



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 202246300 A

(43) 公開日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 01 日

(21) 申請案號：111107912

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 03 月 04 日

(51) Int. Cl. :

*C07K1/02 (2006.01)**C07K1/14 (2006.01)**C07K14/435 (2006.01)**B65D65/46 (2006.01)**B65D81/24 (2006.01)*

(30) 優先權：2021/05/21 美國

63/191,441

2021/06/18 美國

63/212,283

2021/08/10 美國

63/231,399

(71) 申請人：美商劍橋農作物公司 以摩里名義營業(美國) CAMBRIDGE CROPS, INC. D/B/A MORI (US)

美國

(72) 發明人：貝瑞玄恩 阿曼達 BARYSHYAN, AMANDA (US)；張 尼克 ZHANG, NICK (US)；格羅納 傑西 GRONER, JESSE (US)；貝倫斯 亞當 BEHRENS, ADAM (US)；馬科 妮可 MARCO, NICOLE (US)；羅曼 莎曼珊 ROMAN, SAMANTHA (US)；洛佩茲 賈西亞 雷貝卡 LOPEZ-GARCIA, REBECA (MX)；佩雷亞 林賽 PERREA, LINDSAY (US)；普雷斯頓 柯林 PRESTON, COLIN (US)；阿布塔雷伯 萊斯 ABU-TALEB, LAITH (US)；勞奇 琳達 蜜雪兒 RAUCH, LINDA MICHELL (CA)；加朗 赫維 艾琳妮 三世 GARANT, HERVE IRENEE III (US)；艾勒西克 約翰 派翠克 ELLERSICK, JOHN PATRICK (US)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：57 項 圖式數：13 共 99 頁

(54) 名稱

用於製備絲蛋白溶液及包含絲蛋白之粉末之系統及方法

(57) 摘要

本發明係關於用於改良含有獲自蠶繭之絲蛋白的絲溶液及粉末之製備的系統及方法。該等溶液及粉末可用於改良易腐物之收穫後保存並且改良包裝(包括可生物降解包裝)之效能。

The disclosure relates to systems and methods for improving the manufacturing of silk solutions and powders containing silk fibroin obtained from silkworm cocoons. The solutions and powders can be used to improve the post-harvest preservation of perishables and to improve the performance of packaging, including biodegradable packaging.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100:製程

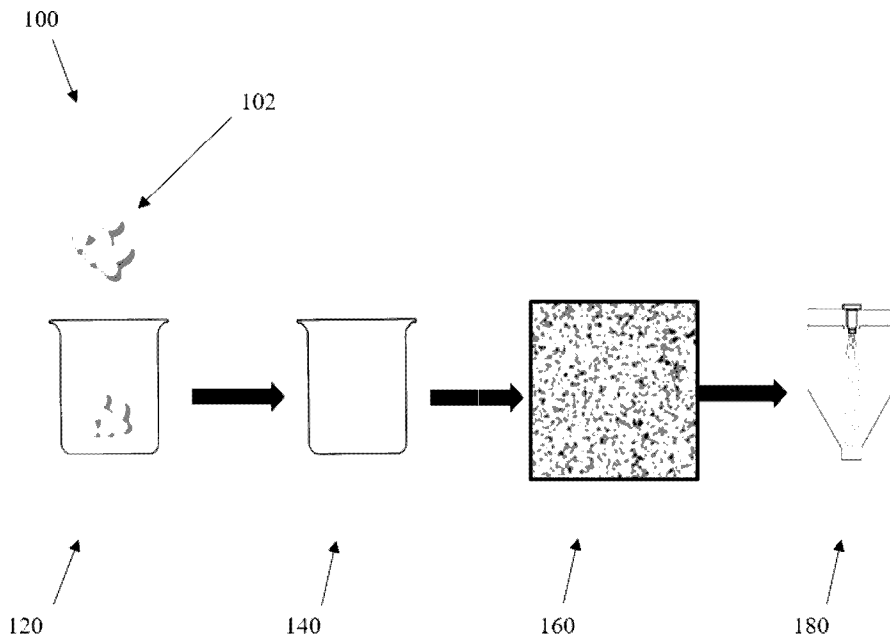
102:蠶繭

120:步驟

140:步驟

160:步驟

180:步驟



【圖1】

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

用於製備絲蛋白溶液及包含絲蛋白之粉末之系統及方法

### 【英文發明名稱】

SYSTEMS AND METHODS FOR MANUFACTURING A SILK FIBROIN SOLUTION AND POWDERS CONTAINING SILK FIBROIN

### 【中文】

本發明係關於用於改良含有獲自蠶繭之絲蛋白的絲溶液及粉末之製備的系統及方法。該等溶液及粉末可用於改良易腐物之收穫後保存並且改良包裝(包括可生物降解包裝)之效能。

### 【英文】

The disclosure relates to systems and methods for improving the manufacturing of silk solutions and powders containing silk fibroin obtained from silkworm cocoons. The solutions and powders can be used to improve the post-harvest preservation of perishables and to improve the performance of packaging, including biodegradable packaging.

### 【指定代表圖】

圖1

### 【代表圖之符號簡單說明】

100: 製程

102: 蠶繭

120: 步驟

140: 步驟

160: 步驟

180: 步驟

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

用於製備絲蛋白溶液及包含絲蛋白之粉末之系統及方法

### 【英文發明名稱】

SYSTEMS AND METHODS FOR MANUFACTURING A SILK FIBROIN SOLUTION AND POWDERS CONTAINING SILK FIBROIN

### 【技術領域】

【0001】 本發明係關於用於改良含有來自絲進料之絲蛋白的絲溶液之製備以及由該等絲溶液得到之絲蛋白粉末之製備的系統及方法。

### 【先前技術】

【0002】 每年世界上生產出來的食物有三分之一被浪費了，且所有水果及蔬菜中超過45%由於變質而被丟棄。食物浪費具有極大的經濟、社會及環境影響。根據自然資源保護委員會(Natural Resources Defense Council；NRDC) (一個著名的非營利性國際環境倡導小組)，美國具有40%的食物供應損耗，此導致每年1650億美元的估計經濟損失。本發明之實施例藉由延長易腐物(例如熟肉或生肉、蛋白質、碳水化合物、農產品、堅果、穀物、種子、乳製品、飲料、加工食品(例如巧克力、糖果、薯片、點心、能量棒)、樹膠、乳脂軟糖(tablet)、蒴果、植物、根莖、真菌、孢子、麵包、乾果、脫水蔬菜、脫水食品、醫療食品、鮮花、植物及其類似者)之儲存期限而直接解決對於減少食物浪費及提高食物利用率之更廣泛社會需求。本發明之實施例藉由經由改良配送而增加收入、減少浪費以及降低與冷藏及運輸相關之成本而呈現顯著的商業價值。

### 【發明內容】

【0003】本發明係關於用於改良含有獲自絲進料之絲蛋白的絲溶液及粉末之製備的系統及方法，該等絲溶液及粉末可用於改良易腐物之收穫後保存且改良包裝(包括可生物降解包裝)之效能。

【0004】在一個實施例中，本發明提供一種絲蛋白製備製程，其中絲來源或絲進料，諸如絲繭(該等絲繭可為完整的(包括蠶蛹)，或可經處理以移除蛹，及/或以特定方式切割)、絲薄片、絲棉或絲球、削口蠶繭、切碎之蠶繭、絲紗及線、絲紡織物、絲粉末、絲磨碎物、絲填料、絲蛋白、經脫膠之絲、絲墊、絲織帶、絲纖維或其類似者被處理成包括絲蛋白之溶液或粉末。舉例而言，可用於此製程中之絲來源之實例係來自家蠶(*Bombyx mori*)桑蠶。本發明亦適用於來自除家蠶以外之桑蠶(例如野蠶(*Bombyx mandarina*)、*Bombyx sinensis*、莫羅尼阿納菲野蠶(*Anaphe moloneyi*)、潘達阿納菲野蠶(*Anaphe panda*)、網格紋阿納菲野蠶(*Anaphe reticulate*)、安布里什阿納菲野蠶(*Anaphe ambrizia*)、卡爾泰里阿納菲野蠶(*Anaphe carteri*)、維尼塔阿納菲野蠶(*Anaphe venata*)、*Anapha infracta*、阿薩姆柞蠶(*Antheraea assamensis*)、阿薩馬柞蠶(*Antheraea assama*)、印度柞蠶(*Antheraea mylitta*)、中國柞蠶(*Antheraea pernyi*)、日本柞蠶(*Antheraea yamamai*)、多音天蠶(*Antheraea polyphemus*)、*Antheraea oculatea*、*Anisota senatoria*、意大利蜜蜂(*Apis mellifera*)、十字園蛛(*Araneus diadematus*)、*Araneus cavaticus*、巨斑刺蛾(*Automeris io*)、烏柏大蠶蛾(*Atticus atlas*)、*Copaxa multifenestrata*、赫爾克里斯大蠶蛾(*Coscinocera hercules*)、普羅米修斯蛾(*Callosamia promethea*)、白帶天蠶蛾(*Eupackardia calleta*)、苗圃織網蜘蛛(*Eurprosthops australis*)、白斑枯葉蛾(*Gonometa postica*)、*Gonometa rufobrunnea*、刻

克羅普斯蠶蛾(*Hyalophora cecropia*)、*Hyalophora euryalus*、*Hyalophora gloveri*、*Miranda aurette*、金色球體蜘蛛(*Nephila madagascarensis*)、棒絡新婦蛛(*Nephila clavipes*)、奧特斯枯葉蛾(*Pachypasa otus*)、阿特斯枯葉蛾(*Pachypasa atus*)、蓖麻蠶(*Philosamia ricini*)、*Pinna squamosa*、赫斯珀里斯羅氏天蛾蠶(*Rothschildia hesperis*)、勒博羅氏天蛾蠶(*Rothschildia lebeau*)、樗蠶(*Samia cynthia*)及印度蠶(*Samia ricini*)以及雜色長腳蛛(*Tetragnatha versicolor*)以及蜘蛛或其他昆蟲之絲來源。本發明亦適用於以合成方式、藉由基因重組、以轉基因方式產生之絲來源，及其他經工程改造之絲(例如，來自細菌、酵母、哺乳動物細胞、轉基因動物或轉基因植物之絲)。絲蛋白具有可經由合成形式重複之獨特胺基酸序列。本發明係關於此類形式。為避免疑問，如本文所描述之絲繭可替換為天然或人造的上述形式之絲或類似形式之絲中之任一者。舉例而言，若本發明陳述使用絲、絲進料、絲繭或蠶繭，則其意謂可使用本段落中所論述之絲來源(例如絲繭、絲棉、絲薄片、絲球、削口蠶繭、切碎之蠶繭、絲紗及線、絲紡織物、絲粉末、絲磨碎物、絲填料、絲蛋白、經脫膠之絲、絲墊、絲織帶、絲纖維、產生之絲來源(例如，以合成方式、藉由基因組合、以轉基因方式產生之絲來源，及其他經工程改造之絲)等)中之任一者或其組合。在一個實施例中，絲繭經歷脫膠步驟、溶解步驟、純化步驟、微濾步驟及粉末化步驟，該粉末化步驟產生含有絲蛋白之絲溶液之粉末。在一些實施例中，絲蛋白可經由Ajisawa方法或經由其他方法，使用包括離液劑及/或親液劑之水及鹽自絲繭分離。在一些實施例中，絲蛋白可根據Marelli, B.、Brenckle, M.、Kaplan, D.等人 Silk Fibroin as Edible Coating for Perishable Food

Preservation. *Sci Rep* 6, 25263 (2016), <https://doi.org/10.1038/srep25263> 中描述之方法製備，該文獻以全文引用之方式併入本文中。本文所論述之微濾步驟將對任何可接受的自絲繭分離絲蛋白之方法(包括其中絲蛋白被處理成絲溶液或粉末之情形)有效。在一些實施例中，絲蛋白可如美國專利公開案第2020-0178576 A1號中所描述，該公開案以全文引用之方式併入本文中。

**【0005】** 在一些實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白之重量濃度(w/w)範圍可為約0.1% (w/w)至約1% (w/w)、0.1% (w/w)至約10% (w/w)、0.1% (w/w)至約30% (w/w)、0.1% (w/w)至約50% (w/w)、約1% (w/w)至約5% (w/w)、約1% (w/w)至約10% (w/w)、約1% (w/w)至約15% (w/w)、約5% (w/w)至約10% (w/w)、5% (w/w)至約15% (w/w)、5% (w/w)至約20% (w/w)、10% (w/w)至約30% (w/w)、10% (w/w)至約100% (w/w)、50% (w/w)至約75% (w/w)、10% (w/w)至約100% (w/w)、約20% (w/w)至約95% (w/w)、約30% (w/w)至約90% (w/w)、30% (w/w)至約100% (w/w)、約40% (w/w)至約85% (w/w)、約50% (w/w)至約80% (w/w)、約60% (w/w)至約99% (w/w)、約70% (w/w)至約99% (w/w)、約80% (w/w)至約99% (w/w)、約80% (w/w)至約100% (w/w)、約90% (w/w)至約99% (w/w)、約95% (w/w)至約99% (w/w)、約90% (w/w)至約100% (w/w)或約80% (w/w)至約90% (w/w)。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於99%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於95%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於60%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於30%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋

白百分比(w/w)小於25%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於20%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於19%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於18%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於17%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於16%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於15%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於14%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於13%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於12%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於11%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於10%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於9%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於8%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於7%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於6%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於5%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於4%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於3%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於2%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於1%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於0.9%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於0.8%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比

(w/w)小於0.7%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於0.6%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於0.5%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於0.4%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於0.3%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於0.2%。在一實施例中，水溶液或粉末中存在之絲蛋白百分比(w/w)小於0.1%。更高或更低之絲蛋白含量亦可為可能的以適合特定應用，例如應用方法、待塗佈之產品類型等。

**【0006】** 在一些實施例中，絲蛋白包含絲蛋白單體、聚合物及/或片段。如本文所使用，術語絲蛋白片段亦包括絲蛋白片段之集合體。在一些實施例中，絲薄膜及/或塗層可由絲蛋白形成，且絲薄膜及/或塗層包含特定百分比(重量/體積)之絲蛋白片段。在一些實施例中，特定百分比之絲蛋白片段具有特定分子量(MW)。在此上下文中，分子量(MW)係指絲薄膜及/或塗層中之單獨絲蛋白片段之分子量，且不應與重量平均分子量(Mw)混淆。為了量測絲之各種特性，吾人可使用任何業界裏適當之方法或裝置。在一個實例中，可使用凝膠滲透層析法(GPC)來獲得絲蛋白片段之分子量(MW)及絲之重量平均分子量(Mw)。

**【0007】** 作為說明性實例，圖12及圖13說明絲薄膜及/或塗層中存在之絲蛋白片段之分子量的兩個不同例示性曲線圖。X軸表示分子量(MW)，且Y軸表示強度(例如，相同分子量下絲蛋白片段之數目)。藍色條帶說明包括絲薄膜及/或塗層中某一百分比(例如10%)之絲蛋白片段的分子量(MW)範圍(例如，50 kDa至100 kDa)，其係在絲蛋白片段仍呈溶液時量測。該等圖式亦包括峰(P)，例如圖12具有一個峰且圖13具有兩個峰。作

為另一實例，絲薄膜及/或塗層之分子量(MW)的曲線圖可包括多於兩個峰。出於本發明之目的，峰之數目不受限制且不影響如本文所論述之具有特定分子量(MW)之絲蛋白片段百分比。分子量亦可經由其他方式量測，諸如十二烷基硫酸鈉-聚丙烯醯胺凝膠電泳(SDS-PAGE)或其他類似技術。

**【0008】** 在一些態樣中，沒有絲蛋白片段具有低於100千道爾頓(kDa)之分子量(MW)，少於1%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約1%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約5%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約10%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約15%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約20%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約25%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約30%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約35%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約40%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約45%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約50%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約55%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約60%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約65%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約70%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約75%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約80%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約85%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約90%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，超過約95%之絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)。

**【0009】** 在一些態樣中，沒有絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，少於1%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約1%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約5%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約10%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約15%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約20%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約25%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約30%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約35%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約40%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約45%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約50%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約55%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約60%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約65%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約70%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約75%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約80%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約85%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約90%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，超過約95%之絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)。

**【0010】** 在一些態樣中，沒有絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，少於1%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約1%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約5%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約10%之絲蛋白片段具有高於

200 kDa之分子量(MW)，超過約15%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約20%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約25%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約30%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約35%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約40%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約45%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約50%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約55%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約60%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約65%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約70%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約75%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約80%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約85%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約90%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，超過約95%之絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)。

**【0011】** 在一些態樣中，沒有絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，少於1%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約1%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約5%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約10%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約15%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約20%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約25%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約30%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約35%之絲蛋白片段具

有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約40%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約45%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約50%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約55%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約60%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約65%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約70%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約75%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約80%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約85%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約90%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，超過約95%之絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)。

【0012】 在一些態樣中，沒有絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，少於1%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約1%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約5%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約10%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約15%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約20%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約25%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約30%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約35%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約40%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約45%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約50%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約55%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約60%之絲蛋

白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約65%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約70%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約75%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約80%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約85%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約90%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，超過約95%之絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)。

【0013】 在一些態樣中，約1%與約10%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約1%與約15%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約1%與約30%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約10%與約30%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約10%與約50%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約10%與約75%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約10%與約95%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約15%與約30%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約15%與約40%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約20%與約30%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約20%與約35%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約30%與約50%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約50%與約90%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約50%與約75%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約60%與約75%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)，約75%與約95%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)。

(MW)，約80%與約95%之間的絲蛋白片段具有低於100 kDa之分子量(MW)。

【0014】 在一些態樣中，約1%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約30%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約40%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約50%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約60%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約50%與約85%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約60%與約85%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約55%與約80%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約65%與約85%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約60%與約80%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約70%與約80%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約60%與約99%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約70%與約99%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約80%與約99%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)，約90%與約99%之間的絲蛋白片段具有高於100 kDa之分子量(MW)。

【0015】 在一些態樣中，約0.1%與約40%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約0.1%與約30%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約0.1%與約20%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約0.1%與約10%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約0.5%與約40%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之

分子量(MW)，約0.5%與約30%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約0.5%與約20%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約0.5%與約10%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約1%與約30%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約1%與約20%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約1%與約10%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約20%與約80%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約40%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約50%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約60%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)，約60%與約80%之間的絲蛋白片段具有高於200 kDa之分子量(MW)。

**【0016】** 在一些態樣中，約0.1%與約3%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約0.1%與約5%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約0.1%與約10%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約1%與約30%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約1%與約10%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約1%與約20%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約5%與約20%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約10%與約20%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約10%與約30%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約10%與約50%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量(MW)，約10%與約75%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量

(MW)，約10%與約95%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量  
(MW)，約15%與約30%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量  
(MW)，約20%與約50%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量  
(MW)，約30%與約50%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量  
(MW)，約50%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量  
(MW)，約50%與約75%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量  
(MW)，約60%與約75%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量  
(MW)，約75%與約95%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量  
(MW)，約80%與約95%之間的絲蛋白片段具有高於300 kDa之分子量  
(MW)。

**【0017】** 在一些態樣中，約1%與約5%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約1%與約10%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約1%與約20%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約1%與約30%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約1%與約60%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約5%與約10%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約5%與約15%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約5%與約20%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約30%與約60%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約35%與約55%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約35%與約75%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約35%與約85%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量(MW)，約50%與約85%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量

(MW)，約55%與約80%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量 (MW)，約70%與約90%之間的絲蛋白片段具有高於400 kDa之分子量 (MW)。

**【0018】** 在一個態樣中，本發明係關於一種絲製備系統，其包括多個處理分站。特定言之，該系統包括：第一處理分站，其具有容器，該容器之組態可以接收蠶繭且自該等蠶繭提取絲蛋白以產生基於絲蛋白之溶液；第二處理分站，其與第一處理分站流體連通且其組態可以接收並純化來自第一處理分站之基於絲蛋白之溶液；第三處理分站，其與第二處理分站流體連通且其組態可以接收經純化之基於絲蛋白之溶液且對其進行滅菌；及第四處理分站，其與第三處理分站流體連通且其組態可以接收基於絲蛋白之溶液且將其粉末化。在各個態樣中，本文所揭示之系統可視需要包括任何數目及配置之處理分站以用於特定應用。

**【0019】** 在前述態樣之各種實施例中，該系統進一步包括泵總成系統，其安置在第一處理分站與第二處理分站之間且其組態可以將基於絲蛋白之溶液自第一處理分站轉移至第二處理分站。該系統亦可包括儲集器，其安置在第一處理分站與第二處理分站之間且其組態可以進行以下中之至少一者：容納或調節基於絲蛋白之溶液，諸如調節溶液之溫度或調節溶液之一或多個組分之濃度。另外，該系統可進一步包括：過濾系統，其安置在第一處理分站與第二處理分站之間且其組態可以過濾基於絲蛋白之溶液；及熱交換系統，其組態可以在處理分站中之任一者之前或之後調節基於絲蛋白之溶液之溫度。

**【0020】** 在其他實施例中，第一處理分站之組態可以在單一容器內經由脫膠、沖洗及溶解製程來提取絲蛋白。第二處理分站之組態可以經由

使用或不使用切向流過濾之超濾作用及/或透濾作用或經由滲析來純化基於絲蛋白之溶液及/或濃縮基於絲蛋白之溶液以具有較高絲蛋白百分比。第三處理分站之組態可以經由超濾作用、微濾作用、巴氏滅菌法或類似方式中之一或多者對經純化之基於絲蛋白之溶液進行適當清洗或滅菌。一般而言，滅菌未必意欲包括完全不含細菌或其他活微生物之溶液，但可為此情形。另一分站可為離心或微濾以降低濁度。過高的濁度在基於絲蛋白之溶液中可為不合需要的，因為其可能影響由基於絲蛋白之溶液所形成之塗層的黏性，妨礙絲溶液之屏障形成特性，及/或可能導致由基於絲蛋白之溶液形成的塗層看起來渾濁或混濁。出於此原因，濁度可保持低於約1.000光學密度，包括在2.5%、5%、7.5%、10%、12.5%、15%、17.5%或20%絲蛋白水溶液之溶液濃度下，其中光學密度係在660 nm之波長下量測(OD660)。在一些實施例中，濁度可保持低於下限值，諸如約0.900、0.800、0.700、0.600、0.500、0.400、0.300、0.200、0.100、0.050 (OD600)或其內之任何增量。

**【0021】** 另外，過量微生物之存在可不利地影響絲溶液之效能且潛在地使基於絲蛋白之溶液不適合人類食用或目標應用，包括收穫前應用、收穫後應用、動物飼料應用或其他此類應用。出於此原因，應殺死基於絲蛋白之溶液中之微生物及/或自基於絲蛋白之溶液實質上移除微生物，其可介於較小程度減少至基本上完全移除之範圍內，如例如可在偵測限制及/或微生物類型內測定(例如黴菌、酵母菌、腸道細菌、金黃色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、大腸桿菌(*Escherichia coli*)低於100、90、80、70、60、50、40、30、20或10 cfu/g，且沙門氏菌(*Salmonella*)及產單核細胞李斯特氏菌(*Listeria monocytogenes*)讀數為「陰性/低於25g」)。在

一個實例中，此可意謂保持微生物之量在任何可接受測試機制下均低於10 CFU/ml，例如平板計數瓊脂(PCA)及/或馬鈴薯葡萄糖瓊脂(PDA)上之總好氧菌平板計數。在一些情況下，第三處理分站之組態可以將經純化之基於絲蛋白之溶液滅菌至食品級標準。在一些情況下，第三處理分站可自系統完全移除。在彼等情況或其他情況下，先前分站可產生食品級標準產品及/或將基於絲蛋白之溶液滅菌至本文所論述之水準。舉例而言，第一分站可藉由在特定溫度下處理基於絲蛋白之溶液以自該溶液移除微生物來對基於絲蛋白之溶液進行滅菌。在此實例中，整個系統可替代地密封，使得不需要進一步滅菌。在其他情況下，第三處理分站可置放於系統中之不同位置處。在一些情況下，整個系統可為密封系統，使得所存在之微生物的數目不會多到必須需要第三處理分站之程度。此外，第四處理分站之組態可以經由噴霧乾燥、冷凍乾燥或業界中已知之類似乾燥及粉末化方法將經純化之基於絲蛋白之溶液粉末化。

**【0022】** 在另其他實施例中，該系統可進一步包括預處理系統，其組態可以在將蠶繭引入第一處理分站之前或在引入時調節該等蠶繭，該預處理系統諸如用於切碎蠶繭之切碎機、軟化設備、浸泡設備及/或材料處置設備。在一些實施例中，蠶繭經切碎至減小之尺寸及形狀(例如較長絲棉、絲薄片或絲填料之0.5-50 cm片段或0.5-50 cm線股)及/或經處理或擠壓。在一些實施例中，在引入系統中之前，繭或其他絲進料可除去絲膠，經洗滌以移除有機及無機化合物，除去其他蛋白質，或與超過一種絲進料組合以增加每單位質量之絲進料的絲蛋白量。此可包括或不包括切碎或切割或初步脫膠步驟。另外，預處理設備可包括用於清洗繭之系統，包括自繭分離碎片、測試繭(例如化學分析)及/或進行其他品質控制製程，包括

繭組成評定。

**【0023】** 該系統亦可包括後處理系統，其組態可以接收來自第四處理分站之絲蛋白粉末。後處理設備可包括調節絲蛋白粉末之設備，其藉由添加一或多種添加劑或來自不同批料的具有不同化學或聚合物特徵(亦即，分子量曲線、濁度或其類似者)之絲粉末來調節絲蛋白粉末(例如可將較低分子量絲蛋白添加至較高分子量絲蛋白以實現速溶性及溶解性之增加或實現不同的特徵及特性)。後處理設備亦可增加熱處理步驟或聚結步驟，其可使得粉末更乾燥、更濕潤、更稠密、更乾淨及/或更速溶。後處理設備亦可包括用於測試絲蛋白粉末及/或包裝絲蛋白粉末之設備。後處理步驟可為允許獲得存放穩定的絲蛋白粉末的無菌包裝方法。

**【0024】** 該系統可包括控制器，其與各種處理分站(例如閥門總成、感測器、開關、傳輸器、驅動器等)通信且其組態可以：控制各種組分(例如繭、溶劑、化合物等)之引入變數(例如體積、流動速率、混合速率、攪拌速度、製程之時間/持續時間、預處理操作、組分比例、pH位準、溫度、壓力、溶液量、固體量等)中之一或多者；控制脫膠操作(例如浸泡次數及溫度、加壓、攪拌速度及其時間、體積控制(亦即，排放及再填充容器、再循環))；控制沖洗操作(例如判定溶液狀態、容器之排放及再填充、溶劑之添加、各種步驟之頻率及持續時間、加壓或降壓)；控制絲蛋白溶解操作(例如第二化合物之添加及其濃度、時間、溫度、壓力、攪拌速度及其時間、持續時間等)；控制分站之輸出(例如流動速率、溫度等)。

**【0025】** 在本文所揭示之態樣中之任一者之各種實施例中，第一處理分站包括反應容器，該反應容器具有：第一入口孔口，其組態可以接收

蠶繭及一或多種原料(例如蘇打灰、離液劑、催化劑、添加劑或其類似者)；第二入口孔口，其組態可以接收溶劑(例如水、乙醇、檸檬酸等)；及至少一個出口，其組態可以輸出基於絲蛋白之溶液。該反應容器之組態可以藉由脫膠、沖洗及溶解來自繭之絲蛋白中之至少一者來處理蠶繭。第一處理分站亦可包括安置於反應容器周圍之水或油夾套，其組態可以提供與容器及其內容物之熱交換(例如視需要加熱或冷卻)。第一處理分站可進一步包括其組態可以攪拌反應容器之內容物的設備，諸如混合器、振動盤、磁性攪拌器、音波處理器、液體泵、空氣泵、水流等。攪拌可經由外部或內部壓力流進行，其中壓力流為液體及/或氣體。在各種實施例中，攪拌設備可接近反應容器之底表面或頂表面安置。在各種實施例中，攪拌設備可安置於反應容器之各個部分中(亦即，底部、中央及頂部處之泵中；底部處之攪動器及頂部處之泵中；等)。在一些實施例中，攪拌設備為具有單一機械軸及葉輪之混合器。葉輪之組態可以用於軸向流動、徑向流動及/或切向流動，且可反向運行。另外，葉輪可塗佈有抵抗蠶絲纖維之附著的物質及/或具有葉片之表面拋光(例如，低於某一臨限值之表面粗糙度)。混合器可具有可互換的葉輪，其中該等葉輪之組態可以適合特定製程，且具有有不同形狀、間距等的平面葉片、彎曲葉片、斜葉片、指形葉片、錨葉片、鎖緊葉片(gate blade)、帶式葉片等中之一或多者。葉輪之組態亦可以在不同處理步驟期間或在不同處理步驟之間升高及降低至容器中或容器內容物內。

**【0026】** 在其他實施例中，反應容器包括第二出口，其用於移除至少一部分溶劑及其中之任何殘餘物(例如溶解的絲膠)，該至少一部分可經傳送以廢棄、再循環或回收。反應容器可具有玻璃內襯，且其尺寸經設定

成具有0.5至5.0、或更佳0.8至2、且更佳1.0至1.5的如藉由工作體積所定義之高度與直徑之縱橫比。縱橫比可經選擇以適合特定應用，例如溫度控制、處理速率、所需體積、工作空間等。容器之體積將變化以適合特定應用(例如，成品產量)，且視所需批量而定，其範圍可在約0.25公升至約80,000公升、較佳0.5公升至5,000公升內。另外，反應容器可具有除圓柱形以外之形狀，使得縱橫比將為容器高度相比於其橫截面面積(例如矩形、卵形等橫截面形狀)。容器內容物可包括複數個蠶繭(經或不經預處理)、溶劑(例如水)及化合物。蠶繭之堆積密度將變化以適合特定應用(例如，基於絲蛋白成品之溶液)及/或不同絲進料(例如，繭、絲棉等)，且其範圍可為：約1%至100%、約1%至70%、約1%至50%、約1%至30%、約1%至20%、約2%至20%、約2%至15%、小於約100%、小於約90%、小於約80%、小於約70%、小於約60%、小於約50%、小於約40%、小於約30%、小於約25%、小於約20%、小於約15%、小於約10%、小於約5%、大於約1%、大於約5%、大於約10%、大於約15%、大於約20%、大於約30%、大於約40%、大於約50%、大於約60%、大於約70%、大於約80%、大於約90%。水或油夾套之組態可以將內容物加熱至約50°C至約150°C、較佳約75°C至約125°C之溫度或其他溫度，以適合特定應用。另外，沖洗步驟可包括進行1至30次沖洗循環、更佳約1至約10次沖洗循環、更佳約3至約10次沖洗循環、且更佳約4至約6次沖洗循環或基本上任何次數之沖洗循環，以適合特定應用。一般而言，製程時間、溫度、pH及其他溶液特徵可變化，以適合特定應用，諸如絲類型或特定輸出規格。

**【0027】** 反應容器亦可包括處置結構或設備，其組態可以控制蠶繭在容器內之移動及/或位置(例如防止蠶繭浮動)。該設備可包括例如：篩網

或絲網，其接近容器之底部安置且其組態可以自攪拌設備分離蠶繭及/或防止蠶繭浮動至容器頂部；滑槽或漏斗結構，其與第一入口連通且其組態可以在蠶繭之引入期間將蠶繭引導至容器內之特定位置；再循環系統，其組態可以自容器之底部抽吸溶液之一部分且將該溶液再引入至容器之上部及/或引入新鮮水以將蠶繭下推至溶液中；可豎直移動的篩子(例如，多孔活塞)，其安置於容器內且其組態可以將溶液內之任何固體「推」向容器之底部；及一或多個擋板，其安置於容器內且自其內壁延伸，其中該等擋板引導溶液及其中內容物之移動。在一些實施例中，可藉由調節製程之各個階段期間之處理溫度來控制蠶繭之移動。舉例而言，在脫膠操作期間，可將內容物加熱至稍微低於其沸點之溫度以減少氣泡之形成。下文更詳細地描述控制蠶繭之移動的其他方式。參見例如圖9至圖11。

**【0028】** 第一處理分站(且一般而言系統)可包括一或多個閘門總成(具有手動或自動致動器)，其組態可以控制諸如蠶繭、化合物、溶劑、廢料溶液、殘餘物及最終基於絲蛋白之溶液之任何組分至第一處理分站及/或反應容器之引入及自第一處理分站及/或反應容器之移除。第一處理分站(且一般而言系統)可包括至少一個感測器，其組態可以感測以下中之一或多者：溶液溫度、濃度、流動速率、pH、液面、濁度、粒度、分子量、加壓等，其可用於控制(存在或不存在人工干預)各種製程之操作。

**【0029】** 在本文所揭示之態樣中之任一者之其他實施例中，第二處理分站包括容納至少一個膜之過濾模組。該過濾模組具有：入口，其組態可以接收包括第二化合物(例如離液劑，諸如：溴化鈣；氯化鎂；乙酸鋰；過氯酸鋰；鹽酸胍；乙醇；甲醇；脲；硫脲；十二烷基硫酸鈉；硫氰酸鋰(LiSCN)；硫氰酸鈉(NaSCN)；硫氰酸鈣(Ca(SCN)<sub>2</sub>)；硫氰酸鎂

(Mg(SCN)<sub>2</sub>)；無水或二水合氯化鈣(CaCl<sub>2</sub>)；氯化鋰(LiCl)；溴化鋰(LiBr)；氯化鋅(ZnCl<sub>2</sub>)；硝酸銅(Cu(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)；乙二胺銅(Cu(NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>)；Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>；Ajisawa試劑(CaCl<sub>2</sub>/乙醇/水)；異丙醇；1-丁醇；2-丁醇；乙酸乙酯；硝酸鈣；硝酸鎂；過氯酸鈣；氯酸鈣；乙酸鈣；磷酸二鈣/磷酸氫鈣；硫酸鈣；氟化鈣；氟化鉍；硫酸鉍；磷酸鉍；磷酸二鉍(磷酸氫二鉍)；磷酸二氫鉍；乙酸鉍；氯化鉍；溴化鉍；硝酸鉍；氯酸鉍；碘化鉍；過氯酸鉍；硫氰酸鉍；氟化鉀；硫酸鉀；磷酸一鉀；磷酸二鉀(磷酸氫鉀)；磷酸三鉀；乙酸鉀；氯化鉀；溴化鉀；硝酸鉀；氯酸鉀；碘化鉀；過氯酸鉀；硫氰酸鉀；氟化鈉；硫酸鈉；單磷酸鈉(例如磷酸一鈉、磷酸二鈉、磷酸三鈉)；二磷酸鈉及多磷酸鈉(例如二磷酸一鈉、二磷酸二鈉、二磷酸三鈉、二磷酸四鈉、三磷酸鈉)；乙酸鈉；氯化鈉；溴化鈉；硝酸鈉；氯酸鈉；碘化鈉；過氯酸鈉；氟化鋰；硫酸鋰；磷酸鋰；氯化鋰；溴化鋰；硝酸鋰；氯酸鋰；碘化鋰；氟化鎂；硫酸鎂；磷酸一鎂；磷酸二鎂；磷酸三鎂；乙酸鎂；溴化鎂；氯酸鎂；碘化鎂；過氯酸鎂；硫氰酸鎂；磷酸一鈣；磷酸三鈣；磷酸八鈣；二磷酸二鈣；三磷酸鈣；碘化鈣；硝酸鈾；碘化鈾；硫氰酸鈾或其組合)之基於絲蛋白之溶液；出口，其組態可以輸出具有降低濃度之任何離液劑的經純化之基於絲蛋白之溶液(亦即，滲餘物)；及廢料孔口，其組態可以輸出第二化合物之部分(亦即，滲透物)。過濾模組之組態可以經由透濾作用或透析自基於絲蛋白之溶液移除第二化合物。在一些情況下，通過模組之流動與膜表面相切。基於絲蛋白之溶液亦可經歷某一濃度水準，其可經調諧以使稍後製程(例如滅菌或粉末化)最佳化。基於絲蛋白之溶液可循環通過過濾模組，持續由約1倍透濾體積至約至少12倍透濾體積、較佳約3

倍透濾體積至約10倍透濾體積、且更佳約5倍透濾體積至約9倍透濾體積所定義之持續時間。在一些情況下，亦可監測滲餘物中離液劑之濃度水準及/或跨過濾模組之壓降以判定製程之狀態。一般而言，期望獲得對於使用者而言幾乎不可偵測之剩餘離液劑水準(例如，無味)；然而，此水準對於不同試劑及/或產品應用而言將變化且可包括小於1,000百萬分率(ppm)、小於900 ppm、小於650 ppm、小於400 ppm、小於300 ppm、小於250 ppm且甚至低至低於150 ppm。在一些情況下，進行其他測試以確保基於絲蛋白之溶液中不存在污染物或非所需物質。

**【0030】** 另外，過濾模組可包括一或多個螺旋捲繞式膜；然而，可使用諸如板框、中空纖維等其他膜結構以適合特定應用(例如流動速率、壓力等)。過濾模組可包括多個級且可包括約一至約十個膜、約一至約八個膜、約三至約八個膜、約三至約五個膜。在使用多級過濾器或過濾模組之情況下，基於絲蛋白之溶液可以連續方式、以並行方式或以兩種方式通過以適合特定應用。將基於各種系統參數(例如流動速率)來選擇膜之數目、尺寸及組態。膜活性層之結構及化學性質亦將變化以適合特定應用，且可構造成具有約1 kDa至約300 kDa、約1 kDa至約100 kDa、約1 kDa至約50 kDa之截留分子量。另外，膜可由聚醚砜(PES)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、聚丙烯腈(PAN)、聚丙烯(PP)、聚對苯二甲酸伸乙酯(PET)或其組合製成。

**【0031】** 第二處理分站亦可包括熱交換系統，其視需要包括任何閘門、泵、控制器等以在處理期間控制基於絲蛋白之溶液之溫度。舉例而言，在引入過濾模組之前降低基於絲蛋白之溶液之溫度可促進第二化合物之移除。第二處理分站亦可包括一或多個閘門總成，其組態可以將具有減

少之第二化合物的基於絲蛋白之溶液輸出引導至入口(再循環)中之至少一者或引導至第三處理分站及與控制器通信之一或多個感測器(例如壓差、溫度、流動速率、鹽度計、導電性等)。在一些實施例中，過濾模組可包括用於諸如藉由蒸發回收經移除之第二化合物的再循環電路。

**【0032】** 在本文所揭示之態樣中之任一者之額外實施例中，第三處理分站包括微濾模組，其具有：入口，其組態可以接收來自第二處理分站之經純化基於絲蛋白之溶液；及出口，其組態可以輸出無菌基於絲蛋白之溶液。該微濾模組之組態可以降低經純化基於絲蛋白之溶液之濁度及/或自經純化基於絲蛋白之溶液移除微生物。在一些實施例中，該入口之組態可以接收來自第一處理分站之基於絲蛋白之溶液，且該出口之組態可以將無菌基於絲蛋白之溶液輸出至第二處理分站。另外，微濾模組可包括一或多級過濾器，其視需要具有或不具有泵、閥門及貯留槽。在一些實施例中，第一級過濾器可安置在第二處理分站上游，且第二級過濾器可安置在第二處理分站下游。在包括一或多個泵之實施例中，泵之組態可以在多級過濾器及/或處理分站之間轉移基於絲蛋白之溶液，及/或在完成微濾製程之後視需要將基於絲蛋白之溶液轉移至另一製程。另外，可包括一或多個貯留槽以儲存溶液或提供額外處理，諸如溫度控制或濃度調節，如解決濁度或無菌程度可能所需要的。

**【0033】** 多級過濾器可包括一或多個螺旋捲繞式膜；然而，可使用諸如板框、中空纖維、袋濾器、濾筒等其他膜結構以適合特定應用。在一些實施例中，微濾模組可包括兩(2)個級，其中第一級之組態可以移除較大聚集體，而第二級之組態可以移除較小聚集體，及/或對溶液進行滅菌且降低溶液之濁度。第一級中之膜之組態可以用於深層過濾或表面過濾，

其孔徑範圍介於0.65至15  $\mu\text{m}$ 。第二級中之膜之組態可以用於深層過濾或表面過濾，其孔徑範圍介於約0.05至0.65  $\mu\text{m}$ 。膜可由具有或不具有食品級助濾劑之PES、PP或纖維素製備。多級過濾器可包括約1至約52個膜。

【0034】基於絲蛋白之溶液可以連續方式、以並行方式或以兩種方式通過該等膜以適合特定應用。該等膜可具有約0.02  $\mu\text{m}$ 至約15  $\mu\text{m}$ 之平均孔徑。在一些實施例中，第一級過濾器中之膜可具有在約0.7  $\mu\text{m}$ 至約5  $\mu\text{m}$ 、較佳約0.9  $\mu\text{m}$ 與約1.4  $\mu\text{m}$ 範圍內之孔徑，而第二級過濾器中之膜可具有在約0.05  $\mu\text{m}$ 至約0.8  $\mu\text{m}$ 、較佳約0.2  $\mu\text{m}$ 至約0.8  $\mu\text{m}$ 範圍內之孔徑，其中基於絲蛋白之溶液在通過第二級過濾器之前通過第一級過濾器(例如在第一級中濾出較大聚集體)。在一些情況下，基於絲蛋白之溶液含有極少量之離液劑。另外或替代地，第三處理分站可包括熱交換電路以經由巴氏滅菌法對溶液進行滅菌。

【0035】在本文所揭示之態樣中之任一者之另外其他實施例中，第四處理分站包括粉末化設備，其組態可以接收來自第三處理分站之經滅菌基於絲蛋白之溶液且輸出呈粉末形式之絲蛋白。另外，所得粉末狀絲蛋白可具有低於1.0、0.95、0.9、0.85、0.8、0.75、0.7、0.6、0.5、0.4、0.3、0.2、0.1之水活性水準。較佳地，水活性水準低於0.9，以允許獲得在食物及微生物學角度而言之存放穩定粉末。粉末化設備可包括噴霧乾燥器，其具有：入口，其組態可以接收來自第三處理分站之經滅菌基於絲蛋白之溶液；及出口，其組態可以輸出呈粉末及易於速溶形式之絲蛋白。在一個實施例中，噴霧乾燥器之組態可以具有高壓噴嘴，其中噴霧係藉由迫使進料(在此情況下基於絲蛋白之溶液)通過噴嘴孔口而產生。替代地，可使用雙流體噴嘴噴霧乾燥器，其中噴霧係藉由進料與壓縮空氣之間的相互

作用而產生。在雙流體噴嘴組態中，進料可在存在或不存在後續噴嘴加熱步驟的情況下經由與壓縮空氣接觸而霧化。熱乾燥氣體亦可用於在霧化引擎接觸進料時使霧化引擎加速。熱乾燥氣體可經組態而以低速度行進。亦可使用其他噴霧乾燥器組態。作為非限制性實例，噴霧乾燥器可為以下類型中之一者：高壓噴嘴、雙流體噴嘴、燃燒噴嘴、霧化。

**【0036】** 可速溶可涵蓋一系列特徵，包括(但不限於)可流動且容易分散於液體中或在液體中形成穩定分散液而無需在液體中攪拌或搖動粉末的粉末，但可替代地藉由在液體中攪拌或搖動粉末僅較短時間而產生。在一個實施例中，粉末之水分含量應在約1%至10%之間，更佳在約1.0%至7%之間。第四處理分站亦可包括用於在處理之前容納經滅菌基於絲蛋白之溶液之進料容器。進料容器之組態可以在處理之前處理經滅菌之基於絲蛋白之溶液以例如增強粉末化或產生更速溶的粉末。第四處理分站亦可包括安置在粉末化設備下游以用於對粉末狀絲蛋白進行改性之設備(例如包括添加劑以使其更速溶，或有助於聚結之設備)或包裝設備。作為聚結設備之實例，第四處理分站可包括外部流化床或與粉末化設備整合之流化床。聚結設備可有助於粉末狀絲蛋白之聚結，其可改良粉末狀絲蛋白之分散性、速溶性或濕潤性特性。可利用任何適合之聚結設備。在一些實施例中，粉末狀絲蛋白可在粉末化之後通過聚結設備。在其他實施例中，聚結設備可整合至噴霧乾燥器中，使得聚結在粉末化製程期間發生。在一些實施例中，聚結設備可將粉末狀絲蛋白顆粒之尺寸增加超過約5%、超過約10%、超過約20%、超過約30%、超過約40%、超過約50%、超過約60%、超過約70%、超過約80%、超過約90%、超過約100%、超過約150%、超過約200%、超過約250%、超過約300%、超過約350%、超過

約400%、超過約500%、超過約600%、超過約700%、超過約800%、超過約900%、超過約1000%。

**【0037】** 在另一態樣中，本發明係關於一種處理蠶繭以獲得食品級絲蛋白之方法。該方法包括以下步驟：將複數個蠶繭引入反應容器中；將溶劑(例如，水(例如軟化水、過濾水、去離子水、自來水)、乙醇、檸檬酸或具有酸性pH之其他適合物質)引入反應容器中；將第一化合物引入反應容器中；向反應容器之內容物引入熱量以促進蠶繭之脫膠；視情況對反應容器加壓及/或視情況攪拌反應容器之內容物以控制蠶繭在反應容器內之移動；移除溶劑及任何脫膠殘餘物(若存在)之至少一部分；沖洗經脫膠之絲蛋白；將第二化合物引入反應容器中(具有或不具有額外溶劑)以使剩餘的絲蛋白溶解至溶液中；過濾反應容器之內容物以實質上移除第二化合物(例如視需要滿足特定純度水準或範圍)且產生經純化之基於絲蛋白之溶液；將經純化之基於絲蛋白之溶液引導至滅菌製程以獲得「食品級」品質之基於絲蛋白之溶液；及將經純化之基於絲蛋白之溶液粉末化以獲得呈粉末形式之絲蛋白。製程之各種參數將變化以適合特定應用，該等參數例如：引入或移除各種組分(例如蠶繭、溶劑、化合物、沖洗溶液等)之次序、數量及速率；操作溫度範圍；處理時間(例如攪拌步驟之速度及時間)；操作次序；等等。在各種實施例中，本文所揭示之方法可併入有對應於本文所揭示之系統及分站的額外製程或步驟中之任一者。

**【0038】 實施例1：**一種絲製備系統，其包含：(A)第一處理分站，其包含容器，該容器之組態可以接收絲進料、自該等絲進料提取絲蛋白且產生基於絲蛋白之溶液，使得該基於絲蛋白之溶液實質上不含絲膠，其中該第一處理分站之組態可以在單一容器內經由脫膠、沖洗及溶解製程提取

絲蛋白；(B)第二處理分站，其與該第一處理分站流體連通，該第二處理分站之組態可以接收並純化來自該第一處理分站之該基於絲蛋白之溶液，其中經純化之基於絲蛋白之溶液包含少於約650百萬分率(ppm)之一或多種鹽或非有機微粒；(C)其中該基於絲蛋白之溶液在第三處理分站之前經滅菌以產生經滅菌之基於絲蛋白之溶液；及(D)第三處理分站，其與該第二處理分站流體連通，該第三處理分站為噴霧乾燥器，其組態可以接收該經滅菌之基於絲蛋白之溶液且將其粉末化。

**【0039】 實施例2：**一種絲製備系統，其包含：(A)第一處理分站，其包含容器，該容器之組態可以接收絲進料、自該等絲進料提取絲蛋白且產生基於絲蛋白之溶液，其中該第一處理分站之組態可以在單一容器內經由脫膠、沖洗及溶解製程提取絲蛋白；(B)第二處理分站，其與該第一處理分站流體連通，該第二處理分站之組態可以接收並純化來自該第一處理分站之該基於絲蛋白之溶液；(C)第三處理分站，其與該第二處理分站流體連通，該第三處理分站之組態可以接收經純化之基於絲蛋白之溶液且對其進行滅菌；及(D)第四處理分站，其與該第三處理分站流體連通，該第四處理分站之組態可以接收經純化之基於絲蛋白之溶液且將其粉末化，其中該第四處理分站為噴霧乾燥器。

**【0040】 實施例3：**一種絲製備系統，其包含：(A)第一處理分站，其組態可以接收絲進料、自該等絲進料提取絲蛋白且產生基於絲蛋白之溶液，其中該第一處理分站之組態可以在單一容器內提取絲蛋白，該第一處理分站包含：反應容器，該反應容器包含：第一入口孔口，其組態可以接收原始絲進料及一或多種化合物；第二入口孔口，其組態可以接收溶劑；及至少一個出口，其組態可以輸出該基於絲蛋白之溶液，其中該反應容器

之組態可以藉由脫膠、沖洗及溶解來自該等絲進料之絲蛋白來處理該等絲進料；液體夾套，其安置於該反應容器周圍且其組態可以提供與該容器及其內容物之熱交換，其中該液體夾套之組態可以將內容物加熱至約50°C至約150°C之溫度；以及攪拌機制，其組態可以攪拌該反應容器之內容物；(B)第二處理分站，其與該第一處理分站流體連通，該第二處理分站之組態可以接收並純化來自該第一處理分站之該基於絲蛋白之溶液，其中該第二處理分站之組態可以經由切向流過濾來純化該基於絲蛋白之溶液，該第二處理分站包含容納至少一個膜之過濾模組，該模組包含：入口，其組態可以接收包括化合物之該基於絲蛋白之溶液；出口，其組態可以輸出具有減少之化合物量的經純化基於絲蛋白之溶液；及廢料孔口，其組態可以輸出該化合物之一部分，其中該過濾模組之組態可以藉由使該基於絲蛋白之溶液循環通過該過濾模組而自該基於絲蛋白之溶液移除該化合物，直至達到約1倍透濾體積至約至少12倍透濾體積；(C)其中該基於絲蛋白之溶液在第三處理分站之前經滅菌以產生經滅菌之基於絲蛋白之溶液；(D)第三處理分站，其與該第二處理分站流體連通，該第三處理分站之組態可以接收該經滅菌之基於絲蛋白之溶液且將其粉末化，其中該第三處理分站之組態可以經由噴霧乾燥器將該經滅菌之基於絲蛋白之溶液粉末化，且其中該第三處理分站包括一件聚結設備；及(E)後處理系統，其組態可以接收來自該第三處理分站之絲蛋白粉末且進行以下中之至少一者：調節該絲蛋白粉末、測試該絲蛋白粉末或將該絲蛋白粉末包裝在食品級容器中。

**【0041】 實施例4：**一種絲製備系統，其包含：第一處理分站，其包含容器，該容器之組態可以接收絲進料、自該等絲進料提取絲蛋白且產生基於絲蛋白之溶液，使得該基於絲蛋白之溶液實質上不含絲膠，其中該

第一處理分站之組態可以在單一容器內經由脫膠、沖洗及溶解製程提取絲蛋白。

**【0042】 實施例5：**如實施例1至4中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該經純化之基於絲蛋白之溶液包含少於約400 ppm之該一或多種鹽或非有機微粒。

**【0043】 實施例6：**如實施例1至5中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中經粉末化之基於絲蛋白之溶液包含小於0.9之水活性水準。

**【0044】 實施例7：**如實施例1至6中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該等絲進料來源於家蠶桑蠶。

**【0045】 實施例8：**如實施例1至7中任一項或其任何組合之絲製備系統，其進一步包含：儲集器，其安置在該第一處理分站與該第二處理分站之間且其組態可以進行以下中之至少一者：容納或調節該基於絲蛋白之溶液；及泵總成系統，其安置在該第一處理分站與該第二處理分站之間且其組態可以在該第一處理分站、該儲集器及該第二處理分站之間轉移該基於絲蛋白之溶液。

**【0046】 實施例9：**如實施例1至8中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該第二處理分站包括至少一個螺旋捲繞式過濾膜。

**【0047】 實施例10：**如實施例1至9中任一項或其任何組合之絲製備系統，其進一步包含熱交換系統，該熱交換系統之組態可以在該等處理分站中之任一者之前或之後調節該基於絲蛋白之溶液之溫度。

**【0048】 實施例11：**如實施例1至10中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該第二處理分站之組態可以經由透濾作用來純化該基於絲蛋白之溶液。

【0049】 實施例12：如實施例1至11中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該第二處理分站之組態可以經由切向流過濾來純化該基於絲蛋白之溶液。

【0050】 實施例13：如實施例1至12中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該第三處理分站或該第四處理分站包括一件聚結設備。

【0051】 實施例14：如實施例1至13中任一項或其任何組合之絲製備系統，其進一步包含後處理系統，該後處理系統之組態可以接收來自該第三處理分站之絲蛋白粉末且進行以下中之至少一者：調節該絲蛋白粉末、測試該絲蛋白粉末或將該絲蛋白粉末包裝在食品級容器中。

【0052】 實施例15：如實施例1至14中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該第三處理分站之組態可以經由微濾作用將該經純化之基於絲蛋白之溶液滅菌至食品級標準。

【0053】 實施例16：如實施例1至15中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該第三處理分站之組態可以經由巴氏滅菌法將該經純化之基於絲蛋白之溶液滅菌至食品級標準。

【0054】 實施例17：如實施例1至16中任一項或其任何組合之絲製備系統，其進一步包含第四處理分站，其與該第二處理分站流體連通，該第四處理分站之組態可以接收經純化之基於絲蛋白之溶液且對其進行滅菌。

【0055】 實施例18：如實施例1至17中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該第四處理分站包含微濾模組，其組態可以接收該基於絲蛋白之溶液或經純化之基於絲蛋白之溶液中之至少一者且移除該基於絲蛋白之溶液或經純化之基於絲蛋白之溶液中之該至少一者之微生物並降低其濁

度。

**【0056】 實施例19：**如實施例1至18中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該微濾模組包括兩級過濾器，第一級過濾器具有約0.7  $\mu\text{m}$ 與約5  $\mu\text{m}$ 之間的孔徑且第二級過濾器具有約0.05  $\mu\text{m}$ 與約0.8  $\mu\text{m}$ 之間的孔徑，且該基於絲蛋白之溶液在通過該第二級過濾器之前通過該第一級過濾器。

**【0057】 實施例20：**如實施例1至19中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該微濾模組進一步包含一或多個泵，其組態可以：在多級過濾器之間轉移該基於絲蛋白之溶液；在處理分站之間轉移該基於絲蛋白之溶液；在完成微濾製程之後視需要將該基於絲蛋白之溶液轉移至另一製程；或其任何組合。

**【0058】 實施例21：**如實施例1至20中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該微濾模組進一步包含一或多個貯留槽，其中該等槽之組態可以提供額外處理，包括以下中之一或多者：儲存溶液；控制溶液溫度；或調節溶液濃度以解決濁度或無菌程度。

**【0059】 實施例22：**如實施例1至21中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該反應容器之尺寸經設定為具有約0.5至約5.0的如由工作體積所定義之高度與直徑之縱橫比。

**【0060】 實施例23：**如實施例1至22中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該反應容器之尺寸經設定為具有約0.8至約2.0的如由工作體積所定義之高度與直徑之縱橫比。

**【0061】 實施例24：**如實施例1至23中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該反應容器進一步包含用於控制該等絲進料在該容器內之移

動或位置中之至少一者的處置結構。

**【0062】 實施例25：**如實施例1至24中任一項或其任何組合之絲製備系統，其進一步包含預處理系統，該預處理系統之組態可以在將該等絲進料引入該第一處理分站之前或在引入時調節該等絲進料。

**【0063】 實施例26：**如實施例1至25中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該第二處理分站進一步包含熱交換系統以在處理期間控制該基於絲蛋白之溶液之溫度。

**【0064】 實施例27：**如實施例1至26中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該過濾模組之組態可以藉由使該基於絲蛋白之溶液循環通過該過濾模組而自該基於絲蛋白之溶液移除第二化合物，直至達到約5倍透濾體積至約至少8倍透濾體積。

**【0065】 實施例28：**一種處理絲進料以獲得絲蛋白之方法，其包含以下步驟：將複數個絲進料引入反應容器中；將溶劑引入該反應容器中；將第一化合物引入該反應容器中；向反應容器內容物引入熱量以促進該等絲進料之脫膠；控制該等絲進料在該反應容器內之移動或定位；沖洗經脫膠之絲進料；將第二化合物引入該反應容器中以使任何剩餘的絲蛋白溶解至溶液中；攪拌該反應容器之內容物；過濾該反應容器之內容物以實質上移除該第二化合物且產生經純化之基於絲蛋白之溶液；及將該經純化之基於絲蛋白之溶液粉末化以獲得呈粉末形式之經純化絲蛋白。

**【0066】 實施例29：**一種處理絲進料以獲得絲蛋白之方法，其包含以下步驟：將複數個絲進料引入反應容器中；將溶劑引入該反應容器中；將第一化合物引入該反應容器中；向該反應容器之內容物引入熱量以促進蠶繭之脫膠；控制該等絲進料在該反應容器內之移動或定位；移除該溶劑

及任何脫膠殘餘物之至少一部分；沖洗經脫膠之絲進料；將第二化合物引入該反應容器中以使剩餘的絲蛋白溶解至溶液中；攪拌該反應容器之內容物；過濾該反應容器之內容物以實質上移除該第二化合物且產生經純化之基於絲蛋白之溶液；將該經純化之基於絲蛋白之溶液引導至滅菌製程以獲得經滅菌之基於絲蛋白之溶液；及將該經滅菌之基於絲蛋白之溶液粉末化以獲得呈粉末形式之絲蛋白。

**【0067】 實施例30：**一種處理絲進料以獲得食品級絲蛋白之方法，其包含以下步驟：提供反應容器，其組態可以在其中經由脫膠、沖洗及溶解製程提取絲蛋白，其中該容器包含至少一個入口孔口、至少一個出口孔口；及液體夾套，其組態可以提供與該容器及其內容物之熱交換；經由該至少一個入口孔口將複數個絲進料引入該反應容器中；經由該至少一個入口孔口將溶劑引入該反應容器中；經由該至少一個入口孔口將第一化合物引入該反應容器中；經由該液體夾套將該反應容器之內容物加熱至約50°C至約150°C之溫度以促進該等絲進料之脫膠；控制該等絲進料在該反應容器內之移動或定位；經由該至少一個出口孔口移除該溶劑及任何脫膠殘餘物之至少一部分；沖洗經脫膠之絲進料；經由該至少一個入口孔口將第二化合物引入該反應容器中以使剩餘的絲蛋白溶解，從而形成基於絲蛋白之溶液；攪拌該反應容器之內容物；經由該至少一個出口孔口將該包括第二化合物之基於絲蛋白之溶液輸出至過濾模組；過濾該包括第二化合物之基於絲蛋白之溶液以實質上移除該第二化合物且產生經純化之基於絲蛋白之溶液，其中該過濾模組之組態可以藉由使該基於絲蛋白之溶液循環通過該過濾模組而自該基於絲蛋白之溶液移除該第二化合物，直至達到約1倍透濾體積至約至少12倍透濾體積；及經由噴霧乾燥器將該經純化之基於絲蛋

白之溶液粉末化以獲得呈粉末形式之絲蛋白，使得粉末之水活性水準小於0.9。

**【0068】 實施例31：**一種處理絲進料以獲得食品級絲蛋白之方法，其包含以下步驟：提供反應容器，其組態可以在其中經由脫膠、沖洗及溶解製程提取絲蛋白，其中該容器包含至少一個入口孔口、至少一個出口孔口；及液體夾套，其組態可以提供與該容器及其內容物之熱交換；經由該至少一個入口孔口將複數個絲進料引入該反應容器中；經由該至少一個入口孔口將溶劑引入該反應容器中；經由該至少一個入口孔口將第一化合物引入該反應容器中；經由該液體夾套將該反應容器之內容物加熱至約50°C至約150°C之溫度以促進該等絲進料之脫膠；控制該等絲進料在該反應容器內之移動或定位；經由該至少一個出口孔口移除該溶劑及任何脫膠殘餘物之至少一部分；沖洗經脫膠之絲進料，使得該等絲進料實質上不含絲膠；經由該至少一個入口孔口將第二化合物引入該反應容器中以使剩餘的絲蛋白溶解，從而形成基於絲蛋白之溶液；攪拌該反應容器之內容物；對該基於絲蛋白之溶液進行滅菌以獲得經滅菌之基於絲蛋白之溶液；經由該至少一個出口孔口將該包括第二化合物之經滅菌之基於絲蛋白之溶液輸出至過濾模組；過濾該包括第二化合物之基於絲蛋白之溶液以實質上移除該第二化合物且產生經純化之基於絲蛋白之溶液，其中該過濾模組之組態可以藉由使該基於絲蛋白之溶液循環通過該過濾模組而自該基於絲蛋白之溶液移除該第二化合物，直至達到約1倍透濾體積至約至少12倍透濾體積，其中該經純化之基於絲蛋白之溶液包含少於約650百萬分率(ppm)之一或多種鹽或非有機微粒；及經由噴霧乾燥器將該經純化之基於絲蛋白之溶液粉末化以獲得呈粉末形式之絲蛋白，使得粉末之水活性水準小於0.9。

【0069】 實施例32：如實施例28至31中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該等絲進料來源於家蠶桑蠶。

【0070】 實施例33：如實施例28至32中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該等絲進料在該反應容器中之堆積密度在約1%與約70%之間。

【0071】 實施例34：如實施例28至33中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該等絲進料在該反應容器中之堆積密度大於5%。

【0072】 實施例35：如實施例28至34中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該等絲進料在該反應容器中之堆積密度大於15%。

【0073】 實施例36：如實施例28至35中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該等絲進料在該反應容器中之堆積密度大於25%。

【0074】 實施例37：如實施例28至36中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該過濾步驟包含經由透濾作用來純化該基於絲蛋白之溶液。

【0075】 實施例38：如實施例28至37中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該過濾步驟包含經由切向流過濾來純化該基於絲蛋白之溶液。

【0076】 實施例39：如實施例28至38中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該方法進一步包含在粉末化步驟之前進行滅菌製程以獲得食品級品質之基於絲蛋白之溶液的步驟。

【0077】 實施例40：如實施例28至39中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該滅菌製程包含將該經純化之基於絲蛋白之溶液引導至微濾模組之步驟。

【0078】 實施例41：如實施例28至40中任一項或其任何組合之絲製

備系統，其中將該經純化之基於絲蛋白之溶液引導至微濾模組之該步驟包含引導該經純化之基於絲蛋白之溶液通過孔徑在約0.7  $\mu\text{m}$ 與約5  $\mu\text{m}$ 之間的第一級微濾以及引導該經純化之基於絲蛋白之溶液通過孔徑在約0.05  $\mu\text{m}$ 與約0.8  $\mu\text{m}$ 之間的第二級微濾。

**【0079】 實施例42：**如實施例28至41中任一項或其任何組合之絲製備系統，其進一步包含在處理期間調節該基於絲蛋白之溶液之溫度的步驟。

**【0080】 實施例43：**如實施例28至42中任一項或其任何組合之絲製備系統，其進一步包含後粉末化步驟，該後粉末化步驟包含以下中之至少一者：使絲蛋白粉末聚結；調節絲蛋白粉末；測試絲蛋白粉末；或將絲蛋白粉末包裝至例如食品級容器中。

**【0081】 實施例44：**如實施例28至43中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該過濾步驟包含利用至少一個螺旋捲繞式膜。

**【0082】 實施例45：**如實施例28至44中任一項或其任何組合之絲製備系統，其中該至少一個入口孔口包含：第一入口孔口，其組態可以接收該等絲進料、該第一化合物及該第二化合物；及第二入口孔口，其組態可以接收該溶劑；且該至少一個出口孔口包含：第一出口孔口，其組態可以輸出該基於絲蛋白之溶液；及第二出口孔口，其組態可以輸出該溶劑及任何脫膠殘餘物之至少一部分。

**【0083】** 下文詳細論述另外的其他態樣、實施例及此等例示性態樣及實施例之優點。此外，應理解，前述資訊及以下詳細描述兩者僅僅為各種態樣及實施例之說明性實例，且意欲提供綜述或框架以理解所主張態樣及實施例之性質及特性。因此，經由參考以下描述及隨附圖式，本文所揭

示的本發明之此等及其他目標以及優點及特徵將變得顯而易見。此外，應理解，本文所描述之各種實施例之特徵並不相互排斥且可以各種組合及排列存在。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0084】

在圖式中，相同參考標號在不同視圖中通常指代相同部件。此外，圖式不一定按比例繪製，實際上重點一般放在說明本發明之原理上且並不意欲作為本發明之限制的定義。為清楚起見，並非每個組件皆可在每個圖中標註。在以下描述中，參考以下圖式描述本發明之各種實施例，其中：

圖1展示根據本發明之一或多個實施例的絲製備製程之實例；

圖2展示根據本發明之一或多個實施例的用於絲製備製程之第一處理分站之實例；

圖3展示根據本發明之一或多個實施例的用於絲製備製程之第二處理分站之實例；

圖4展示根據本發明之一或多個實施例的與絲製備製程整合之輔助設備之實例；

圖5A至圖5E展示根據本發明之一或多個實施例的如整合在絲製備製程中之各種第三處理分站之實例；

圖6A展示根據本發明之一或多個實施例的用於絲製備製程之第四處理分站之一個實例；

圖6B展示根據本發明之一或多個實施例的用於絲製備製程之第四處理分站之另一實例；

圖7A至圖7D展示根據本發明之一或多個實施例的絲製備製程之替代

實例；

圖8展示根據本發明之一或多個實施例的絲製備製程之又一實例；

圖9A至圖9C展示根據本發明之一或多個實施例的與絲製備製程整合之篩網之實例；

圖10展示根據本發明之一或多個實施例的將篩網安放在第一處理分站中之實例；

圖11展示根據本發明之一或多個實施例的將篩網安放在第一處理分站中之另一實例；

圖12展示例示性絲薄膜及/或塗層中之絲蛋白片段分子量(MW)之例示性曲線圖；且

圖13展示例示性絲薄膜及/或塗層中之絲蛋白片段分子量(MW)之例示性曲線圖。

#### 【實施方式】

#### 【0085】

#### 相關申請案之交叉引用

本申請案主張2021年5月21日申請之美國臨時專利申請案第63/191,441號、2021年6月18日申請之美國臨時申請案第63/212,283號及2021年8月10日申請之美國臨時申請案第63/231,399號之優先權及權益，該等申請案特此以其全文引用之方式併入。

【0086】 現將參考隨附圖式，在下文中更充分地描述本發明之一些實施方案，其中展示本發明之一些而非所有實施方案。實際上，本發明之各種實施方案可依許多不同形式體現且不應將其理解為限於本文所闡述之實施方案；反而提供此等實例實施方案以使得本發明將為透徹且完整，且

將本發明之範疇完全傳達給熟習此項技術者。

**【0087】** 除非另外規定或自上下文清楚可見，否則所提及第一、第二、第三或其類似術語不應理解為暗示特定次序。描述為在另一特徵上方(除非另外規定或自上下文清楚可見)之特徵可能改為在下方，且反之亦然；且類似地，描述為在另一特徵左側之特徵可能改為在右側，且反之亦然。此外，儘管本文中可提及定量性量測結果、值、幾何關係或其類似者，但除非另外說明，否則此等中之任一者或多者(若並非全部)可能為可能出現之可接受變化(諸如歸因於工程容許度或其類似者之變化)的絕對值或近似值。

**【0088】** 本發明係關於用於改良含有來自絲繭之絲蛋白的基於絲蛋白之溶液之製備的系統及方法。

**【0089】** 為了更易於理解本發明，首先在下文對某些術語進行定義。以下術語及其他術語之額外定義貫穿本說明書進行闡述。

**【0090】** 除非上下文另外明確指示，否則如本說明書及所附申請專利範圍中所使用，單數形式「一(a/an)」及「該(the)」包括複數個指示物。

**【0091】** 除非明確說明或自上下文顯而易見，否則如本文所使用，術語「或」應理解為包括性的且涵蓋「或」與「及」。

**【0092】** 當在本文中使用时，術語「及/或」應視為兩個指定特徵或組分中之每一者連同另一者或不連同另一者之特定揭示。因此，如本文中諸如「A及/或B」之片語中所使用之術語「及/或」意欲包括A及B；A或B；A (單獨)；及B (單獨)。類似地，諸如「A、B及/或C」之片語中所使用的術語「及/或」意欲涵蓋以下實施例中之每一者：A、B及C；A、B或

C；A或C；A或B；B或C；A及C；A及B；B及C；A（單獨）；B（單獨）；及C（單獨）。

【0093】如本文所用之術語「例如」及「亦即」僅作為舉例使用，但不意欲限制，且不應視為僅提及本說明書中明確列舉之彼等條目。

【0094】術語「或更大」、「至少」、「大於」及其類似術語(例如「至少一個」)應理解為包括(但不限於)至少1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、31、32、33、34、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44、45、46、47、48、49、50、51、52、53、54、55、56、57、58、59、60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70、71、72、73、74、75、76、77、78、79、80、81、82、83、84、85、86、87、88、89、90、91、92、93、94、95、96、97、98、99、100、101、102、103、104、105、106、107、108、109、110、111、112、113、114、115、116、117、118、119、120、121、122、123、124、125、126、127、128、129、130、131、132、133、134、135、136、137、138、139、140、141、142、143、144、145、146、147、148、149或150、200、300、400、500、600、700、800、900、1000、2000、3000、4000、5000或大於所陳述值。亦包括任何更大的數目或其間之分數。

【0095】相反，術語「不超過」包括小於所陳述值之各值。在一個實施例中，「不超過100」包括100、99、98、97、96、95、94、93、92、91、90、89、88、87、86、85、84、83、82、81、80、79、78、77、76、75、74、73、72、71、70、69、68、67、66、65、64、63、

62、61、60、59、58、57、56、55、54、53、52、51、50、49、48、  
47、46、45、44、43、42、41、40、39、38、37、36、35、34、33、  
32、31、30、29、28、27、26、25、24、23、22、21、20、19、18、  
17、16、15、14、13、12、11、10、9、8、7、6、5、4、3、2、1及0。  
亦包括任何更小的數目或其間之分數。

**【0096】** 術語「複數個」、「至少兩個」、「兩個或更多個」、「至少第二個」及其類似術語應理解為包括(但不限於)至少2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、31、32、33、34、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44、45、46、47、48、49、50、51、52、53、54、55、56、57、58、59、60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70、71、72、73、74、75、76、77、78、79、80、81、82、83、84、85、86、87、88、89、90、91、92、93、94、95、96、97、98、99、100、101、102、103、104、105、106、107、108、109、110、111、112、113、114、115、116、117、118、119、120、121、122、123、124、125、126、127、128、129、130、131、132、133、134、135、136、137、138、139、140、141、142、143、144、145、146、147、148、149或150、200、300、400、500、600、700、800、900、1000、2000、3000、4000、5000或更多。亦包括任何更大的數目或其間之分數。

**【0097】** 貫穿本說明書，詞語「包含(comprising)」或諸如「包含(comprises/comprising)」之變化形式應理解為暗示包括所陳述之要素、整數或步驟，或要素、整數或步驟之群組，但不排除任何其他要素、整數

或步驟，或要素、整數或步驟之群組。應理解，在本文中任何地方之實施例皆用語言「包含」描述，或亦提供用術語「由...組成」及/或「基本上由...組成」所描述之類似實施例。術語「由...組成」排除請求項中未指定之任何要素、步驟或成分。在一個實施例中，「由...組成」定義為「使請求項不包括除所列舉物質以外的物質，通常與其相關之雜質除外」。附屬於「由」所列舉要素或步驟「組成」之請求項的請求項不能夠增加要素或步驟。術語「基本上由...組成 (consisting essentially of/consists essentially)」同樣具有在美國專利法中所歸屬之含義且該術語為開放式的，允許存在所列舉內容以外之內容，只要所列舉內容之基礎或新穎特徵不因所列舉內容以外之內容的存在而變化即可，但排除先前技術實施例。

**【0098】** 除非特定說明或自上下文顯而易見，否則如本文所使用，術語「約」係指在如藉由一般熟習此項技術者所測定之特定值或組成之可接受誤差範圍內的值或組成，其將部分取決於值或組成之量測或測定方式，亦即量測系統之限制。在一個實施例中，根據此項技術中之實務，「約」或「大約」可意謂在一個或大於一個標準差內。「約」或「大約」可意謂至多10% (亦即 $\pm 10\%$ )之範圍。因此，「約」可理解為在大於或小於所陳述值之10%、9%、8%、7%、6%、5%、4%、3%、2%、1%、0.5%、0.1%、0.05%、0.01%或0.001%內。在一個實施例中，約5 mg可包括4.5 mg與5.5 mg之間的任何量。此外，尤其在生物系統或製程方面，該等術語可意謂值之至多一個數量級或至多5倍。當本發明提供特定值或組成時，除非另外說明，否則「約」或「大約」之含義應假定在該特定值或組成之可接受誤差範圍內。

**【0099】** 另外，如在下文中所使用，術語「較佳」、「更佳」、「最

佳」、「特定言之」、「更特定言之」、「具體言之」、「更具體言之」或類似術語結合視情況選用之特徵使用，而不限制其他可能性。因此，藉由此等術語引入之特徵為視情況選用之特徵且不意欲以任何方式限制申請專利範圍之範疇。如熟習此項技術者將認識到，本發明可藉由使用替代特徵來進行。類似地，藉由「在本發明之一實施例中」或類似表述引入之特徵意欲為視情況選用之特徵，而無關於本發明之其他實施例之任何限制，無關於本發明之範疇之任何限制，且無關於將以此類方式引入之特徵與本發明之其他視情況選用或非視情況選用之特徵組合之可能性的任何限制。

**【0100】** 如本文所描述，除非另外指明，否則任何濃度範圍、百分比範圍、比率範圍或整數範圍應理解為包括在所列舉範圍內之任何整數值及(在適當時)其分數(諸如整數之十分之一及百分之一)。

**【0101】** 本文中所用之單位、前綴及符號使用其國際單位系統(SI)公認的形式來提供。數值範圍包括限定該範圍之數值。另外，在描述複數個相同組件時，該複數個相同組件可單獨提及(例如##a、##b、##c等)或共同提及(##)。

### **【0102】**

描述

圖1描繪用於製備基於絲蛋白之溶液及獲得呈粉末形式之絲蛋白的製程100。特定言之，製程100包括進行脫膠製程(步驟120)以自蠶繭102提取出絲蛋白，且接著對脫膠之絲蛋白進行溶解製程(步驟140)，其中絲蛋白溶解於加熱之離液劑溶液中。接下來，製程100包括將基於絲蛋白之溶液暴露於純化製程(步驟160)，其中自溶解之絲蛋白溶液移除離液劑，且最後將絲蛋白溶液乾燥以得到絲蛋白(例如經由粉末化)(步驟180)。所獲

得絲蛋白的品質可藉由改良基於絲蛋白之溶液的品質而改良。

**【0103】** 在絲蛋白溶液之製備製程期間，可使用一種製程來降低濁度並殺死微生物，以獲得含有所需效能及安全性要求之絲蛋白溶液。過高的濁度在絲蛋白溶液中係不合需要的，因為其可能影響由基於絲蛋白之溶液所形成之塗層的黏性，妨礙基於絲蛋白之溶液的屏障形成特性，且可能導致由基於絲蛋白之溶液形成的塗層看起來渾濁或混濁。出於此原因，在600 nm之波長下量測之濁度應保持低於約0.800光密度(OD660)。因此，滿足此等要求之方法為合乎需要的，且可包括例如整合如本文所描述之滅菌步驟/分站(參見圖5A中之1110及圖7中之610a/b)。

**【0104】** 一般而言，本文所描述之各種系統及分站可經由習知管道技術互連，且可包括任何數目及組合之組件，諸如泵、閘門、感測器、量規等，以人工或自動地監測及控制本文所描述之各種系統及製程之操作。各種組件由適合於其所暴露之溫度及材料的材料製備，且可與如本文所描述之控制器結合使用。

**【0105】** 圖2描繪第一分站220，其組態可以接收蠶繭202並且對蠶繭進行脫膠、溶解及沖洗操作以獲得基於絲蛋白之溶液。理想地，基於絲蛋白之溶液在脫膠製程之後將實質上不含絲膠。如所示，分站220包括反應容器222，該反應容器具有：第一入口孔口226a，其組態可以接收蠶繭202及一或多種原料232 (例如蘇打灰、離液劑)；第二入口孔口226b，其組態可以接收溶劑(例如水)；及至少一個出口，其組態可以輸出基於絲蛋白之溶液。反應容器222之組態可以在單一玻璃內襯容器內藉由脫膠、沖洗及溶解中之至少一者將蠶繭處理成絲蛋白溶液。在替代配置中，通常可提供一或多個第一分站且特定言之提供一或多個反應容器以滿足特定應

用。參見例如圖7A至圖7C。在一些實例中，可使用多個較小容器，從而藉由例如使溶液之加熱及冷卻更高效而使製程最佳化。在一些實施例中，分站220包括熱交換器242，其用於在將溶劑引入容器222中之前調節溶劑。

**【0106】** 第一處理分站220亦包括安置於反應容器222周圍之水或油夾套224，其組態可以提供與容器222及其內容物之熱交換(例如視需要加熱或冷卻)。水或油夾套224包括熱交換電路236，其包括用於使與例如兩個熱交換器239a、239b流體連通之加熱/冷卻介質再循環的泵237，該等熱交換器視需要與蒸汽或冷卻液體中之一或多者流體連通以控制容器222之內容物之溫度。第一處理分站220亦具有對其內容物加壓之能力。第一處理分站之組態可以將內容物加壓至約0 psi至約20 psi、約0至約10 psi、約0至約5 psi、約0.1至約20 psi、約0.1 psi至約10 psi及約0.1 psi至約5 psi之磅每平方吋(psi)。可在包括脫膠、沖洗及溶解之任何步驟期間施加壓力以獲得基於絲蛋白之溶液。

**【0107】** 第一處理分站220亦包括複數個輸入端及輸出端238、244，以用於經由其對應的入口/出口將溶劑、蒸汽、冷卻水、冷凝液等引入例如容器222及/或水或油夾套224中及/或移除該溶劑、蒸汽、冷卻水、冷凝液等。舉例而言，在一些實施例中，輸入端238a之組態可以將軟化水245引入至熱交換器242且接著經由入口226b將其引入至容器222，輸入端238b、238c分別將蒸汽引入至熱交換器242及239b，且輸入端238d將冷卻水引入至熱交換器239a中之一者。輸出端244a、244b、244c之組態可以自熱交換器239、242移除冷凝液及冷卻水。在其他實施例中，可用水代替油以達成相同的冷卻或加熱要求。

**【0108】** 第一處理分站220可進一步包括其組態可以攪拌反應容器222之內容物的設備234，諸如混合器、振動盤、磁性攪拌器、音波處理器、液體噴射流、氣流等。在各種實施例中，攪拌設備234可接近反應容器222之底表面安置。在一些實施例中，攪拌設備234為具有單一機械軸及葉輪235之混合器。葉輪235之組態可以用於軸向流動、徑向流動及/或切向流動，且可反向運行。另外，葉輪235可塗佈有抵抗絲纖維之附著的物質及/或具有葉片之表面拋光(例如，低於某一臨限值之表面粗糙度)。混合器可具有可互換的葉輪，其中該等葉輪之組態可以適合特定製程，且具有有不同形狀、間距等的平面葉片、彎曲葉片、斜葉片、指形葉片、錨葉片、鎖緊葉片、帶式葉片等其中之一或多者。在一些實施例中，葉輪總成包括可滑動套筒，該可滑動套筒之組態可以壓縮蠶繭及/或移除葉輪上之堆積物(例如，將蠶繭推離或刮離葉輪)。

**【0109】** 在其他實施例中，反應容器222包括第二出口228b，其用於移除溶劑及其中之任何殘餘物(例如溶解的絲膠)的至少一部分，該至少一部分可經傳送以廢棄、再循環或回收。反應容器222之尺寸可設定為具有如由工作體積所定義之高度與直徑之縱橫比。容器之體積將變化以適合特定應用(例如，成品產量)，且其範圍可在約0.2公升至約150,000公升、較佳約0.5公升至約5,000公升內。容器內容物可包括複數個蠶繭202 (經或不經預處理)、溶劑244a (例如水)及化合物。水或油夾套224之組態可以將內容物加熱至約50°C至約150°C、較佳約85°C至約125°C之溫度。一般而言，製程時間、溫度、pH及其他溶液特性可變化以適合特定應用，諸如絲來源之類型。

**【0110】** 反應容器222亦可包括處置結構或設備230，其組態可以控

制蠶繭202在容器222內之移動及/或位置(例如防止蠶繭浮動)。設備230可包括例如：篩網或絲網，其接近容器222之底部安置且其組態可以將蠶繭與攪拌設備234分離；滑槽或漏斗結構，其與第一入口連通且其組態可以在蠶繭之引入期間將蠶繭引導至容器222內之特定位置；再循環系統，其組態可以自容器222之底部抽吸溶液之一部分且將該溶液再引入至容器222之上部及/或引入新鮮水以將蠶繭下推至溶液中；可豎直移動的篩子(例如，多孔活塞或排放式浮動蓋板)，其安置於容器內且其組態可以將溶液內之任何固體「推」向容器之底部；一或多個噴球；及一或多個擋板，其安置於容器內且自其內壁延伸，其中該等擋板引導溶液及其中內容物之移動。在一個實施例中，設備230包括安置於容器222內之一或多個籠子或網子以確保蠶繭在整個容器222中分隔開。舉例而言，蠶繭可分隔至複數個球形或立方體籠子中。

**【0111】** 第一處理分站220 (且一般而言系統)可包括一或多個閥門總成225、入口226及/或出口228 (具有手動或自動致動器)，其組態可以控制諸如蠶繭、化合物、溶劑、廢料溶液、殘餘物、蒸汽、冷卻水及最終基於絲蛋白之溶液之任何組分至第一處理分站及/或反應容器222之引入及自第一處理分站及/或反應容器222之移除。第一處理分站220 (且一般而言系統)可包括至少一個感測器227，其組態可以感測以下中之一或多者：溶液溫度、濃度、流動速率、pH、液面、濁度、粒度、分子量、壓力等，其可用於控制(存在或不存在人工干預)各種製程之操作。一旦已獲得可以人工方式判定或經由一或多個所感測特徵判定之所需基於絲蛋白之溶液，則(例如視需要經由泵、閥門等)將溶液引導至如下文所描述之下一分站。在各種實施例中，本文所描述之系統可包括就地清洗(clean-in-place；

CIP)模組246 (例如移動推車)，其可與該等分站流體連接以對其進行維護。

**【0112】** 圖3描繪第二分站260，其組態可以接收基於絲蛋白之溶液且過濾溶液以自溶液移除離液劑。如所示，分站260包括貯留容器268及容納至少一個膜之過濾模組266。分站260包括：至少一個輸入端261，其組態可以自第一分站220接收包括離液劑之基於絲蛋白之溶液；及至少一個出口263，其組態可以輸出具有降低之離液劑濃度的經純化基於絲蛋白之溶液(亦即，滲餘物270、270')；以及另一出口274，其組態可以自過濾模組266輸出廢料流，諸如滲透物272。包括離液劑之基於絲蛋白之溶液經由安置於容器268上之入口267a引入至容器268中。

**【0113】** 一般而言，過濾模組266之組態可以經由透濾作用自基於絲蛋白之溶液移除離液劑。在一些情況下，通過模組之流動與膜表面相切。基於絲蛋白之溶液亦可經歷某一濃度水準，其可有益於稍後操作。基於絲蛋白之溶液可循環通過過濾模組，持續由約1倍透濾體積至約至少12倍透濾體積、較佳約3倍透濾體積至約10倍透濾體積、且更佳約5倍透濾體積至約9倍透濾體積所定義之持續時間。在一些情況下，亦可監測滲餘物中離液劑之濃度水準及/或跨過濾模組之壓降以判定製程之狀態。過濾模組266可包括任何數目及類型之膜以適合特定應用。在一個實施例中，模組266包括一或多個螺旋捲繞式膜，其可分多個級提供。舉例而言，基於絲蛋白之溶液可以連續方式、以並行方式或以兩種方式通過過濾模組266及其各級以適合特定應用。

**【0114】** 貯留容器268可包括一或多個入口267b、267c，其組態可以在過濾製程期間將沖洗溶液(諸如軟化水(輸入端264a)或逆滲透水(輸入

端264b))引入基於絲蛋白之溶液中。容器268進一步包括用於移除溶液270且經由泵送系統276將該溶液引導至過濾模組266的出口265。至少部分純化之溶液270'被引導回貯留容器268 (經由入口267d)，其中該至少部分純化之溶液暴露於額外沖洗且循環通過過濾模組266。可將滲透物272輸出以進行廢棄(經或不經進一步處理)或回收(若可行)。一旦溶液270、270'已達到所需純化水準，如以人工方式或以自動方式判定，則溶液270、270'經由閥門結構225輸出至另一處理分站(例如滅菌)。在一些實施例中，經純化之溶液可經由位於過濾模組266下游之替代管線269及閥門總成225自第二處理系統260移除。在一些實施例中，溶液270、270'經由出口263直接輸出至第四處理分站280、380而非另一分站。

**【0115】** 第二處理分站260亦可包括熱交換系統262，其視需要包括任何閥門、泵、控制器等以在處理期間控制基於絲蛋白之溶液之溫度。如圖3中所示，熱交換電路262安置於返回管線中以控制離開過濾模組266的至少部分純化溶液270'之溫度；然而，熱交換電路262可位於其他地方以適合特定應用。電路262進一步包括用於引入及/或移除冷卻(或加熱)介質之孔口271a、271b。

**【0116】** 在本文所揭示之系統之各種實施例中，視情況存在的預過濾分站250可安置於第一處理分站220與第二處理分站260之間。圖4中所示之預過濾分站250可包括用以輔助基於絲蛋白之溶液至第二處理分站260之轉移的轉移泵252、適合特定應用之一或多個過濾模組254及熱交換電路256。在一些實施例中，預過濾分站包括閥門總成225，其組態可以在視需要冷卻或未冷卻的情況下排出可含有過量污染物(例如絲膠)之基於絲蛋白之溶液部分以進行廢棄。

【0117】圖5A至圖5E為用於滅菌的各種第三處理分站1110、1210、1310、1410、1510之例示性實施方案，其可併入含有絲蛋白之基於絲蛋白之溶液的整個生產製程中。此等圖式並未展示系統及製程之所有可能實施方案，且一般展示為與第二處理分站1160、1260、1360、1460、1560有關。

【0118】一般而言，當處理基於絲蛋白之溶液時，一個主要問題為製程不會不利地影響基於絲蛋白之溶液(包括絲蛋白)或其效能。舉例而言，使用具有太小孔徑之過濾器可破壞基於絲蛋白之溶液中之剪切敏感性絲蛋白，其可降低基於絲蛋白之溶液之屏障形成特性。在另一實例中，過濾器可自溶液移除一些絲蛋白，由此改變基於絲蛋白之溶液之分子量(Mw)，例如使得Mw過高或過低，或者縮小多分散性指數(PDI)。作為另一實例，微濾步驟可減小基於絲蛋白之溶液之體積，此情形應受限制。過濾步驟之目標係提供一種可滿足本文所描述之所有要求而不會不利地影響基於絲蛋白之溶液之效能的製程。

【0119】獲得此等結果之一個選項為經由本文所描述之第三處理分站1110、1210、1310、1410、1510的滅菌製程。本文所描繪之第三處理分站使用微濾作用來解決此等問題且能夠產生落在每一問題之可允許限值內的基於絲蛋白之溶液。其他滅菌系統及製程揭示於2021年5月21日申請之美國臨時專利申請案第63/191,441號中，其特此以全文引用之方式併入本文中。微濾製程可需要利用多個不同類型之過濾器(例如螺旋式過濾器、膜過濾器、筒式過濾器、中空纖維過濾器、板框式過濾器、具有O形環之筒式過濾器)、材料、膜結構、孔徑等)、不同跨膜壓力及/或過濾器之數目及組態(例如以串聯組態配置之兩個或更多級過濾器，其中各級過濾

器可併有多於一個呈不同組態之過濾器/膜)。一般而言，多級過濾器及/或其中包括之過濾器的確切數目及配置以及膜孔徑可變化以適合特定應用；例如以適應不同流動速率、體積、目標壓降、目標濁度水準、無菌程度、所用溶劑等。

**【0120】** 圖5A展示與純化製程/第二處理分站1160合併之滅菌製程/第三處理分站1110之實例，其中第三分站1110安置在第二分站1160下游且包括兩個泵1114、兩級過濾器1116及兩個貯留槽1118之使用。如所示，基於絲蛋白之溶液在離開第二分站1160之純化製程之後的路徑係導向第一泵1114a，其將溶液傳遞至第一級過濾器1116a且使其通過該第一級過濾器並且將其傳遞至第一貯留槽1118a中。與第一貯留槽1118a流體連通的第二泵1114b將基於絲蛋白之溶液轉移至第二級過濾器1116b且使其通過該第二級過濾器並且將其轉移至第二貯留槽1118b中。基於絲蛋白之溶液在完成第三分站1110之微濾製程之後可視需要被引導至另一製程。

**【0121】** 圖5B展示滅菌製程/第三處理分站1210之另一實例，其中純化製程1260仍在滅菌製程/第三處理分站1210之前，但包括一個泵1214、兩級過濾器1216及一個貯留槽1218之使用。如所示，基於絲蛋白之溶液在離開第二分站1260之純化製程之後的路徑係導向單一泵1214，其將基於絲蛋白之溶液傳遞至第一級過濾器1216a且使其通過該第一級過濾器，且接著傳遞至第二級過濾器1216b且使其通過該第二級過濾器並且將其傳遞至貯留槽1218中。同樣，基於絲蛋白之溶液在完成滅菌製程之後可視需要被引導至另一製程，包括例如返回通過第三處理分站1210進行第二遍次、品質測試或粉末化。

**【0122】** 圖5C展示滅菌製程/第三處理分站1310之又一實例，但其

中滅菌製程與純化製程/第二處理分站1360合併且包括兩個泵1314、兩級過濾器1316及一個貯留槽1318之使用。如所示，基於絲蛋白之溶液之路徑係經由第一泵1314a引入至第一級過濾器1316a且接著引入至純化製程1360。離開純化製程1360之基於絲蛋白之溶液被引導至第二泵1314b，其將經純化之基於絲蛋白之溶液傳遞至第二級過濾器1316b且使其通過該第二級過濾器並且將其傳遞至貯留槽1318中。在此實施例中，滅菌製程在純化製程之前及之後進行且包括兩個泵、兩個過濾器及一個貯留槽之使用。

**【0123】** 圖5D展示滅菌製程/第三處理分站1410之又另一實例，其中滅菌製程在純化製程1460之前進行，且包括一個泵1414、兩級過濾器1416及一個貯留槽1418之使用。如所示，基於絲蛋白之溶液之路徑係經由泵1414引入至第一級過濾器1416a及第二級過濾器1416b且接著引導至純化製程1460。離開純化製程1460之基於絲蛋白之溶液被引導至貯留槽1418。在此實施例中，滅菌製程1410在純化製程1460之前進行且包括一個泵、兩個過濾器及一個貯留槽之使用；然而，可併有其他數量之泵、多級過濾器及槽以適合特定應用。

**【0124】** 圖5E展示滅菌製程/第三處理分站1510之另一實例，其類似於上文所描述之彼等中之一些且其中純化製程/第二處理分站1560在滅菌製程1510之前，且包括兩個泵1514、兩級過濾器1516、一個貯留槽1518及一個設備輔助件1512之使用。如所示，基於絲蛋白之溶液在離開純化製程1560之後的路徑係導向第一泵1514a，該第一泵在將溶液引入至第一級過濾器1516a之前，首先將該溶液傳遞至可用於加熱及/或冷卻基於絲蛋白之溶液之熱交換模組1512且使其通過該熱交換模組。然而，熱交

換模組1512可位於第一級過濾器1516a或第二級過濾器1516b之後及/或在貯留槽1518之前。第二泵1514b與第一級過濾器1516a流體連通，且將基於絲蛋白之溶液轉移至第二級過濾器1516b且使其通過該第二級過濾器並且將其轉移至貯留槽1518中。

**【0125】** 在其他實施例中，可使用不同數目及組態(例如串聯或並聯)之多級過濾器。亦可使用多個槽或泵以獲得過濾器之所需產出量，且可使用適當壓力以達成最佳過濾。此外，槽可包括用於進一步處理基於絲蛋白之溶液以進一步降低濁度及/或減少微生物(諸如調節溶液組成)之結構。

**【0126】** 圖6A及圖6B描繪用於將經滅菌之基於絲蛋白之溶液粉末化的替代第四處理分站280、380。如圖6A中所示，第四分站280包括與複數個輸入端及輸出端284 (例如軟化水輸入端284a、壓縮空氣輸入端284b、排氣口284c、冷凍水入口284d及冷凍水出口284e)流體連通的乾進料混合容器282及噴霧乾燥器288。一般而言，第四處理分站280包括：輸入端281，其組態可以接收經純化及/或滅菌之基於絲蛋白之溶液；及輸出端283，其組態可以輸出容易速溶之絲蛋白粉末。在一些實施例中，絲蛋白粉末之水活性水準可為約0.01至約1.0，較佳低於0.85。乾進料混合容器282在乾燥之前容納基於絲蛋白之溶液，且其組態可以在乾燥之前處理基於絲蛋白之溶液以例如增強粉末化或產生更速溶的粉末。基於絲蛋白之溶液經由泵送系統286自容器282轉移至噴霧乾燥器288。在一些實施例中，來自不同批料的具有不同分子量曲線之基於絲蛋白之溶液可在粉末化之前在進料槽中混合在一起(例如，可將較低分子量絲蛋白添加至較高分子量絲蛋白中)。在一些實施例中，可在粉末化之前向進料槽中加入添加

劑。此等添加劑可為一般熟習此項技術者已知之彼等添加劑中之任一者，包括親液組分、保濕劑、防結塊劑、消泡劑、油、糖、除濕劑、催化劑或美國專利公開案第2020-0178576 A1號中所列之彼等添加劑中之任一者，該專利公開案以引用之方式併入本文中。

**【0127】** 圖6B中描繪之第四處理分站380就以下而言與圖6A之分站280實質上一致：分站380包括與複數個輸入端及輸出端384流體連通且其組態可以經由輸入端381接收經純化及/或滅菌之基於絲蛋白之溶液且經由輸出端383輸出絲蛋白粉末的乾進料混合容器382及噴霧乾燥器388。第四處理分站380包括安置在噴霧乾燥器388下游或與噴霧乾燥器388合併之額外設備。特定言之，分站380包括用於將添加劑提供至絲蛋白粉末中或以其他方式調節粉末以例如增強效能之設備391。在一個實施例中，設備391為聚結設備，諸如外部流化床或與粉末化設備整合之流化床。聚結設備可有助於粉末狀絲蛋白之聚結，其可改良粉末狀絲蛋白之分散性、速溶性或濕潤性特性。可利用任何適合之聚結設備。分站亦包括用於恰當地包裝絲蛋白粉末之包裝設備393。

**【0128】** 圖7及圖8描繪用於製備絲蛋白溶液且自其獲得絲蛋白粉末之系統及製程的替代實例。

**【0129】** 一般而言，圖7A至圖7D描繪用於製備絲蛋白溶液之替代系統/製程600、600'、600"、600'"。圖7A之系統600包括視情況存在之預處理分站605，其用於預處理蠶繭(例如，切碎、浸泡、蠶蛹移除(例如篩子、振動篩網等等))；及其下游之第一處理分站620，其用於進行脫膠、沖洗及溶解製程以獲得基於絲蛋白之溶液；以及視情況存在的用於調節溶液之熱交換分站612a。在一些實施例中，預處理分站605可包括連續浸泡

製程，其中蠶繭浸泡在加熱之溶液(例如包含第一化合物之水)中，且接著在脫水或未脫水的情況下進料至反應容器中。另外，在第一處理分站620中之處理期間，反應容器可在所進行製程之各個階段處(例如在半程處)及/或在所進行之多個脫膠製程處排液、再填充及再加熱。

**【0130】** 第三處理分站之第一滅菌模組610a安置在第一分站620下游且與其流體連通，該第一滅菌模組在於第二處理分站660處純化溶液之前處理基於絲蛋白之溶液。第二處理分站660可包括視情況存在之熱交換分站612b。接下來，溶液被引導至第三處理分站之第二滅菌模組610b，且接著經滅菌之基於絲蛋白之溶液經轉移至第四處理分站680以將基於絲蛋白之溶液粉末化。絲蛋白粉末接著可被引導至視情況存在之後處理分站615以進行額外處理及/或包裝。本文所描述之系統及製程可視需要包括額外或不同處理分站以適合特定應用。

**【0131】** 圖7B及圖7C之系統600'、600"就以下而言與上文所描述之系統600類似：該等系統包括視情況存在之預處理分站605'、605"，一或多個第一處理分站620'、620"，一或多個滅菌模組610'、610" (亦即，第三處理分站)，用於純化溶液之第二處理分站660'、660"，用於將基於絲蛋白之溶液粉末化之第四處理分站680'、680"，及視情況存在之後處理分站615'、615"。特定言之，圖7B中描繪之系統600'併有多個以並聯方式配置的第一處理分站(或多個DRD容器) 620a'、620b'、620c'。舉例而言，多個較小分站可並行使用以加速生產及/或適應特定設備覆蓋區。圖7C中描繪之系統600"亦包括多個第一處理分站(或多個DRD容器) 620a"、620b"，但其以串聯方式配置。在一些實施例中，使用如圖7D中所展示之系統600'"。系統600'"包括：一或多個第一處理分站620'"，其用於進行脫

膠、沖洗及溶解製程以獲得基於絲蛋白之溶液；一或多個第二處理分站660''，其用於純化溶液；及一或多個第四處理分站680''，其用於將基於絲蛋白之溶液粉末化。一般而言，第一處理分站620、620'、620''、620'''之特定數目及配置可變化以適合特定應用。

**【0132】** 圖8描繪用於製備絲蛋白溶液之系統/製程700，其包括第一處理分站720、安置在第一分站下游之第二處理分站760、安置在第二分站下游之第三處理分站710及安置在第三分站下游之第四處理分站780。各個分站就以下而言與本文所描述之彼等分站類似：第一分站720之組態可以接收複數個蠶繭、溶劑及一或多種化合物以進行處理，從而獲得基於絲蛋白之溶液；第二分站之組態可以過濾基於絲蛋白之溶液以實質上移除一或多種化合物且產生經純化之基於絲蛋白之溶液；第三分站之組態可以接收經純化之基於絲蛋白之溶液且對其進行滅菌，從而獲得「食品級」品質之基於絲蛋白之溶液；且第四分站之組態可以將經純化及滅菌之基於絲蛋白之溶液粉末化，從而獲得呈粉末形式之絲蛋白。得益於在前述描述及相關聯圖式中呈現的教示，本發明所涉及的熟習此項技術者將想到本發明之許多修改及其他實施方案。因此，應理解，本發明不限於本文所揭示之特定實施方案，且修改及其他實施方案意欲包括在所附申請專利範圍之範疇內。雖然本文中使用了特定術語，但其僅以通用及描述意義且不出於限制之目的使用。

**【0133】** 圖9A至圖9C描繪篩網930、930'、930''之不同組態(俯視圖及正視圖)，該等篩網可整合至本文所揭示之系統中，例如一般而言整合在第一處理分站内或特定言之整合在反應容器內，以例如幫助控制蠶繭之移動。圖9A中描繪之篩網930包括環988及自其延伸之圓錐形籠網990。籠

網990包括複數個穿孔992，其允許流動物(例如可能與小於穿孔且通常認為合意及/或不重要之其他組分一起的液體)通過。一般而言，環988之組態可以提供與設備之接口(例如，經由凸緣總成附接至容器之底部)、對籠網990之支撐及/或用於處置篩網930之構件。圖9A之篩網930包括視情況存在之把手994。圖9B中描繪之篩網930'亦包括環988'及自其延伸之籠網990'，其中籠網990'具有大體上呈梯形或截頭圓錐形之形狀(亦稱作朝聖者帽子(Pilgrim's Hat))且亦包括形成於其中之複數個穿孔992'。圖9C中描繪之篩網930"亦包括環988"及自其延伸之籠網990"，其中籠網990"具有大體上呈圓柱形或長橢圓形之形狀且包括形成於其中之複數個開口992"。在一些實施例中，籠網990"可由編織網篩網構造，其中絲線尺寸、間距、開口面積%等經選擇以適合如下文所揭示之特定應用。

**【0134】** 一般而言，篩網930、930'、930"可用於確保絲蛋白溶液之非所要態樣不會流過出口(圖10中之928a及圖11中之1028a)，包括絲蛋白(包括片段)及蠶繭(例如蠶、有機材料(植物材料、土壤等)、無機材料(包裝、繩子等))內包括之碎片。應理解，篩網之尺寸、形狀(圓柱形、矩形、碗形等)、穿孔類型、開口尺寸、開口面積及分佈(例如穿孔992、992'、992"是否安置在籠網之整個表面上)以及材料(例如不鏽鋼、聚合物等)可取決於篩網之所需位置及用途以及是否將在處理期間清洗篩網930、930'、930"而變化。舉例而言，具有較大穿孔之篩網可與具有較小穿孔之篩網串聯使用以在製程之不同階段及/或在沿流動路徑之不同位置移除不同材料，如圖10及圖11中所示。

**【0135】** 圖10描繪第一處理分站920 (具有或不具有攪拌設備934)之一個實施例，其中單一篩網930恰好在出口928a之前定位於反應容器922

底部。圖11描繪第一處理分站1020 (具有或不具有攪拌設備1034)之另一實施例，其中利用兩個篩網1030'、1030"。特定言之，第一篩網1030'恰好在出口1028a之前定位於反應容器1022底部，而第二篩網1030"定位在出口1028a下游，例如經由一對三夾鉗1096或准許容易移除篩網930"以進行清洗或更換之類似機制緊固在離開容器1020之管道內。一般而言，篩網930、930'、930"可經由凸緣(較佳具有密封墊)、帶螺紋連接件或其他適合之構件緊固。另外，可併入一或多個閘門以隔離篩網及/或提供自系統之簡單移除。如先前所提及，篩網930'、930"可具有不同穿孔方案、形狀等以適合特定應用。舉例而言，安置在容器1022內之篩網1030'可包含堵塞頻率更低、需要較少清洗且提供較快排水之粗網，而安置在容器下游之篩網1030"可包含較細的網，但其容易移除以進行清洗或更換。一般而言，篩網之置放可經選擇以適合特定應用(例如，易於插入及移除、裝配在容器內、安裝組態等)。

#### 【符號說明】

##### 【0136】

100: 製程

102: 蠶繭

120: 步驟

140: 步驟

160: 步驟

180: 步驟

202: 蠶繭

220: 第一分站

- 222: 反應容器
- 224: 夾套
- 225: 閥門總成
- 226: 入口
- 226a: 第一入口孔口
- 226b: 第二入口孔口
- 227: 感測器
- 228: 出口
- 228b: 第二出口
- 230: 設備
- 232: 原料
- 234: 攪拌設備
- 235: 葉輪
- 236: 熱交換電路
- 237: 泵
- 238: 輸入端
- 238a: 輸入端
- 238b: 輸入端
- 238c: 輸入端
- 238d: 輸入端
- 239: 熱交換器
- 239a: 熱交換器
- 239b: 熱交換器

- 242: 熱交換器
- 244: 輸出端
  - 244a: 輸出端/溶劑
  - 244b: 輸出端
  - 244c: 輸出端
- 245: 軟化水
- 246: 就地清洗模組
- 250: 預過濾分站
- 252: 轉移泵
- 254: 過濾模組
- 256: 熱交換電路
- 260: 第二分站
- 261: 輸入端
- 262: 熱交換系統/熱交換電路
- 263: 出口
  - 264a: 輸入端
  - 264b: 輸入端
- 265: 出口
- 266: 過濾模組
  - 267a: 入口
  - 267b: 入口
  - 267c: 入口
  - 267d: 入口

- 268: 貯留容器
- 269: 管線
- 270: 滲餘物/溶液
- 270': 滲餘物/溶液
- 271a: 孔口
- 271b: 孔口
- 272: 滲透物
- 274: 出口
- 276: 泵送系統
- 280: 第四處理分站
- 281: 輸入端
- 282: 乾進料混合容器
- 283: 輸出端
- 284: 輸入端/輸出端
- 284a: 軟化水輸入端
- 284b: 壓縮空氣輸入端
- 284c: 排氣口
- 284d: 冷凍水入口
- 284e: 冷凍水出口
- 286: 泵送系統
- 288: 噴霧乾燥器
- 380: 第四處理分站
- 381: 輸入端

382: 乾進料混合容器

383: 輸出端

384: 輸入端/輸出端

388: 噴霧乾燥器

391: 設備

393: 包裝設備

600: 系統

600': 系統

600'': 系統

600''': 系統

605: 預處理分站

605': 預處理分站

605'': 預處理分站

610': 滅菌模組

610'': 滅菌模組

610a: 第一滅菌模組

610b: 第二滅菌模組

612a: 熱交換分站

612b: 熱交換分站

615: 後處理分站

615': 後處理分站

615'': 後處理分站

620: 第一處理分站

620a': 第一處理分站

620a'': 第一處理分站

620a''': 第一處理分站

620b': 第一處理分站

620b'': 第一處理分站

620c': 第一處理分站

660: 第二處理分站

660': 第二處理分站

660'': 第二處理分站

660''': 第二處理分站

680: 第四處理分站

680': 第四處理分站

680'': 第四處理分站

680''': 第四處理分站

700: 系統/製程

710: 第三處理分站

720: 第一處理分站

760: 第二處理分站

780: 第四處理分站

920: 第一處理分站

922: 反應容器

928a: 出口

930: 篩網

930': 篩網

930": 篩網

934: 攪拌設備

988: 環

988': 環

988": 環

990: 籠網

990': 籠網

990": 籠網

992: 穿孔

992': 穿孔

992": 開口

994: 把手

1020: 第一處理分站

1022: 反應容器

1028a: 出口

1030': 第一篩網

1030": 第二篩網

1034: 攪拌設備

1096: 三夾鉗

1110: 第三處理分站

1114: 泵

1114a: 第一泵

1114b: 第二泵  
1116: 多級過濾器  
1116a: 第一級過濾器  
1116b: 第二級過濾器  
1118: 貯留槽  
1118a: 第一貯留槽  
1118b: 第二貯留槽  
1160: 第二處理分站  
1210: 第三處理分站  
1214: 泵  
1216: 多級過濾器  
1216a: 第一級過濾器  
1216b: 第二級過濾器  
1218: 貯留槽  
1260: 第二處理分站  
1310: 第三處理分站  
1314: 泵  
1314a: 第一泵  
1314b: 第二泵  
1316: 多級過濾器  
1316a: 第一級過濾器  
1316b: 第二級過濾器  
1318: 貯留槽

- 1360: 第二處理分站
- 1410: 第三處理分站
- 1414: 泵
- 1416: 多級過濾器
- 1416a: 第一級過濾器
- 1416b: 第二級過濾器
- 1418: 貯留槽
- 1460: 第二處理分站
- 1510: 第三處理分站
- 1512: 設備輔助件/熱交換模組
- 1514: 泵
- 1514a: 第一泵
- 1514b: 第二泵
- 1516: 多級過濾器
- 1516a: 第一級過濾器
- 1516b: 第二級過濾器
- 1518: 貯留槽
- 1560: 第二處理分站

## 【發明申請專利範圍】

### 【請求項1】

一種絲製備系統，其包含：

(A)第一處理分站，其包含容器，該容器之組態可以接收絲進料、自該等絲進料提取絲蛋白且產生基於絲蛋白之溶液，使得該基於絲蛋白之溶液實質上不含絲膠，其中該第一處理分站之組態可以在單一容器內經由脫膠、沖洗及溶解製程提取絲蛋白；

(B)第二處理分站，其與該第一處理分站流體連通，該第二處理分站之組態可以接收並純化來自該第一處理分站之該基於絲蛋白之溶液，其中經純化之基於絲蛋白之溶液包含少於約650百萬分率(ppm)的一或多種鹽或非有機微粒；

(C)其中該基於絲蛋白之溶液在第三處理分站之前經滅菌以產生經滅菌之基於絲蛋白之溶液；及

(D)第三處理分站，其與該第二處理分站流體連通，該第三處理分站為噴霧乾燥器，其組態可以接收該經滅菌之基於絲蛋白之溶液且將其粉末化。

### 【請求項2】

如請求項1之系統，其中該經純化之基於絲蛋白之溶液包含少於約400 ppm之該一或多種鹽或非有機微粒。

### 【請求項3】

如請求項1之系統，其中經粉末化之基於絲蛋白之溶液包含小於0.9之水活性水準。

### 【請求項4】

如請求項1之系統，其中該等絲進料來源於家蠶(*Bombyx mori*)桑蠶。

**【請求項5】**

如請求項1之系統，其進一步包含：

儲集器，其安置在該第一處理分站與該第二處理分站之間且其組態可以進行以下中之至少一者：容納或調節該基於絲蛋白之溶液；及

泵總成系統，其安置在該第一處理分站與該第二處理分站之間且其組態可以在該第一處理分站、該儲集器及該第二處理分站之間轉移該基於絲蛋白之溶液。

**【請求項6】**

如請求項1之系統，其中該第二處理分站包括至少一個螺旋捲繞式過濾膜。

**【請求項7】**

如請求項1之系統，其進一步包含熱交換系統，該熱交換系統之組態可以在該等處理分站中之任一者之前或之後調節該基於絲蛋白之溶液之溫度。

**【請求項8】**

如請求項1之系統，其中該第二處理分站之組態可以經由透濾作用純化該基於絲蛋白之溶液。

**【請求項9】**

如請求項1之系統，其中該第二處理分站之組態可以經由切向流過濾純化該基於絲蛋白之溶液。

**【請求項10】**

如請求項1之系統，其中該第三處理分站包括一件聚結設備。

**【請求項11】**

如請求項1之系統，其進一步包含後處理系統，該後處理系統之組態可以接收來自該第三處理分站之絲蛋白粉末且進行以下中之至少一者：調節該絲蛋白粉末、測試該絲蛋白粉末或將該絲蛋白粉末包裝在食品級容器中。

**【請求項12】**

一種絲製備系統，其包含：

(A)第一處理分站，其包含容器，該容器之組態可以接收絲進料、自該等絲進料提取絲蛋白且產生基於絲蛋白之溶液，其中該第一處理分站之組態可以在單一容器內經由脫膠、沖洗及溶解製程提取絲蛋白；

(B)第二處理分站，其與該第一處理分站流體連通，該第二處理分站之組態可以接收並純化來自該第一處理分站之該基於絲蛋白之溶液；

(C)第三處理分站，其與該第二處理分站流體連通，該第三處理分站之組態可以接收經純化之基於絲蛋白之溶液且對其進行滅菌；及

(D)第四處理分站，其與該第三處理分站流體連通，該第四處理分站之組態可以接收經純化之基於絲蛋白之溶液且將其粉末化，其中該第四處理分站為噴霧乾燥器。

**【請求項13】**

如請求項12之系統，其中該等絲進料來源於家蠶桑蠶。

**【請求項14】**

如請求項12之系統，其中該第三處理分站之組態可以經由微濾作用將該經純化之基於絲蛋白之溶液滅菌至食品級標準。

**【請求項15】**

如請求項12之系統，其中該第三處理分站之組態可以經由巴氏滅菌法(pasteurization)將該經純化之基於絲蛋白之溶液滅菌至食品級標準。

**【請求項16】**

如請求項12之系統，其中該第四處理分站包括一件聚結設備。

**【請求項17】**

一種絲製備系統，其包含：

(A)第一處理分站，其組態可以接收絲進料、自該等絲進料提取絲蛋白且產生基於絲蛋白之溶液，其中該第一處理分站之組態可以在單一容器內提取絲蛋白，該第一處理分站包含：

反應容器，其包含：第一入口孔口，其組態可以接收原始絲進料及一或多種化合物；第二入口孔口，其組態可以接收溶劑；及至少一個出口，其組態可以輸出該基於絲蛋白之溶液，其中該反應容器之組態可以藉由脫膠、沖洗及溶解來自該等絲進料之絲蛋白來處理該等絲進料；

液體夾套，其安置於該反應容器周圍且其組態可以提供與該容器及其內容物之熱交換，其中該液體夾套之組態可以將內容物加熱至約50°C至約150°C之溫度；及

攪拌機制，其組態可以攪拌該反應容器之內容物；

(B)第二處理分站，其與該第一處理分站流體連通，該第二處理分站之組態可以接收並純化來自該第一處理分站之該基於絲蛋白之溶液，其中該第二處理分站之組態可以經由切向流過濾來純化該基於絲蛋白之溶液，該第二處理分站包含：

過濾模組，其容納至少一個膜，該模組包含：入口，其組態可以接收包括化合物之該基於絲蛋白之溶液；出口，其組態可以輸出具有減少之化合物量的經純化基於絲蛋白之溶液；及廢料孔口，其組態可以輸出該化合物之一部分，其中該過濾模組之組態可以藉由使該基於絲蛋白之溶液循環通過該過濾模組而自該基於絲蛋白之溶液移除該化合物，直至達到約1倍透濾體積至約至少12倍透濾體積；

C)其中該基於絲蛋白之溶液在第三處理分站之前經滅菌以產生經滅菌之基於絲蛋白之溶液；

(D)第三處理分站，其與該第二處理分站流體連通，該第三處理分站之組態可以接收該經滅菌之基於絲蛋白之溶液且將其粉末化，其中該第三處理分站之組態可以經由噴霧乾燥器將該經滅菌之基於絲蛋白之溶液粉末化，且其中該第三處理分站包括一件聚結設備；及

(E)後處理系統，其組態可以接收來自該第三處理分站之絲蛋白粉末且進行以下中之至少一者：調節該絲蛋白粉末、測試該絲蛋白粉末或將該絲蛋白粉末包裝在食品級容器中。

#### 【請求項18】

如請求項17之系統，其中該等絲進料來源於家蠶桑蠶。

#### 【請求項19】

如請求項17之系統，其進一步包含第四處理分站，其與該第二處理分站流體連通，該第四處理分站之組態可以接收經純化之基於絲蛋白之溶液且對其進行滅菌。

#### 【請求項20】

如請求項19之系統，其中該第四處理分站包含微濾模組，其組態可

以接收該基於絲蛋白之溶液或經純化之基於絲蛋白之溶液中之至少一者且移除該基於絲蛋白之溶液或經純化之基於絲蛋白之溶液中至少一者之微生物並降低其濁度。

**【請求項21】**

如請求項20之系統，其中該微濾模組包括兩級過濾器，第一級過濾器具有約0.7  $\mu\text{m}$ 與約5  $\mu\text{m}$ 之間的孔徑且第二級過濾器具有約0.05  $\mu\text{m}$ 與約0.8  $\mu\text{m}$ 之間的孔徑，且該基於絲蛋白之溶液在通過該第二級過濾器之前先通過該第一級過濾器。

**【請求項22】**

如請求項21之系統，其中該微濾模組進一步包含一或多個泵，其組態可以：在多級過濾器之間轉移該基於絲蛋白之溶液；在處理分站之間轉移該基於絲蛋白之溶液；在完成微濾製程之後視需要將該基於絲蛋白之溶液轉移至另一製程；或其任何組合。

**【請求項23】**

如請求項21之系統，其中該微濾模組進一步包含一或多個貯留槽，其中該等槽之組態可以提供額外處理，包括以下中之一或多者：儲存溶液；控制溶液溫度；或調節溶液濃度以解決濁度或無菌程度。

**【請求項24】**

如請求項17之系統，其中該反應容器之尺寸經設定為具有約0.5至約5.0的如由工作體積所定義之高度與直徑之縱橫比。

**【請求項25】**

如請求項17之系統，其中該反應容器之尺寸經設定為具有約0.8至約2.0的如由工作體積所定義之高度與直徑之縱橫比。

**【請求項26】**

如請求項17之系統，其中該反應容器進一步包含用於控制該等絲進料在該容器內之移動或位置中之至少一者的處置結構。

**【請求項27】**

如請求項17之系統，其進一步包含預處理系統，該預處理系統之組態可以在將該等絲進料引入該第一處理分站之前或在引入時調節該等絲進料。

**【請求項28】**

如請求項17之系統，其中該第二處理分站進一步包含熱交換系統，以在處理期間控制該基於絲蛋白之溶液之溫度。

**【請求項29】**

如請求項17之系統，其中該過濾模組之組態可以藉由使該基於絲蛋白之溶液循環通過該過濾模組而自該基於絲蛋白之溶液移除第二化合物，直至達到約5倍透濾體積至約至少8倍透濾體積。

**【請求項30】**

一種絲製備系統，其包含：

第一處理分站，其包含容器，該容器之組態可以接收絲進料、自該等絲進料提取絲蛋白且產生基於絲蛋白之溶液，使得該基於絲蛋白之溶液實質上不含絲膠，其中該第一處理分站之組態可以在單一容器內經由脫膠、沖洗及溶解製程提取絲蛋白。

**【請求項31】**

一種處理絲進料以獲得絲蛋白之方法，該方法包含以下步驟：

將複數個絲進料引入反應容器中；

將溶劑引入該反應容器中；

將第一化合物引入該反應容器中；

向反應容器內容物引入熱量以促進該等絲進料之脫膠；

控制該等絲進料在該反應容器內之移動或定位；

沖洗經脫膠之絲進料；

將第二化合物引入該反應容器中以使任何剩餘的絲蛋白溶解至溶液中；

攪拌該反應容器之內容物；

過濾該反應容器之內容物以實質上移除該第二化合物且產生經純化之基於絲蛋白之溶液；及

將該經純化之基於絲蛋白之溶液粉末化以獲得呈粉末形式之經純化絲蛋白。

**【請求項32】**

如請求項31之方法，其中該等絲進料來源於家蠶桑蠶。

**【請求項33】**

如請求項31之方法，其中該等絲進料在該反應容器中之堆積密度在約1%與約70%之間。

**【請求項34】**

如請求項31之方法，其中該等絲進料在該反應容器中之堆積密度大於5%。

**【請求項35】**

如請求項31之方法，其中該等絲進料在該反應容器中之堆積密度大於15%。

**【請求項36】**

如請求項31之方法，其中該等絲進料在該反應容器中之堆積密度大於25%。

**【請求項37】**

如請求項31之方法，其中該過濾步驟包含經由透濾作用來純化該基於絲蛋白之溶液。

**【請求項38】**

如請求項31之方法，其中該過濾步驟包含經由切向流過濾來純化該基於絲蛋白之溶液。

**【請求項39】**

如請求項31之方法，其中該方法進一步包含在該粉末化步驟之前進行滅菌製程以獲得食品級品質之基於絲蛋白之溶液的步驟。

**【請求項40】**

如請求項39之方法，其中該滅菌製程包含將該經純化之基於絲蛋白之溶液引導至微濾模組之步驟。

**【請求項41】**

如請求項40之方法，其中將該經純化之基於絲蛋白之溶液引導至微濾模組之該步驟包含：

引導該經純化之基於絲蛋白之溶液通過孔徑在約0.7  $\mu\text{m}$ 與約5  $\mu\text{m}$ 之間的第一級微濾；及

引導該經純化之基於絲蛋白之溶液通過孔徑在約0.05  $\mu\text{m}$ 與約0.8  $\mu\text{m}$ 之間的第二級微濾。

**【請求項42】**

如請求項31之方法，其進一步包含在處理期間調節該基於絲蛋白之溶液之溫度的步驟。

**【請求項43】**

如請求項31之方法，其進一步包含後粉末化步驟，該後粉末化步驟包含以下中之至少一者：使絲蛋白粉末聚結；調節絲蛋白粉末；測試絲蛋白粉末；或將絲蛋白粉末包裝至食品級容器中。

**【請求項44】**

一種處理絲進料以獲得絲蛋白之方法，該方法包含以下步驟：

將複數個絲進料引入反應容器中；

將溶劑引入該反應容器中；

將第一化合物引入該反應容器中；

向該反應容器之內容物引入熱量以促進蠶繭之脫膠；

控制該等絲進料在該反應容器內之移動或定位；

移除該溶劑及任何脫膠殘餘物之至少一部分；

沖洗經脫膠之絲進料；

將第二化合物引入該反應容器中以使剩餘的絲蛋白溶解至溶液中；

攪拌該反應容器之內容物；

過濾該反應容器之內容物以實質上移除該第二化合物且產生經純化之基於絲蛋白之溶液；

將該經純化之基於絲蛋白之溶液引導至滅菌製程以獲得經滅菌之基於絲蛋白之溶液；及

將該經滅菌之基於絲蛋白之溶液粉末化以獲得呈粉末形式之絲蛋白。

**【請求項45】**

如請求項44之方法，其中該等絲進料來源於家蠶桑蠶。

**【請求項46】**

如請求項44之方法，其中該過濾步驟包含經由透濾作用來純化該基於絲蛋白之溶液。

**【請求項47】**

如請求項44之方法，其中該過濾步驟包含經由切向流過濾來純化該基於絲蛋白之溶液。

**【請求項48】**

如請求項44之方法，其中該過濾步驟包含利用至少一個螺旋捲繞式膜。

**【請求項49】**

如請求項44之方法，其中該滅菌製程包含將該經純化之基於絲蛋白之溶液引導至微濾模組之步驟。

**【請求項50】**

如請求項49之方法，其中將該經純化之基於絲蛋白之溶液引導至微濾模組之該步驟包含：

引導該經純化之基於絲蛋白之溶液通過孔徑在約0.7  $\mu\text{m}$ 與約5  $\mu\text{m}$ 之間的第一級微濾；及

引導該經純化之基於絲蛋白之溶液通過孔徑在約0.05  $\mu\text{m}$ 與約0.8  $\mu\text{m}$ 之間的第二級微濾。

**【請求項51】**

如請求項44之方法，其進一步包含在處理期間調節該基於絲蛋白之

溶液之溫度的步驟。

**【請求項52】**

如請求項44之方法，其進一步包含後粉末化步驟，該後粉末化步驟包含以下中之至少一者：使絲蛋白粉末聚結；調節絲蛋白粉末；測試絲蛋白粉末；或將絲蛋白粉末包裝至食品級容器中。

**【請求項53】**

一種處理絲進料以獲得食品級絲蛋白之方法，該方法包含以下步驟：

提供反應容器，其組態可以在其中經由脫膠、沖洗及溶解製程提取絲蛋白，其中該容器包含至少一個入口孔口、至少一個出口孔口；及液體夾套，其組態可以提供與該容器及其內容物之熱交換；

經由該至少一個入口孔口將複數個絲進料引入該反應容器中；

經由該至少一個入口孔口將溶劑引入該反應容器中；

經由該至少一個入口孔口將第一化合物引入該反應容器中；

經由該液體夾套將該反應容器之內容物加熱至約50°C至約150°C之溫度以促進該等絲進料之脫膠；

控制該等絲進料在該反應容器內之移動或定位；

經由該至少一個出口孔口移除該溶劑及任何脫膠殘餘物之至少一部分；

沖洗經脫膠之絲進料；

經由該至少一個入口孔口將第二化合物引入該反應容器中以使剩餘的絲蛋白溶解，從而形成基於絲蛋白之溶液；

攪拌該反應容器之內容物；

經由該至少一個出口孔口將該包括第二化合物之基於絲蛋白之溶液輸出至過濾模組；

過濾該包括第二化合物之基於絲蛋白之溶液以實質上移除該第二化合物且產生經純化之基於絲蛋白之溶液，其中該過濾模組之組態可以藉由使該基於絲蛋白之溶液循環通過該過濾模組而自該基於絲蛋白之溶液移除該第二化合物，直至達到約1倍透濾體積至約至少12倍透濾體積；及

經由噴霧乾燥器將該經純化之基於絲蛋白之溶液粉末化以獲得呈粉末形式之絲蛋白，使得粉末之水活性水準小於0.9。

**【請求項54】**

如請求項53之方法，其中該等絲進料來源於家蠶桑蠶。

**【請求項55】**

如請求項53之方法，其進一步包含後粉末化步驟，該後粉末化步驟包含以下中之至少一者：使絲蛋白粉末聚結；調節絲蛋白粉末；測試絲蛋白粉末；或包裝絲蛋白粉末。

**【請求項56】**

如請求項53之方法，其中：

該至少一個入口孔口包含：第一入口孔口，其組態可以接收該等絲進料、該第一化合物及該第二化合物；及第二入口孔口，其組態可以接收該溶劑；且

該至少一個出口孔口包含：第一出口孔口，其組態可以輸出該基於絲蛋白之溶液；及第二出口孔口，其組態可以輸出該溶劑及任何脫膠殘餘物之至少一部分。

**【請求項57】**

一種處理絲進料以獲得食品級絲蛋白之方法，該方法包含以下步驟：

提供反應容器，其組態可以在其中經由脫膠、沖洗及溶解製程提取絲蛋白，其中該容器包含至少一個入口孔口、至少一個出口孔口；及液體夾套，其組態可以提供與該容器及其內容物之熱交換；

經由該至少一個入口孔口將複數個絲進料引入該反應容器中；

經由該至少一個入口孔口將溶劑引入該反應容器中；

經由該至少一個入口孔口將第一化合物引入該反應容器中；

經由該液體夾套將該反應容器之內容物加熱至約50°C至約150°C之溫度以促進該等絲進料之脫膠；

控制該等絲進料在該反應容器內之移動或定位；

經由該至少一個出口孔口移除該溶劑及任何脫膠殘餘物之至少一部分；

沖洗經脫膠之絲進料，使得該等絲進料實質上不含絲膠；

經由該至少一個入口孔口將第二化合物引入該反應容器中以使剩餘的絲蛋白溶解，從而形成基於絲蛋白之溶液；

攪拌該反應容器之內容物；

對該基於絲蛋白之溶液進行滅菌以獲得經滅菌之基於絲蛋白之溶液；

經由該至少一個出口孔口將該包括第二化合物之經滅菌之基於絲蛋白之溶液輸出至過濾模組；

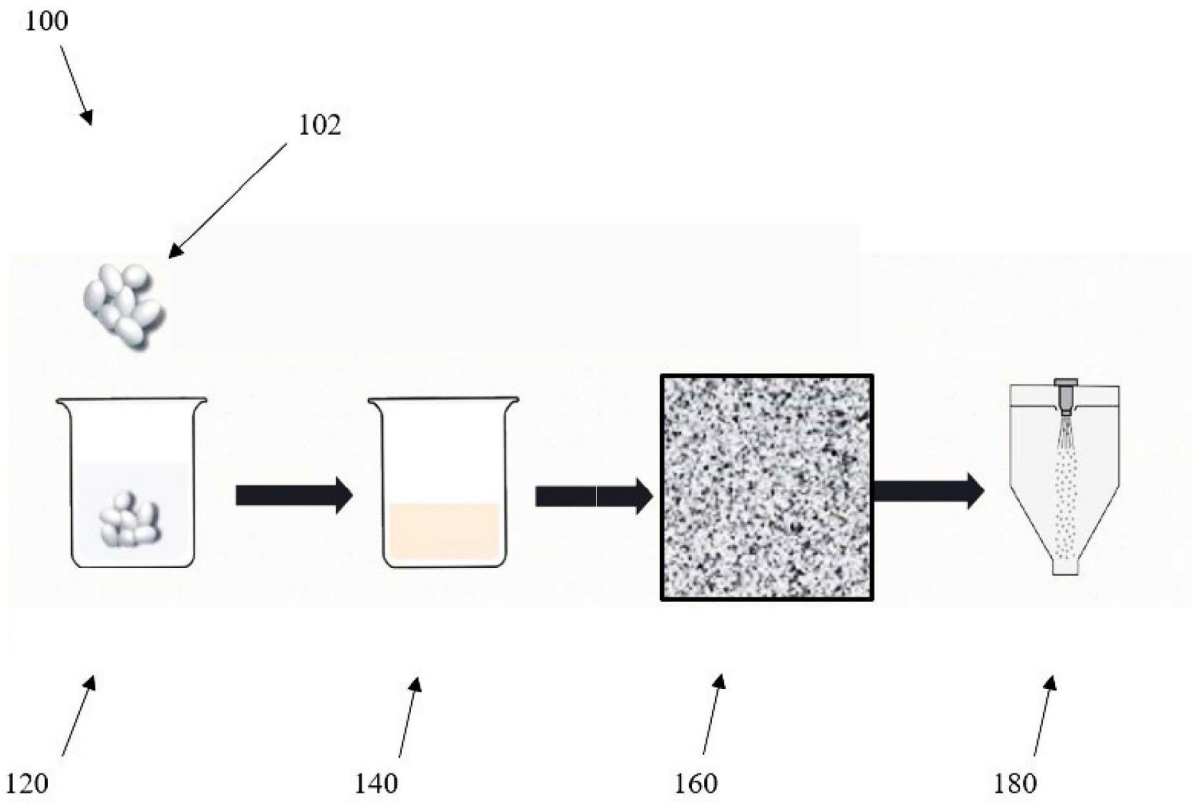
過濾該包括第二化合物之基於絲蛋白之溶液以實質上移除該第二化合物且產生經純化之基於絲蛋白之溶液，其中該過濾模組之組態可以藉由

使該基於絲蛋白之溶液循環通過該過濾模組而自該基於絲蛋白之溶液移除該第二化合物，直至達到約1倍透濾體積至約至少12倍透濾體積，其中該經純化之基於絲蛋白之溶液包含少於約650百萬分率(ppm)之一或多種鹽或非有機微粒；

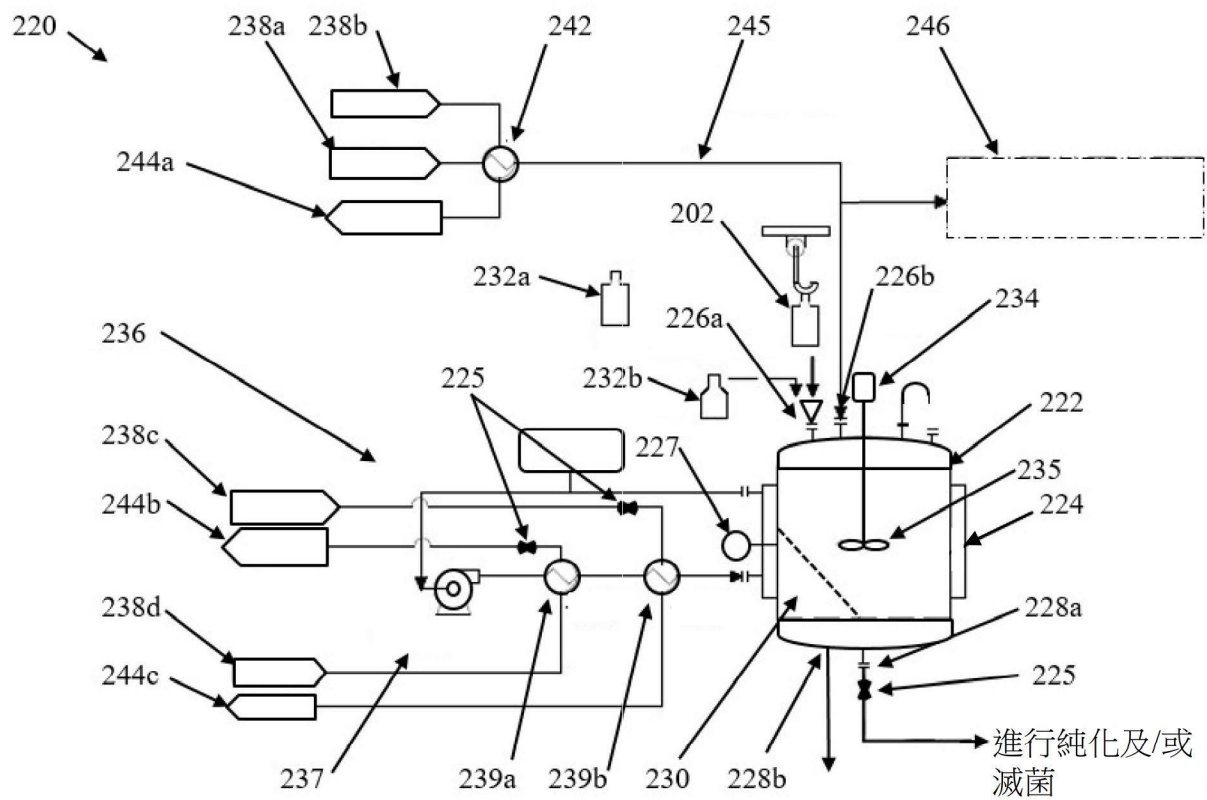
及

經由噴霧乾燥器將該經純化之基於絲蛋白之溶液粉末化以獲得呈粉末形式之絲蛋白，使得粉末之水活性水準小於0.9。

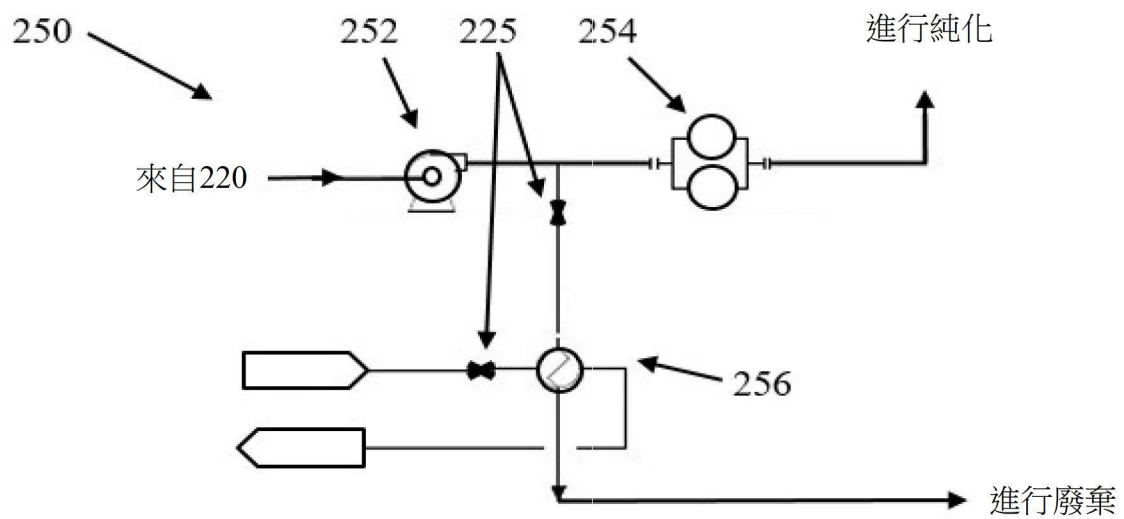
【發明圖式】



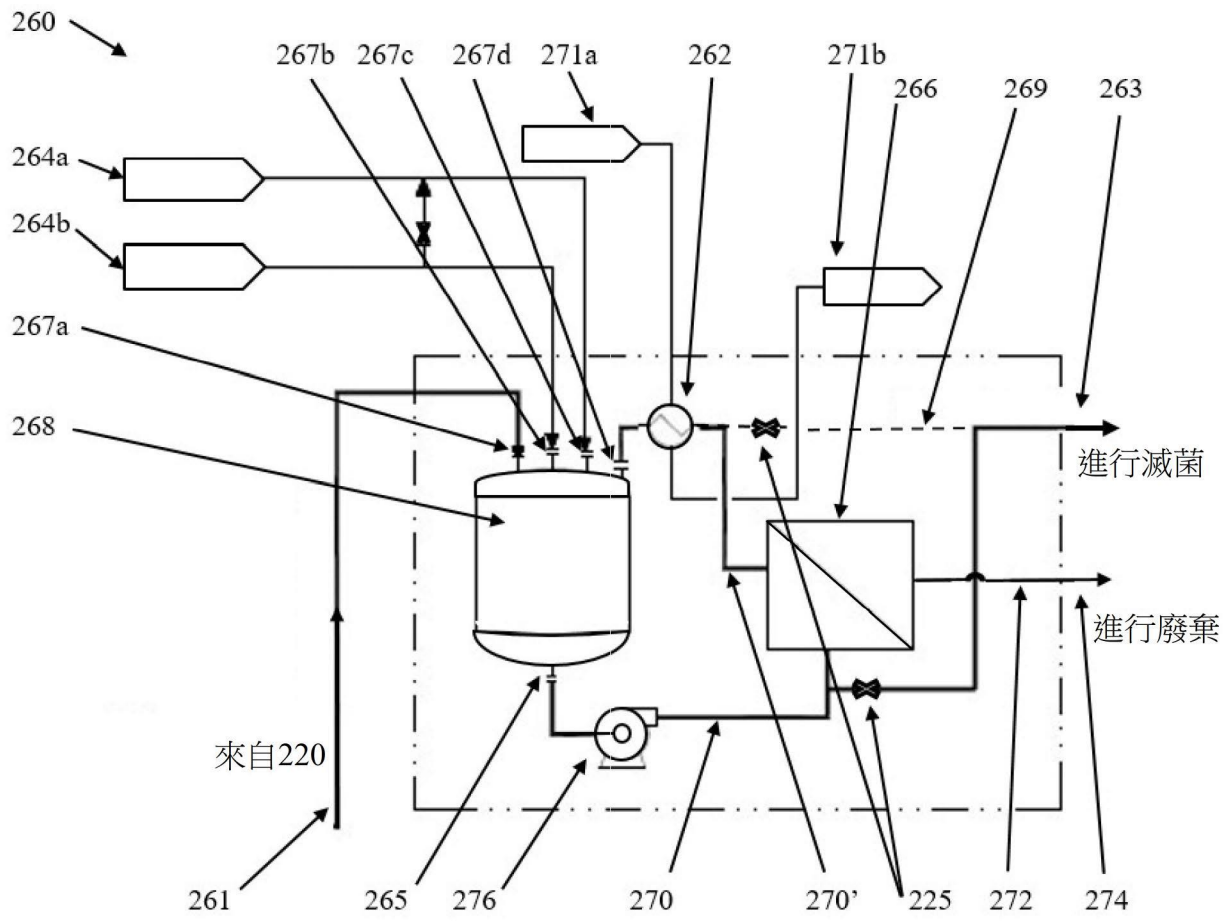
【圖1】



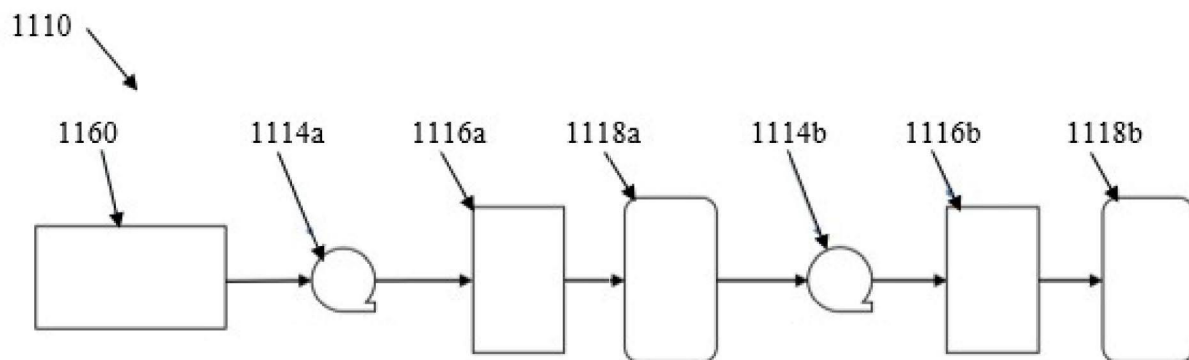
【圖2】



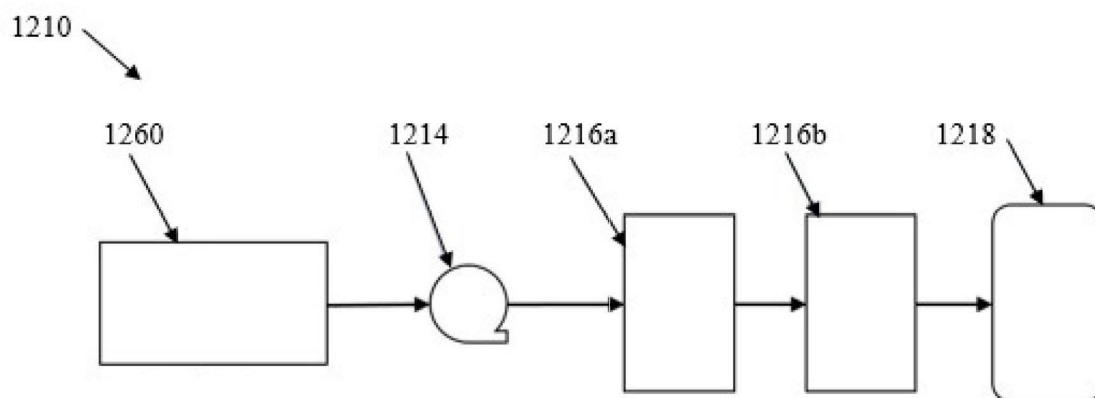
【圖4】



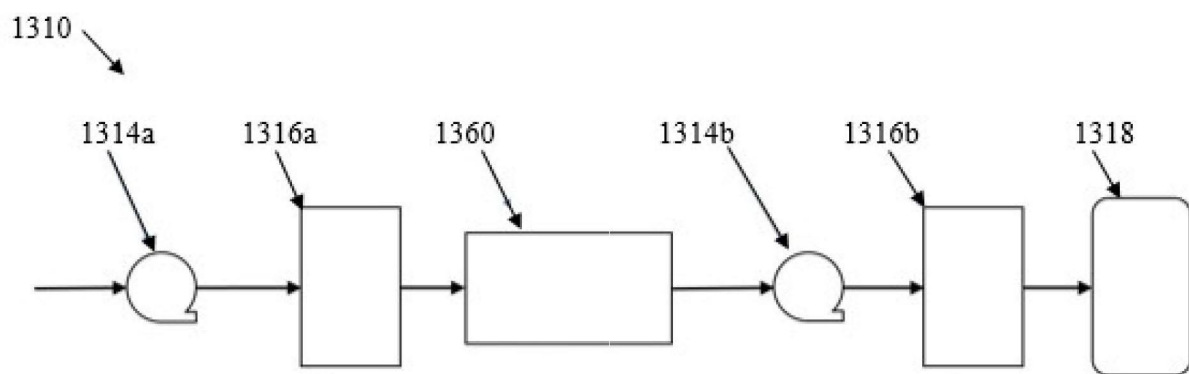
【圖3】



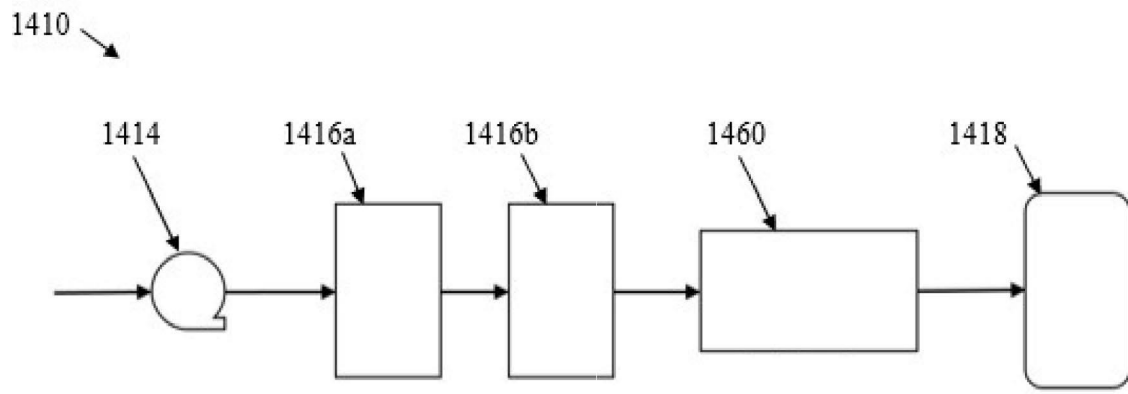
【圖5A】



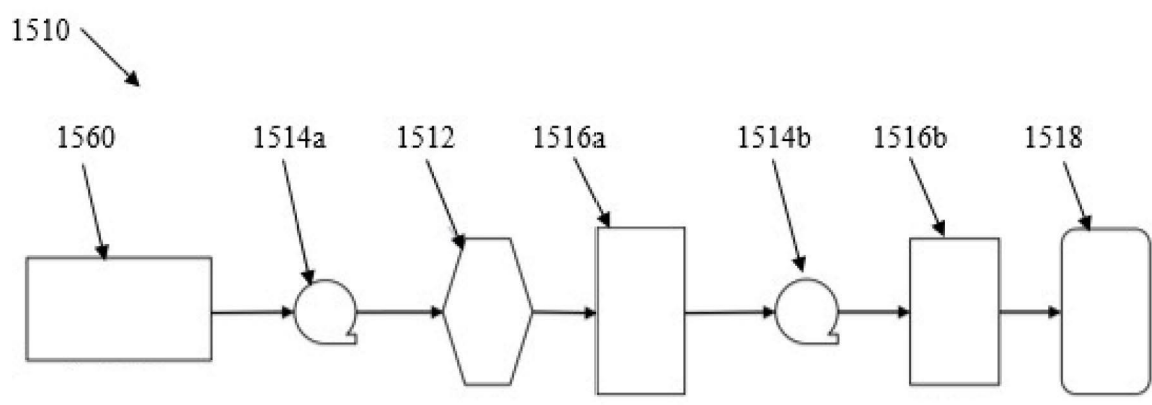
【圖5B】



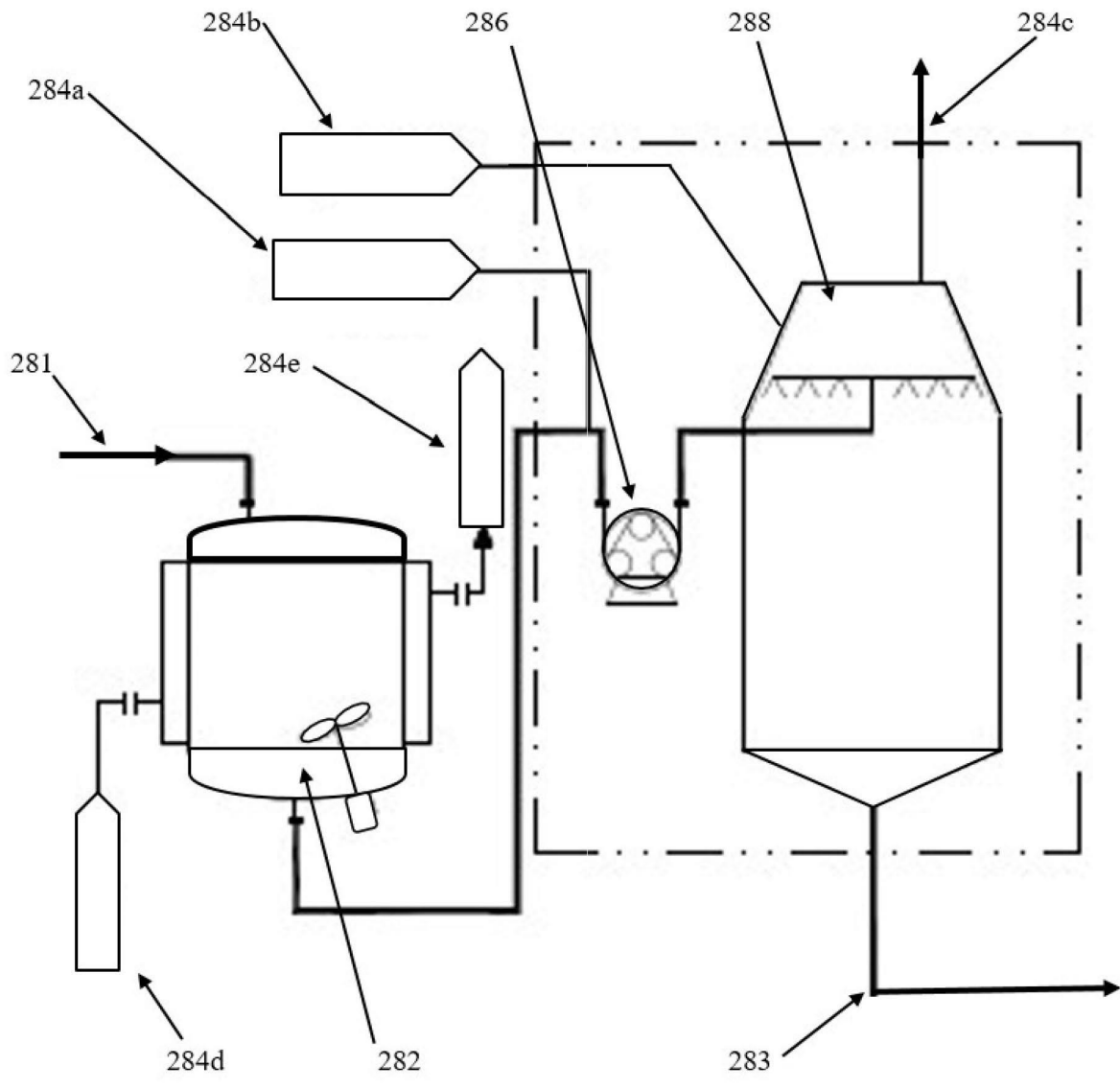
【圖5C】



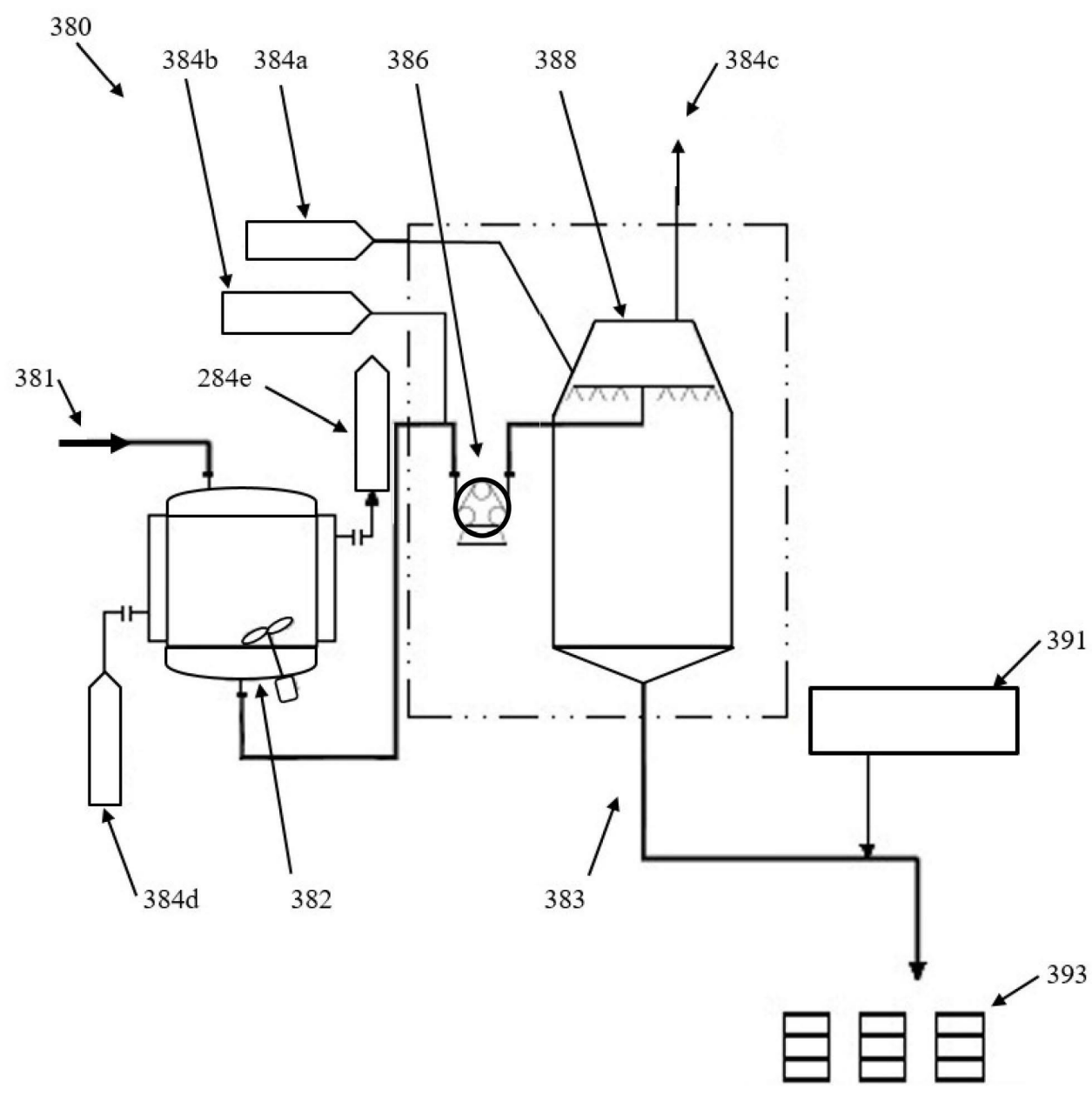
【圖5D】



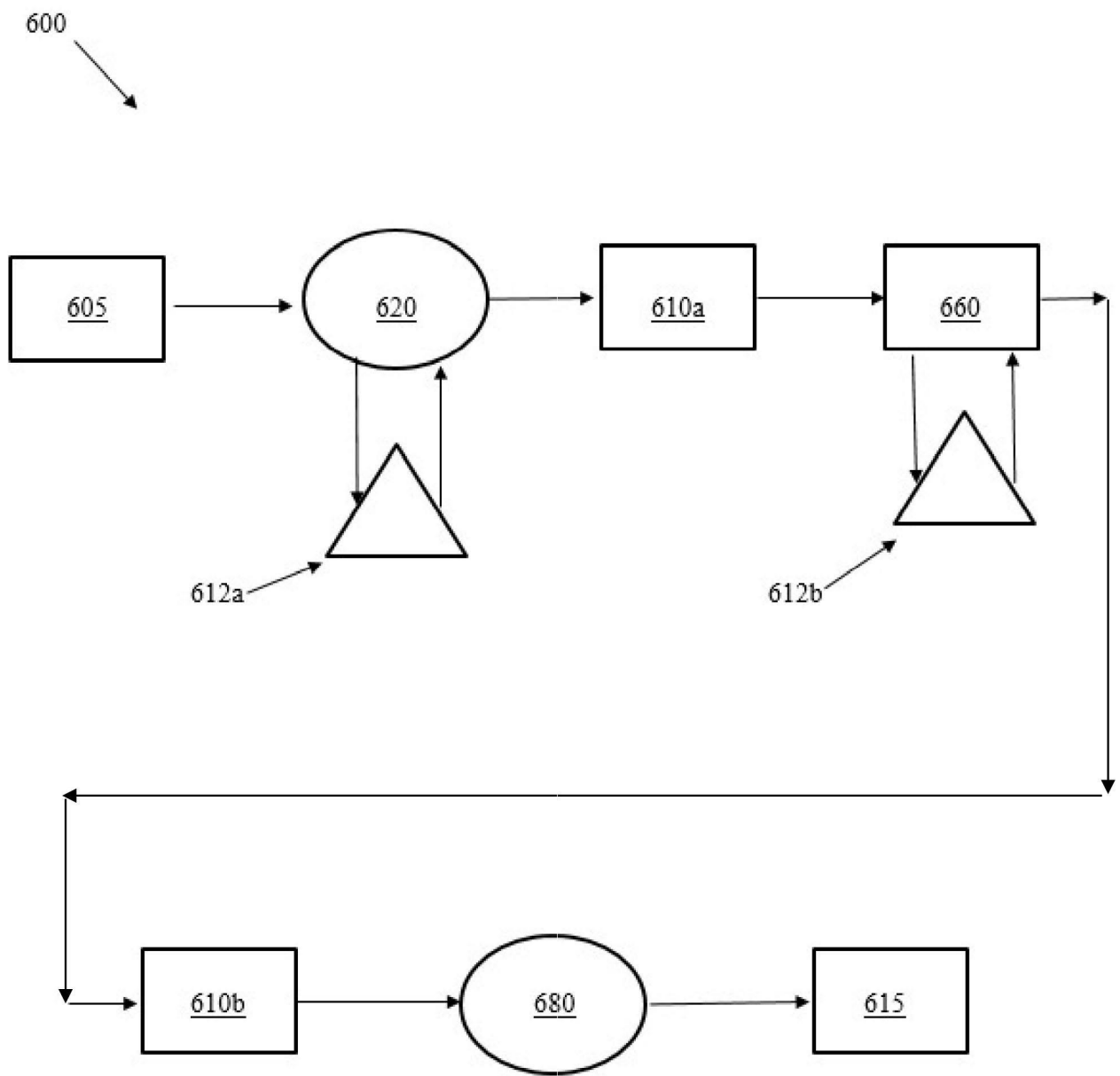
【圖5E】



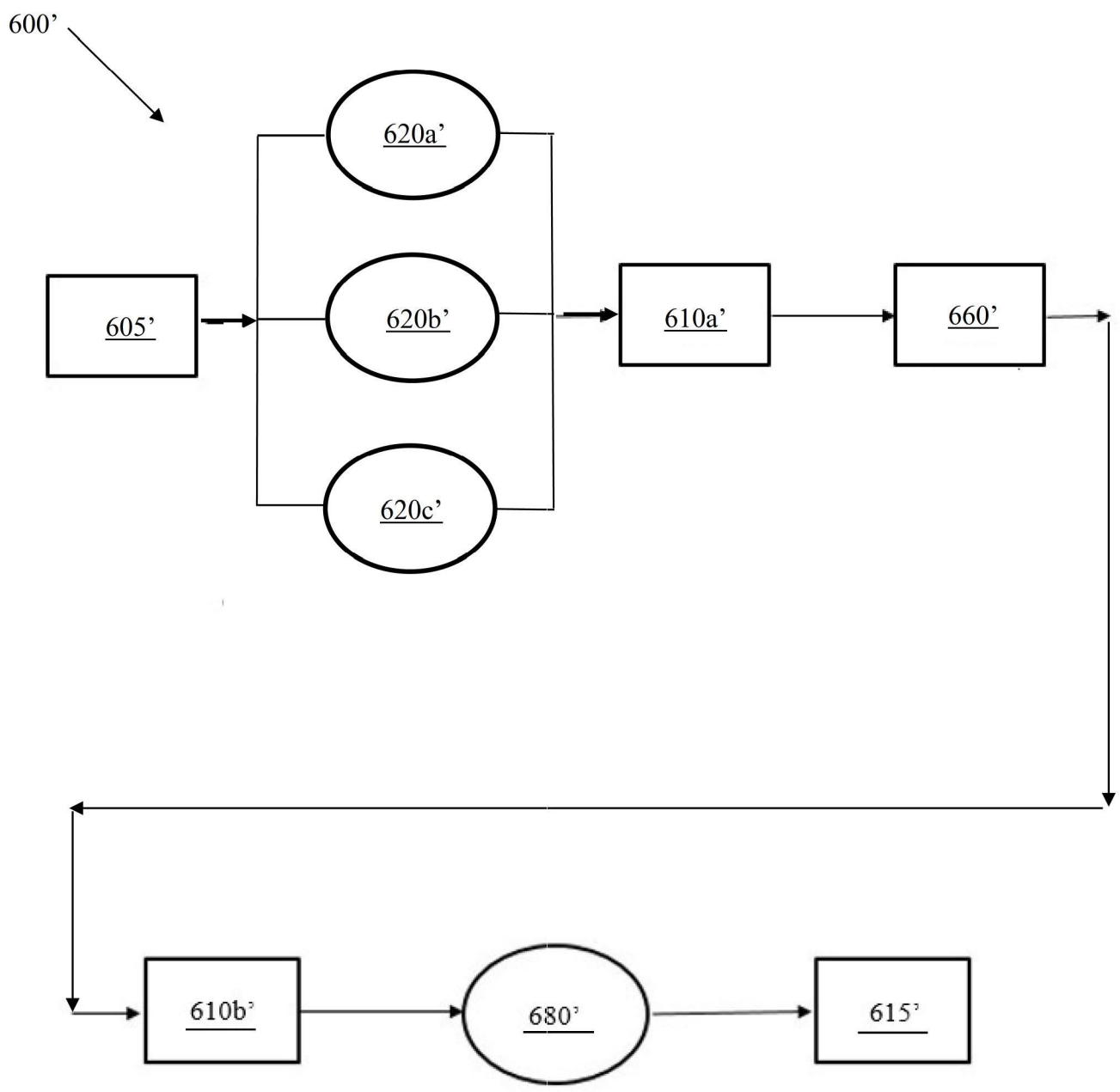
【圖6A】



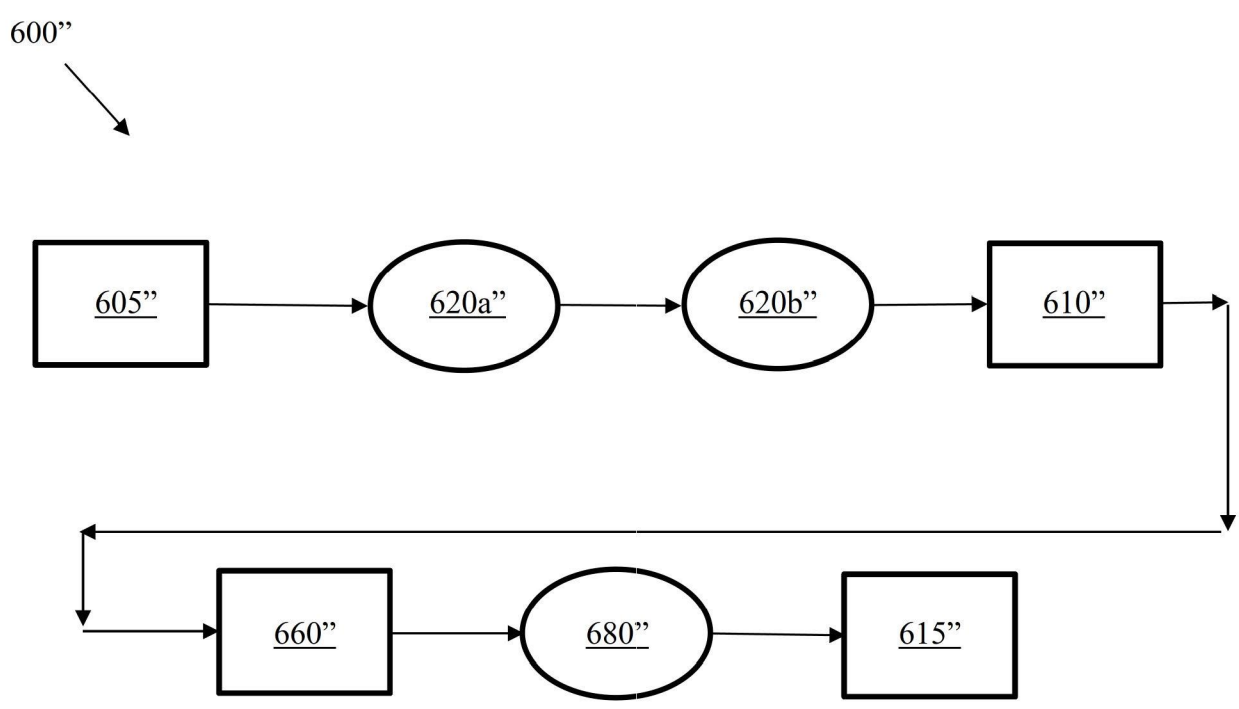
【圖6B】



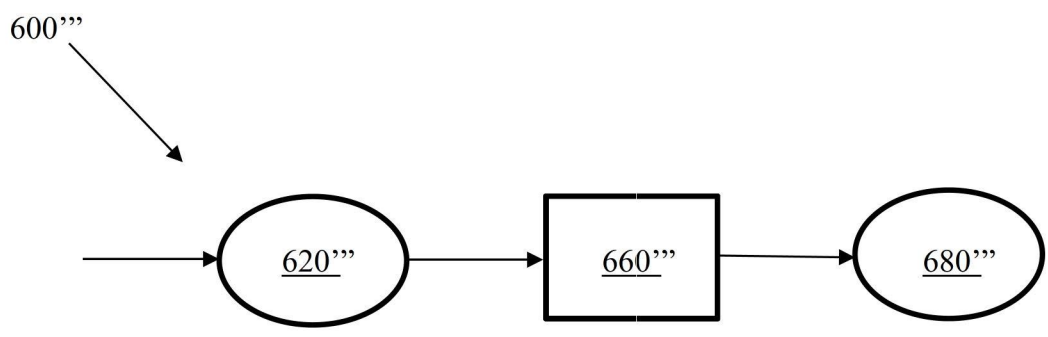
【圖7A】



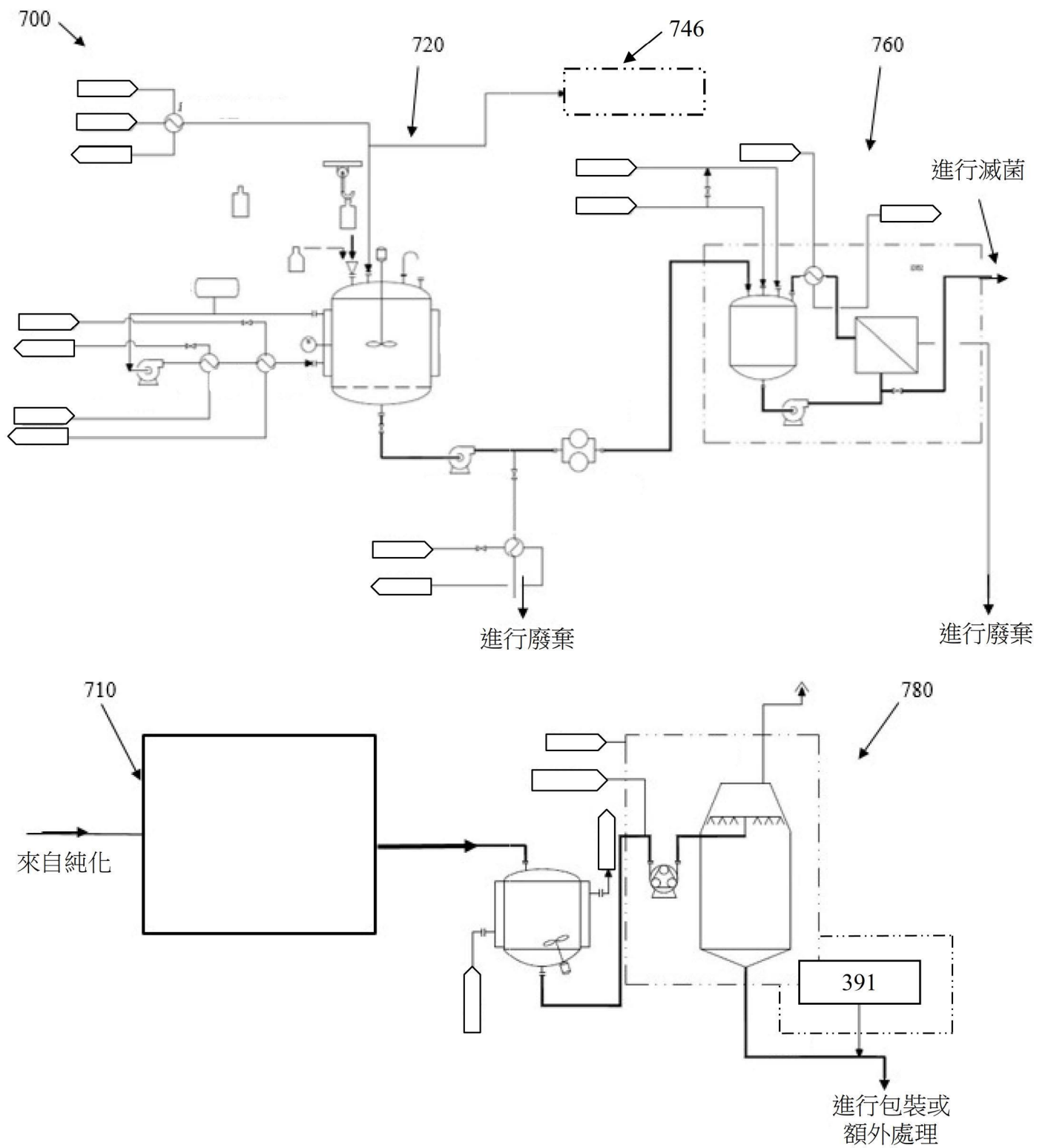
【圖7B】



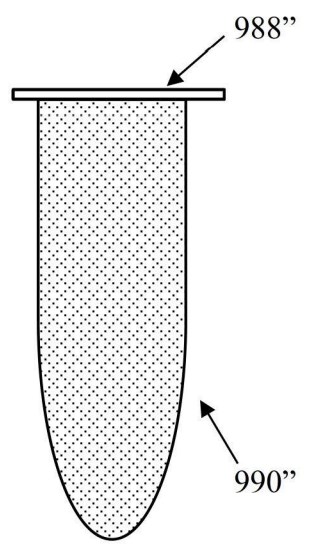
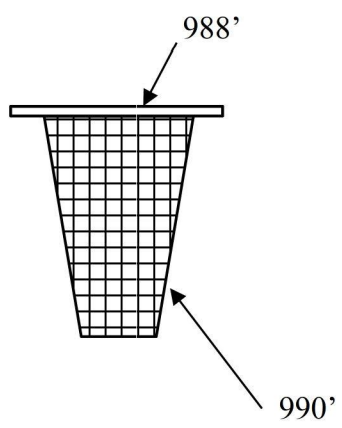
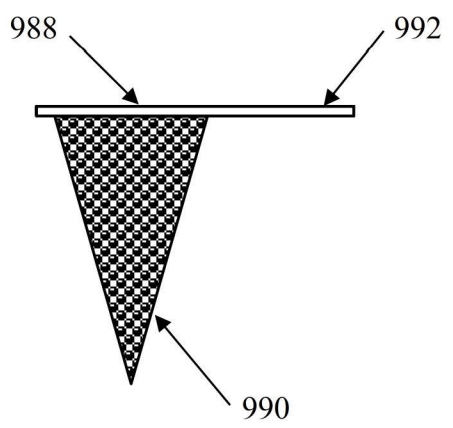
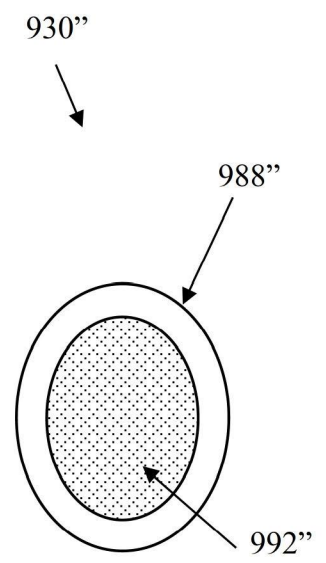
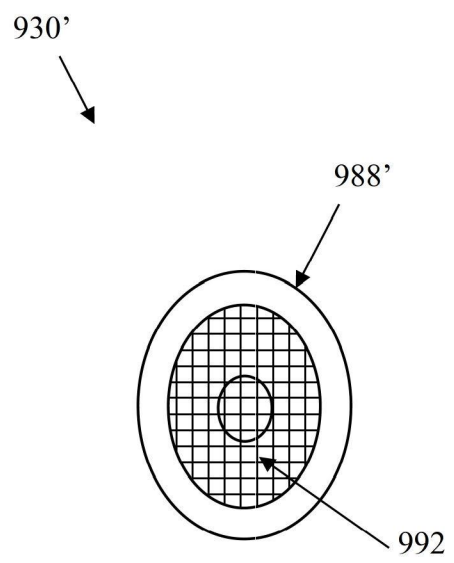
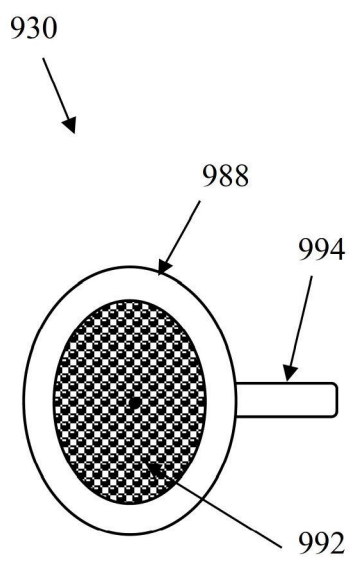
【圖7C】



【圖7D】



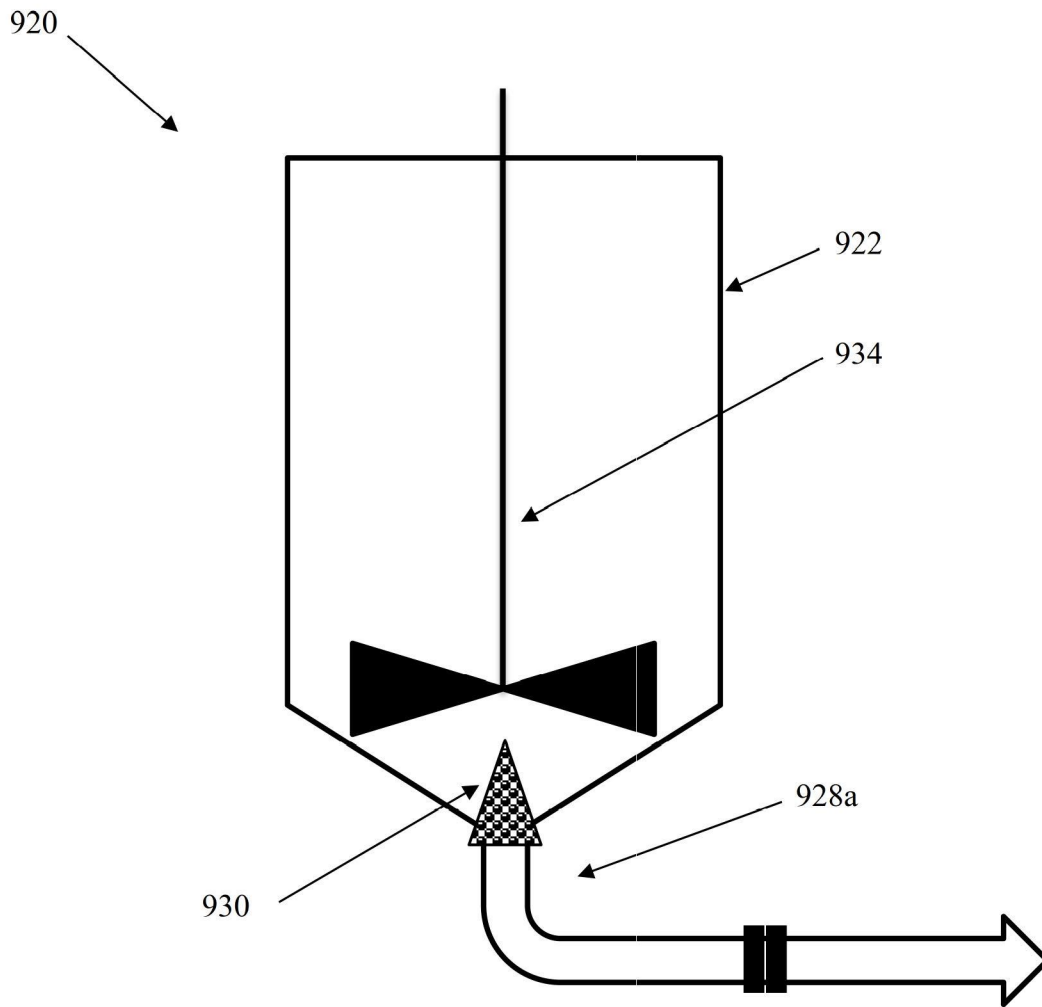
【圖8】



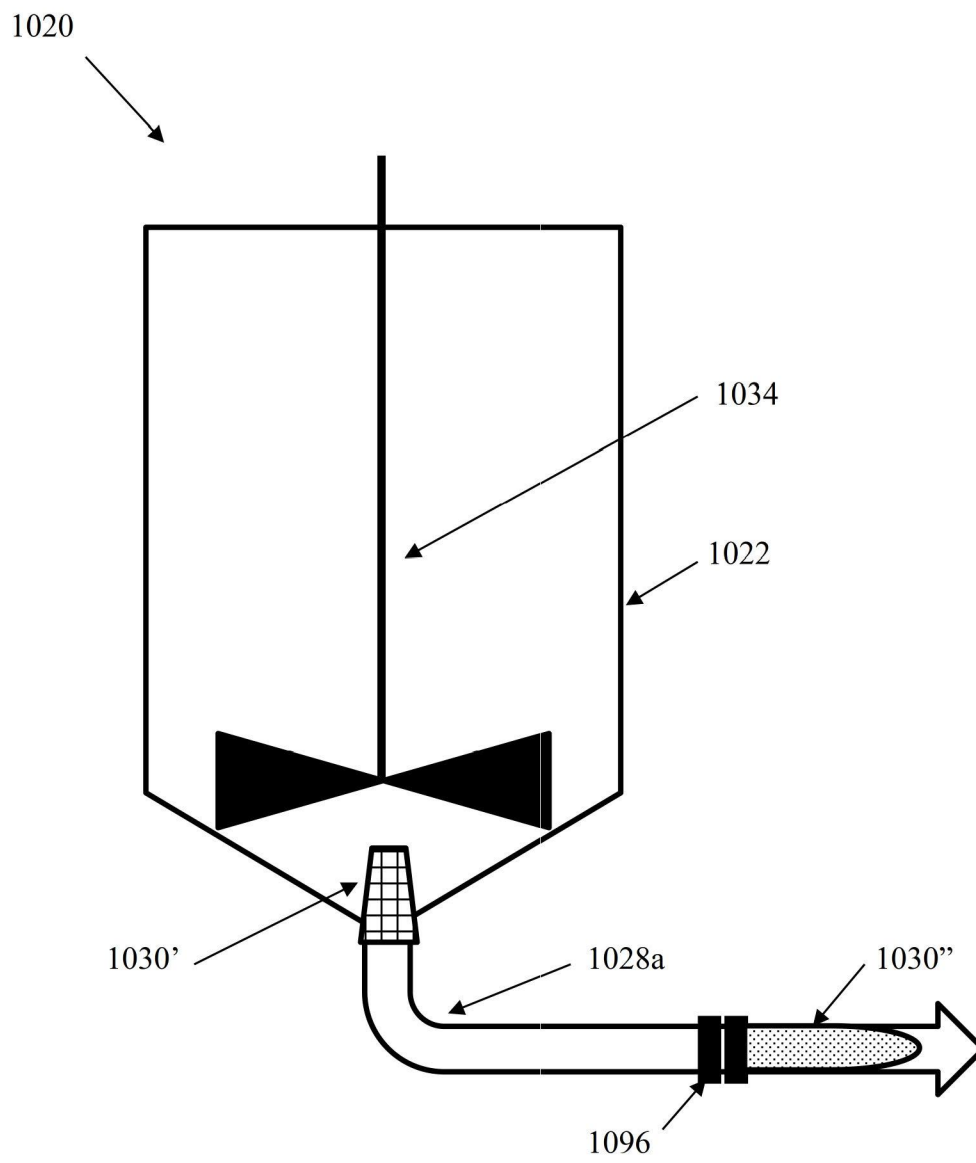
【圖9A】

【圖9B】

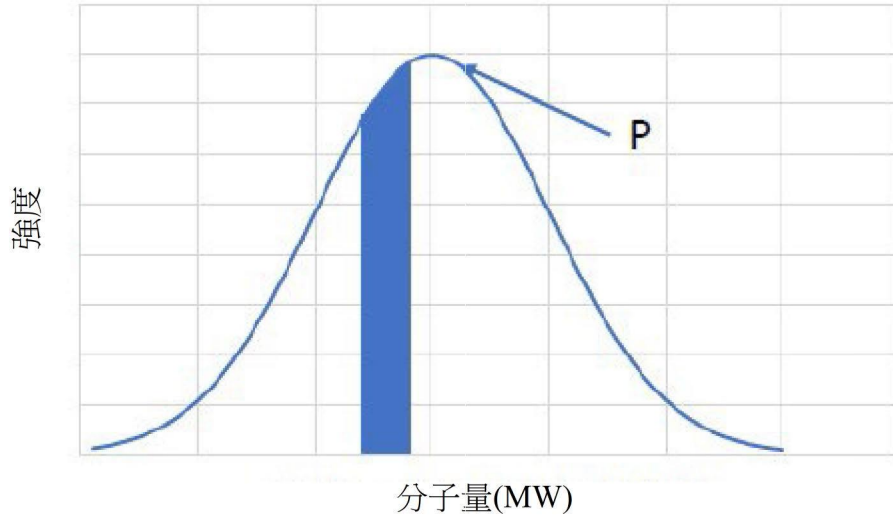
【圖9C】



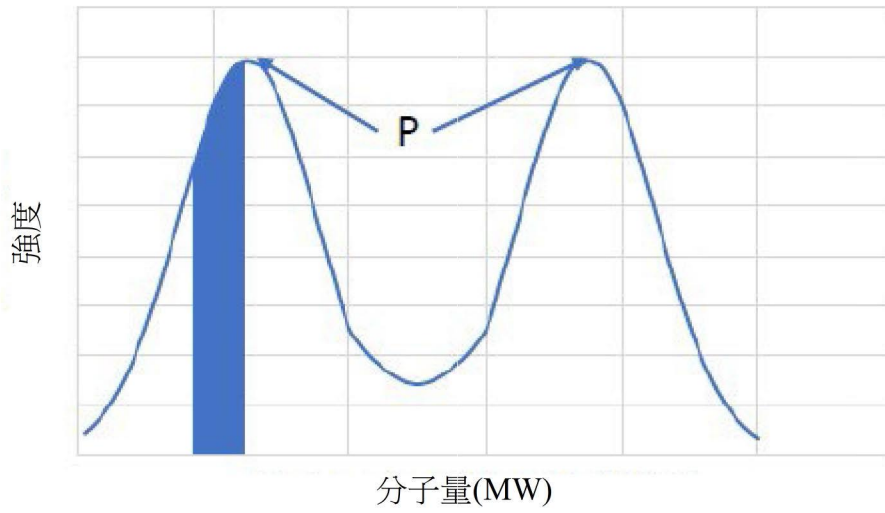
【圖10】



【圖11】



【圖12】



【圖13】