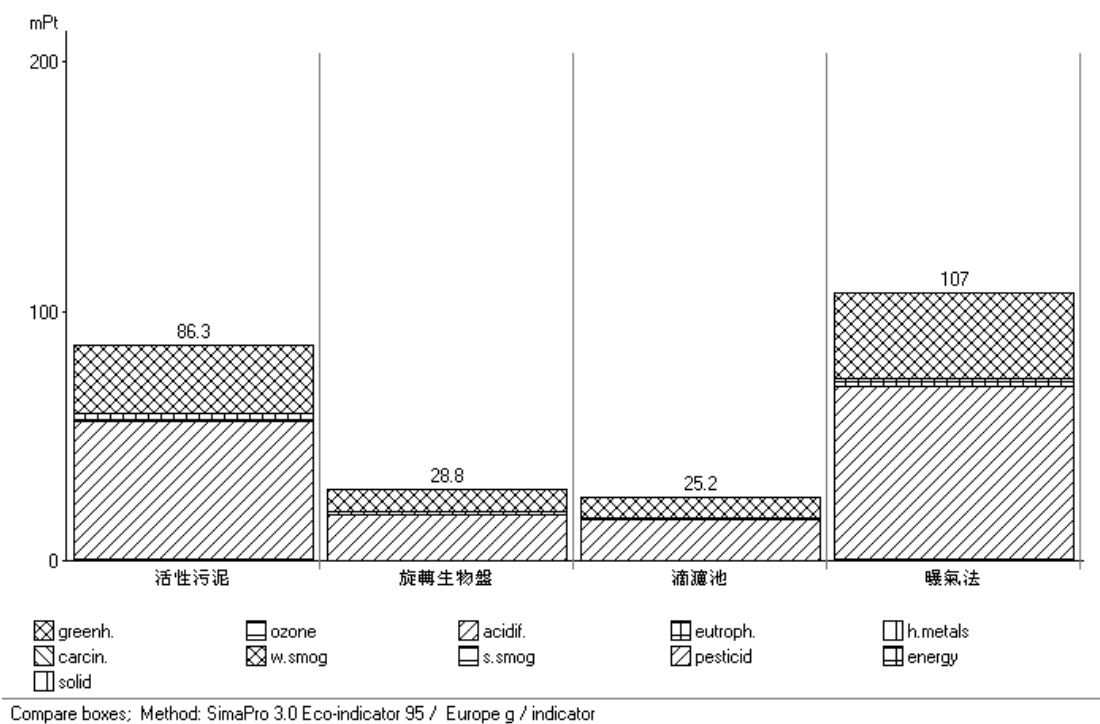
圖七、製造加工階段中 100%純果蔬汁、30%稀釋果蔬汁與 10%清淡果蔬汁等三種果蔬汁濃度產品對環境產生之衝擊評估比較。



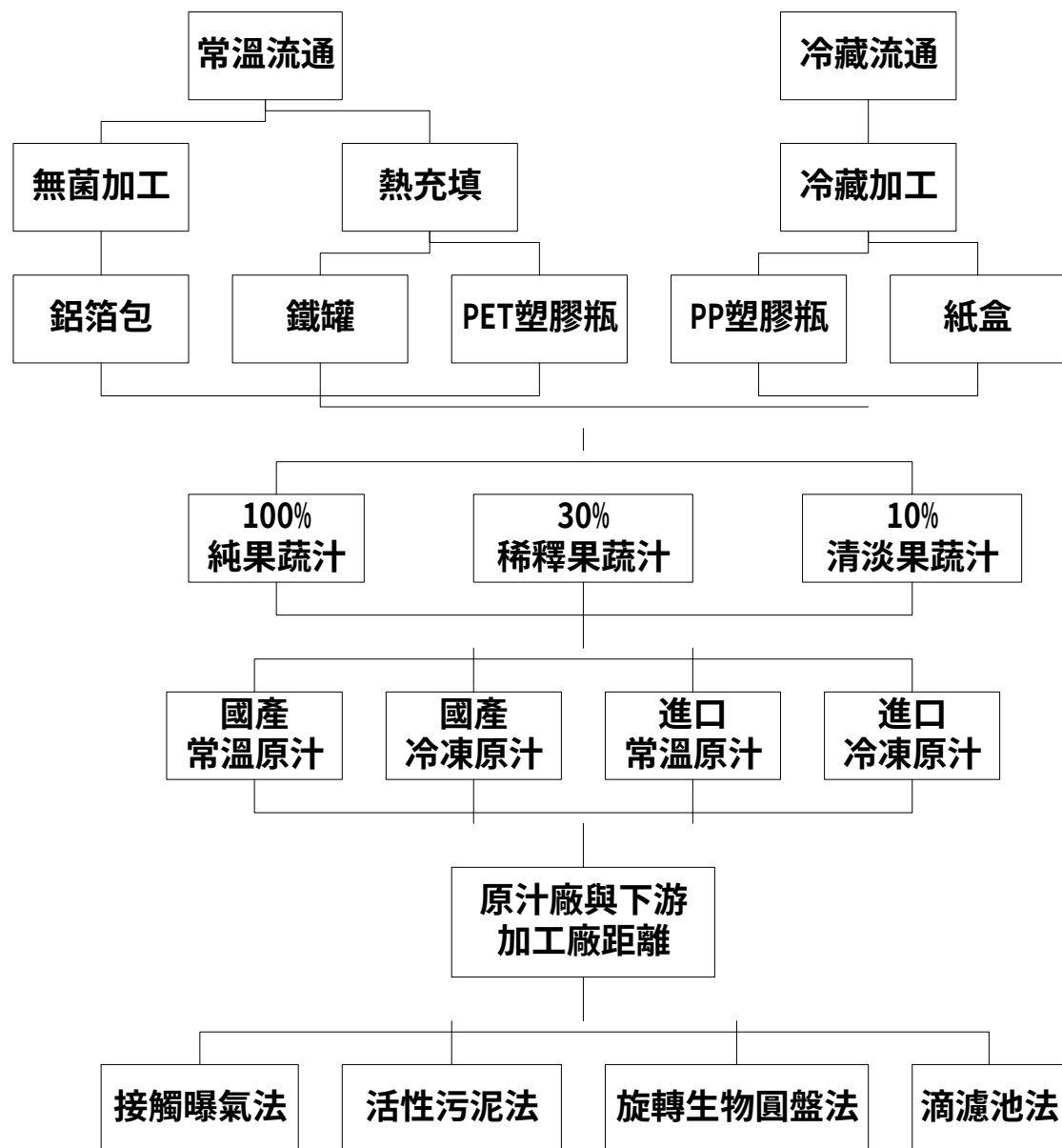
圖八、包裝材料階段中鐵罐、紙盒、PP 塑膠瓶、PET 塑膠瓶、鋁箔包等五種果蔬汁包裝容器對環境產生之衝擊評估比較。



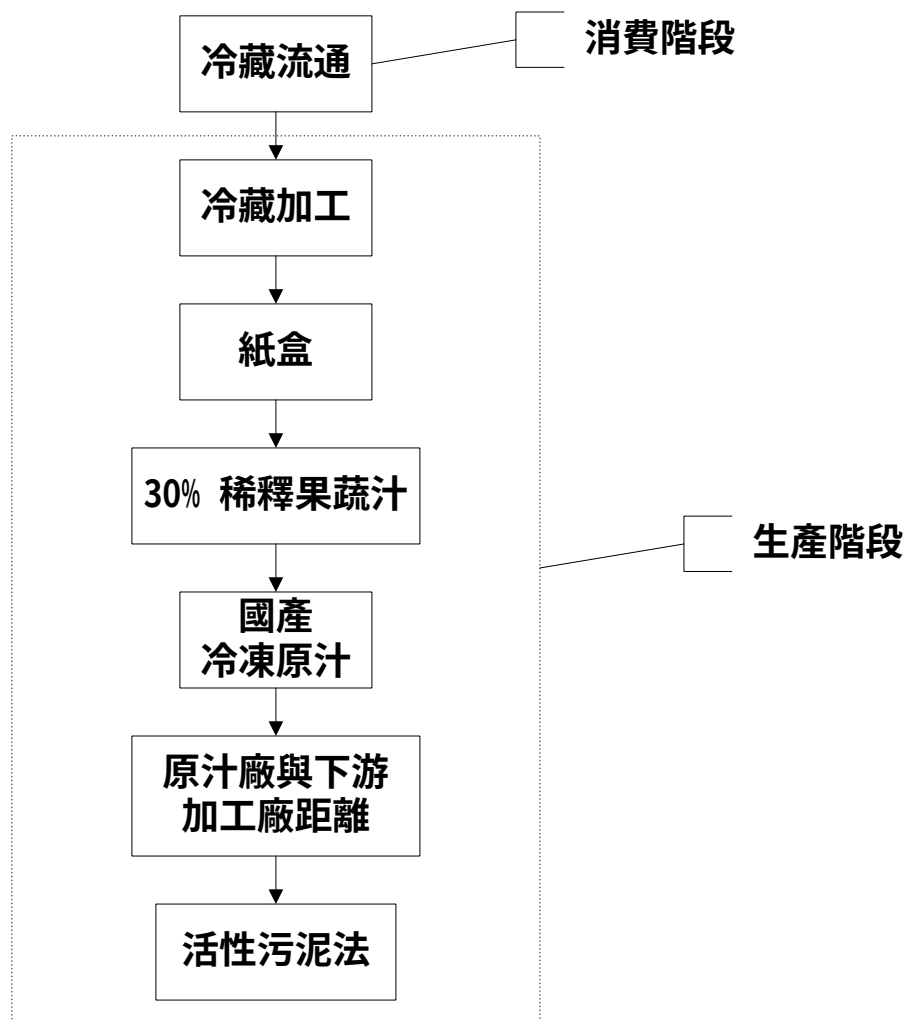
圖九、消費階段中常溫流通與冷藏流通等兩種消費型態對環境產生之衝擊評估比較。



圖十、 廢棄物管理階段中活性污泥法、曝氣法、滴濾池與旋轉生物法等四種廢棄物處理方法對環境產生之衝擊評估比較。



圖十一、果蔬汁生命週期階段之排列。



圖十二、30%稀釋冷藏紙盒果汁之製造流程與條件。

