

出國報告（出國類別：研究）

歐洲摻偽實驗室研習

服務機關：衛生福利部食品藥物管理署

姓名職稱：許哲綸技正、黃子凌技士

派赴國家：德國

出國期間：106年01月14日至01月23日

報告日期：106年04月12日

摘 要

鑒於不法藥物及摻偽手法日新月異且新興檢驗技術推陳出新，檢驗人員應與國際接軌汲取新知，以精進及熟練檢驗技巧。本署研究檢驗組許哲綸技正及黃子凌技士，奉派於 106 年 1 月 14 日至 23 日赴德國進行歐洲摻偽檢驗技術之研習，期間赴 Agrosolab、Intertek 民間實驗室及 Bruker、Thermo Fisher 儀器公司等摻偽分析技術具指標性之實驗室及儀器商進行摻偽技術之了解。本次研習內容除了學習儀器新知並提出應用問題相互交流討論，亦有儀器之分析操作示範、儀器內部構造解析等課程，有助於排解儀器使用或實驗操作上之問題，並可評估本署目前之儀器配置是否足以應付當前多元分析的需求。此外，本次研習特別以蜂蜜摻偽鑑別為對象，學習同位素比值分析技術以應用於藥品及食品的摻偽檢驗。於實驗室中學習蜂蜜樣品之處理、保存、儀器運作參數設定等，並蒐集相關檢驗方法或標準，期望日後能更加穩定且精確地執行檢驗。同時，在研習交流過程中，與訪問專家保持良好互動，提升未來合作可能，以精進本署檢驗技術與國際接軌。

關鍵字：摻偽檢驗、同位素比值質譜儀、蜂蜜摻偽

目 錄

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
參、技術研習及參訪	3
一、 Agroisolab 公司	3
(一) 公司及業務介紹	4
(二) 同位素比值技術應用	
– 食品摻偽分析及非法藥品檢驗	4
(三) 資料庫建立與計畫執行	7
(四) 實驗室參觀	10
(五) 問題討論與交流	11
二、 Bruker 公司	
– 質譜儀應用與操作學習	13
三、 Thermo Fisher 公司	
– QEGC 應用學習與 EA/LC-IRMS 疑難排解	17
四、 Intertek 公司	19
(一) 公司及拜訪對象介紹	20
(二) 蜂蜜貿易及蜂蜜摻偽情形概述(聚焦於歐洲)	23
(三) 以同位素比值質譜儀(IRMS)檢測蜂蜜摻偽.....	25
(四) 實驗室參觀	28
(五) 問題討論與交流	31
參、心得.....	36
肆、建議.....	38

壹、目的

因應不法藥物與食品、藥品摻偽事件之推陳出新，使用新興儀器與技術進行檢驗分析實屬必要，檢驗人員必須時時學習新知並熟練相關操作技術，始能因應多元之檢驗需求，保障國人食藥安全。為瞭解國際摻偽鑑別之現況，同時汲取相關檢驗經驗以提升自身檢驗技能，職等於 106 年 1 月 14 日至 23 日奉派前往德國進行摻偽檢驗技術之研習。

本次研習參訪對象包括 Agroisolab 及 Intertek 兩間位於德國之檢驗單位，同時亦參訪儀器生產公司 Bruker 與 Thermo Fisher。主要目的為瞭解歐洲食品及藥品摻偽之檢驗現況，期間亦就我國執行相關分析檢驗所面臨的問題與之交流，並蒐集當地相關檢驗方法及標準，期能藉此排解現行實驗操作之疑問，同時多方學習各項儀器新知，應用於未來檢驗方法之開發與執行。

因應我國民眾生活習性及嗜好，於眾多摻偽議題中特別以蜂蜜摻偽為對象，與德國當地利用同位素比值質譜儀研究相關主題之專家學者見面、討論，亦積極與對方建立合作情誼及聯繫管道，日後希請其能訪臺分享研究成果或檢驗經驗，增加未來合作交流之機會。

貳、過程

本次研習為期 10 天，共參訪 2 間檢驗分析實驗室及 2 間儀器製造公司，於過程中了解歐盟國家近年針對食品與藥品摻偽所採取的策略及相關措施，學習新興摻偽檢驗技術及先進檢驗儀器設備等，研習及參訪流程紀錄如下表：

表 1、「歐洲摻偽實驗室研習」之參訪流程與研習紀錄

日期	地點	研習紀錄
106.01.14~01.15	台北－德國於利希	啟程
106.01.16~01.17	Agroisolab 公司 (德國於利希)	1. Agroisolab 公司簡介 及實驗成果分享 2. 實驗室參訪 3. 同位素比值檢驗分析 主題探討
106.01.18	Bruker 公司、 Thermo Fisher 公司 (德國布萊梅)	1. 儀器、操作軟體及應 用領域介紹 2. 儀器操作疑難排解
106.01.19~01.20	Intertek 公司 (德國布萊梅)	1. 同位素比值質譜儀分 析原理及應用介紹 2. 實驗室參訪 3. 同位素比值分析運用 於蜂蜜摻偽檢驗主題 探討
106.01.21~01.23	布萊梅－法蘭克福國際 機場－台北	返程

參、技術研習及參訪

一、Agroisolab 公司

抵達德國於利希(Jülich)後，承蒙 Agroisolab 執行長 Dr. Markus Boner 的接送，始能順利到達研習地點，Dr. Boner 擅長以同位素比值分析進行樣品來源及摻偽鑑定，為 Agroisolab 創始人之一；同行迎接我們的還有從英國 Agroisolab UK 前來的 CEO Roger Young 先生，Mr. Young 曾在 105 年度的臺灣 AOAC 年會暨研討會造訪台北，分享同位素比值質譜儀於食品摻偽鑑定領域之運用。1 月 16 至 17 日於該公司 1 天半的研習均由 Dr. Boner 與 Mr. Young 負責接待及研習講解。

該公司主要有兩個層樓，1 樓為實驗室(包含實驗前處理區及儀器分析室兩部分)，2 樓為辦公室及會議室。研習第 1 天先由 Dr. Boner 向我們介紹 Agroisolab 的公司業務及近期的幾項政府(歐盟)委辦計畫與客戶委託案例，接著向我們說明同位素分析的原理，以及將同位素比值分析技術應用於摻偽檢驗之原理，並以實驗室參訪作為第 1 天研習的結束。



圖 一、許哲綸技正(左一)與黃子凌技士(左二)在 Agroisolab Jülich 門口與 Dr. Markus Boner(右二)及 Roger Young 先生(右一)合影。

隔天，則針對研習過程中的疑問向 Dr. Boner 及 Mr. Young 請教，並且提出利用元素分析儀串聯同位素比值質譜儀(EA-IRMS)進行茶葉產地摻偽鑑別的構想，在實驗架構上需要考量與謹慎設計的地方。Mr. Young 為我們列舉出許多須特別留意的因子，並說明該公司可以收費的方式提供本署技術指導及合作執行茶葉摻偽檢驗計畫的意象，但可惜費用昂貴，未能答允其合作邀約。

Mr. Young 於研習過程中熱情邀請本署參與該公司的同位素比值實驗室間比對試驗(Round Robin Test)，Dr. Boner 及 Mr. Young 表示，日後相關的能力試驗資訊會以電子郵件方式通知本署研究檢驗組。此能力試驗一年會舉辦多次，為免費且未強制回復結果，惟未回覆結果則無法取得該次比對試驗之結果資料。

(一) Agroisolab 公司及業務介紹

Agroisolab 創立於 2002 年，以穩定同位素及放射性碳的原理開發各種相關檢驗方法，至 2012 年已建立農產品、化學產品、日用品等項目超過 100 個的同位素比值資料庫，其應用橫跨多個領域，包括：

- (1) 食物、飲品、日用品、木材等地緣性來源認證。
- (2) 食物、飲品中的摻偽物質或已知原料檢測(如：額外添加的糖、水等)。
- (3) 有機耕作認證。
- (4) 人工與天然化合物之確認(如：香草精 vanillin)。
- (5) 可再生能源百分比之定量(如：生物塑膠、石油、煙道氣等)。
- (6) 標記系統(穩定同位素)。
- (7) 企劃開發(新追溯工具，如：歐洲象牙資料庫 <http://ivoryid.org>)。

(二) 同位素比值技術應用 – 食品摻偽分析及非法藥品檢驗

同位素數值或同位素比值(δ)，是經由國際標準(PDB、SMOW 等)校正而來，單位以千分之一(‰)表示，計算方式如下：

$$\text{Ratio (R)} = \frac{\text{abundance of the heavy isotope}}{\text{abundance of the light isotope}}$$

$$\delta = \frac{R_{\text{samp}}}{R_{\text{std}}} - 1$$

R_{samp} : Ratio of the sample.

R_{std} : Ratio of the standard (defined by the IAEA).

利用地球上任何有機物質均由元素所組成的原理，穩定同位素分析(Stable Isotope Analysis)有應用上的優勢。構成生質(biomass)主要架構的元素(碳、氫、氧、氮、硫等)包含不只一種穩定同位素，當動植物執行生化循環時，所需資源均來自於當地生活環境，受到環境中不同程度或類別之同位素分化作用(isotope fractionation)，不同來源之動植物會有不同的穩定同位素表現。所謂同位素分化作用，意即物質發生某化學或物理變化時，同位素因質量及鍵能上的差異，較輕及較重的同位素會有不同的反應速率，此反應速率的差別導致生成物和反應物之同位素組成不同。因為同位素分化結果會受到環境影響，意味著隨區域來源之不同，即便是同一種動植物或其產品，仍會有不同的同位素比值表現，而此數值上的差異構成了「同位素指紋(isotope fingerprint)」。

因同位素指紋無法經由化學添加物或加工過程而改變，商品之來源追溯可透過分析同位素比值達成，不只可以知道來源國家或區域，甚至還能確認商品來自於哪一間農場、公司。另外，同位素指紋之原理亦可延伸應用於摻偽鑑定：欲分析之樣品含有摻偽物質時，因物質之來源與原樣品成分來源不同，會使整體同位素比值偏移正常值，而檢驗人員即可藉由同位素比值之改變，判定樣品摻假的可能性，為了正確判定，利用單一或結合多個同位素比值(D/H、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ 等)以建立同位素比值資料庫是非常重要的。

(1) 氫(D/H)及氧($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)

水是地球的重要資源，海洋便占了總量的 97 %，水蒸發形成雲朵再凝降成雨的循環從不間斷，隨著風勢的吹拂，導致靠海地區與內陸的 D/H 及 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 同位素比值會有所不同。相比於 H 及 ^{16}O ，較重的 D 及 ^{18}O 無法深入內陸，因此，

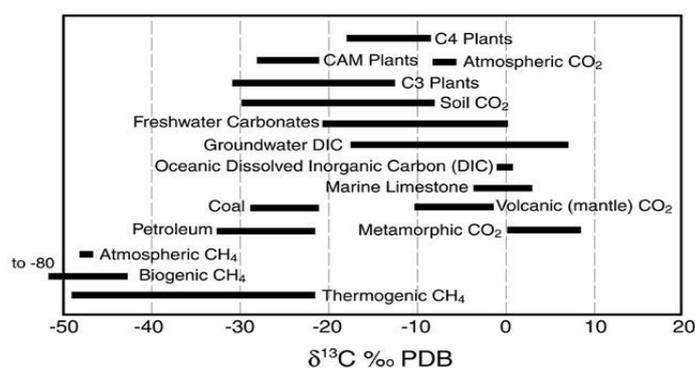
越往內陸 δD 和 $\delta^{18}O$ 的數值越大(越趨於正值)，而靠海地區的同位素比值數值越小，形成一同位素比值的梯度，只要欲分析物當中含有水(動植物需要水才能存活)，搭配同位素比值地圖(資料庫)的應用，即有可能鑑定欲分析物的來源地。

(2) 氮($^{15}N/^{14}N$)及硫($^{34}S/^{32}S$)

地球上的植物因生長所需而吸收土壤中的氮、硫(部分由空氣而來)，而植物之氮、硫同位素比值便會反應生長環境的同位素條件。除了土壤外，雨水、肥料、環境歷史(如耕作方法、汙染紀錄等)、以及植物種類，都是會影響氮、硫同位素指紋的因素。至於動物及其產品中的 $\delta^{15}N$ ，與飼料或攝食食物之 $\delta^{15}N$ 相關，數值相較於飼料或攝食食物會稍微有偏移。

(3) 碳($^{13}C/^{12}C$)

植物的 $^{13}C/^{12}C$ 同位素比值受到不同的代謝路徑影響，造成 C3、C4 及 CAM 植物都有不同的碳同位素表現(圖一)。C3 植物之光合作用途徑為卡爾文循環(Calvin cycle)，主要有木本喬木、大多數灌木、寒帶草類等，亦包括蜜蜂採蜜之主要蜜源；C4 植物之光合作用途徑為卡爾文循環及克柏循環(Kreb's cycle)，如玉米、甘蔗等；而 CAM 植物多為沙漠植物(如：仙人掌)，其糖代謝路徑為景天酸代謝(crassulacean acid metabolism)。將此原理利用於食品分析，可以判定分析物之品質(如：摻偽之可能性)，亦可以追溯養殖禽畜之飼料種類。



圖二、不同來源之 $\delta^{13}C$ 數值分布。(圖片來源：<https://goo.gl/dN8aPm>)

同位素比值檢驗技術不只可以應用於食品的產地來源鑑別及摻偽檢測，也可

以運用在藥學分析當中，許多藥理學及藥物代謝、利用率等相關研究都使用穩定同位素比值質譜儀(IRMS)分析樣品的整體或個別同位素。除此之外，元素分析儀串聯穩定同位素比值質譜儀(EA-IRMS)和氣相層析儀串聯穩定同位素比值質譜儀(GC-IRMS)的應用也是在鑑識科學及不法藥物、運動禁藥分析領域中常見的檢驗方法。藉由分析人體血液、尿液或頭髮樣品中的管制藥品成分如 γ -羥基丁酸(γ -hydroxybutyric acid, GHB 在臺灣常被稱為迷姦藥水、神仙水等，屬二級毒品)，可以得知樣品中的 GHB 是由檢測對象經內源性產生，或是由外界攝取而來(外源性)；同一檢測原理也可應用在運動禁藥的檢測上，透過分析運動員尿液中外源性及內源性的去氫皮質酮(Dehydroepiandrosterone, DHEA)，可判定運動員是否使用禁藥，為運動賽事的公平公正把關。目前同位素比值檢驗技術在各領域的運用仍在持續發展，檢驗方法的開發與精進使這項技術更加成熟，各個國家級實驗室或作為標竿的檢驗機構紛紛建立各種同位素比值資料庫，以作為實驗比對的標準及依據。

(三) 資料庫建立與計畫執行

Agroisolab 擁有全歐洲最大的牛肉、豬肉及雞肉同位素比值資料庫，其他由 Agroisolab 建立或是協助建立的同位素比值資料庫有：歐洲紅酒資料庫(European wine database)、德國蘆筍資料庫(German asparagus database)、英國豬肉資料庫(English pork database, BPEX)、英國牛肉資料庫(English beef database, FERA)、歐洲雞蛋資料庫(European egg database, KAT)、醋資料庫(vinegar database, DIN 16466)、象牙資料庫(ivory database, BFN)等，而目前正著手建立歐盟大豆資料庫(EU soja database)。

為了鞏固品牌、維持市場價格、防堵走私品並保障消費者權益，許多歐洲國家都將代表性農產品或民生作物的同位素比值做了登錄，歐洲是全世界同位素比值分析技術發展較久的國度，Dr. Boner 為我們舉了相當多 Agroisolab 承接客戶委託執行檢驗計畫的例子，如：以 δD 及 $\delta^{18}O$ 分析英國的牛肉及豬肉、歐洲各國

(註) A. Bateman et al., Fertilizer nitrogen isotope signatures, 2007, Env. Health Studies.

的葡萄酒、馬鈴薯、魚子醬等；而德國作為愛好啤酒的國家，幾個主要出產啤酒的城市也都有屬於當地啤酒的同位素比值範圍。除此之外，測定 $\delta^{13}\text{C}$ 以分辨香草精是天然抑或生化合成、鑑別食醋的發酵基質(甜菜糖、穀類或蘋果)等碳同位素比值分析的應用案件也有許多。當然，有很多時候是需要結合各種不同元素的同位素比值分析結果始能進行來源判定，不可諱言，判定的前提就在必須建立完整的資料庫。

Agroisolab 於 2014~2016 年間為了防止高價草莓果醬中摻雜來自中國或波蘭的廉價莓果，利用同位素表現可區分果醬中的草莓來自瑞典或其他國家。計畫起始先分別測定瑞典各地草莓的 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位素比值、草莓中水的 D/H 與 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 同位素比值，以及蛋白質中 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 與 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 的同位素比值，隨後與中國、波蘭的草莓比較，以統計軟體分析各樣品碳、氧、氫、氮、硫同位素的綜合表現，將結果以 2D 形式散佈圖呈現。實驗結果顯示：成功分辨波蘭及瑞典草莓的機率為 85 %。而因為地域差異大的關係，中國草莓和波蘭或是瑞典比較，其同位素表現都有顯著的不同。其他利用碳、氧、氫、氮、硫同位素綜合分析的還有咖啡豆的產地鑑別，咖啡在德國是非常重要且普遍的日常飲品，為了保障咖啡品質與維護市場公正，咖啡豆的產地標示管理相當重要。此計畫同樣需要事先建立包含不同國家或地區咖啡豆同位素表現的資料庫，目前 Agroisolab 公司建立的資料庫中已包含非洲、中美洲、南美洲及大洋洲的咖啡豆同位素表現。

同位素比值技術應用於有機耕作認定上，研究發現可以分別作物是以礦物肥或是糞肥、骨粉等有機肥料施肥，該研究進一步分析 61 個有機番茄與 45 個一般市售番茄的 $\delta^{15}\text{N}$ ，發現有機番茄的 $\delta^{15}\text{N}$ 數值不會低於 0 ‰，而一般市售番茄的 $\delta^{15}\text{N}$ 數值分布則會有出現負值的可能^(註)。Agroisolab 公司亦利用同位素比值分析技術判定有機雞蛋，檢測 750 個一般雞蛋及有機雞蛋的 $\delta^{15}\text{N}$ 並作結果比對圖，只有約 5 % 的有機雞蛋檢測數值不正常，需要更進一步確認蛋雞的飼料；另外，目前歐盟有關於有機產品的製作、生產、販售於歐盟法規均有規範，Agroisolab 公司參加了 BLE (德國聯邦農業與糧食署 Federal Office of Agriculture and Food)

舉行的盲測試驗，於 29 個雞蛋檢體中，有 90 % 的成功率可分辨出有機或一般雞蛋。關於有機耕種的主題，Dr. Boner 為我們整理了許多同位素比值技術應用於有機產品鑑定的參考文獻，整理如下：

表 2、同位素分析技術應用於有機產品鑑定之參考文獻資料。

年份	作者	題目	書籍或期刊
1990	Yoneyama	Variations of natural ^{15}N abundance of crops and soils in Japan with special reference to the effect of soil conditions and fertilizer application.	Soil Science and Plant Nutrition
2003	Woo Jung Choi	Patterns of natural ^{15}N in soils and plants from chemically and organically fertilized uplands.	Soil Biology and Biochemistry
2003	Nakano	Effect of organic and inorganic fertigation on yields, ^{15}N values and ^{13}C values of tomato.	Plant and Soil
2005	Rapisarda	Nitrogen metabolism components as a tool to discriminate between organic and conventional citrus fruits.	Journal of Agricultural and Food Chemistry
2007	Flores	The feasibility of using ^{15}N and ^{13}C values for discriminating between conventionally and organically fertilized pepper.	Journal of Agricultural and Food Chemistry
2007	Bateman	Nitrogen isotope composition of organically and conventionally grown crops.	Journal of Agricultural and Food Chemistry

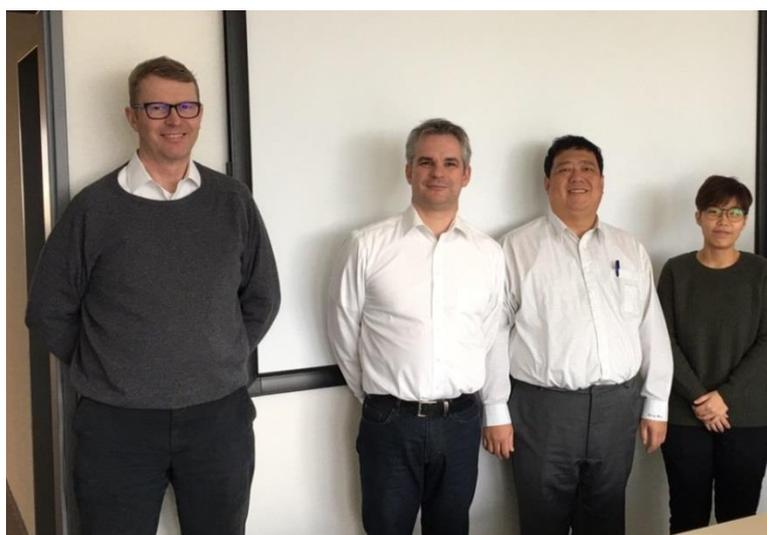


圖 三、許哲綸技正(右二)與黃子凌技士(右一)在會議室中與 Roger Young 先生(左一)及 Dr. Markus Boner(左二)合影。

(四) 實驗室參觀

實驗室的參訪依然由 Dr. Boner 及 Roger Young 先生帶領我們參觀。該公司實驗室位占了整棟建築物 1 樓樓層，主要分為樣品前處理區與儀器室兩個區域，參觀當天在實驗室中操作的人員較少，也因為涉及商業機密，沒有機會實際看見樣品前處理或儀器操作過程，更無法進行拍攝，因此僅由 Dr. Boner 就儀器室內的儀器進行介紹，也因此得知 Dr. Boner 不僅是一位 CEO，更具有改裝儀器的本事，其中一台儀器設備就是自行改裝，不僅可以節省成本，更能發揮分析效能、提升數據品質，這給予我們許多啟發，實驗無須侷限於儀器設備，創新讓檢驗技術有了無限可能。

由於 Agroisolab 特別注重利用元素分析儀串聯同位素比值質譜儀(elemental analyzer-isotope ratio mass spectrometer, EA-IRMS)進行同位素比值的分析，因此 EA-IRMS 的數量便有約 10 台，每一台分析儀器僅固定分析一種穩定同位素。Agroisolab 目前主要承接的客戶案件為木材的產地來源鑑定，用於防堵廉價家居飾品或傢俱宣稱使用高檔木材，在實驗室參訪過程中我們也看見許多磨成木屑的樣品等待分析。為了建立資料庫，各重點區域的木材都要廣為蒐集，除了中國、俄羅斯等國家，歐洲各國的樣品也是必須的，有趣的是，甚至 Agroisolab 建築物門口旁提供休息的木椅都被鋸去了一段作為分析樣品，可見人員對樣品數量及多元的重視。

為了避免增加實驗變因，Dr. Boner 及其團隊堅持 1 台 EA-IRMS 只分析 1 種元素。一般 IRMS 於分析前的時間表(time events)設定時，可於特定的分析時間下執行氣體轉換(switch gas)，這一操作使得 IRMS 可以在同一次分析中檢測不同元素的同位素比值。Dr. Boner 認為此一操作雖然方便，但也提高了儀器訊號不穩定的機率，還會增加實驗參數設定的複雜度，因此，在實驗室空間允許的情況下，做了「單一台儀器分析單一同位素」的選擇。另外，為了簡化及精進實驗流程，部分實驗操作人員亦具備儀器改良或維修技能，可以因應各種實驗需求而對

儀器進行調整或改造，並致力於提高自動化以減少人力成本。因為頻繁的調整及維修，在實驗室內常常可看見更換下來的零件或是管線裸露的儀器，懂得儀器細部構造的實驗操作人員與工程師共同合作，常能縮短維修等待的時間。為了應付每天大量的樣品檢驗需求，Dr. Boner 的團隊改良元素分析儀的自動進樣裝置，訂製了有更多樣品放置口的自動進樣盤(一般元素分析儀之自動進樣盤約有 32 個樣品放置口)，讓一台 EA-IRMS 在反應管允許(儀器訊號穩定)的情況下，於一次分析可以消化的樣品數量大幅提升。

(五) 問題討論與交流

於研習的最後，我們針對儀器操作、實驗架構和本身實驗經驗上的疑問和 Dr. Boner 及 Roger Young 先生進行問答交流，整理如下(回答者為 Dr. Boner)：

- (1) 只利用元素分析儀串聯同位素比值質譜儀(EA-IRMS)進行同位素比值檢測，常常只能分析樣品的總體同位素比值，此結果有可能無法判別較精密的摻偽，為何在 Agroisolab 不使用氣相或液相層析儀串聯同位素比值質譜儀(GC-IRMS 或 LC-IRMS)搭配 EA-IRMS 之分析結果進行比對確認？

答：LC-IRMS 的分析過程中，樣品以 LC 層析後須再經過酸、氧化劑及高溫作用轉變為氣相進入 IRMS 分析，兩相的轉換之間會形成太多造成同位素分化的因子；而 GC 雖然在一開始就以高溫氣化樣品，相較於 LC 不須再使用酸及氧化劑，但在進樣及管柱中的溫度變化大、層析時間長，樣品也有可能未進入 IRMS 分析之前即已產生同位素分化現象。因此，為了避免太多實驗變因影響最終數據的可信度，還是僅以 EA-IRMS 分析。

- (2) 單以同位素比值質譜儀分析之結果是否可以作為判定食品摻偽依據？

答：Agroisolab 一般承接政府交辦或有訴訟糾紛的案子時，同位素比值分析結果應用於食品摻偽判定上都會以「有○○%可能性為有/無摻偽」表示，這跟

資料庫的可信度有關。當建立資料庫時，除了廣為蒐集樣品數據之外，也要定期進行盲測，將盲測結果為陽性/陰性、偽陽性/偽陰性之數量進行統計，計算盲測的正確率，進一步得知資料庫的可信度。若是資料庫的可信度明顯不足則務必要擴增數據量，用來擴增數據的樣品也要小心謹慎地選擇，實驗人員需要 100 % 確認樣品的來源產地，以免使資料庫中含有不正確的資料檔案，當資料庫的可信度越高，越能說服大眾及執法單位相信同位素比值實驗結果的準確。另一方面，為了與同位素比值分析結果相佐證，落實稽查與實地蒐證也是非常重要的。

- (3) 蜂農為了幫助蜜蜂過冬，無法避免的在冬季必須餵食糖水。而部分蜂農為了縮短蜜蜂產蜜時間以增加利益，在非冬季或非雨季時亦有過度餵食蜜蜂糖水的情況，甚至直接於蜂蜜中添加糖漿卻謊稱為天然蜂蜜販售。若是只使用 EA-IRMS 檢測蜂蜜之同位素比值，是否有辦法判別蜂蜜中摻糖漿或是蜜蜂被過度餵食糖水而產蜜(蜜蜂並無自然野放採蜜)的情況？

答：藉由餵食糖水讓蜜蜂產蜜是非法的行為，若要判定蜂蜜中的糖來源或是該蜂蜜之產地，目前常用以碳同位素分析的方法或許是不足夠的，必須要再綜合其他元素(如：氫、氧)的同位素指紋來建立資料庫，但無法將蜂蜜中的水分離出來單獨分析便是實驗上的障礙。單獨使用碳同位素比值分析蜂蜜產地與糖來源時，還是必須依靠現有資料庫的可信度來表示檢測結果。

- (4) 為了維護台灣茶葉之市場，防範平價茶謊稱價格較高的高山茶，或是越南、中國茶葉混摻台灣茶販賣，若要將同位素比值分析技術應用於茶葉摻偽檢驗，是否有建議的實驗架構與方向？

答：茶葉的同位素比值分析較為複雜與困難，實驗架構的一開始都必須先建立資料庫，而用來建立資料庫的樣品取樣需要特別留意。以產地為例，需要取 100 % 確認為台灣產的茶葉與 100 % 確認為中國或越南產的茶葉來分析同

位素比值，若是直接由市場購買難以保證產地標籤完全正確，可能需要直接向當地茶農或甚至到茶園取樣；另一方面，同一產地茶葉的採收季節(春茶、冬茶等)也有可能使同位素比值不同，在蒐集樣品時需要依照採收季節的不同進行區分，因此資料庫的數據量會非常龐大，此項計畫的準備時間也勢必會較久。要以同位素比值判定茶葉的產地除了以碳同位素分析外，氫與氧的同位素比值分析也是相當必要的，水作為重要的地域性因子，在以同位素比值執行產地鑑別上是不可或缺的參數，而建立欲分別之產地區域水的氫、氧同位素比值資料庫，又是非常需要時間的任務。

二、Bruker 公司 – 質譜儀應用與操作學習

1 月 17 日中午結束了在 Agroisolab 的研習後，當天我們便自 Jülich 搭乘火車至 Bremen、入住預定的旅館休息，準備迎接後續的行程。隔天一早(AM7:00-14:30)我們便前往 Bruker Daltonik GmbH 進行為期半天的研習參訪，了解各種應用於摻偽檢驗的高階質譜儀並學習各項儀器應用與操作方法。



圖 四、由左至右為 Dr. Reinkensmeier、Dr. Friedrich、黃子凌技士、許哲綸技正、Dr. Baessmann 及 Dr. Witt。

Bruker 公司位於 Bremen 的 Bruker Daltonik GmbH 生產許多 MALDI-TOF-、

ESI-Ion Trap-及 FTMS-質譜儀系列儀器，提供客戶應用於蛋白質體學、基因組學、藥物研發或化學分析。當天主要接待我們的是 Dr. Jochen Friedrich (FTMS Product Manager, FTMS R&D)、Dr. Magdalene Reinkensmeier (Environmental Scientist, Applications LC/MS)、Dr. Matthias Witt (Chemist, FTMS Applications)，以及後續加入討論的 Dr. Carsten Baessmann (Director of Applications Development, Applied Markets)與 Dr. A. Thakur (Executive Vice President, Business Area Life Science Mass Spectrometry)。

到達 Bruker 公司後，等待相關人員會合的同時，Dr. Reinkensmeier 先簡單地為我們示範 LC-tof-MS 實驗軟體的操作，待所有人員到齊後，一行人前往會議室聽取 Bruker 儀器與應用介紹。簡報一開始，我們先介紹本署及研究檢驗組之組織架構、使命與責任，分享近來本署執行方法開發之方向與成果，並表達了希望能於未知物檢驗領域相互交流的意願。隨後，Dr. Friedrich、Dr. Reinkensmeier 及 Dr. Mattias 分別對 Bruker 現有儀器 rapifleX™、timsTOF™、solarx XR 以及 impact II 等機種進行概述介紹。高解析度質譜儀在生物製藥領域有相當廣泛的運用，例如：超高解析度四極柱飛行時間質譜儀(Ultra-High Resolution Quadrupole Time-of-Flight instrument, UHR-QTOF)可以用來檢測使用抗體藥物複合體 (antibody-drug conjugates, ADCs)治療癌細胞時的各項效能標準。Bruker 生產的高階質譜儀旨在追求就算是低濃度樣品，檢測結果也能不遺失任何訊號；配合各項分析或統計軟體的輔助，使數據處理的操作步驟更簡便、更快速，例如 BioPharma Compass™ 可以快速利用資料庫比對來檢測生物製劑產品(蛋白質、胺基酸、RNA、DNA)的特徵。

簡報結束後，Dr. Friedrich 一行人便實際帶領我們參觀實驗室及觀摩儀器操作。在儀器展示間暨實驗室所見，與他牌相比，有相當多商品化儀器的高度和大小都較為龐大，若是要擺放在無挑高空間的實驗室內或是要擺放在實驗桌上，在空間的調配上可能會有擺不下的窘況。Bruker 公司強烈表達了希望能為本署提供服務的意願，並說明 Bruker 公司致力於高解析度質譜技術之開發與應用成果良

好，若是因為儀器的體積造成儀器配置的問題，Bruker 公司願意盡最大努力為本署提供完善的儀器配置方法。

操作觀摩的重點主要是由 Dr. Witt 為我們示範 FTMS 的使用，由於 FTMS 電磁場運作的原理，Dr. Friedrich 及 Dr. Witt 特別叮嚀我們不要將帶有磁性的物品接近儀器以免被消磁或是影響心律調節器等裝置的功能。利用 FT-ICR MS 的高解析度配合 Isotopic Fine Structure (IFS)功能解析樣品獨特的同位素體(unique isotopologues)，可以將[M+1]、[M+2]等同位素質譜峰中的元素訊號清楚呈現，提高未知物檢驗或是複雜基質樣品檢驗時的成分判明率，同時降低誤判率，這樣的技術也被應用在蘇格蘭威士忌的成分分析。

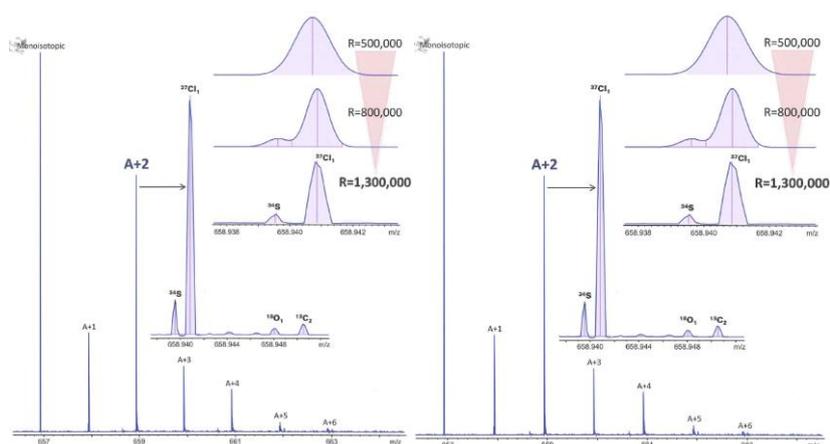
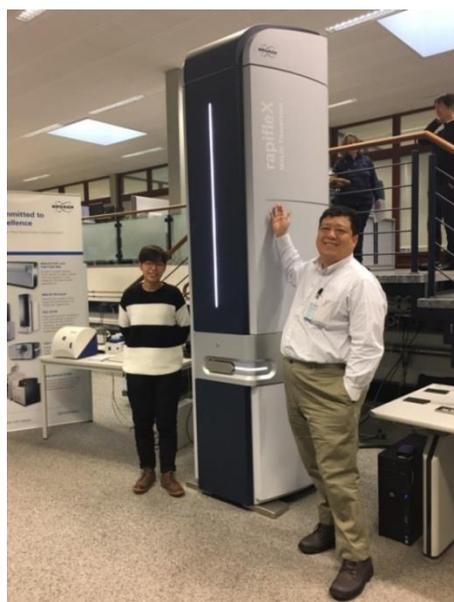


圖 五、IFS 功能示意圖。



圖 六、許哲綸技正與 rapifleXTM (MALDI TOF MS)合影。

蘇格蘭威士忌的分析一般使用氣相或液相層析串聯偵測器(UV、FID、MS)，2009年在法規中(The Scotch Whisky Regulations)將蘇格蘭威士忌分為5類，分別是 single malt (單一麥芽威士忌)、single grain (單一穀物威士忌)、blended malt (調和麥威士忌)、blended grain (調和穀物威士忌)以及 blended Scotch Whisky (調和威士忌)，許多威士忌中的主要成分已被鑑別出來，如：2-, 3-methyl butanol 的濃度可代表麥芽在調和威士忌產品中的比例。這樣的目標檢測方法雖然實用但也有其限制，近年來更靈敏的分析技術已確認威士忌中含有百個甚至千個成分，當中有許多成分的結構都還是未知的。隨著在酒桶中的熟成程度不同，威士忌中含有的成分數量會有所變化，雖然還是無法得知威士忌熟成時的確切化學變化，但熟成過程中可能的目標化合物(potential chemical markers)已被發現，且隨著所使用的酒桶之木材種類不同而有不同的結果。為了釐清威士忌中各種化合物的來源，並且持續對於未知結構的成分進行分析，使用適合分析複雜成分組成的 FT-ICR MS 讓檢驗成為可能，已有文獻運用此儀器執行 85 項威士忌樣品的成分分析，得到的結果公開刊登於期刊上(Kew, W., Goodall, I., Clarke, D. *et al.*, J. Am. Soc. Mass Spectrom (2017) 28 200-213)。



圖七、許哲綸技正(左)、黃子凌技士與 solarx XR (FTMS)合影。



圖 八、許哲綸技正(右)與黃子凌技士(左)合影於 Bruker Daltonik GmbH 門口。

三、Thermo Fisher 公司 – QEGC 應用學習與 EA/LC-IRMS 疑難排解

18 日中午(15:30-18:00)自 Bruker 離開後我們趕至 Thermo Fisher Scientific GmbH，在這裡進行半天的研習。Thermo Fisher Scientific 位在 Bremen 的分部為高階質譜儀的研發與生產中心，主要產品線為軌道阱質譜儀系列(Orbitrap Mass Spectrometer)與無機質譜儀(Inorganic Mass Spectrometer, IOMS)，另外，氣相層析高解析質譜儀如：磁場式質譜儀(DFS)與軌道阱質譜儀(Q-Exactive GC、Exactive GC)亦在 Bremen 製造生產。參觀當天首先接待我們的是軒玥博士(Dr. Xuan Yue)，為 LC Orbitrap 的產品專員(Product Specialist)，早期也參與了 LC-Orbitrap MS 的研發，於去年也曾到訪本署參觀、教學。軒玥博士除了全程參與簡報、討論之外，在簡報過後也帶領我們進行公司及儀器、零件的參觀介紹(包含 Q-Exactive Plus、Q-Exactive GC、DFS、ICP-AAS、ICP-AES、GC-IRMS 等)。

首先由 Thermo 位於英國 Runcorn 分部的資深產品市場經理 Paul Silcock 先生，以網路會議的方式介紹氣相層析高解析軌道阱質譜儀(Q-Exactive GC)與其應

用。一般 GC-MS、GC-MS/MS 的常見應用為標的物定量分析(Targeted Quantitation)，若要分析複雜基質中的微量分析物，則會使用選擇離子模式(Selected Ion Monitoring, SIM)或選擇反應偵測模式(Selected Reaction Monitoring, SRM)以提高選擇性、降低基質干擾。定性分析時，若以全掃描模式執行，會因為複雜基質干擾而無法進行微量分析物之定性分析，在一般情況下僅能對相對高濃度的未知物進行鑑定(約在 ppm 等級)；若以 SIM 或 SRM 模式分析，則只能選擇性地針對部分分析物進行檢測，無法偵測鑑定所有可能的分析物。而依靠 Q-Exactive GC 的超高解析度(100,000 FWHM)可以大幅降低基質干擾的影響，以高解析全掃描模式同步進行定性與定量之研究外，還可以在事後對分析所得之原始數據進行再整理、找出有疑慮的分析物(回顧分析 retrospective analysis)。在本次視訊交流過程中，Mr. Silcock 也分享了幾個 Q-Exactive GC 的應用實例，如：食品中多重農藥殘留分析、威士忌的產地與品質分析、藥品結構分析及藥品開發等。

Q-Exactive GC 之介紹結束後，Andreas Hilkert 博士與 Chris Brodie 博士也加入交流，向我們簡介了新型號的元素分析儀串聯同位素比值質譜儀(EA-IRMS)。Dr. Hilkert 是負責無機層析及質譜儀的資深產品市場經理(Senior Manager Product Marketing)，而 Dr. Bordie 是負責氣相層析同位素比值質譜儀與無機質譜儀的產品專員(Product Specialist)，於去年曾到訪台灣演講同位素比值質譜儀之介紹與應用。Dr. Bordie 對於新款的 EA-IRMS 硬體介面做詳細的說明與介紹，並與舊有型號比較以凸顯新款儀器之優點，如：可以有較佳的背景訊號校正效果、可縮短分析時間、可降低氦氣的使用量等等。會後，我們也向 Dr. Bordie 反應了近來本署同仁使用 Thermo 之 EA/LC-IRMS 進行實驗時所遭遇的問題：

- (1) 以 EA-IRMS 進行大量樣品分析時，偶爾會有幾個樣品沒有被送入反應管分析的情況，但確定是有將樣品放入自動進樣盤中，為什麼樣品會消失但儀器卻沒有任何分析紀錄呢？

答：這樣的問題我們也有遇過，我甚至花了非常長的時間待在儀器旁邊看樣品一個一個進樣、找出問題，最後發現是因為樣品前製備時將樣品包入錫杯(tin capsule)後，錫杯在摺疊時壓得太扁平了，導致自動進樣盤旋轉進樣時，包有樣品的錫杯沒有辦法被推進反應管中，反而夾在進樣盤的縫隙中。因為進樣盤旋轉的扭力較大，即便樣品被夾在縫隙仍然不會使機器停止進樣，而被夾在縫隙的樣品有可能就和下一順位的樣品一同進樣，所以也不會留在進樣盤中被實驗操作人員發現。建議可以在包樣的時候，將錫杯摺疊成圓柱體或是球體，不要壓得太扁平以防止類似的問題一直發生，提高實驗的成功率。

- (2) 日前本署的 LC-IRMS 有發現在轉動 IRMS 針閥(needle valve)後，真空度卻沒有變化(正常應從 $< 10^{-7}$ 下降至 $< 2 \times 10^{-6}$ mbar)，檢查儀器後發現 LC IsoLink 的毛細管斷管，這是因為什麼原因導致的呢？

答：LC IsoLink 中的毛細管組件的確有可能因為實驗次數上升而阻塞耗損，若是長時間沒有操作就要小心反應試劑可能在毛細管當中結晶，也要時時觀察組件中的濾膜，若有黑點便要更換以延長儀器零件或耗材的壽命。通常因為 LC IsoLink 中氣水交換管的作用，不會有任何液體進入 IRMS 而造成堵塞，並造成針閥的損壞，這個現象可以請 Thermo 臺灣工程師或是代理商進一步檢測維修，也可以再將後續消息知會我們，我們非常樂意協助。

四、Intertek 公司

1 月 19 日一早我們至 Intertek GmbH 拜訪 Dr. Lutz Elflein，開始為期 1 天半的研習。Dr. Elflein 是本署同仁於 104 年赴美國 US P 參加摻偽研討會所結識的蜂蜜分析專家，人相當親切、有耐心，在研習當中的教學及講解都非常地詳細。第 1 天在相互自我介紹、交換名片後，Dr. Elflein 為我們進行同位素比值分析技術應用於蜂蜜摻偽檢驗的教學課程，為我們仔細解說同位素的基礎觀念、EA-IRMS、

LC-IRMS 相關檢驗方法與最終結果判定的標準。過程中我們也對於研習內容的疑問，與本署至目前為止在執行 EA/LC-IRMS 檢驗方法時所遭遇的困難，向 Dr. Elflein 請教。直至下午，Dr. Elflein 帶領我們參觀 EA/LC-IRMS 實驗室，也讓我們有幸品評到不同種類的蜂蜜。20 日的研習依然由參觀實驗室開始，除了延續 EA/LC-IRMS 實驗的探討，也參觀了負責檢測蜂蜜中農藥含量的實驗室，研習在中午結束，以下詳列在 Intertek 的研習內容：

(一) 公司及拜訪對象介紹

Intertek 總部位於英國，已成立超過 130 年並於全球 100 多個國家設有據點(於台灣亦有成立全國公證檢驗股份有限公司)，總共擁有超過 42,000 名員工，主要提供品質及安全相關之測試、認證、訓練等服務，提供服務之產業範圍相當廣闊，如：食品、醫藥、能源、紡織、農礦產等。本次參訪位於布萊梅(Bremen)的 Intertek Food Services GmbH，雖已有 2 棟建築物的空間主要處理蜂蜜檢驗之相關業務，預計今年仍會加蓋第 3 棟，可見業務量之龐大。本次拜訪擅長運用元素分析儀串聯同位素比值質譜儀(EA-IRMS)及液相層析儀串聯同位素比值質譜儀(LC-IRMS)鑑定蜂蜜品質或判別摻偽的專家 Dr. Lutz Elflein，目前為 Intertek 布萊梅分支的技術應用、革新及研發處長(Director Technical Operation, Innovation and R&D)。

於 Dr. Elflein 為我們簡報的內容中提到，目前 Intertek Food Services GmbH 在蜂蜜認證或鑑定上共有兩大發展領域：非目標物檢驗(untargeted approach)及目標物檢驗(targeted approach)。非目標物檢驗技術包括同位素掃描(多數為 ^{13}C 分析)、光譜掃描(FTIR、NIR、fluorescence、Raman)、核磁共振(SNIF-NMR、 ^1H -NMR profiling)、高解析度質譜分析(GC-TOF、LC-HRMS)，都是廣泛可用的摻偽檢測方式，但須事先建立資料庫以比對結果，且偵測極限會因為不同形式的摻偽而不同，其實驗較複雜而需投入更多努力。目標物檢驗技術則有針對特殊標的物分析方法(specific marker method，標的物可能為添加糖漿中或是加工過程中特有的基質)，以及使用 LC、LC-MS、GC-MS、ICP-MS 進行分析或是酵素檢測等，雖然

具有快速及靈敏的優點，但只能檢測特定種類的摻偽，且偵測極限需視目標物濃度而定。以下為 Dr. Elflein 所提供 Intertek 目前使用之摻偽檢測方法：

(1) Screening methods

方法	參考文獻	摻偽物質
$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotope ratio of honey and honey protein (EA-IRMS)	<ul style="list-style-type: none"> • AOAC 998. 12 	C ₄ sugar (corn syrup, sugar cane syrup, agave syrup)
$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotope ratio of honey and honey protein (EA-CRDS)	<ul style="list-style-type: none"> • National Honey Board/USDA Research Project (USA), Sept. 2012 (AOAC 998. 12 mod.) 	C ₄ sugar (corn syrup, sugar cane syrup, agave syrup)
$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotope ratio of honey, honey protein and individual sugars (EA/LC-IRMS)	<ul style="list-style-type: none"> • J. Agric. Food Chem. 54 (2006) 9719-9727 • Apidologie 39 (2008) 574-587 • AOAC 122nd Meeting (2008) • Korean J. Apic. 25 (2010) 63-76 • Chin. J. Chromatogr. 29 (2011) 15-19 • EU Commission Recommendation C (2015) 1558 final (https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/official-controls_food-fraud_fish_recom-2015-1558_act-annexes_en.pdf) 	C ₄ sugars and C ₃ sugars (e.g. wheat syrup, rice syrup, beet invert sugar, tapioca syrup, chicory syrup)
^1H NMR profiling (Bruker Food Screener)	<ul style="list-style-type: none"> • J. Agric. Food Chem. 58 (2010) 8495-8510 • IRSN Analytical Chemistry, Article ID 825318, 2013 (https://www.hindawi.com/journal/ismr/2013/825318/) • Food Chem. 189 (2015) 60-66 • Food Analytical Methods 9 (2016) 1470-1479 	C ₄ sugars and C ₃ sugars (e.g. wheat syrup, rice syrup, beet invert sugar, tapioca syrup, chicory syrup) Botanical origin classification Geographical origin classification Quantitative parameters (sugars, HMF, etc.)

(2) Specific marker methods (enzymes)

方法	參考文獻	摻偽物質
Beta-Fructofuranosidase (LC-RI)	<ul style="list-style-type: none"> • Intertek Publication 05. 02. 2010 • DLR 104 (2008) 55-57 • Chin. J. Anal. Chem. 10 (2012) 1602-1606 	Invert sugar from sucrose (e.g. beet invert sugar)
Beta-/Gamma-Amylases (LC-UV)	<ul style="list-style-type: none"> • Intertek Publication 05. 02. 2010 • Czech J. Food Sci. 27 (2009) S280-282 • Chin. J. Anal. Chem. 8 (2012) 777-781 	Invert sugar syrups produced from starch (e.g. rice syrup, wheat syrup)
Thermoresistant alpha-amylase (enzymatic test)	<ul style="list-style-type: none"> • PM DE01_090 mod. (modified inhouse method for diastase activity) • Food Sci Technol. ISSN 1005-9989 3 (2008), 214-2016 	Unauthorized use of heat stable alpha-amylase (e.g. Termamyl [®]), addition of invert sugar syrups produced from starch (e.g. rice syrup, wheat syrup)
Foreign Amylase Profiling, FAmYP (enzymatic test)	<ul style="list-style-type: none"> • PM DE01_274 (inhouse method) 	Unauthorized use of honey-foreign diastase

(3) Specific marker methods (sugars)

方法	參考文獻	摻偽物質
Honey-foreign oligosaccharides (LC-ELSD)	<ul style="list-style-type: none"> • National Honey Board/USDA Research Project (USA), Sept. 2012 • Food Chem. 172 (2015) 669-674 • Food Res. Int. 56 (2014) 260-265 	Polysaccharide based sugar syrups (e.g. corn syrup, wheat syrup, inulin syrup, dextrans syrup)
Mannose	<ul style="list-style-type: none"> • Inhouse method (LC) 	Sugar syrup containing mannose
Caramel color E150d (LC-MS/MS)	<ul style="list-style-type: none"> • PM DE01_185 (inhouse method) • IHC Meeting Crete 2010 (SVPS SR) 	Unauthorized addition of caramel color

(4) Specific marker methods (other)

方法	參考文獻	摻偽物質
SM-R (LC-MS/MS)	<ul style="list-style-type: none">• PM DE01-190 (inhouse method)• J. Agric. Food Chem. 61 (2013), 7488-7493	Specific marker for rice syrup 2-acetylfuran-3-glucopyranoside
TM-R	<ul style="list-style-type: none">• PM DE01-205 (inhouse method)• Journal of Food Safety and Quality 5 (2014) 3008-3015	Trace marker for rice syrup

(二) 蜂蜜貿易及蜂蜜摻偽情形概述(聚焦於歐洲)

依 Intertek 於 2010~2012 年間蒐集數據與統計的結果顯示，全球主要出口蜂蜜的地區為亞洲(中國、印度、越南、泰國)、大洋洲(紐西蘭、澳洲)、南美及中美洲(阿根廷、墨西哥、巴西、烏拉圭、智利、古巴)、南歐及東歐(西班牙、匈牙利、羅馬尼亞、烏克蘭、保加利亞、義大利、波蘭、法國)；而主要進口蜂蜜的國家或地區為美國、歐洲、日本、沙烏地阿拉伯。從研究中發現，對於蜂蜜有高需求或高消費比例的國家，其國產蜂蜜的產量根本不足以應付龐大的市場需求，因此仰賴進口便成為主要的解決方法。隨著蜂蜜貿易市場日趨擴大，有許多因素影響著市售蜂蜜的品質：近幾年蜂蜜越來越常被當作原料或糖的替代品使用於食品中，人們傾向購買高品質蜂蜜如評鑑蜜、冠軍蜜等，但全球氣候變遷、城市開發、蜜蜂疾病、蜂群崩壞徵候群(Colony Collapse Disorder, CCD)等問題，驅使蜜蜂數量下降，蜂蜜價格的浮動導致消費者或業者有時並無法以合理的價格購買蜂蜜。

目前全球對於蜂蜜的品質及標準並一致的標準，鑑於各個國家消費者都有不同的要求、法規上亦有不同標準，且蜂蜜的產出加工過程於各國可能不盡相同，業者及政府需要投入更多努力及花費，透過檢驗及追蹤溯源來維持蜂蜜品質及市場機制。由於販賣標示添加糖漿的蜂蜜只能賺取微薄利潤，許多廠商即以謊稱純正天然的方式販售摻糖蜂蜜，藉由添加糖漿使得商人在蜂蜜短缺時仍可增大產能，

糖漿相較於蜂蜜便宜了 10~50%，常見使用於蜂蜜摻假的糖漿有玉米糖漿(corn syrup)、甜菜糖漿(beet syrup)、米糖漿(rice syrup)、樹薯糖漿(tapioca syrup)、龍舌蘭糖漿(agave syrup)、椰棗糖漿(date syrup)等，這種經濟性驅使的摻偽行為(Economically Motivated Adulteration, EMA)是目前政府機關需要特別留意把關的重點。

依據歐盟 2013 年發表之 10 件最易發生食品詐欺(food fraud)的項目，風險由高至低依序為：橄欖油、魚類、有機食品、奶類、穀類、蜂蜜及楓糖糖漿、咖啡與茶、香料、紅酒、特定種類的果汁，可見蜂蜜摻偽或不實販售的情形不容小覷。常發生的蜂蜜摻偽事件有：錯誤標示產地來源及/或蜜源、蓄意摻入糖漿、蓄意過度餵食蜜蜂糖水、蜂蜜中不含天然花粉成分等。歐盟執行委員會(European Commission)在 2015 年發布了一項合作管控計畫(EU coordinated control plan)，旨在防堵市場上蜂蜜摻雜糖漿及錯誤標示產地、蜜源之情事。28 個歐盟會員國與挪威、瑞士都參與了該計畫，在歐洲各個蜂蜜產品供應鏈中取得來自歐盟國與非歐盟國之樣品共計 2264 件。各樣品須進行的檢驗分為 3 階段：

- (1) 品評測試(sensory test)及花粉分析(pollen analysis)：將檢驗結果與 EU Honey Directive 之規定(001/110/EC)比對是否合格。
- (2) 糖類分析(chemical sugar analysis)：第 1 階段合格之檢體再以 LC 或 GC 進行糖類含量測定。
- (3) 同位素比值檢測或其它進一步檢驗：前 2 階段檢測都合格或是於第 2 階段顯示有摻偽可能的樣品，以 LC-IRMS 或 EA-IRMS 進行分析，並再移交至歐盟執行委員會的聯合研究中心(Joint Research Centre, JRC)複驗或進行額外的檢測。

第 1 與第 2 階段檢驗不合格的樣品，大多是因為蜜源標示與事實不符及混摻糖類等原因，另外也有產地來源標示與事實不符等情況；而通過前兩階段並送至 JRC 做進一步檢驗(如：使用 LC-IRMS 分析)的樣品共 893 件，當中還是有 14 % 的樣品被檢測出混摻糖類。

(三) 以同位素比值質譜儀(IRMS)檢測蜂蜜摻偽

一般最常見的糖類分析方法為使用液相層析儀分析後比對層析圖譜，但單單使用液相層析分離蜂蜜中的糖類並不足夠應付精密的摻偽手法。目前用於檢測蜂蜜中 C4 糖含量的 AOAC 998.12 方法，以 EA-IRMS 分析蜂蜜總體碳同位素比值 ($\delta^{13}\text{C}_H$) 外，亦分析蜂蜜中蛋白質之碳同位素比值 ($\delta^{13}\text{C}_P$)，以 $\delta^{13}\text{C}_P$ 作為內標準品修正個別差異所造成 $\delta^{13}\text{C}$ 之變異，並以下列公式計算蜂蜜中的 C4 糖含量：

$$\text{C4 sugar (\%)} = \frac{\delta^{13}\text{C}_P - \delta^{13}\text{C}_H}{\delta^{13}\text{C}_P - (-9.7)} \times 100$$

其中，-9.7 為玉米糖漿之碳同位素比值；若計算結果為負值則視為不含有 C4 植物糖，計算出大於等於 7% 之含量則視為顯著含有額外摻入的 C4 植物糖。理論上純正的蜂蜜其 $\delta^{13}\text{C}_H$ 與 $\delta^{13}\text{C}_P$ 數值應該完全一樣(一般約為 -24~-25‰)，但實際上卻會有些小的差距，因為蜜蜂並不需要總是由同一種植物攝取花粉或花蜜，儘管如此， $\delta^{13}\text{C}_P$ 與 $\delta^{13}\text{C}_H$ 的差值 ($\Delta\delta^{13}\text{C}_{P-H}$) 仍不應小於 -1‰，即 C4 糖含量不應高於 7%。當計算結果落於 0~7% 之間時，還是不能肯定這樣的結果是來自於蜜蜂不在單一種植物採蜜或是真的來自於摻偽。另一個以 EA-IRMS 檢測蜂蜜摻偽的不足是：只能得到總體同位素比值，無法得到蜂蜜中各成分(各種糖類)的個別同位素比值，也就是說，可能無法判別精密摻偽(摻偽量小或是使用 C3 糖漿)。

C3 糖的碳同位素比值範圍(-22~-29‰)涵蓋了一般蜂蜜的碳同位素比值(約 -24~-25‰)，因此蜂蜜中 C3 糖的摻偽較難以被發現。在 Dr. Elflein 於 2008 年發表的研究中，運用 EA/LC-IRMS，除了以 AOAC998.12 方法分析得到蜂蜜的總體碳同位素比值與蜂蜜中蛋白質碳同位素比值外，更進一步以 LC-IRMS 分析蜂蜜中果糖、葡萄糖、雙糖、三糖之個別碳同位素比值，將得到的所有個別碳同位素比值相減，並以純蜂蜜樣品的分析結果歸納出純蜂蜜應有的特質條件，此一方法與分析結果也作為前述 EU coordinated control plan 中，JRC 所採用的檢驗方法與判定標準(表 3)。果糖與葡萄糖的碳同位素比值差 ($\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{fru-glu}}$) 應在 $\pm 1\text{‰}$ 範圍內，各種個別同位素比值相減的最大差值 ($\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{max}}$) 不應超過 $\pm 2.1\text{‰}$ ；另外，純蜂蜜

中的寡糖含量應小於總糖量的 0.7%(即層析訊號面積應占總訊號面積的 0.7%以下)。

表 3、純蜂蜜以 EA/LC-IRMS 分析之結果標準(此標準被 JRC 採用)。

Purity parameter of honey	Proposed limit
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{fru-glu}}$	$\pm 1\%$
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{max}}$	
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{fru-ds}}$	
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{fru-ts}}$	
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{fru-p}}$	
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{glu-ds}}$	$\pm 2.1\%$
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{fru-ts}}$	
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{fru-p}}$	
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{ds-ts}}$	
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{ds-p}}$	
$\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{ts-p}}$	
Percent peak area of oligosaccharides	$< 0.7\%$

使用 EA/LC-IRMS 檢測蜂蜜摻偽的技術仍在發展中，與 AOAC 998.12 方法相比能大幅降低偵測極限，並且可以減少 C3 糖摻偽被誤判為含有 C4 糖的情況(在 Dr. Elflein 的研究中曾經發現以 AOAC998.12 方法測定含有 20%高果糖轉化糖漿 HFISS 的蜂蜜樣品，卻因 $\delta^{13}\text{C}_\text{H}$ 變動不大而使計算結果誤判為含有 5.5% 的 C4 糖)。Dr. Elflein 認為，與其計算蜂蜜當中摻了多少含量的糖漿，不如將重點放在 $\delta^{13}\text{C}$ 數值是否落於正常範圍，尤其是蜂蜜若以不只一種糖漿摻偽時，要以 AOAC 998.12 方法計算摻偽糖含量更是不可能。雖然 EA/LC-IRMS 方法仍然不能完全檢測出各種形式的蜂蜜摻偽，但目前來看已有相當不錯的效能及應用。



圖 九、Dr. Elflein 於會議室中詳盡地為我們介紹蜂蜜摻偽及品質檢測相關實驗與原理。



圖 十、感謝 Dr. Elflein(右)親切接待與詳細解說，許哲綸技正(中)與黃子凌技士(左)致贈臺灣名產鳳梨酥及禮物。

(四) 實驗室參觀

Intertek Bremen 的實驗室因為占地較大的關係，空間配置上較充足且舒服，就算是今年預計新蓋一棟建築以解決日益龐大的業務量，現有的 2 棟建築也不見過於擁擠或雜亂的狀況，建築物的 1 樓均為實驗室，我們先由操作 EA/LC-IRMS 的實驗室開始參觀，而另一棟建築的實驗室則主要負責蜂蜜中農藥等目標物的檢驗。剛好在我們參訪期間有一批蜂蜜檢體送達，該批檢體約上百件，Dr. Elflein 說這樣子數量的樣品有時天天都會送來，而員工通常需要在 2 週的時間內完成檢驗報告。實驗室通過 ISO 17025 認證，依照樣品所需要的前處理，幾乎每一步驟都有一間專屬的實驗室，如：取樣室(樣品保存室)、實驗操作室(操作台)、乾燥室(烘箱)、秤重室(將樣品包入錫杯以進行 IRMS 分析)、品評室等。蜂蜜樣品若是實驗不超過 3 個月便不需要額外冷藏，在樣品保存室中，員工們依照案件的急迫性以及檢驗結果是否合格，將樣品以紅色、藍色、黃色及綠色等 4 種顏色的塑膠提籃收納保存，樣品狀況一目了然。我們也特別提出想實際觀看員工包樣的請求，Dr. Elflein 非常爽快的帶我們到稱重室，剛好看見員工們正以錫杯包取蜂蜜中的蛋白質。秤重室較狹小，總共有 4 台電子天平置於 L 型的桌上，員工們比鄰而坐並將烘乾且已打碎的蛋白質顆粒倒在實驗桌鋪著的玻璃墊上，以鑷子一顆一顆地夾取蛋白質顆粒進入錫杯秤重。相較於我們使用 8 × 5 mm 的錫杯盛裝 0.5 mg 的樣品，Intertek 員工使用更小容量的錫杯盛裝樣品 0.2 mg，雖然秤量的重量更輕且使用的錫杯更小，但秤量及錫杯摺疊包覆的速度還是相當熟練快速。

在儀器室裡 Dr. Elflein 為我們展示了以 EA/LC-IRMS 進行蜂蜜摻偽實驗的校正步驟、軟體操作、圖譜、條件參數等，特別也相互交流了彼此的實驗條件及結果。由於我們是以 Dr. Elflein 發表之研究開發蜂蜜摻偽檢驗方法，因此條件參數的設定上大致相同，但我們卻仍無法得到非常漂亮的 LC-IRMS 圖譜，針對這一點，Dr. Elflein 特別分享了他所使用的層析管柱，他認為雖然使用相同類型的層析管柱，仍會因為廠牌不同而得到不同的實驗結果；而層析時，管柱烘箱的溫度

設定為 55°C 是最能得到良好解析度的。另外，他也分享了 LC IsoLink 組件中容易耗損並建議常備的零件，在這裡，熟悉 EA/LA-IRMS 的實驗室人員，基本上都會自己拆換耗材零件，甚至將拆換下來的零件留下可用的部分再行組裝。Dr. Elflein 也特別建議我們要在每批次的樣品中夾雜參考物質(reference material)或操作標準物質(working standard)以監控實驗分析的穩定性，並時時記錄 EA 反應管的使用壽命，若是反應管中的填充物已被消耗至極限，EA-IRMS 呈現的同位素比值結果會跳動(可由 reference material 或 working standard 之數值結果發現)，此時便需要更換反應管以重新進行實驗。



圖 十一、Dr. Elflein 推薦適合用於蜂蜜中糖類分析之管柱。

(實驗條件如 Lutz Elflein and Kurt-Peter Raezke, Improved detection of honey adulteration by measuring differences between $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ stable carbon isotope ratios of protein and sugar compounds with a combination of elemental analyzer - isotope ratio mass spectrometry and liquid chromatography - isotope ratio mass spectrometry ($\delta^{13}\text{C}$ -EA/LC-IRMS), 2008, *Apidologie*)

參觀完 EA/LC-IRMS 實驗室後，Dr. Elflein 帶著我們來到品評室。品評室中並沒有為了品評設立的隔間，只有一張長桌上放著各式樣品，負責品評的員工座位就在相鄰的隔壁辦公室。品評作為蜂蜜樣品送達之後的第一項檢測，由受過訓練的品評員進行，針對顏色、氣味、口感、味道等項目評估特性，品評員需要判

別蜂蜜是否為單一蜜源以及是否有發酵、異味、含有不純物等。帶領我們品評的是已經具有多年蜂蜜品評經驗的女士，送到 Intertek Bremen 的蜂蜜樣品都要經過她的品評。Dr. Elflein 說，德國大學的食品相關科系幾乎都會開設品評課程，員工們大多是在大學時開始學習品評並取得品評員資格。當天我們嘗試了許多種來自德國超市所販賣不同蜜源的蜂蜜如：洋槐蜜(acacia honey)、薰衣草蜜(lavender honey)等，另外還有在臺灣較少見的松汁蜜(pine honey)。隨著種類不同，有些偏酸、有些有香草味，而蜂蜜濃稠及味道厚重的程度也都有不同；整體而言，因為德國溫度較低，許多蜂蜜吃起來都較濃稠或有結晶，相較於臺灣常見的龍眼蜜，當時品嚐到的蜜較不甜且味道較濃厚。

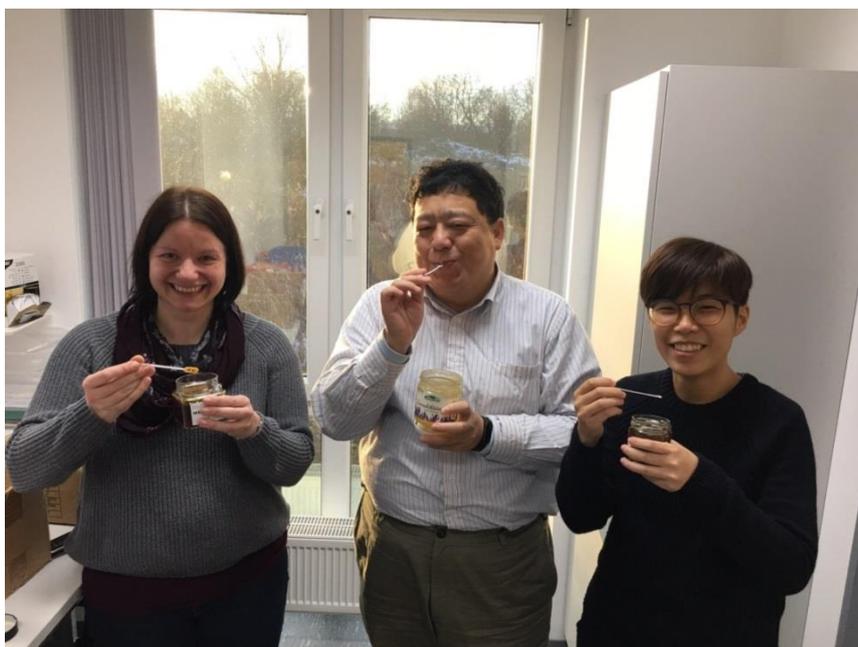


圖 十二、許哲綸技正(中)與黃子凌技士(右)於 Intertek Bremen 分部體驗蜂蜜品評。

隔天，我們參觀了另一棟建築的實驗室，這裡主要負責的是使用 LC、GC 串聯相關檢測器(如：LC-MS/MS、LC-RI、LC-ELSD 等)進行蜂蜜中的目標物檢驗。為了降低汙染與提升結果的準確性，實驗操作人員盡量使每台儀器各自專精在分析特定種類的化合物，並且為了減少重新分析樣品的可能性，在實驗參數的

設定上會將 LC/MS 或 GC/MS 的分析時間延長 30 分鐘以免前後樣品殘留干擾。各個實驗所使用的標準方法與規範均有用資料夾收納在實驗室的櫥櫃中，依照種類標示整理地非常整齊清楚，方便員工查找方法並讓員工能依照標準作業流程完成實驗。在 Dr. Elflein 為我們介紹蜂蜜中農藥檢驗的流程時，也輕鬆地從資料夾中找到依循的標準方法分享給我們。

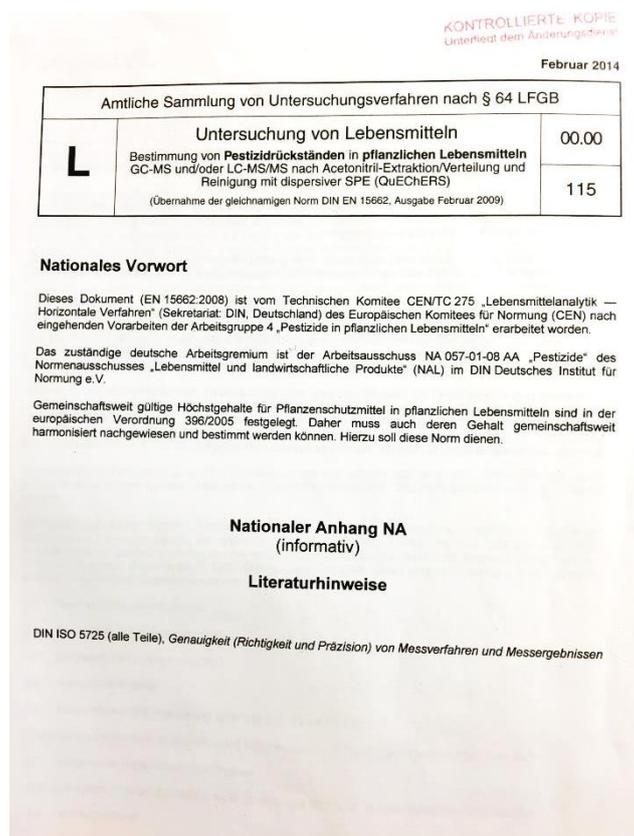


圖 十三、Intertek Bremen 實驗室中的標準方法資料。(EN15662：2008)

(五) 問題討論與交流

Dr. Elflein 對於我們提出的問題總是非常有耐心且詳盡地回答，若是有較複雜的問題也都會以淺顯易懂的方式讓我們理解，參訪期間的提問與回答整理如下(回答者為 Dr. Elflein)：

- (1) 參考相關文獻，近幾年的學者大多將純蜂蜜該有的碳同位素比值範圍定在-24 ‰以下，若有一蜂蜜樣品之 $\delta^{13}\text{C}_\text{H}$ 低於-24 ‰，但依循 AOAC 998.12 方法檢驗

結果卻顯示含有大於 7% 的 C4 植物糖，則此一樣品應被判定為摻偽嗎？

答：當 C4 糖含量小於 7% 時，我們很難判定蜂蜜與蜂蜜中蛋白質的碳同位素比值差異($\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{P-H}}$)是因為自然變異還是因為人為摻偽所造成，但當 C4 糖含量已經大於 7% 則可以認為該樣品有摻偽可能，雖然單看 $\delta^{13}\text{C}_{\text{H}}$ 仍是小於 -24‰，但與 $\delta^{13}\text{C}_{\text{P}}$ 的差異太大，可以視為有摻加糖漿的可能(較有可能是摻有與蜂蜜碳同位素比值範圍相近的 C3 糖漿)。若要求實驗結果判定較準確，建議以 LC-IRMS 再進行測定，並將兩項實驗結果綜合分析研判。

(2) 以 AOAC 998.12 方法萃取蜂蜜中蛋白質時，乾燥後的蛋白質塊顏色深淺是否會影響碳同位素比值測定的結果？較深的顏色是否是因為烘箱乾燥時溫度太高或是乾燥時間過長？

答：若是實驗步驟及方法都遵循 AOAC 998.12 以 75°C 乾燥 3 小時，則烘乾後蛋白質塊的顏色深淺不同是因為蜂蜜種類的不同，在眾多次的實驗中我也曾發現萃取出來的蛋白質甚至是乳白色或鵝黃色。另外，每一種蜂蜜當中蛋白質的含量也會有不同，特別要注意只有蜂蜜中有蛋白質，糖漿中是沒有的，這也是為什麼 AOAC 998.12 方法要以蜂蜜中的蛋白質作為內標準品使用，當額外添加糖漿至蜂蜜中時，只能影響到蜂蜜的總碳同位素比值，無法影響蜂蜜中蛋白質的碳同位素比值。

(3) 當使用 EA-IRMS 分析一批樣品時，會不會在分析過程中發現有幾個樣品直接被跳過、完全沒有結果數據的情況呢？

答：這樣子的情形可能是因為以錫杯包樣時壓得太扁平，導致樣品卡在進樣轉盤的空隙內而沒有掉入反應管中被分析。在包樣的時候應該要盡量小心，在不要劃破錫杯使樣品溢出的條件下將錫杯折成球狀或圓柱狀，避免進樣時被進樣盤卡住。我自己的習慣是包成球狀，甚至是可以讓包好的錫杯在桌上

滾動的程度。

- (4) 我注意到在這裡的幾台 EA-IRMS，進樣器除了進樣盤之外都還有一個罩子蓋住整個進樣器，有別於一般進樣器只在最上端的進樣盤上蓋上平面的蓋子，選擇整個將進樣器罩起來是為了什麼目的呢？

答：這是為了避免落塵和不必要的汙染影響分析結果，雖然樣品在進樣前都會在進樣口受到氦氣吹拂，但為了保險起見還是幫整個進樣器蓋上罩子，為了得到更準確的實驗結果。

- (5) 在臺灣使用 LC-IRMS 實驗時，LC IsoLink 的毛細管組件常有斷掉或是阻塞、漏液的問題，請問這是做相關實驗會常常遇到問題嗎？

答：是常常會遇到的問題，基本上我將 LC IsoLink 內的毛細管視為耗材。在 LC-IRMS 實驗中，為了將液態樣品轉化為氣態以進入 IRMS 分析，需要酸液 (0.5 M H_3PO_3) 及氧化劑 (0.5 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) 混和樣品溶液一同進入 LC IsoLink 流路反應 (須維持 LC IsoLink 流路處於 pH 2 的環境下)。當有較久一段時間沒有做實驗時，LC IsoLink 管線中容易產生結晶而使毛細管堵塞，一旦堵塞就容易使毛細管斷掉造成漏液。除了結晶的問題之外，LC IsoLink 組件中有濾膜的部分也要隨時注意是否需要做更換，以避免流路不通暢導致的毛細管斷裂。可以看到在這個實驗室中的 LC IsoLink 管路周圍都有酸液腐蝕的痕跡，可見這樣的問題在實驗中都會遇到，而為了時時觀察儀器的狀況，我習慣保持 LC IsoLink 裸露，可以直接看到流路的狀態。

- (6) 為了使 LC-IRMS 分析蜂蜜的結果圖譜解析度提高 (主要希望使雙糖與葡萄糖的層析峰分開)，我們參照 Dr. Elflein 於 2008 年發表的研究中註明的實驗條件並使用同一類型的層析管柱，但仍然無法得到非常漂亮的層析圖譜因此現在改為嘗試各種不同的管柱烘箱溫度，是否有一些方法或方向可以提供給我們

做為精進實驗結果的參考呢？

答：在初期建立這個方法的時候我也試過非常多種條件，最後發現管柱烘箱溫度固定在 55°C 是最為適合的，提高溫度雖然可以使層析峰較窄較尖、解決雙糖的層析峰太寬而與葡萄糖的層析峰交疊的問題，但也使所有層析峰有可能會在太相近的時間一起出峰(RT 相近)。而層析管柱的使用我也嘗試了幾乎每一種廠牌，我發現雖然規格種類都一樣，但各個廠牌的管柱在相同條件下層析結果還是會有不同，或許你們該試一試廠牌不同的管柱看看結果是否有所出入。

- (7) 為了幫助蜜蜂度過艱困的時節(下雪、雨季、過冬等)，蜂農常會在特定時期餵食糖水(bee feeding syrup)，在德國是否常見過度餵食糖水以求蜜蜂產量增加進而使商人得以賺取暴利的情况呢？

答：餵食糖水的情况我想在世界各地都有，以我了解在德國的蜂農一年頂多餵食 1 次為期 2 個月的糖水，很少有一年四季餵食的情况。

- (8) 貯存蜂蜜樣品時有沒有需要特別注意的地方呢？是否需要特殊的貯存條件？

答：一般要馬上分析的樣品不需要特殊的保存條件，若是要開封後要放置 3 個月以上則建議可以冷藏。要特別注意蜂蜜的來源是否來自蜂箱或是否有經過濃縮降低水分，當 LC-IRMS 分析結果顯示僅有 $\delta^{13}\text{C}_{\text{glu}}$ 數值大幅偏離其他糖類之 $\delta^{13}\text{C}$ 的時候(使 $\Delta\delta^{13}\text{C}_{\text{max}}$ 超過 $\pm 2.1 \text{ ‰}$)，需要判定是因為摻偽或是因為蜂蜜含水量較高而導致酵母利用了葡萄糖行發酵反應，可以觀察蜂蜜外觀變化、氣味或是以顯微鏡計數酵母菌數量來判斷。



圖 十四、許哲綸技正(左)與黃子凌技士(右)合影於 Intertek Bremen 分部門口。



圖 十五、許哲綸技正(右)與黃子凌技士(中)與 Dr. Elflein(左)，合影於 Intertek Bremen 分部門口。

參、心得

本次為期 10 天的「歐洲摻偽實驗室研習」，除了學習許多摻偽相關檢驗知識與法條規範之外，參訪過程中與各領域專家的認識與交流討論也是非常寶貴的經驗。於 Agroisolab 訪問時，Dr. Boner 邀請本署一同參與同位素比值檢驗的相關比對試驗，希望能透過比對試驗維持雙方技術交流，而我方也留下聯繫方式，允諾回台接收相關資料並進一步研究後會評估是否參與，同時也表達對於雙方持續交流的正向意願。另一方面，結束於 Intertek 的訪問後，我們也極力邀請 Dr. Lutz Elflein 造訪臺灣，分享研究經驗與心得，目前已在接洽邀請 Dr. Elflein 參加今年 (106 年) 的臺灣公定化學家協會(AOAC)年會暨學術研討會，擔任食品摻偽主題講座，而 Dr. Elflein 也對訪問臺灣表達了高度的興趣。

在參訪過程中發現，不管是哪一間公司的實驗室操作人員(或儀器生產人員)都嚴格遵守相關實驗室/廠區規範或要求，不只工作空間寬敞足夠、人員與儀器分配適當，危險或衛生安全標示也都清楚明瞭，除了門口或牆上掛有警告標示外，在地上也會有黃色警戒線提醒未穿著實驗衣(或防塵衣)、未穿戴護目鏡及未戴實驗手套的人員不得進入；所見的實驗或工作區域也都非常乾淨，就算是實驗桌上也都沒有遺留垃圾或未清洗的器具，光線明亮而有充足的照明、該通風的空間也都有良好的空氣流動。而各部門專精於各自的工作領域外，跨部門的溝通合作能力也相當流暢，特別是因為相關標準作業程序或法條規範都整理得完善，歸檔後的名稱標示不易使人困惑或混淆，適合所有人員查找及歸位，大幅提升了資料共享的效益並降低發生錯誤的機率，在新進人員的訓練上也是非常便利且即時。整體而言，從空間的規劃及使用、人員的教育和訓練，以及面對實驗或工作的嚴謹態度都是非常值得學習，並使我們受益良多的地方。

本次參訪最寶貴的經驗在於對同位素比值檢驗分析的更進一步認識，了解如何在有限人力下以最有效率的方式規劃實驗(制定企劃)，考量並篩選所需要的實驗參數並評估實驗結果的可信度。對於 EA-IRMS 的實驗，在能力所及的範圍應

該檢驗不只一種同位素比值以利蒐集更多樣品資訊來建立可靠的資料庫，而建立產品來源資料庫時，抽樣的過程中須小心樣品是否 100% 如標示所示，否則需要更進一步至產地取得可以相信的樣品。當 EA-IRMS 不足以作為摻偽鑑定的單一標準時，可以 LC-IRMS 或 GC-IRMS 進一步分析樣品中各成分之同位素比值，得到更豐富詳細的樣品檢驗結果後進行綜合評估。除了實驗架構及細節的學習之外，此次行程在歐盟相關食藥法規以及食品及醫藥產品摻偽的情形上也有了更多的認識，而拜訪對象也對於臺灣在執行相關摻偽檢驗的發展上深感興趣，對於未來知識、技術上的互動交流實有良好的助益。

肆、建議

一、持續維持雙方良好溝通管道

對於同位素比值檢驗技術發展較純熟的歐洲國家相關學者專家，藉由本次研習建立起相互認識交流的管道，所得到的經驗分享與建議提供本署同仁日後執行或開發相關檢驗方法時得以借鑑，也能隨時接收國際相關新穎資訊。

二、持續派員參與國外交流或研習活動

了解各國具代表性之機構或公部門在相關主題上的處理及未來發展動向是此次出國研習的寶貴收穫，對於本署日後制定合乎國際標準且適合應用於我國之檢驗方法或法規相當重要。

三、持續關注同位素比值檢驗相關主題並發展我國相關檢驗技術

臺灣在同位素比值分析技術應用於食藥檢驗領域尚在發展階段，目前 IRMS 之運用較多仍在地質分析等相關主題，使用 IRMS 進行產品來源鑑定可以輔助甚至取代現有的檢驗方法，幫助分析更複雜的摻偽項目，提升我國執行摻偽檢驗的能力並精進本署同仁之檢驗技術