

蠶絲膠原蛋白生產技術

一. 生物性「絲膠」的來源及其組成

蠶絲屬於蛋白質纖維的一種，「絲膠」一詞起源於 1865 年 Cramer 從蠶絲蛋白質中成功的分離出絲氨酸，其含量多達 10% 以上，此後即將從繭層分離出之膠質蛋白質命名為絲膠。

就家蠶而言，當蠶卵孵化成蟻蠶後約經 1 個月，體積成長約 75 倍、體重增加約 10,000 倍。家蠶一生中，1 隻蠶約吃下 20 - 23 公克桑葉，換算成乾物重約 5.0 - 5.5 公克，吃下去的桑葉約 37 - 40% 可被消化利用。以桑葉之蛋白質而言，其消化率約 60 - 65%；而蠶絲蛋白中氮素的含量約 16%，但蠶體緊能將 66% 的氮素利用在繭層上，32% 利用在蠶蛹，其餘 2% 則轉化成尿酸排出體外。然

而，一粒鮮繭約 1.8 - 2.3 公克，蛹占 77 - 80%，繭層則僅占 20 - 23%。繭層之組成絲質占 72 - 81%，絲膠占 19 - 28%，脂肪及蠟質占 0.5 - 1.0%，色素及無機物占 1.0 - 1.4%。

家蠶吃下桑葉後，可將桑葉中的蛋白質、氨基酸、醣類等物質，藉由蠶體的生化合成系統，加以消化與轉化生成，以蛋白質為主成分之絹絲液，並貯存於蠶體內之「絹絲腺」，熟蠶在吐絲時，藉由頭部以 S 形或 8 字形每秒約以 0.8 公分的吐絲速度，將其加以延伸。一粒蠶繭之絲長約 1,300 - 1,500 公尺。繭絲是由二條斷面略呈圓角三角形的斷面結構，其外為 4 層不同分子量之絲膠所包覆，繭絲如以熱水溶解，依絲膠的溶解度不同，可回收 4 個分畫之絲膠。其回收比各為絲膠 I 41.2%、絲膠 II 38.1%、絲膠 III 17.9%、絲膠 IV 2.8%。

蠶絲是由絲質與絲膠所構成，絲膠的氨基酸組成中絲氨酸約占 1/3，再加上蘇氨酸、天門冬氨酸、穀氨酸等具有親水基之親水性側鏈之氨基酸含量達 70%，分子排列以不規則線圈狀為多；反觀，絲質蛋白組成則以



蠶寶寶

甘氨酸、丙氨酸、絲氨酸等側鏈分子較小、疏水性較高之氨基酸為多，且分子排列較密緻，故絲膠水溶性較絲質為高。

二. 絲膠的脫除與回收法的介紹

傳統上家蠶絲的脫膠工程大都在鹼性條件下進行，常用之鹼劑如碳酸鈉、矽酸鈉、碳酸氫鈉、氨水或肥皂，不論是單一或併用藥劑，其脫膠溶液之 pH 值則調整在 9.5 - 11.5 之間為多；在此條件下絲膠分子之末端羧基，會被鹼性物質作用而提高對水的親和性，絲膠水溶性提高後則易為溶脫。由於脫膠需使用大量的水，致排放液中之絲膠含量偏低，又因絲膠已變性大幅降低絲膠回收性，因此早期乃以活性污泥法處理此等廢水或任意排放，而未能善加利用，亦造成污染問題的產生與資源的浪費。

絲膠含有 18 種氨基酸及多量的絲氨酸，且具有優良之吸濕保濕性、紫外線吸收性、生體順應性、黏著性、凍膠性等特

點，依需求目的不同，可利用在纖維加工上、或醫療領域上，在洗髮劑、護髮劑與沐浴乳等化妝品用途上；亦可作為黏著物或培養基之用。近年來絲膠回收與利用之主題，漸受關注。諸如針對酵素與鹼性化學藥劑、高溫高壓法等精練法所產生之脫膠殘液，可先採用凝集沉降法、超微濃縮技術、融析濃縮，此等回收之絲膠濃縮物，有的含有多量凝集劑，將不利絲膠純化與回收；有的可將回收絲膠加以濃縮，而得分子量較低之濃稠絲膠糊（液），或回收之高分子量或低分子量之絲膠液，可以噴霧乾燥法霧化乾燥成微細粉體冷凍乾燥法，回收之分子量較高之絲膠液亦可採冷凍乾燥法、或低溫除濕乾燥法，加以乾燥，經研磨成粉後，即回收一般絲膠粉。

三. 絲膠在產業上利用之潛力

(一) 絲膠在纖維產業之應用

絲膠使織物具挺硬清涼感與粗曠感，基於如此，生絲以及其織物可利用單寧

酸、甲醛、或甲基乙二醛、或含有雙官能基之陽離子乳化劑及氫氧化鉀等藥劑之溶液進行絲膠固著處理，使其之水可溶性降低與耐鹼液之溶解性提升，除可降低廢水污染問題外，同時又具抗菌性或可深色染性。

(二) 絲膠在文物維護之應用

絲膠具黏著性，



可愛的蠶寶寶模型

可作為膠質物。28種天然膠黏性物質以傳統裱褙法加工而成之裱褙試驗片，其中蛋白質類之絲膠貼合強度與動物膠相當，強度優於穀物粉類之膠黏性物質；而多醣類的樹膠基於操作便利性、貼合強度、色澤等因素，多不適用於裱褙加工用；唯因絲膠屬蛋白質類，其水分率高達 13.2%，唯



蠶繭

在高溫高濕的環境下，極易吸濕而變質。在 $85^{\circ}\text{C} \times 87\% \text{ RH}$ 之條件下、或以紫外線加速老化測試，與其它黏膠性物質之強度與亮度降低之趨勢相當。絲膠可作為紙、布類畫材裱褙用之黏著劑，具有易加工、可洗畫、可溶脫而不傷及裱褙主體之優點。由於絲膠溶液具有高滲透力、透明如以被覆法施作，可滲入纖維的間隙，使其被覆一層絲膠膜，能賦與紙布文物透明而柔和的光澤，在乾燥低溫下，可維護文物不受污染，降低紫外線的傷害，同時具有涵養顏料延緩退色之特性，因此可作為紙布類文物維護用材料。

(三) 絲膠在化妝品上之應用

絲膠具有優良之吸濕保濕性與紫外線吸收性，又可提供頭髮所需之氨基酸成分，故被利用在洗髮、護髮與沐浴等用途。諸如絲膠含量 0.02 - 2.0% 之整髮劑、頭髮潤溼劑、洗髮精、頭髮養生劑等

產品已被開發出來。

(四) 絲膠在醫療、保健上之應用

絲膠組成蛋白質中絲氨酸的含量約占 30%，絲氨酸乃是醫藥界貴重藥品。蠶絲蛋白不同分子量的降解物對人體亦有不同的生理功能，其絲質與絲膠均含有包括人體必需氨基酸在內的 18 種氨基酸，絲質以甘氨酸、丙氨酸、絲氨酸、酪氨酸為多，而絲膠除此類氨基酸外，亦含有多量的天門冬氨酸、穀氨酸等。由於絲膠蛋白質之分子量在未降解前多為高分子物，如經降解處理使分子量降到 6 萬以下之的小分子物，此等氨基酸混合物，可調製成具整腸功能的食品或飲料等；如分子量在 2,000 - 4,000 的混合物，其氨基酸則可直接被人體吸收利用。

繭絲絲膠回收法非專屬技術移轉案已在 www.mdais.gov.tw 網站公告，請有興趣者上網查閱。 