



7

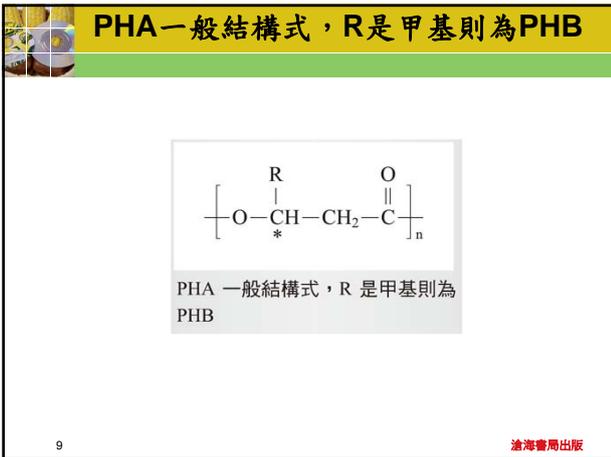
滄海書局出版

(一) 微生物聚合物

- ❖ 有些細菌在**過量碳源**及**缺少某些營養素**時，會產生聚羥基酯類(PHA)，作為儲存能量或碳源的物質。
- ❖ 等到獲得足夠的營養源或需要能量時，PHA會分解成小分子，被微生物吸收。
- ❖ 能形成PHA的細菌種類分佈甚廣，且PHA佔該細胞乾重比可達30~80%。
- ❖ **PHA**包含
 - 聚羥基丁酸酯 (**PHB**)
 - 聚羥基丁酸酯-羥基戊酸酯聚合物 (**PHBV**)

8

滄海書局出版



9

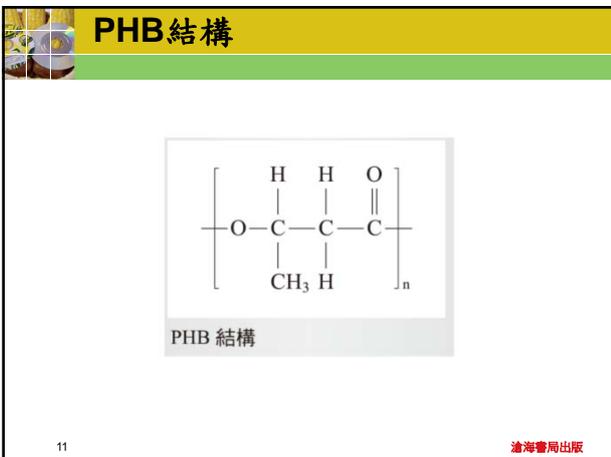
滄海書局出版

PHB & PHBV 特性

- ❖ 有些菌體不需要限制營養物，也能累積 PHB
- ❖ 屬於生物可分解的**熱塑性**高分子
- ❖ 具有類似**聚丙烯 (PP)**的性質
- ❖ 商業合成PHBV：**丙酸**加入**葡萄糖**
 - 羥基丁酸與羥基戊酸(3HV)無序排列的共聚物
 - 性能會隨著**3HV**的含量多寡而變化：
 - 提高3HV含量：
 - 降低熔點、增加柔軟性、改善抗衝擊度
 - 可用壓出或吹瓶的方法，製造容器以及醫用材料

10

滄海書局出版



11

滄海書局出版

(二) 化學合成聚合物

- ❖ 脂肪族聚酯與水溶性高分子材料可輕易地被微生物分解，且這兩類高分子可以用化學方法合成。
- ❖ 典型代表：聚己內醯胺 (PCL)、聚乳酸 (PLA)
- ❖ 優勢特性：
 - 水分保持力、強度、加工性、熱塑性及其他物性上與傳統塑膠相似
 - 具生物分解性
- ❖ 高分子聚合物難被微生物分解的原因：
 - 分子鏈間相互作用力太強
 - 分子鏈間的剛性

指標 → 高熔點

12

滄海書局出版

聚己內醯胺 (PCL)

- ❖ 1975年商業化，應用於塗料及彈性體
- ❖ 1990年代經改良後
 - 熔點低(60°C)
 - 可以在200°C穩定地加工
 - 可用普通的熱塑性塑膠加工機具進行加工

13 滄海書局出版

聚乳酸 (PLA)

- ❖ 利用玉米、甜菜或小麥等富含澱粉之原料，經過分解後，產生乳酸(Lactic acid)，再聚合而成
 - **直接縮聚法**，在真空下使用溶劑使聚乳酸脫水縮聚
 - **非溶劑法**，使乳酸生成環狀二聚體也就是俗稱的脫水乳酸(Dilactide)，再開環縮聚成PLA
- ❖ **優點**：耐UV、高透明性與剛性
- ❖ **缺點**：耐熱性、耐衝擊性、韌性、阻氣性、耐水解性、熔融強度偏低，射出加工成型冷卻結晶速率太慢

14 滄海書局出版

PLA產品分解時間

PLA 產品分解時間

溫度 (°C)	環境概述	時間
60	置放於氧氣充足、溼度適宜的堆肥環境內	47 天
40	置放於家庭式廚餘堆肥設備內	120 天
40	置放於一般土壤或公園內之落葉堆肥桶內	1.3 年
15	掩埋於垃圾掩埋場內	2 年
10	掩埋於寒冷之土壤內	2.6 年
4	丟棄於河川湖泊或海洋時	4 年

來源：展欣公司

15 滄海書局出版

聚乙烯醇 (PVA)

- ❖ 由聚乙烯醋酸(PVAc)水解而成，具有強烈的極性，又被稱為**水溶性塑膠**
- ❖ 調整**溫度、催化劑、反應時間**等反應條件，就可以製作出溶於不同水溫的PVA

$$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ -\text{C} - \text{C}- \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{OH} \end{array} \right]_n$$

PVA 結構



16 滄海書局出版

(三) 天然高分子聚合物

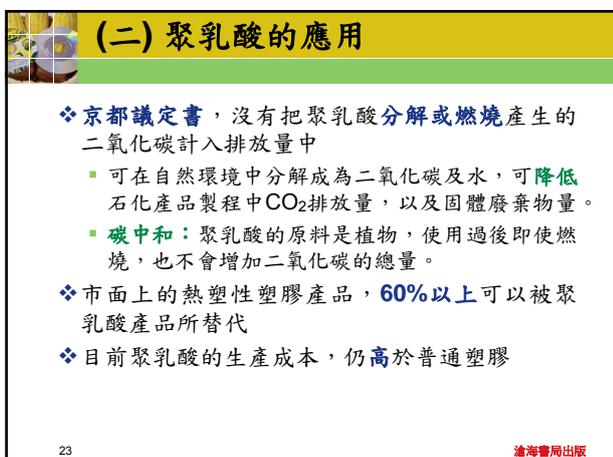
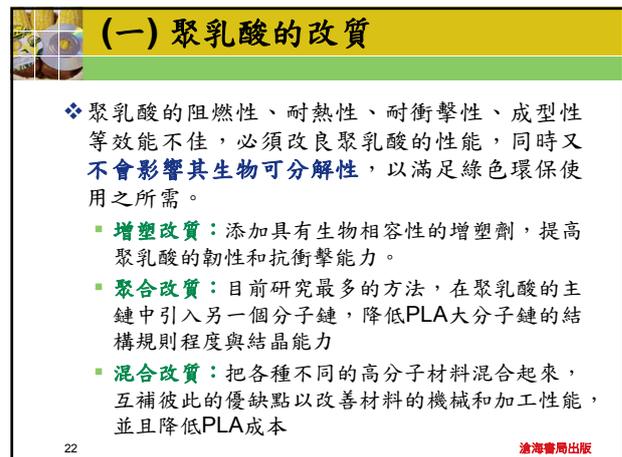
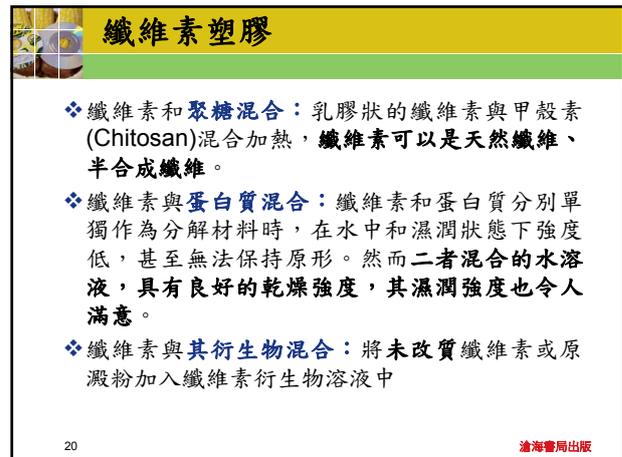
- ❖ **天然高分子與合成高分子**組合製成
 - (1)用熔融和溶液**混合**的方法，將一種高分子材料分散在另一種高分子的水溶液中，形成懸浮狀態
 - (2)將天然高分子材料分散或溶解在可進行**聚合**反應的狀態中
 - (3)將天然高分子在適當的條件(如酸性或鹼性)下進行適當的**分解**，並使分解後的分子鏈與其他單體進行聚合反應

17 滄海書局出版

澱粉塑膠

- ❖ 普通澱粉：**羥基團**(Hydroxyl group)可以吸附水，使得澱粉聚合物很快就水解了。
- ❖ 改質澱粉塑膠：用**酯基團**(Ester group)或者是**醚基團**(Ether group)取代羥基團
 - 會提高防水侵蝕能力
 - 再經由混合或聚合法提高其耐熱、耐酸和耐剪切特性
- ❖ 經過處理的**改質澱粉塑膠**，同時兼具可生物分解性能和一般商用熱塑性塑膠的功能
 - **混合法**
 - **聚合法**

18 滄海書局出版



生物可分解塑膠的應用

- ❖ (1)無須耐久性之產品(用一次即丟)：如購物袋、食品容器、飲料品連接環、吸管等。
- ❖ (2)無法回收之產品：如回收管道限制之產品、處理困難之產品。
- ❖ (3)協助垃圾減量之產品：如垃圾袋、堆肥袋、紙尿布。
- ❖ (4)需要控制分解時間之產品：如農業用被覆膜、藥物緩釋系統。
- ❖ (5)低透氧率及非吸收性產品：如食品包裝膠膜、飲料內層塗佈材料等。

25 滄海書局出版

生物可分解塑膠應用

分類	領域	應用
利用於室外環境	農漁業用資材	多層薄膜、育苗用容器、魚網、釣魚線
	土木建築用資材	隔熱材料、土木工程用鑄型、水土保持用布材、護土網
	野外休閒用品	高爾夫球運動用品、釣具、登山用品、海洋運動用品
使用後難以回收或再利用	食品包裝用薄膜、容器	新鮮食品的包裝托盤、速食店用容器、便當盒
	衛生用品紙	尿布、生理用品
特殊機能用品	事務用品衣料等	鉛筆盒、牙刷、垃圾袋、免洗衣服
	緩釋性	醫藥品、農藥、肥料、種子等的緩釋材料
	生體內分解吸收	手術縫合線、飲料用包裝材的內部塗佈材料
	低透氧性、非吸附性	食品包裝薄膜、飲料用包裝材的內部塗佈材料
	低磁黏	包裝、製袋時採用的接著劑

26 來源：技術處 滄海書局出版

(一) 農業應用

- ❖ 畦面敷蓋：最多也僅能重複使用一年，大半均隨意丟棄及焚燒。改以生物分解塑膠以後，免去廢棄清理的問題，且可以根據依作物生長期不同，調整塑膠的分解速度。



27 滄海書局出版

農業應用

- ❖ 太空包栽培：菇類太空包廢棄時，必須人工逐一將鋸木屑與塑膠袋分離。生物可分解塑膠使得廢太空包處理更簡單。
- ❖ 緩效性肥料及農藥之包裹膜：微膠囊內的肥料或農藥能均勻而緩慢地釋放出來，達成均勻釋放肥料或延長殺蟲、殺菌之效果。

28 滄海書局出版

農業應用

- ❖ 繩與捆紮帶：用於栽培番茄、小黃瓜、甜椒等作物，可以於一年以內分解完畢。
- ❖ 蔬果套袋：消費者購買蔬果後，套袋便成為廢棄物
- ❖ 種子帶：種子帶用於全自動機械化播種。



29 滄海書局出版

農業應用

- ❖ 育苗鉢(移植鉢)、樹苗護根套、包裝植物根部的分解膜：育苗鉢採用生物分解塑膠，對農業現代化有極大的幫助，過去樹苗或作物栽植必須依賴手工移除育苗鉢，改為生物可分解塑膠後，因為可以直接埋入土裡，故可由自動化機械進行



30 滄海書局出版

農業應用

- ❖ 農藥的包裝袋：無包裝容器廢棄物的問題，又可保護噴藥者安全
- ❖ 作物夾子與標示牌：用於番茄、小黃瓜及甜椒栽培
- ❖ 綠化保護：將生物分解纖維網及不織布鋪於想要綠化的地區，將種子撒播或噴施其上，可以固定植株根部，纖維網及不織布會自然分解。

31 滄海書局出版

植生基材原料與成品

32 滄海書局出版

(二) 包裝與食品應用

- ❖ 輕便的塑膠包裝，利於食品的貯存與運輸，增加食品的保存期限
- ❖ 食品容器：
 - 要求：強韌程度、透氧率、透水氣率、熱封性、耐熱性
 - 傳統材質：聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)
- ❖ 包裝材料：包裝用膜、農用薄膜、泡沫塑料、園藝用膜

33 滄海書局出版

生物可分解包裝

上蓋薄膜塗光觸媒(SiOx)以抗菌

適當的透氣性

足夠的韌性以利自動包裝機操作

34 滄海書局出版

(三) 生活用品

❖ 薄膜類

35 滄海書局出版

生活用品

❖ 成型類

36 滄海書局出版

生活用品

❖ 纖維與不織布

37 滄海書局出版

(四) 電子應用

❖ 3C 產品

38 滄海書局出版

電子應用

❖ 3C 產品

滄海書局出版

電子應用

❖ 3C 產品

滄海書局出版

電子應用

❖ 3C 產品

滄海書局出版

電子應用

❖ 零件材料

42 滄海書局出版

