

黃豆油基質工業產品的新商機與其挑戰

Emerging Opportunities & Challenges for Soybean Oil-derived Industrial Products

By Bhima R. Vijayendran, Senior Research Leader, Vice President for Technology Commercialization, Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio, U.S.A.

INFORM (AOCS), U.S.A., October 2005

全球使用石油做為礦物基質原料，供為能源與工業產品，正在大幅成長，諸如發展中諸國家(中國與印度)，加速消費這些產品而其成長更為快速。礦物來源(Fossil sources)係屬資源有限的原料而對於正在成長的全球能源與工業產品需求，經予產生嚴重的挑戰。因此，需求替代原料來源予以補充礦物基質原料供需之間所隱現的不平衡。植物、農作物以及其他生質來源，擁有潛力予以配合應付這種急速需求的供需缺口。據美國能源部(DOE)與美國農業部(USDA)最近研究，預估 2020 年，植物、農作物基質原料供應化學產業，將比目前的 2%水準予以成長 5 倍，而且到了 2050 年將另再成長 5 倍以達 50%。這個研究強調經由某些挑戰以及執行路圖(Road map)以完成該目標。(資料: www.eere.energy)

最近對於化學產業的有關分析(McKinsey Quarterly 2000, No. 2, PP. 92-99)，認為生物科技(Biotechnology)對於植物基質原料的潛在衝擊，達 1,500 億美元，尤其對化學產業為甚。該研究提示某些短期產品可能為精製化學品(Fine Chemicals)及藥品(Pharmaceuticals)，繼而為生質界面活性劑(Bio-surfactants)的中期商機，尤其在聚合物(Polymers)、塗膜(Coatings)、粘著劑(Adhesives)以及其他方面。對於 10~15 年範圍以上的長期商機，則可能集中在薄膜(Membranes)、生質鋼鐵(Bio-steel)、電子(Electronics)以及其他產品，尤其成為合併某些有關奈米技術基礎的解決方案(Nanotechnology-based solution)的生物科技進步為甚。植物(諸如，黃

豆、玉米及其他)由來的碳水化合物、油脂以蛋白質等，係在化學產業擁有潛在裨益物質的化學結構物(Chemical building blocks)。大約 50 年以前，許多產品諸如，塗膜(Coatings)、粘著劑(Adhesives)、塑膠(Plastics)等，係經由植物基質結構物所製造者。由於強有力整合的石油化學產業的突飛猛進，以致大多生質基質產品(Bio-based products)卻由於石油原料的幾些顯著的原因，諸如擁有低成本性、立即可用性、多元機能性與功能、多量化以及永續研發(R&D)投資，以致拓展開發新產品與有效的製造及優方法異整合的基本結構措施，包括有效的行銷通路而導致被石油基質原料予以取代。然而最近在永續的技術上，拓展更新裨益而更具有益成果(包括無污染性、生物可分解性、可回收性等等)，能源效率佳，以及可再生原料供用。由於環境、社會以及可提供合理價格的礦物基質原料所擁有經濟挑戰的其他外在因素而導致植物基質原料對化學產業產生推動力。

目前，經由各著名大學，獨立研究機構，例如 Battelle 研究所(Battelle Memorial Institute, Ohio)，美國能源部(U.S. DOE)國家研究所以及產業公司，均正在進行許多研發工作以促進修飾植物油，碳水化合物及蛋白質在工業產品上的潛在用途。經由美國能源部，美國農業部(USDA)，農民團體(諸如Corn Growers協會，黃豆提成基金等)，予以資助這些新興領域的研究，美國黃豆聯合會(USB)及許多各州黃豆組織機構(例如Ohio Soybean Council)活絡支持研發以尋求黃豆基質新用途。在過去幾年來，已有許多黃豆基質產品的研發成功。(USB Website: www.unitedsoybeanboard.org)

Battelle 研究所，係集中於黃豆成份(油脂、蛋白質及豆殼)的化學組成份與結構以拓展新工業產開發。經予展開專利的現代技術以了解黃豆油的相關功能。加之，研討修飾，予以半定量水準(Semi-quantitative level)的預測黃豆油三甘油酯成份與其應用特性，例如其與樹酯(Poly Vinyl Chloride, PVC)的相容性(Compatibility)，玻璃轉移溫度(Glass transition

temperature Tg)，以及調色劑(Toner 即 Dry ink powders)所需油脂樹酯(Oleoresins)的熔融變流性(Melt theology)，並予以建立有關化學修飾應用(Chemical Modification)的資料庫(database)。諸如，某些化學修飾方案以利修飾植物油，使其獲得獨特機能(如 Carboxyl, hydroxyl, epoxy 等)。經予機能化的黃豆油，使其達成各種應用目的，諸如，可塑劑(Plasticizer)、調色劑(Toner)、低溫度粉末塗膜(Low temperature powder coatings)、潤滑劑、多元醇(Polyol)等，並拓展有關黃豆蛋白產品的方案產品供用。

其主要產品(Soy-based products)如下：可塑劑(Plasticizer)、粉末塗膜(Powder coating)、黃豆油墨(Soy ink)、黃豆調色劑(Soy toner)、黃豆蛋白粘著劑(Soy protein adhesives)、結構物(Composites)、聚合物(Polymer)、黃豆多元醇(Soy Polyol)、紫外線熟成塗膜(UV cured coatings)、架橋結構物(Cross linking compounds)、生質潤滑劑(Bio-lubricants)等。

黃豆油基質可塑劑，以供PVC市場：

PVC 塑膠，係全球廣泛採用的多用途樹脂(Resin, 塑膠 plastics)，諸如，可彎曲性包裝袋(Flexible packaging bags)、醫藥品包裝、玩具、管件、地磚等材料。所有可彎曲性、半堅硬性(Semi-rigid)，以及堅硬性(Rigid)的 PVC 塑膠，均須採用可塑劑(Plasticizer)，以利擠壓(Extruded)成型而獲得所需強度(Strength)、堅韌性(Toughness)、以及其他特性。

在美國每年使用 20 億磅可塑劑供 PVC 塑膠加工之用。全球 PVC 可塑劑消費量超過 80 億磅/年。大多 PVC 可塑劑市場，係經由石油基質產品(例如，DOP, Dioctyl phthalate, 苯二甲酸二辛酯)供用，它係被認為人體內分泌疾患作用的有害物質(Human endocrine disrupter)。

因此在PVC產業需要成本有效(Cost-effective)而更為安全的可塑劑以替代原有DOP，它比DOP擁有更低的移動與滲出性(Migration and exudation)，熱穩定性佳而且單獨可供為主可塑劑及輔助可塑劑。目前，環氧黃豆油(Epoxidized soybean oil, ESO)，係供為低含量(通常少於3~4%)

的輔助可塑劑，以供為PVC加工配方之用，而做為酸類去除劑(Acid scavenger)與熱穩定劑。然而DOP仍為其主要可塑劑。為了改進修飾黃豆油的相容性，經予研討各項方案，以利可在PVC加工配方使用甚高含量層次(25~50%)配方而與DOP一樣，可做為主要可塑劑供用。經研討採用多元(Polyol)與黃豆油予以酯化後，再經環氧化(Epoxidation)以製作新穎可塑劑供試(Details in the proceedings of 59th Annual Technical Conference, Society of Plastic Engineers (59: 5978-2982, 2001))。

有關六種修飾植物油基質的可塑劑製造，如 U.S. Patent 6,797,753 所提及，因此 Battelle 研究所，於 2004 年 9 月受獎。這種改進的黃豆油由來的可塑劑，經產業界予以評估其可彎曲生與半可彎曲性 PVC 加工配方而獲得好評。它可做為 PVC 主要可塑劑配方而擁有較低的滲出性與良好熱穩定性。這種新穎的生質可塑劑(Bio-Plasticizer)可供為主要與輔助兩項用途的 PVC 可塑劑，而比 DOP 擁有較佳高溫度熱穩定性，供汽車應用。另外，有些測試提示它可比 DOP 配方少用昂貴的金屬肥皂(Metal soap)(如脂肪酸鈣及鋇鹽)，以利降低加工成本。

目前，這種黃豆油基質的可塑劑，比 DOP 擁有改進的新功能，其滲出性與揮發性均低，熱穩定性佳，而且可單獨做為主要可塑劑並無健康危害作用。它正在初期商業化階段，並獲得美國 R&D Magazine 研發獎。

黃豆調色劑(Soy toner)技術:

靜電調色劑(Electrostatic toner)，係供為辦公室影印機(Copiers)印表機(Printers)以及一些印刷機(non-impact printing devices)之用。目前大多調色劑係以合成樹脂為基質，諸如苯乙烯丙烯酸樹脂(Styrene acrylics)、苯乙烯丁二烯酸樹脂(Styrene butadiene)以及聚酯(Polyesters)等。在美國，調色劑市場規模約為 3 億磅/年而全球市需要量為其 2.5 倍。目前調色劑功效，甚適於影印機、印表機之用，然而均未予設計可供為脫墨(Deinking)，以利可在脫墨過程中予以回收廢紙纖維供為再用。

該研究所(Battelle Memorial Institute)的技術，係基於設計採用黃豆基質的新穎樹脂，供為辦公室影印機廢紙回收過程中，展現有效脫墨效果之用。蓋因經予研發選擇一些優良黃豆基質樹脂供用所致。最初係集中拓展使用聚醯胺樹脂(Polyamide resin)，但業已予以改用聚脂(Polyesters)與聚胺甲酸酯(Polyurethane)樹脂。該樹脂組成係以能夠達成標的 Tg 溫度(Glass transition temperature, 55~60°C)、熔融變性(Melt rheology)與摩擦電荷(Tribo electric charge)，以利在影印機或印表機調色其靜電荷虛像(Latent electrostatic image). (World Patent Publication WO 2004/077169A2) (Readily Deinkable Toners)。該樹脂與黑烟末(Carbon black)、染料、電荷控制劑(Charge control agents)予以混合，爾後在擠壓機(Extruder)予以熔融捏和，以利製造黑色調色劑。熔融捏和(Melt-blended)樣品，經冷卻後，再予以粗磨與細磨，並予以篩分。該調色劑粒子大小約在 6~8micron 範圍。良好的影印機，係採用通常的清洗與浮上作業過程(Washing & floatation process)以評價其脫墨效果。採用黃豆基質調色劑予以影印比使用過去傳統的調色劑為佳，諸如亮度(Brightness)、去除效果(即容易脫墨)，以利節省投資並降低成本。目前，已將此技術成功地應用在低溫度粉末塗膜(Low temperature powder coating)，以供對溫度較為敏感的塑膠與木製品印刷之用。

其他研發:

該研究所及其他聞名大學、研究機構、國家研究所均盼望將來植物基質由來的化學原料擁有潛力以輔助石油原料的一些缺點特性，並希望生物科技可經由擁有所需技能性的生質基質(Bio-based)原料來拓展更有用的角色功能。目前，正在經由生物科技予以促進修飾生質基質原料。例如，低度飽和油脂(Low saturate oils)，亞麻油酸(Linolenic acid)以及高油酸黃豆油(High oleic soybean oil)可供為工業及食用有關產品。這種經予修飾的油脂(Modified oils)可在許多工業產品展現其技能性(Functionalities)，例如潤滑油(Lubricants)與多元醇(Polyols)均是。

生物科技正在三大方向予以轉變化學產品的工業生產，第一，糖質、植物油、廢生質(Waste biomass)均可取代(替代)礦物原料。第二，生質過程(Bioprocess)，例如發酵(Fermentation)與生質觸媒(Biocatalysts)、正在替代通常傳統的化學反應過程作業而植物與動物基質的生產將近付諸實施。第三，新穎生質產品(Bioproducts)將被開拓，包括生質聚合物(Biopolymers)、生質結構物(Biocomposites)、塗膜(Coatings)以及粘著劑(Adhesives)等。經由生質基質原料與生質過程的組合而其新產品將可使化學產業革新。往後 20 年，整合型的生質精煉過程(Biorefinery)，將可使用生質(Biomass)來萃取油脂與碳水化合物做為化學原料，以供食品，能源而展現其供應廣泛範圍的產品，特殊化學品以及新穎生質材料供用。