

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 97102630

※ 申請日期： 97.1.24

※IPC 分類：A23L 1/216 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

減少熱加工食物中丙烯醯胺形成的方法/METHOD FOR REDUCING
ACRYLAMIDE FORMATION IN THERMALLY PROCESSED FOODS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

弗瑞多雷北美股份有限公司/Frito-Lay North America, Inc.

代表人：(中文/英文) 湯瑪斯·舒爾/Thomas P. Schur

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國德州培諾市雷格西路 7701 號/7701 Legacy Drive, Plano, Texas
75024-4099, US

國 籍：(中文/英文)

美國/US

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 艾瑞克·包德魯克斯/Eric Boudreaux

2. 普拉芬·瑪甘拉·德薩伊/Pravin Magnlal Desai

3. 文森·艾倫·愛爾德/ Vincent Allen Elder
4. 約翰·葛瑞格雷·佛契/ John Gregory Fulcher
5. 彭納度·科瑞·喬瑟夫/Ponnattu Kurian Joseph
6. 李梧/ Wu Li
7. V.N.·穆罕·羅/ V.N. Mohan Rao
8. 麥可·葛蘭特·塔柏/ Michael Grant Topor
9. 吉羅德·佛格/Gerald Vogel

國籍(中文/英文):

1. 美國 / US
2. 美國/ US
3. 美國/ US
4. 美國/ US
5. 美國/ US
6. 美國/ US
7. 美國/ US
8. 美國/ US
9. 美國/ US

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項☐第一款或☐第二款規定之事實，其

事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2007/01/26; U.S. 11/627,810

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種減少食物產品中丙烯醯胺前驅物天門冬素的方法。本發明可生產含有顯著降低丙烯醯胺含量的食品；更詳而言之，本發明係為一種以一萃取液溶濾出至少一種丙烯醯胺前驅物的方法，其中該粹取物缺乏所欲從食品中濾出的丙烯醯胺前驅物。

【先前技術】

化學成分丙烯醯胺(acrylamide)常以其聚合物型態應用於工業範疇，例如水處理、加強浮油回收、造紙、凝聚劑、增稠劑、礦石處理與免燙織品等。丙烯醯胺為無味無臭之白色結晶固體，並具有高度水溶性(30°C 時 2155 g/L)。丙烯醯胺亦稱為亞克力醯胺(2-propenamide)、乙烯基甲醯胺(ethylene carboxamide)、丙烯酸醯胺(acrylic acid amide)、乙酸醯胺(vinyl amide)或丙烯酸醯胺(propenoic acid amide)。丙烯醯胺之分子量為 71.08，融點為 84.5°C，同時 25 mmHg 下之沸點為 125°C。

近年來，已經證實許多食品含有丙烯醯胺單體。丙烯醯胺主要是存在於經加熱或以高溫加工之碳水化合物食物產品中。經證實含有丙烯醯胺的食品包括咖啡、早餐穀片、餅乾、洋芋片、脆餅、薯條、麵包、麵包捲與油炸裹粉肉排等。通常，富含蛋白質的油炸加熱食品中丙烯醯胺含量對較低，而富含碳水化合物油炸加熱食品中的丙烯醯胺含量相對較高，至於未加熱與烹煮食品中則不含可測得的丙烯醯胺含量。多種類似加工食品中測得的丙烯醯胺含量為：洋芋片 330-2,300($\mu\text{g}/\text{kg}$)、炸薯條 300 - 1100($\mu\text{g}/\text{kg}$)、

玉米片 120 - 180 ($\mu\text{g/kg}$)，而各項早餐穀片中之丙烯醯胺含量則包含從低於測得標準至高達 1400 ($\mu\text{g/kg}$)者。

目前相信丙烯醯胺的形成係肇因於胺基酸與還原糖的存在。例如，自由天門冬素和未煮蔬菜中常見的胺基酸與自由還原糖間的反應為油炸食品中絕大多數丙烯醯胺形成的主因。在未煮洋芋中，天門冬素約佔總自由胺基酸的 40%，而高蛋白裸麥中約有 18%自由胺基酸來自天門冬素，至於小麥中則有 14%自由胺基酸來自天門冬素。

而目前尚未證實天門冬素以外的其他胺基酸形成丙烯醯胺的可能性。例如，穀胺醯胺、蛋胺酸、半胱胺酸與天門冬胺酸某些實驗中亦顯示其可能為丙烯醯胺形成的前驅物。但因用以實驗的胺基酸中可能含有天門冬素雜質，故此種說法難以證實。然而，天門冬素已經確認為造成丙烯醯胺形成的主要胺基酸前驅物。

由於食物中發現丙烯醯胺是近年來才開始產生的現象，至今對其確實的形成機制尚未有斷論。不過，目前相信丙烯醯胺形成的最主要途徑應與梅納反應(Maillard reaction)有關。就食品化學而言，為人熟知的梅納反應為食品加工中最重要的化學反應之一，其可影響食品的風味、色澤與營養價值。梅納反應的成立條件為熱度、溼度、還原糖與胺基酸。

梅納反應實為涉及多種中間物的一系列複雜反應過程，然可大致歸納為三個步驟。梅納反應的第一步驟為自由氨基群(由自由胺基酸及/或蛋白質組成)與還原糖(如葡萄糖)的結合，而形成阿馬多里(Amadori)或漢斯(Heyns)重排產物。第二步驟為阿馬多里或漢斯重排產物的降解，可經由不同途徑

如脫氧、分裂或史特烈卡降解(Strecker degradation)達成。包含脫水、脫去、環合、分裂與斷碎等一系列複雜的化學反應形成風味中間物與風味化合物。梅納反應的第三步則形成褐色含氮聚合物及共聚物。第一圖為以天門冬素與葡萄糖為起始而形成丙烯醯胺的簡化路徑圖，說明利用梅納反應為丙烯醯胺形成途徑的可能情形。

雖然尚未證實丙烯醯胺有害於人體，但其大量存在於食品中卻並非吾人樂見之事。如前所述，經加熱或熱加工食品中的丙烯醯胺較高。在此等食品中減少丙烯醯胺濃度可的方式包括減少或消除形成丙烯醯胺的前驅化合物、於食品加工過程中抑制丙烯醯胺的形成、破壞或反應剛剛形成於食品中的丙烯醯胺，或是在食品完成後去除丙烯醯胺等。然而，想在各式各樣的食品中實現上述任一種方法皆非易事。例如，當細胞結構是於烹煮中形成食物產品特性的主要條件時，對於經切片後烹煮為一致形狀的食品，如何在不具體破壞細胞結構的情況下與使其各種添加劑混合便成為一項難題。其他許多食品的特定加工條件也使得丙烯醯胺降低方案無法應用或難以執行。

例如，第二圖說明將生洋芋製成油炸洋芋片的習知技術。先以去皮步驟(21)處理包含 80%以上重量比水分的生洋芋。當生洋芋完成去皮後，便進入切片步驟(22)。切片步驟(22)中每一片洋芋切片的厚度係取決於所需的成品厚度。例如在此前案中，洋芋的切片厚度為約 0.04 至 0.08 英吋。完成的切片之後進行清洗步驟(23)，以清水洗去每一洋芋切片表面的澱粉。緊接著清洗後是烹煮步驟(24)。烹煮步驟(24)通常是利用連續油炸機將洋芋切片以

約 171°C 至約 182°C (340-360°F)油炸 2 至 3 分鐘。通常經由烹煮步驟(24)將切片中的水分含量降低至 2%重量比以下。例如，傳統洋芋片經油炸機油炸後約保留 1-2%重量比水分含量。油炸後的洋芋片接著進入調味步驟(25)，利用滾筒將調味料沾附於洋芋片上。最後，調味過的洋芋片便可進入包裝步驟(26)。包裝步驟(26)通常是將調味後的洋芋片送入一或多個秤重設備，而後導向一或多個垂直式填充封裝機，以將洋芋片包入軟質包裝袋中。一旦包裝完成，產品便可由經銷商配銷至消費者的手中。

對上述洋芋片加工步驟的任何輕微調整皆會造成成品特質的具體改變。例如，延長切片在清洗步驟(23)時停留於水中的時間會增加洋芋切片中化合物的溶濾，影響洋芋片成品的風味、色澤與質地。增加烹煮步驟(24)中的油炸時間或油炸溫度會導致洋芋片中梅納反應程度增加與產生較低的洋芋片水分含量。若想在油炸前對洋芋切片進行添加成分，則必須提供使添加成分為切片內部吸收的機制，同時不能破壞洋芋切片的細胞結構或使洋芋片中的有益化合物溶濾流失。

降低加熱食品中丙烯醯胺的另一種挑戰可以由麵糰製成的點心食品為例。「組成點心」(fabricated snack)一詞意指使用初始成分而非未經改變的原始澱粉質初始原料製成的點心食品。例如，組成點心包括以脫水洋芋為起始原料的組成洋芋片，與使用墨西哥玉米粉(masa)為初始原料的玉米片。此處所稱的脫水洋芋產品可為洋芋粉、洋芋碎片、洋芋顆粒或其他任何包含脫水洋芋的其他型態。於本發明說明書中，上開用語中任何一者即包含其他所有用語之變化型態。

請再次參閱第二圖，組成洋芋片的製作並不需要去皮步驟(21)、切片步驟(22)與清洗步驟(23)。而是以如洋芋碎片等脫水洋芋產品為起始原料。將脫水洋芋產品混合水與其他次要成份製成麵糰。而後將麵糰鋪展並裁切，以便進入烹煮步驟(24)。所謂烹煮步驟可能為油炸或烘焙。之後將洋芋片進行調味步驟與包裝步驟的處理。洋芋麵糰可在混合過程中方便添加其他成分。反之，對生食物產品，如洋芋切片，此等成份的添加則另有賴使成分得以穿透產品細胞結構的機制。然而，混合步驟中任何成份的添加皆必須顧及添加成分對於麵糰鋪展、壓出或其他加工特性與成品洋芋片特性的逆向影響。

因此，業界亟需減低加熱或熱加工食品之最終成品中丙烯醯胺含量的方法。此等發方應可具體減少或消除最終成品中的丙烯醯胺含量，同時不損及最終產品之品質與特性。此外，此方法應易於實施且應盡量不對整體製程的成本造成負擔。

由 Weaver 等人所提出的美國專利第 3,934,046 號雖未能明確提出降低丙烯醯胺形成量之方法，但其揭示可用以處理當前待解決的問題。咸知熱加工食品之褐化部分係在如天門冬素等胺基酸與還原糖之同時加熱下產生。如 Weaver 之發明中所說明：「當還原糖量增加時，塊莖褐化傾向增加。已證實洋芋中還原糖與含氮成分之反應導致深色反應產物之產生。」該前案揭示以熱水溶濾洋芋片可減少烹煮階段產生的褐化。然而，該前案亦提到僅以熱水溶濾造成的不良影響：「以洋芋片而言，則無法使用熱水溶濾，因為若要達到足以防止褐化的必須條件，洋芋片的質地與風味將幾乎完全

破壞。」此係由於洋芋原料與水之間存在的濃度梯度，使水將洋芋切片中之所有成分濾出。結果，使所有糖類與胺基酸在未經選擇下即全部由洋芋原料中溶濾出來。

雖然 Weaver 之發明未針對熱加工食品中之丙烯醯胺降低，其所提出溶濾洋芋片之概念可加以改良應用於降低丙烯醯胺之課題。因此，一種藉由選擇性將丙烯醯胺前驅物由生食品片中溶濾出來而不影響食品質地與風味的降低熱加工食品中丙烯醯胺形成的方法實為所冀。此等方法應可由溶濾萃取液中去除溶濾出的丙烯醯胺前驅物，而使該溶濾萃取液可重複回收使用。

【發明內容】

本發明一實施例中包含一種降低洋芋產品中天門冬素之方法，其係包含：連續提供一本質上未經處理且具有一天門冬素第一濃度之洋芋來源，以及利用一「天門冬素缺乏洋芋萃取液」(asparagine-deficient potato extract)將該未處理洋芋來源中之天門冬素溶濾出來，藉以形成一包含天門冬素之清洗過程後萃取液以及一具有一第二天門冬素濃度之經處理洋芋，其中該第二天門冬素濃度係低於該第一濃度。於一實施例中，該方法進一步包含以至少一天門冬素去除單元去除該清洗步驟後萃取液中之天門冬素，藉以再生該天門冬素缺乏洋芋萃取液，使其得以再度使用於該方法中。

於一實施例中，可藉由以一或多種方法減少天門冬素或其他丙烯醯胺前驅物，藉以再生該清洗步驟後萃取液，該等方法例如為使用如天冬醯胺酶等之一種酵素以與丙烯醯胺前驅物天門冬素產生反應產物，藉以破壞天

門冬素並降低該前驅物之含量。結果的反應產物可藉由稍後之作業單元去除。或者可以離子交換樹脂去除丙烯醯胺前驅物。

於另一實施例中，係當溶濾液體與洋芋片接觸之同時，對該溶濾液體施以超音波使其產生震動。在另一實施例中，先以第一接觸階段使丙烯醯胺前驅物與其他水溶性化合物經由純水未經選擇地從生洋芋片中溶濾出來。接著，從該溶濾萃取液中去除該丙烯醯胺前驅物，而後再一第二接觸階段將先前溶濾出的應保留化合物送回洋芋片中。

在一實施例中，本發明提供一種降低食物成分中天門冬素的方法，其包含：提供具有一天門冬素第一濃度之食物成分，利用一「天門冬素缺乏食物萃取液」(asparagine-deficient food extract)選擇性地將該食物成分中之天門冬素溶濾出來，藉以使該食物成分具有一第二天門冬素濃度，其中該第二天門冬素濃度係低於該第一濃度。本發明之上述與其他特點將藉以下之詳細說明加以陳明。

【實施方式】

熱加工食品中丙烯醯胺的形成須具備碳源與氮源。假設以碳水化合物源做為碳的來源，而氮則由蛋白質或胺基酸來源提供。許多源自米、小麥、玉米、大麥、大豆、洋芋與燕麥等植物的食品成分中均含有天門冬素，並主要為包含少量胺基酸成份的碳水化合物。通常，此等食物成分中具有一小型胺基酸池，其間除了天門冬素亦包含其他胺基酸。蛋白質的堆砌磚通常有二十種標準胺基酸，這些胺基酸亦包含於上述食品成分中，其包含但不限於，離胺酸(lysine)、丙胺酸(alanine)、天門冬素(asparagine)、穀胺醯胺

(glutamine)、精胺酸(arginine)、組胺酸(histidine)、胺基乙酸(glycine)與天門冬胺酸(aspartic acid)等等。

「熱加工」意指食物或混合多種成分的食物成份於大氣壓力下加熱至食物溫度高於 120°C 的處理方式。熱加工也可能為在低於大氣壓力之下以較低溫度加熱。而食物成份則可能於最終食物產品形成前經單獨加熱加工而成。於此提及的熱加工食物包含但不限於上述所有組合點心與組合食品，以及炸薯條、炸蕃薯、其他根莖類、熟製蔬菜，包括熟製蘆筍、洋蔥與番茄，咖啡豆、可可豆、熟製肉品、脫水蔬果、熱加工動物飼料、菸草、茶葉、烘烤或熟製堅果、大豆、糖密、烤肉醬等調味料、香蕉片、蘋果片、炸香蕉與其他熟製水果。其他熱加工食物成分的範例還包括加工燕麥、脫水米飯、熟製大豆產品、墨西哥玉米粉、烘焙咖啡豆與烘烤可可豆。

或者，亦可使用生食物成分，其經加熱步驟以製成最終食物產品。使用生原料經加熱步驟製成最終產品的例子可為以生洋芋切片經約 120°C 至 220°C 油炸而成的洋芋片製造過程或以相仿溫度油炸而成薯條的製程。然而，根據本發明，當伴隨有還原糖的胺基酸天門冬素經加熱時，會造成顯著的丙烯醯胺生成。而在如離胺酸與丙胺酸等其他胺基酸與如葡萄糖等還原糖一同加熱時，則並無丙烯醯胺形成的情況。但是，在天門冬素與糖的混合物中加入其他胺基酸卻可能造成增加或減少丙烯醯胺的相異結果。

既然已知當天門冬素伴隨還原糖一同加熱時會造成丙烯醯胺的迅速形成，則抑制天門冬素活性應可降低熱加工食品中丙烯醯胺的含量。「抑制活性」意指由食物中去除天門冬素，或藉由轉換或以其他化學物干擾天門冬

素對丙烯醯胺形成的效用，使天門冬素在丙烯醯胺形成路徑中無法反應。

此等方法之一係使天門冬素與酵素天冬醯胺酶(asparaginase)接觸。天冬醯胺酶可將天門冬素分解為天冬胺酸與氨。亦可藉由溶濾使熱加工食品中做為丙烯醯胺前驅物的天門冬素失去活性。當溶液之酸鹼值維持於略酸或略鹼時，尤其介於 pH 5-9 時，天門冬素於該水溶液中的可溶性可以提高。藉由提供介於約 100°F (37°C)與約 150°F 間之加熱溫度，可提升天門冬素的可溶性。也可藉由發酵抑制做為丙烯醯胺前驅物的天門冬素。或者，也可藉由合成蛋白質抑制做為丙烯醯胺前驅物的天門冬素活性。做為丙烯醯胺前驅物的天門冬素活性也可經由添加還原鹽，如以乳酸鈣(calcium lactate)、氯化鈣(calcium chloride)或蘋果酸鈣(calcium malate)加以抑制。

精於此技藝人士應可由本發明之揭露推知其他抑制天門冬素活性以干擾丙烯醯胺形成的技術。食品成分或熱加工前食物中天門冬素的較低含量可大幅降低食物成品中丙烯醯胺之含量。

範例：

本實驗係為驗證天門冬素及葡萄糖與酵素天冬醯胺酶一起加熱時可造成丙烯醯胺生成量的降低。將酵素天冬醯胺酶溶解於0.05 M pH 8.6的三羥鹽酸緩衝液(Tris-hydrochloric acid buffer)中以製成活性天冬醯胺酶溶液。另備製對照組之天冬醯胺酶溶液，以約100°C將一部分活性天冬醯胺酶溶液加熱20分鐘以釋去酵素。在對照組中，將約0.1公克天門冬素與約20毫升加熱的天冬醯胺酶溶液置於一20毫升之頂空分析瓶混合。而在活性酵素實驗中，取0.2公克葡萄糖、0.1公克天門冬素與20毫升活性天冬醯胺酶溶液

混合於20毫升之頂空分析瓶。瓶中之酵素含量為250酵素單位。對照組與活性酵素混合物均進行重複實驗。將分析瓶保存於約37°C 下2小時，之後置入80°C烘箱加熱40小時使其揮發乾燥。After heating, about 0.2 ml of water was added to each vial. 加熱後，每一瓶中加入0.2毫升水。而後將分析瓶置入氣相層析烘箱，並經以下溫度設定處理：由起始溫度40°C 以每分鐘20°C 加溫至約200°C，停留於約200°C約2分鐘，而後冷卻至約40°C。反應混合物以50毫升水萃取，並以GC-MS測量水中丙烯醯胺。量測結果如下表1所示：

測試對象	丙烯醯胺 (ppb)	降低百分比
對照組 1	334,810	-----
對照組 2	324,688	-----
活性天冬醯胺酶 1	66	99.9
活性天冬醯胺酶 2	273	99.9

表 1:天冬醯胺酶與葡萄糖造成之丙烯醯胺形成

如上表所示，以酵素處理之系統將天門冬素分解為天冬胺酸與氨而使丙烯醯胺產生量降低逾 99.9%。本實驗說明降低天門冬素濃度或降低天門冬素之反應性，將減少丙烯醯胺形成。

除了抑制天門冬素活性，源自植物食品成分也可經由育種或挑選方式選取相同植物中天門冬素含量較低者為原料。源自植物食品成分中天門冬素含量減少將反映於以相同熱處理條件形成之丙烯醯胺量。

以上實驗證實可藉由添加天冬醯胺酶減少丙烯醯胺。然而，不同作業單

元或加工步驟對食物成品中丙烯醯胺的形成也有一定程度的影響。研究結果顯示，藉由變化任何前案製作食品程序中之一項或多項作業單元將可使熟製食品中丙烯醯胺含量降低。「降低丙烯醯胺」意指使丙烯醯胺之濃度低於以未變化之前案烹煮食品程序所製成的食品中的丙烯醯胺含量。「降低丙烯醯胺之含量」與「降低丙烯醯胺濃度」於本申請中交替使用，視為同義。為本發明之目的，「作業單元」意指製作食物產品方法全程中可定義的片段。例如，請見第二圖，洋芋片加工的每一步驟(去皮步驟(21)、切片步驟(22)、清洗步驟(23)、烹煮步驟(24)、調味步驟(25)與包裝步驟(26))均可視為製作洋芋片食品整體加工中之一獨立作業單元。

運用作業單元的第一範例是以切片生洋芋原料製作洋芋片中的清洗步驟(23)(如第二圖所示)。前案清洗切片方法包括在室溫下以清水清洗切片。每片洋芋停留於清洗用水的平均時間為 60 秒以下，依使用設備略有不同。

第三圖說明切片清洗作業單元可用以調整成品中丙烯醯胺含量。根據本發明，清洗步驟(23)可包含一接觸處理步驟，在該步驟中將連續供應的洋芋切片與一水溶液接觸，接觸時間與溫度係與前案清洗步驟所用者不同。第三圖左側垂直軸(由讀者觀看方向)或稱 Y 軸，代表洋芋片成品中丙烯醯胺含量，其單位為十億分率(ppb)。第三圖的右側垂直軸或稱 Y 軸，代表洋芋片成品中溼度重量百分比。丙烯醯胺含量以直立條柱繪示於表中，而溼度百分比以線圖表示。第三圖中的水平軸，或稱 X 軸，顯示洋芋麵製造過程中清洗作業單元的不同加工參數變化。圖三中所有產品之烹煮時間與溫度相同。詳而言之，每一樣品係以約 178°C (353°F)油炸 120-140 秒。結果產品

的溼度含量顯示出差異。

比較圖三中所示結果，前案清洗步驟使用厚度為 0.05 英吋之洋芋切片，以約 178°C (353°F) 油炸 120-140 秒，結果成品中的丙烯醯胺含量為約 300-500 ppb(依據葡萄糖含量與其他洋芋原料差異，丙烯醯胺含量可能更高)，且結果溼度重量比為約 1.4%。此前案結果與圖三所示的第一資料點 31 相仿，其代表水中留置時間約為 2 至 3 分鐘的基準資料點。整體洋芋片製程中之其他參數保持相同，與使用前案清洗方式的成品相較，此一清洗作業單元的些微改變並未導致洋芋切片中丙烯醯胺含量(約 330 ppb)或溼度(約 1.35%)之具體變化。

第三圖中下一資料點 32 反應清洗步驟的變化，此一變化包含將洋芋切片與水溶液接觸時間增加至 10 分鐘，並將水溶液之溫度由環境溫度或室溫提高至約 38°C (100°F)。此一調整導致成品中丙烯醯胺降低至 210 ppb 且成品溼度降低至 1% 重量比以下。有趣的是，將水溶液(同樣指水)溫度升高至 54°C (130°F)，平均接觸時間改為 5 分鐘的第三資料點 33 並未展現丙烯醯胺降低的效果。反之，當水溶液之溫度為約 82°C (180°F) 時，第四資料點 34 表現成品中良好的丙烯醯胺降低成果(100 ppb 以下)。然而，成品洋芋片的溼度卻高達將近 1.8%。第五資料點 35 係使用 1%L-半胱胺酸溶液做為水溶液，在室溫下接觸 15 分鐘，將成品中丙烯醯胺減少至 250 ppb 以下。

第四圖繪示將第三圖實驗結果(每對垂直條柱中之前者)標準化至油炸達標準溼度(每對垂直條柱中之後者)時成品中之丙烯醯胺含量。假設當溼度低時丙烯醯胺百分比變化與溼度百分比變化呈反比關係，圖 3 所示之測試資

料結果可藉由將實際丙烯醯胺量乘以達到基準/標準樣本溼度所需調整之溼度百分比變化而加以標準化。將實驗數據以相同溼度標準化有助更精確比對每一接觸處理方法在降低丙烯醯胺形成上的相對功效。

參照第 4 圖，垂直或 Y 軸同樣表示成品中測得的丙烯醯胺 ppb 值。水平或 X 軸顯示每一資料點的參數。第 4 圖中，每一資料點顯示一對垂直條柱，左側者為來自圖三的數據，而右側者代表相同接觸程序參數下將成品油炸至統一或標準溼度 1.32% 時的丙烯醯胺含量。

同樣的，第一資料點 41 為在室溫中清洗 2 至 3 分鐘的基準樣本。第二資料點 42 之接觸處理步驟係根據本發明，其中洋芋切片接觸包含水的 38°C (100°F) 水溶液 10 分鐘。左側條柱再次說明此等處理洋片後經約 178°C (353°F) 油炸 120-130 秒，成品之丙烯醯胺含量接近 200 ppb 而溼度低於 1%。然而，右側條柱說明若如此處理後之洋芋片經油炸至標準溼度 1.32%，丙烯醯胺含量可降低至 150 ppb。

第三資料點 43 亦呈現相似的理想結果，第四資料點 44 反應成品之溼度降低會略為使丙烯醯胺提高。有趣的是，當水溶液包含 1%L-半胱胺酸且當接觸時間延長為 15 分鐘，最後資料點 45 反應出顯著的丙烯醯胺降低。此外，當成品洋芋片的溼度為 1.32% 重量比，丙烯醯胺尤低。亦可注意到以 1%L-半胱胺酸與 15 分鐘接觸時間處理的洋芋切片其丙烯醯胺含量接近以 38°C (100°F) 與 10 分鐘接觸時間處理的洋芋切片丙烯醯胺含量。

亦可以其他方法降低丙烯醯胺。因為天門冬素似乎為丙烯醯胺之主要前驅物，可以藉由在烹煮前去除洋芋切片中的丙烯醯胺以減少成品中丙烯

醯胺的形成。本發明之一實施例包含使用天門冬素缺乏洋芋萃取液或溶液將生洋芋片中的天門冬素溶濾出來以去除天門冬素之方法。請注意「前驅物」與「天門冬素」於本說明中係可交互使用，因為天門冬素已經證實為最主要導致丙烯醯胺形成的前驅物。然而，本發明可同樣用於去除任何形成丙烯醯胺所需之特定前驅物。

藉由洋芋切片中可溶性物質與洋芋萃取液或溶濾液流之間的濃度梯度關係，洋芋萃取液或溶濾液流可將洋芋切片中成分溶濾出來。選擇性的溶濾可藉由特殊的洋芋萃取液達成，該洋芋萃取液中不含欲從洋芋切片中去除的丙烯醯胺前驅物，但包含應保留於洋芋切片中的可溶物質或溶質，該洋芋萃取液中包含的可溶物質或溶質濃度應接近或相當於該等物質於洋芋切片中的濃度。「相當」表示以下兩者之一：1)萃取液與洋芋之特定溶質的水中含量大致相同；或 2)萃取液為飽和且無法再吸收更多特定溶質。在此所指，應保留於洋芋切片的溶質定義為除還原糖以外之任何非丙烯醯胺前驅物之原生可溶性洋芋化合物。

選擇性溶濾之範例包括製作缺乏天門冬素之洋芋萃取液，並將生洋芋切片與天門冬素缺乏洋芋萃取液接觸，從而選擇性地將天門冬素由生洋芋切片中溶濾出來。在一實施例中，藉由當洋芋萃取液與洋芋切片接觸時，以超音波震動洋芋萃取液以進一步提高溶濾效果。若需要，可對使用過的洋芋萃取液或溶濾液加以處理以去除溶濾於其中之丙烯醯胺前驅物，以便該洋芋萃取液或溶濾液可回收並繼續使用於其他洋芋切片的溶濾處理。

以下實驗係用以比較以不同時間浸泡於不同溶液中洋芋切片內之天

門冬素含量。提供十二實驗組與一對照組。對照組樣本為新鮮未浸泡之洋芋切片。十二組實驗分別將洋芋切片浸泡於四種不同溶液，每種溶液又各分為三種浸泡時間。實驗結果列於下表 2。

溶液加熱至 120°F	浸泡於溶液之時間	洋芋中之天門冬素 (wt%)	與對照組相較之天門冬素減少%
對照組	--	0.66	0
水	15 分鐘	0.47	29
水與天冬醯胺酶	15 分鐘	0.37	43
洋芋萃取液	15 分鐘	0.39	41
洋芋萃取液與天冬醯胺酶	15 分鐘	0.39	41
水	40 分鐘	0.33	51
水與天冬醯胺酶	40 分鐘	0.31	53
洋芋萃取液	40 分鐘	0.25	63
洋芋萃取液與天冬醯胺酶	40 分鐘	0.12	81
水	60 分鐘	0.26	61
水與天冬醯胺酶	60 分鐘	0.20	70

洋芋萃取液	60 分鐘	0.25	62
洋芋萃取液與天冬 醯胺酶	60 分鐘	0.05	93

表 2: 浸泡於洋芋萃取液中之洋芋切片天門冬素減少情形

每批洋芋萃取液以約 800 公克去皮洋芋切片與約 1500 毫升水以攪拌機製成一未過濾洋芋萃取液。將該未過濾洋芋萃取液以具有 20 至 25 微米濾孔之實驗室濾紙進行真空過濾以去除固形物。

後續將 800 公克去皮洋芋切片加入過濾後的萃取液，以反覆以上述方式將過濾後的萃取液加以濃縮。此一步驟重複數次以達成所需的洋芋萃取液內可溶物濃度，以使可能由洋芋切片中溶濾出來的應保留可溶物達到最小化。

接著將過濾後的洋芋萃取液加熱至 120°F。將約 340 微升具有 14,280 單位/毫升之天冬醯胺酶加入 1500 毫升洋芋萃取液以製成其中含有約 4844 單位天冬醯胺酶之「天門冬素缺乏洋芋萃取液」。當然，也可能使用其他天冬醯胺酶含量，每公斤總生洋芋使用約 3,000 單位至 100,000 單位天冬醯胺酶以製成天門冬素缺乏洋芋萃取液。也可使用較低量之天冬醯胺酶，但如此該天門冬素缺乏洋芋萃取液則需要更多時間以達成所需的天門冬素減少效果。或可採用較高量之天冬醯胺酶用量，但在商用實施例中可能導致成本過高的問題。

對照組樣本未放入溶液，而其他樣本置入上表二中之四種溶液之一(水、水+天冬醯胺酶、洋芋萃取液、洋芋萃取液+天冬醯胺酶)，維持於 120°F

達 15 分、40 分與 60 分鐘而後測試其中天門冬素。上表二之實驗結果說明洋芋萃取液相較於水，對洋芋切片具有更好的天門冬素去除效果。此外，洋芋萃取液使天門冬素選擇性地由洋芋切片中去除，而在洋芋切片中保留可接受程度之還原糖與其他可溶物質，因此不似以熱水進行溶濾的前案會對質地與風味造成嚴重破壞。本發明之一實施例包括提供天門冬素缺乏洋芋萃取液，並將具有一天門冬素第一濃度之洋芋，如切片洋芋，與該天門冬素缺乏洋芋萃取液接觸，以選擇性地將天門冬素從洋芋切片中溶濾而出。之後可將洋芋切片從天門冬素缺乏洋芋萃取液中取出，進行沖洗或熱加工。數項實驗顯示食品中天門冬素含量與食物成品中結果丙烯醯胺形成量的關係。具有降低含量天門冬素的洋芋切片熱加工後所含的丙烯醯胺量亦較低。

在一實施例中，洋芋萃取液係以每毫升總溶液量中約 0.5-2 公克去皮洋芋之比例製成。洋芋與水的比例愈高，過濾難度愈高。因此，尤其當濃縮過程中，洋芋萃取液一再混合更多生洋芋並一再進行過濾以製成濃縮之洋芋萃取液時，較低比例較便於操作。濃縮步驟可一再重複直到洋芋萃取液到達或接近相當於洋芋切片中對應之化合物濃度時。

此外，雖然上述之洋芋萃取液使用 800 公克去皮洋芋切片對 1500 毫升生水或過濾萃取液之比例，但此比例可加以調整。可加入水使如還原糖等應保留可溶物質與洋芋萃取液之間產生濃度梯度。在一實施例中，在洋芋萃取液中加入如還原糖之添加物，包含果糖或葡萄糖，以進一步將可溶物質之濃度梯度降至最小。此外，初始溶液可包含如還原糖或其他可溶物質

之添加劑以進一步降低濃度梯度。

在一實施例中，將加入水量減至最小。在一實施例中，使用不加入水而使用浸軟的洋芋製成洋芋萃取液。在一實施例中，浸軟的洋芋經真空過濾為洋芋萃取液。

雖然以上說明一種可用於減少天門冬素的批次方法，此方法可加以修改以用於半連續生產作業或連續生產作業，如以下所述。

於洋芋切片烹煮前，將生洋芋去皮、切片或切削，而後清洗以去除多於澱粉與殘渣。如第十三 a 圖中的選擇性溶濾系統(1300)，清洗階段可變化為包含將丙烯醯胺前驅物溶濾出連續供給之未處理洋芋之連續加工步驟。在此所述，去皮洋芋切片係為未經處理之洋芋。在一實施例中，使用三項主要作業單元清洗洋芋並選擇性地提取出主要前驅物，亦即天門冬素：1) 一萃取單元(1320)將天門冬素由一未經處理洋芋供給(1310)中溶濾至一天門冬素缺乏洋芋萃取液(1380)；2) 一澱粉去除單元(1340)，去除多餘澱粉(1336)；以及 3) 至少一天門冬素去除單元(1350)，將天門冬素從去澱粉清洗後的洋芋萃取液(1334)中去除，之後並將該萃取液回收(再生為如天門冬素缺乏萃取液(1380))以繼續清洗與溶濾後續之未處理洋芋供給(1310)。處理後的洋芋切片(1312)進入下一步驟，如烹煮或加熱。

在第一作業單元中，一包含丙烯醯胺前驅物之去皮切片洋芋流(「未處理洋芋」)(1310)進入一萃取單元(1320)，與第二圖中前案清洗步驟(23)相仿，使洋芋接觸該前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)。該前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)為一流體，其中含有除了特定丙烯醯胺前驅物外之所有水溶性洋芋成

份，該特定丙烯醯胺前驅物正係需從未處理洋芋供給(1310)中去除者。因此，在本實施例之穩定狀態下，前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)為含有除天門冬素外以所有水溶性洋芋切片成份之水溶液或懸浮液。該洋芋萃取液通常包含水溶性成分，如還原糖與非還原糖、澱粉及各種胺基酸。在穩定狀態下，前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)中水溶性成分之濃度，除了澱粉與天門冬素之外，係應相等或接近未處理洋芋供給(1310)中之對應水溶性成分之濃度。在開始階段中，藉由在溶濾系統(1300)循環預定量之純水(蒸餾水、去離子水或逆滲透水)直到足量的水溶性物質從未處理洋芋供給(1310)溶濾至萃取液(1322)中，因而將前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)中水溶性成分之濃度提升到與未處理洋芋相當之程度。因為進入萃取單元之初始洋芋片流係經純水溶濾，致使大量應保留的可溶物質由洋芋中被提取出來流入循環水中。部分在開始階段中溶濾的洋芋於烹煮後形成低品質洋芋片，因此可乾脆將開始階段的溶濾洋芋棄置不用。基於此一原因，可在開始階段使用尺寸或形狀不佳等原本即需淘汰之洋芋。同樣的，如果太多應保留的可溶性化合物被溶濾出來，可在清洗步驟後棄置該等開始階段之溶濾洋芋。

本發明之選擇性溶濾天門冬素的實施例中，前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)濃度(除天門冬素、多餘澱粉與雜質外)較佳為接近或等於未處理洋芋供給(1310)在溶濾時的對應濃度，因此不會產生足以將應保留的可溶性物質汲引出未處理洋芋供給(1310)的濃度梯度將。因此，在一實施例中，進入萃取單元(1320)之未處理洋芋供給(1310)與前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)之間應只存在兩種主要濃度梯度：一種是將天門冬素由未處理洋芋供給(1310)

提出至前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)者，另一種是將澱粉由未處理洋芋供給(1310)提出至前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)。在一實施例中，洋芋切片預先清洗以去除切片上之多餘澱粉，藉以減少累積於萃取單元(1320)的澱粉。並且，可較理想地使用經加熱的前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)。因為天門冬素在水中的可溶性隨溫度增加，在固定前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)流速條件下，較高的清洗/溶濾溫度可增加在其中天門冬素溶濾量。例如，溶濾溶液之溫度可介於約 70°F 至約 150°F。並且，當以洋芋萃取液為溶濾液時，以較高溫度範圍(約 120°F 至約 150°F)更為理想，因為天門冬素會優先被濾出，因此可更有效保留應保留於洋芋中的可溶物質。

參閱第十三 a 圖，當在萃取單元(1320)中未處理洋芋(1310)與前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)接觸時，未處理洋芋(1310)中的天門冬素與澱粉會溶濾至前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)中。本實施例中，前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)係以連續逆流方向與未處理洋芋(1310)接觸。如本技藝中習知，所謂逆流方向，比同向順流更能有效由特定固體中溶濾出溶質。在另一實施例中，當前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)接觸未處理洋芋 1310 時，可藉由以超音波震動前者而提升萃取步驟之效果。高頻短幅震動可減少洋芋片周圍邊界層，從而增加傳質率。超音波頻率處理時，可由洋芋切片中將更多天門冬素溶濾至純水中。因此，超音波頻率可提升天門冬素由洋芋切片溶濾至天門冬素缺乏萃取液的效果。

可使用不同方法達成未處理洋芋(1310)與前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)間之連續逆流萃取。例如，萃取單元(1320)之一實施例利用至少一螺旋式浸

沒萃取器，類似用以攪拌洋芋者。通常，螺旋式萃取器包含在管中旋轉之螺旋物。該螺旋物延管長以一方向推動欲進行溶濾的固體，而萃取溶液延管長以相對方向流動形成逆向流。攪拌洋芋用之螺旋式萃取器為業界習知，因此其結構與操作在此不加贅述。在一實施例中，未處理洋芋供給(1310)進入一螺旋式萃取單元(1320)並在一沿萃取單元(1320)長度方向移動之轉動螺旋物驅動下連續前進。為增加產量，未處理洋芋供給(1310)可被分流並以多台螺旋式萃取單元(1320)同向輸入，待離開螺旋式萃取單元(1320)後再行匯流。前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)以相反於待處理洋芋流(1310)的行程方向進入每一螺旋式萃取單元(1320)中，並於未處理洋芋(1310)進入萃取單元(1320)處流出該萃取單元(1320)。由於前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)以此逆流方向流經管體，其被迫與未處理洋芋供給(1310)接觸，因此丙烯醯胺前驅物與澱粉可由該未處理洋芋供給(1310)溶濾至該前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)中。對應螺旋體對洋芋片(1310)的強勢推動，前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)可於高壓下以高速被抽汲流經萃取單元(1320)以加強丙烯醯胺前驅物之溶濾效果。然而，有鑒於洋芋片尺寸外型對隨後製程之重要性，須注意施用壓力不應損及供給流(1310)中之任何一洋芋片。經萃取單元(1320)處理後之洋芋中天門冬素含量係因各種參數而異，例如留置於萃取單元(1320)中的時間，未處理洋芋(1310)與前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)之流速，與前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)之溫度。例如，若欲取得處理後洋芋流(1312)之較低前驅物含量，可延伸萃取單元(1320)之長度，藉以延長處理時間。

萃取單元(1320)之另一實施例係為裝有前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)

之清洗槽。本實施例中，開放或網式輸送帶運送未處理洋芋(1310)由清洗槽之一端進入，將洋芋浸泡於前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)中達一預定時間，而後將溶濾後洋芋(1312)由清洗槽另一端帶離前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)。為達成前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)與未處理洋芋供給(1310)間之逆流交換，可將前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)由溶濾後洋芋(1312)離開清洗槽的出口端注入清洗槽，而清洗後萃取液(1322)由未處理洋芋供給(1310)進入清洗槽的入口端離開該清洗槽。本實施例之丙烯醯胺前驅物缺乏萃取單元(1320)可輕易應用於現有使用清洗槽形式單元去除多餘澱粉的洋芋片製程。現有澱粉去除清洗槽僅需稍加修改即可用於本實施例。然而，此種萃取機的缺點之一在於必須注意未處理洋芋供給(1310)與前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)間之相對速度，兩者在槽中之行進必須避免過快以防止未處理洋芋供給(1310)被推下輸送帶。因此，本實施例在溶濾處理洋芋供給(1310)中前驅物之效率上可能不及螺旋式萃取機。

萃取單元(1320)之另一實施例係以前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)滲透洋芋供給(131)移動床以進行溶濾。此種萃取機之一為鮑曼式(Bollman)萃取機，其係以一封閉外殼包圍組設其中之旋轉桶升降機。每一裝有將進行溶濾之洋芋供給(1310)桶體的底部穿設有孔，因此萃取液(1380)可循桶一一向下滲透。鮑曼式萃取機為業界習知，因此其結構與操作在此不加贅述。旋轉升降機分為一上升側與一下降側，兩側各有萃取液收集池。與前述萃取單元之實施例不同，鮑曼式萃取機具有逆流與順流段，逆流段位於上升側而順流段位於下降側。操作時，未處理洋芋(1310)置於升降機頂端下降側桶

中，前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)由上升側頂部桶之上方注入。經由上升側桶滲透之萃取液收集於上升側收集池中。將上升側收集池中之萃取液抽回升降機頂部並注入下降側之桶中。待萃取液到達下降側之收集池中，將清洗後之萃取液(1322)抽出萃取單元(1320)，繼續下一作業單元。一旦未處理洋芋(1310)歷經下降側與上升側之行程，便可由上升側頂部桶中取出，並送出萃取單元(1320)。滲透溶濾有許多勝過浸泡溶濾之優點。滲透通常可達成較浸泡為高的萃取率，因為萃取液與固體間較短的邊界層可使滲透中產生更多混合。與螺旋式浸泡萃取機相較，機械較不易因碎片損壞。此外，較不易發生阻塞。

萃取單元(1320)之另一實施例包含一供前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)流經之傾斜通道。當前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)由通道之高端流向低端時，一開放或網式輸送帶將未處理洋芋(1310)由前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)的下游送進該通道。為增加未處理洋芋(1310)與前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)間之接觸面積，可將該網式輸送帶略微升高，使其高於通道底部，因此前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)可流經欲溶濾之未處理洋芋(1310)之上下周圍。該輸送帶包含任何以耐用材質，如不鏽鋼或其他金屬，陶瓷或塑膠原料製成之食品級網式、鏈式、孔狀或其他以體可透過之結構。可以系列方式組合使用數個萃取單元以延長溶濾時間與降低最後之萃取單元處理過後洋芋(1312)之天門冬素含量。若將個萃取單元以系列方式組合使用，將前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)由最末萃取單元頂部進入，向下通過每一單元之傾斜通道，直到到達第一萃取單元底部。屆時，清洗後萃取液(1322)之前驅

物濃度接近未處理洋芋(1310)之前驅物濃度。

清洗後萃取液(1322)離開萃取單元 1320 之後，進入第二作業單元，亦即澱粉去除單元(1340)。一較佳實施例中，澱粉去除單元(1340)包含一用以離心去除澱粉之氣旋。因為澱粉顆粒密度高於清洗後萃取液(1322)中之其他大部分水溶性分子，旋轉氣旋(1340)可使比水重之澱粉顆粒在氣旋牆從萃取液(1322)中分離，而後澱粉顆粒以糊狀或漿狀(1336)被引出氣旋。去澱粉的清洗後萃取液(1334)繼而離開氣旋(1340)，進入至少一前驅物去除單元(1350)。雖然上述澱粉去除單元(1340)之較佳實施例係使用氣旋，但亦可能使用其他設備及方式去除澱粉。例如，也可藉由過濾、批次沉澱或凝聚作用去除澱粉。然若在萃取單元(1320)前澱粉已由未處理洋芋供給(1310)中去除，則澱粉去除單元(1340)非為必要。

在第三作業單元中，去澱粉的清洗後萃取液(1334)進入至少一前驅物去除單元(1350)，在此去除丙烯醯胺前驅物。一實施例中，每一前驅物去除單元(1350)可為一充填塔或檔板塔式樹脂桶，例如一含有吸附原料之離子交換樹脂桶，該吸附原料選擇性地與欲去除的特定丙烯醯胺前驅物結合。在一實施例中，天門冬素為欲去除的主要前驅物，因此每一樹脂桶包含一固定化酵素，如天冬醯胺酶。

在一實施例中，前驅物去除單元(1350)係其中具有天冬醯胺酶包覆樹脂或一可與該天門冬素結合以選擇性從溶液中去除天門冬素之樹脂之桶。在一實施例中，當去澱粉的清洗後萃取液(1334)與該樹脂接觸，萃取液中的天門冬素與該樹脂反應並轉換為氨與天門冬胺酸。

在一實施例中，去澱粉的清洗後萃取液(1334)由每一桶的頂端注入並向下滲出，迂迴向底端前進。在一實施例中，當該去澱粉的清洗後萃取液(1334)接觸該樹脂，該樹脂選擇性地去除天門冬素。在以上任一實施例，去澱粉的清洗後萃取液(1334)皆在歷經到達樹脂桶底端的時間後大量去除其中的天門冬素。在此所述，所謂大量去除意指至少 50%天門冬素濃度從去澱粉的清洗後萃取液(1334)去除。而後由樹脂桶底端取出天門冬素缺乏洋芋萃取液(1380)並回收至萃取單元(1320)供下一輪溶濾之用。可使用複數樹脂桶以進一步降低去澱粉的清洗後萃取液(1334)中的天門冬素濃度。此外，可將兩個或更多樹脂桶或一系列樹脂桶並行排列，以便在不影響連續溶濾程序(1300)的情況下，使一個或一組樹脂桶暫時脫離作業線進行再生。

圖十三 b 說明用以選擇性去除溶液中天門冬素樹脂桶的再生程序。當某一桶中天門冬素去除物質已飽含天門冬素時，將該桶脫離作業線，並將去澱粉的清洗後萃取液(1334)導入其他仍在線上的桶中。將再生溶液(1360)送入飽和的桶(1350)中以將天門冬素由樹脂表面釋放。將滿載天門冬素的再生溶液(1362)倒出桶(1350)後可逕行棄置或可進一步加工脫去天門冬素並回收為再生溶液(1360)。當桶中大多數天門冬素皆已剝離，便不再對該桶注入再生溶液(1360)。而後可使用少量去澱粉的清洗後萃取液(1334)沖洗殘留在桶中的再生溶液。此時，再生作業即告完成，該桶即可置回第十三 a 圖所示之溶濾加工(1300)作業線中。

另一實施例中，該萃取作業單元(1320)可分為兩項分離作業。其一係為清洗步驟，此清洗步驟類似第二圖所示前案之清洗步驟(23)。該清洗步驟

係用水去除洋芋切片表面多餘澱粉。如此清洗後之洋芋切片可進入可接著進入萃取單元(1320)，接受前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)之處理，該前驅物缺乏洋芋萃取液(1380)以包含相當之澱粉含量，以避免由洋芋切片提取更多澱粉。在此實施例中，澱粉去除作業單元(1340)可不同於第十三 a 圖，係另以一分離之作業線進行。

第十四圖繪示本發明一實施例，其中使用一非選擇性的溶濾系統(1400)以清洗洋芋切片並去除天門冬素。此一非選擇性的溶濾系統(1400)包含四項主要作業單元：1) 萃取單元(1420)非選擇性地從一洋芋供給流(1410)中將包含天門冬素之水溶性化合物溶濾入一前驅物缺乏萃取液(1460)；2) 澱粉去除單元(1440)，去除清洗後萃取液(1462)之多餘澱粉(1466)；3) 至少一天門冬素去除單元(1450)，從該去澱粉的清洗後萃取液(1464)中去除天門冬素；以及 4) 吸附/補充單元(1480)，對處理後洋芋(1412)補充部分先前溶濾出之水溶性化合物。

第十四圖所示之萃取單元(1420)、澱粉去除單元(1440)與天門冬素去除單元(1450)係與前述第十三 a 圖之萃取單元(1320)、澱粉去除單元(1340)與天門冬素去除單元(1350)相仿。然而，不同於第十三 a 圖選擇性的溶濾系統(1300)，第十四圖所示之非選擇性溶濾系統(1400)並非以洋芋萃取液溶濾萃取單元(1420)中之未處理洋芋供給(1410)。進入萃取單元(1420)之連續未處理洋芋供給流(1410)係以純水(蒸餾、去離子、逆滲透處理)做為前驅物缺乏萃取液(1460)進行溶濾。此外，綜觀整體流程應可了解，離開最後作業單元(1480)的使用過萃取液(1472)可逕行棄置而不需回收至萃取單元(1420)。

然而，使用過萃取液(1472)亦可視需要回收。

於本非選擇性溶濾系統(1400)之第一作業單元，包含丙烯醯胺前驅物天門冬素的連續生洋芋供給流(「未處理洋芋」)(1410)由萃取單元(1420)之一端進入，流向另一端，而一前驅物缺乏萃取液(1460)以相對方向流入該萃取單元(1420)，與該未處理洋芋(1410)形成逆流。前驅物缺乏萃取液(1460)通常包含純水，但也可包含由吸附/補充單元(1480)流出的使用過萃取液(1472)，或也可為純水與使用過萃取液(1472)之混合。

與第十三 a 圖萃取單元(1320)中僅由洋芋供給(1310)中濾出天門冬素與澱粉分子的情況有所不同，第十四圖之萃取單元(1420)非選擇性地將未處理洋芋供給(1410)中所有水溶性化合物濾出。因為前驅物缺乏萃取液(1460)僅包含少量或不含未處理洋芋供給(1410)中之水溶性化合物，例如還原糖與非還原糖、澱粉與天門冬素等，未處理洋芋供給(1410)與前驅物缺乏萃取液(1460)間之濃度梯度促使未處理洋芋供給(1410)中之水溶性化合物溶解於前驅物缺乏萃取液(1460)中。經清洗溶濾後的洋芋(1412)離開萃取單元(1420)並進入吸附/補充單元(1480)，而清洗後萃取液(1462)離開萃取單元(1420)後則進入澱粉去除單元(1440)。

在本非選擇性溶濾系統(1400)的第二作業單元中，包含澱粉、天門冬素、還原糖與非還原糖，以及其他水溶性化合物的清洗後萃取液(1462)進入澱粉去除單元(1440)。此單元與第十三 a 圖所示之澱粉去除單元(1340)基本上具有相同結構與運作方式。澱粉去除單元(1440)將澱粉顆粒由清洗後萃取液(1462)中去除，澱粉呈糊狀或漿狀(1466)排出澱粉去除單元(1440)。去澱

粉的清洗後萃取液(1464)離開澱粉去除單元(1440)並進入至少一個前驅物去除單元(1450)。

本非選擇性溶濾系統(1400)的第三作業單元中，至少一前驅物去除單元(1450)以如第十三 a 圖所示之前驅物去除單元(1350)相同方式去除天門冬素。同樣地，若有必要，第十四圖中每一前驅物去除單元(1450)可使用第十三 a 圖所示之前驅物去除單元(1350)相同方式再生。當天門冬素由去澱粉的清洗後萃取液(1464)中去除後，結果的前驅物缺乏萃取液(1470)由前驅物去除單元(1450)輸出，進入吸附/補充單元(1480)。

本非選擇性溶濾系統(1400)的第四作業單元將之前溶濾的水溶性化合物送返處理後洋芋(1412)。所使用的吸附/補充單元(1480)可為第十三 a 圖所示萃取單元(1320)之實施例中所敘及的任一種設備。例如，吸附/補充單元(1480)可包含螺旋式萃取機、清洗槽式萃取機或鮑曼式(Bollman-type)濾出萃取機。雖然此等機器通常用於將固體中溶質提取至溶濾溶液中，但亦可以反向操作；亦即，將溶質由溶解中取出，擴散入固體內。此等設備僅為提升固體與液相之傳質。例如，吸附/補充單元(1480)之一實施例包含一螺旋式萃取機。由萃取單元(1420)產生的處理後洋芋(1412)進入螺旋式萃取機(1480)之一端，遭遇對向流入前驅物缺乏補充萃取液 1470。因為進入的前驅物缺乏補充萃取液(1470)具有相對較高的水溶性化合物(主要為糖)濃度，而處理後洋芋(1412)具有相對較低的水溶性化合物濃度，所以水溶性化合物由前驅物缺乏補充萃取液(1470)擴散出來，回到處理後洋芋(1412)中。因此，處理後洋芋(1412)中的水溶性溶質濃度隨著其通過吸附/補充單元(1480)而增

加，同時前驅物缺乏補充萃取液(1470)中的水溶性化溶質濃度則隨著其通過吸附/補充單元 1480 而降低。離開吸附/補充單元(1480)的使用過萃取液(1472)可逕行棄置或可回收為萃取單元(1420)中前驅物缺乏萃取液(1460)之一部分。離開吸附/補充單元(1480)的補充後洋芋(1414)其水溶性溶質含量較處理後洋芋(1412)為高，但較未處理洋芋(1410)為低。

若使用過萃取液(1472)回收為萃取單元(1420)中的前驅物缺乏萃取液(1460)，本非選擇性溶濾系統將隨使用時間，逐漸趨近第十三 a 圖中選擇性溶濾系統之運作方式。在穩定狀態下，前驅物缺乏萃取液(1460)中除天門冬素與澱粉外之水溶性物質濃度會逐漸增加，而使較少物質從洋芋供給(1410)中溶濾出來。在穩定狀態下，僅有天門冬素與澱粉由洋芋供給(1420)中濾出而進入前驅物缺乏萃取液(1460)，因而不需要吸附/補充單元(1480)。是以，本發明之另一實施例係在開始階段使用非選擇性溶濾系統，回收使用過萃取液(1472)做為萃取單元(1420)中之前驅物缺乏萃取液(1460)，當到達穩定狀態後，略去吸附/補充單元(1480)，而將該非選擇性溶濾系統 (1400) 轉換為如十三 a 圖所示的選擇性溶濾系統(1300)。本實施例可使開始階段中由未處理洋芋(1310)(1410)不當溶濾出的溶質(如糖)達到最小化。本實施例亦減少開始階段中因所保留溶質含量過低而必須棄置的處理後洋芋(1312)(1412)數量。

在一實施例中，前驅物的去除係經延長漂白步驟進行溶濾，該漂白步驟係將整顆或切片洋芋浸泡於約 100°F 至 150°F 或更理想的是 120°F 至 150°F 的熱水 1460 中約 1-5 分鐘，或更理想的是 3-5 分鐘。溫度與時間的關

係十分重要，因為較低溫度無法去除足量的前驅物，但過高的溫度會將所有化合物快速去除。一實施例中，以具有一或多種溶質添加劑之溶液漂白洋芋切片，其中該一或多種溶質可為，但不限於，如葡萄糖或果糖等糖類。根據本發明一實施例，漂白步驟去除天門冬素的效果使丙烯醯胺形成減少95%。包含漂白步驟中溶濾化合物的去澱粉清洗後萃取液(1464)而後經冷卻以防止酵素失去活性，並與酵素天冬醯胺酶混合 5 到 20 分鐘，混合的天冬醯胺酶濃度為每 1.4 公升溶液含 500 到 100,000 單位，或更佳為 3000 到 100,000 單位之天冬醯胺酶。一實施例中，去澱粉的清洗後萃取液(1464)冷卻至約 70°C (158°F)以防止天冬醯胺酶遭到破壞。一實施例中，溶液冷卻至介於室溫與約 100°F 之間。天冬醯胺酶從去澱粉的清洗後萃取液(1464)中去除大部分天門冬素。接著，一實施例中，使用酵素處理的前驅物缺乏補充萃取液(1470)對漂白處理切片(1412)補充溶質，對切片注入不含天門冬素的其他化合物，而製成補充後洋芋(1414)。發生於吸附/補充單元(1480)的注入步驟可涉及各種溫度與時間安排，也可能在加壓或真空下進行。處理後之切片經由一般油炸溫度與時間油炸以製成洋芋片。

以十三項不同溫度與時間組合的實驗分析延長漂白步驟中天門冬素由洋芋切片溶濾而出的情形。一些實施例中，觀察不同送返溶濾糖的浸泡時間觀察對天門冬素溶濾的影響。結果如下表 3 所示。

			溶濾
			水
			天門

		冬素*	冬素	冬素*
	實驗條件	ppm	減少	ppm
1	對照組 - 室溫浸泡 2 分鐘	2902		20
2	140 °F 浸泡 15 分鐘	1353	53.4	103
3	140 °F 浸泡 30 分鐘	409	85.9	104
4	140 °F 浸泡 60 分鐘	92	96.8	148
5	0.02% 葡萄糖/果糖. 清洗中 140 °F 浸泡 15 分鐘	487	83.2	159
6	0.02% 葡萄糖/果糖. 清洗中 140 °F 浸泡 30 分鐘	385	86.8	137
7	0.02% 葡萄糖/果糖. 清洗中 140 °F 浸泡 60 分鐘	114	96.1	166
8	140 °F 浸泡 15 分鐘/ 95 °F 浸 泡 15 分鐘	440	84.8	119
9	140 °F 浸泡 15 分鐘/ 95 °F 浸 泡 30 分鐘	108	96.3	174
10	140 °F 浸泡 15 分鐘/ 95 °F 浸 泡 60 分鐘	117	96	167

11	140 °F 浸泡 15 分鐘/冷水洗至 95°F，加 10,000 單位酵素/混合 10 分鐘/浸泡切片 15 分	7	99.8	150
12	140 °F 浸泡 15 分鐘/冷水洗至 95°F，加 10,000 單位酵素/混合 10 分鐘/浸泡切片 30 分	9	99.7	0
13	140 °F 浸泡 15 分鐘/冷水洗至 95°F，加 10,000 單位酵素/混合 10 分鐘/浸泡切片 60 分	17	99.4	0
* 2 樣本平均				

表 3: 漂白洋芋切片之天門冬素減少

以上每一實驗中，200 公克洋芋去皮切為 0.053 英吋薄片，浸泡於 5 公升水中，之後各以不同浸泡條件溶濾天門冬素。實驗後，對洋芋切片與溶濾水進行天門冬素檢測。實驗 1 為對照組，200 公克洋芋去皮切為 0.053 英吋薄片，而後浸泡於 5 公升室溫(約 70 °F)純水中兩分鐘。兩次檢測平均之天門冬素濃度為 2,902 ppm，而溶濾水中則含有 20 ppm 天門冬素。如實驗 2-4 指出，較長浸泡時間在浸泡或溶濾洋芋切片中產生較大的天門冬素降低效果，而溶濾水中測得較高的天門冬素濃度。如實驗 5-7 所示，將洋芋切

片浸泡於含有 0.02%還原糖的溶液中，比浸泡於相同條件之純水中展現較大(實驗 5 高於實驗 2)或相仿(以實驗 3 與 6 以及實驗 4 與 7 相比)的洋芋切片天門冬素降低效果。此一發現的重要性在於其證實選擇性溶濾比非選擇性溶濾的效果更佳。

實驗 8-10 指出，相較於實驗 2-4 的單一浸泡步驟，外加之降低溫度純水浸泡步驟產生較大的天門冬素降低。實驗 11-13 中，第一浸泡步驟以 140°F 水進行，而後在桶子周圍放置冰塊，將水冷卻至 95°F 以防止酵素失去活性。接著加入 10,000 單位天冬醯胺酶，混合 10 分鐘，結果的洋芋切片產生超過 99%的天門冬素降低。此外，當最後浸泡為 30 分鐘或以上時，如實驗 12 與 13 所示，溶濾水中未測得天門冬素。

第十五圖為在去澱粉的清洗後萃取液(1574)中添加入酵素(1555)以做為丙烯醯胺前驅物缺乏溶液(1580)之系統與方法概要圖。將具有一原生天門冬素濃度之生食物或未處理洋芋切片(1510)置入丙烯醯胺前驅物缺乏溶液(1580)，以優先溶濾未處理洋芋切片(1510)中之丙烯醯胺前驅物，俾使生食物切片具有一較原生天門冬素濃度為低的天門冬素濃度，而後將處理後之食物片(1510)自萃取單元(1520)中取出。如第十五圖的溶濾系統(1500)所說明，可將清洗階段改為包含一將丙烯醯胺前驅物由連續洋芋供給(1510)中溶濾而出的連續加工步驟。

一實施例中，使用五項主要作業單元清洗洋芋並選擇性提取主要前驅物，天門冬素：1)一攪拌器(1530)，用以製作洋芋萃取液 1532；2) 澱粉去除單元(1540)，去除多餘澱粉與洋芋固形物(1546)；3)至少一天門冬素去除

單元(1550)，由去澱粉的清洗後洋芋萃取液(1534)中去除天門冬素，該天門冬素去除單元(1550)後經回收(回收為天門冬素缺乏萃取液(1552))以持續清洗溶濾未處理洋芋供給(1510)； 4)至少一反應產物去除單元(1560)，用以避免如氫或天門冬胺酸等反應產物的堆積，前述之氫或天門冬胺酸係天門冬素與天冬醯胺酶在前驅物去除單元(1550)中反應之產物；以及 5) 萃取單元(1520)，將未處理洋芋供給流(1510)中之天門冬素溶濾至一天門冬素缺乏洋芋萃取液(1580)。

第一作業單元中，將生去皮切片洋芋(1514)與水(1516)加入攪拌器(1530)製成洋芋漿或洋芋萃取液(1532)。在涉及天門冬素選擇性溶濾的實施例中，萃取液濃度(天門冬素、多餘澱粉與雜質除外)應與未處理洋芋供給(1510)之對應濃度相當，以將可能在溶濾中使應保留可溶物質汲引出未處理洋芋供給(1510)之濃度梯度最小化。因此，於一實施例中，若洋芋切片未先經清洗，僅有兩種主要濃度梯度應存在於進入萃取單元(1520)的未處理洋芋供給(1510)與天門冬素缺乏溶液(1580)之間：其一為將天門冬素由未處理洋芋供給(1510)濾出至天門冬素缺乏溶液(1580)者，其二為將澱粉由未處理洋芋供給(1510)濾出至天門冬素缺乏溶液(1580)者。用於製作萃取液(1532)之水量應盡量減低。一實施例中，萃取液中每 1.4 公升水包含約 300 公克至約 1,000 公克洋芋。另一實施例中，每 1.4 公升水包含約 500 至約 100,000 單位的天冬醯胺酶。此外，使用加熱的天門冬素缺乏萃取液(1580)有助提升效果。因為天門冬素於水中可溶性係隨溫度增加，較高的清洗/溶濾溫度可增加天門冬素溶濾於固定流速萃取液中的溶濾量。例如，可使用溫度介於

100°F 至約 150°F 的溶濾溶液。

參閱第十五圖，天門冬素缺乏萃取液(1580)在萃取單元(1520)中與未處理洋芋(1510)接觸，而使天門冬素與澱粉溶濾於天門冬素缺乏萃取液(1580)中。如上文所述之圖十三 a 中相同萃取單元亦可用於第十五圖之實施例。

由萃取單元(1520)輸出的清洗後萃取液(1522)可輸送至澱粉去除單元(1540)。如上文所述之圖十三 a 中相同澱粉去除單元亦可用於第十五圖之實施例。

下一作業單元中，去澱粉的清洗後萃取液(1534)進入至少一前驅物去除單元(1550)，在此去除丙烯醯胺前驅物。

前驅物去除單元(1550)包含一或多個天冬醯胺酶(1555)注射埠。在一實施例中，前驅物去除單元(1550)包含一連續混合器。應加入足量的天冬醯胺酶，以使天門冬素缺乏萃取液排出流(1522)中的天門冬素含量與去澱粉的清洗後洋芋萃取液(1534)中的天門冬素含量相較，降低約 50%，或更理想地，降低約 90%。

天門冬素缺乏萃取液排出流(1522)含有天冬醯胺酶與天門冬素的反應產物，亦即氨與天門冬胺酸。可在進入萃取單元(1520)前以連續加工去除部份或全部反應產物，以維持適當的天門冬素優先溶濾力或選擇溶濾力並最小化任何可能由上述反應產物對造成離開萃取單元(1520)時的處理後洋芋(1512)在品質或特質上的副作用。可單獨或結合數種技術降低進入萃取單元(1520)之天門冬素缺乏萃取液(1580)中反應產物的濃度。

一實施例中，一數量(1558)之天門冬素缺乏萃取液排出流(1552)從溶

濾系統(1550)匯入廢水流。一實施例中，進入溶濾系統(1550)的洋芋萃取液(1532)補充流與該天門冬素缺乏萃取液排出溶濾系統(1550)的數量(1558)成比例或相等。

一實施例中，天門冬素缺乏萃取液排出流(1552)分為一繞行流(1556)與一導向一或多個反應產物去除單元之分離流(1554)。一實施例中，氮去除單元(1560)優先由該天門冬素缺乏分離流(1554)中去除氮(1562)。該分離流(1554)可包含約 0%至約 100%天門冬素缺乏萃取液排出流(1552)流量。該分離流(1554)可設定為間歇運作以使所有天門冬素缺乏萃取液排出流(1552)以選定之時間導向一或多個反應產物去除單元(1560)。例如，溶濾系統(1500)每操作一小時，將天門冬素缺乏分離流(1554)連續或間歇操作 30 分鐘，以處理全部或部分部份天門冬素缺乏萃取液排出流(1552)。

在一實施例中，氮去除單元(1560)可藉由使用單一或結合多種氮去除方式去除氮。氮去除方式可選自加熱液體、降低液體壓力、注入空氣、蒸氣或氮等氣體、調整液體酸鹼值與使用離子交換樹脂以選擇性地去除氮。

水溶液中的氮以下述等式之型態呈現：



由水溶液去除氮的技術通常為重獲(NH₄)離子或(NH₃)之氣體形式。因為以上系統為均態，去除氮的氣體型態將導致更多離子型態轉為氣體，藉此將上式之反應導向右側。氣態氮在基本條件下亦較理想，因為氮的離子形式會試著成立等式。因為熱會將溶液中的氮氣揮發，加熱的氮溶液也會使以上反應導向右側。頂空中任何氣態氮也會對溶液中的氮氣產生影響。利用例

如真空或其他去壓力化方法也有助揮發溶液中之氨氣，去除頂空中之氨氣，將反應導向右側。只要顧及食品安全，亦可藉由其他方法去除氨，如美國專利第 6,838,069 號所揭示。例如，可將氨與一氫氧化物之固體吸收物接觸，將氨載於該吸收物上，再將該吸收物以弱酸再生。在一實施例中，氨去除單元(1560)可包含兩個單元，其一為再生功能而另一為氨去除功能。

在一實施例中，一天門冬胺酸去除單元(1570)可藉單獨使用一種或結合多種天門冬胺酸去除方法去除天門冬胺酸(1572)。天門冬胺酸去除方法可選自利用離子交換樹脂以選擇性去除天門冬胺酸、使用超濾膜過濾、電泳法與調整液體酸鹼值。

氨去除單元(1560)與天門冬胺酸去除單元(1570)中之離子交換樹脂可以填充床方式使用。或者，離子交換樹脂可以使用於一批次連續作業，將樹脂放入大桶，與分離流(1554)混合，使樹脂吸附反應前驅物，之後樹脂可取出再生。

在一實施例中，降低分離流(1554)的酸鹼值以沉澱天門冬胺酸。而後以離心機、旋流、過濾或以其他方式去除沉澱。在一實施例中，將酸鹼值調整至約 4 至約 6，或更理想的是調整到介於 4.5 和約 5.5 之間。可單獨使用超濾膜或將之結合酸鹼值調整以濾除天門冬胺酸。結果之淨化前驅物缺乏洋芋萃取液(1574)導向氨去除單元(1560)及/或天門冬胺酸去除單元(1570)，該淨化前驅物缺乏洋芋萃取液(1574)較天門冬素缺乏萃取排出流(1552)中含較少反應產物或副產物(如較少氨及/或天門冬氨酸)。淨化前驅物缺乏洋芋萃取液(1574)可與繞行流(1556)混合，成為天門冬素缺乏洋芋萃取液(1580)。

接著，含有丙烯醯胺前驅物的去皮切片洋芋(「未處理洋芋」)(1510)進入萃取單元(1520)，以類似第二圖所示之前案清洗步驟(23)，使洋芋接觸一前驅物缺乏洋芋萃取液(1580)。天門冬素缺乏洋芋萃取液 (1580)為一流體，其中含有除了需從未處理洋芋(1050)中去除的丙烯醯胺前驅物之外的所有水溶性洋芋成分。因此，在本實施例之穩定狀態，天門冬素缺乏洋芋萃取液(1580)為包含除天門冬素之外所有水溶性洋芋固體與成分之水溶液或懸浮液。洋芋萃取液通常包含如還原糖與非還原糖、澱粉與各種胺基酸等水溶性成分。在穩定狀態，天門冬素缺乏萃取液(1580)中除澱粉與天門冬素之外水溶性成分之濃度應與未處理洋芋(1510)中之對應水溶性成分濃度相等或接近。當運用各種作業單元的參數效果時，如第十三與第十四圖所示，應注意的一點是此等調整多少會對成品的品質與特性產生副作用。對任一作業單元進行的任何調整必須謹慎選擇以使成品的產品特性達到理想的範圍，此等特質包含成品的色澤、風味、口感、密度、氣味，與保存期限。

第五圖以另一觀點說明作業單元，並顯示在烹煮階段降低洋芋片溼度之效果。參閱第二圖，烹煮步驟(24) 通常為一以連續油炸機以高溫烹煮切片洋芋之作業單元。回到第五圖，圖中的水平軸或稱 X 軸為成品洋芋片的溼度。垂直軸或 Y 軸代表丙烯醯胺的 ppb 值。若干資料點顯示溼度百分比與成品丙烯醯胺含量的關係。使用兩種油炸溫度，菱形代表約 178°C (353°F) 之油炸溫度，而方形代表約 149°C (300°F) 之油炸溫度。線圖(51)(52)係對應資料點以顯示變化趨勢。線圖(51)(52)係依循以下通式： $y = c x^b$ ，其中 y 代表丙烯醯胺含量，c 代表常數，x 為溼度，而 b 為 x 的指數。第一線段(51)

為 149°C (300°F) 油炸溫度的資料點。第二線(52)為 178°C (353°F) 油炸溫度的資料點。如第五圖所示，不論油溫如何，丙烯醯胺含量在洋芋片溼度為約 3% 重量比以上時保持在相當低的程度。

第五圖顯示油炸洋芋切片中丙烯醯胺含量與溼度的關係，而第六圖繪示以乾混合物製成的烘焙洋芋片產品之相同關係。第六圖中垂直軸為丙烯醯胺濃度，水平軸為溼度之重量比。當丙烯醯胺濃度在烘焙洋芋片中傾向較油炸洋芋片為高時，第五圖與第六圖皆顯示丙烯醯胺含量維持在相當低的範圍，直到溼度低於 3%。

第五圖與第六圖說明當溼度低於 3% 重量比時，以傳統油炸方式製作的洋芋片中產生戲劇性的丙烯醯胺含量增加，此一時點似因為剩餘的溼度不足以將產品溫度保持於丙烯醯胺形成溫度之下。例如，第五圖說明當洋芋片在烹煮作業單元之油炸中溼度在 3% 或以上時，不論是否暴露於高溫烹煮環境中，成品中丙烯醯胺含量相對較低。第五圖與第六圖證實溼度為作業單元中有效之增加參數，可加以調整以降低成品中的丙烯醯胺。

但與此相左的是，成品洋芋片的理想溼度為 2% 以下，而以 1.3% 至 1.4% 之間更為理想。只要溼度高於 2%，甚至只要高於 1.4%，便會引發腐壞或微生物分解的問題，亦會在如味道、質地等感官上造成影響。然而，成品色澤、風味與硬度的變化可透過許多方式加以調整。此外，可藉由調整包裝步驟前的各種因素，如延長油炸機罩、覆蓋到包裝機的輸送帶、植物環境的去濕與各種包裝因素，如包裝材料、薄膜、袋子與封口等，從而應對成品高濕度的問題。因此，根據本發明之另一實施例，一外加作業單

元，包含產品在最後烹煮步驟到達一溼度，如約 1.4%重量比、1.6%重量比、1.8%重量比與約 2%重量比或介於 1.4%與 2%間任何溼度重量比時，即完成產品製作。

然而，需注意其他洋芋片產品即使在相對高濕度下，亦已證實形成顯著的丙烯醯胺含量。例如，雖然薯條之成品溼度含量通常為 15%重量比，但在烹煮階段亦會產生大量丙烯醯胺。這說明烹製產品的溫度(尤其是表面溫度)對丙烯醯胺形成的影響大於整體溼度造成的影響。事實上，研究顯示在必要反應物暴露於約 250°F / 120°C 之前，並不會產生顯著的丙烯醯胺含量。因此含有丙烯醯胺前驅物的洋芋產品在烹煮時，似乎直到產品溫度升高至約 120°C (250°F)，才會明顯形成丙烯醯胺。然而，此等產品的溼度可為產品溫度是否超過丙烯醯胺形成溫度的理想指標。

習知此技藝人士已有推論，即使在相對高溫的環境中，產品中溼度亦有助將產品內部溫度保持在丙烯醯胺形成溫度之下。然而，當大部分溼度去除時，高溫環境會導致產品溫度升高至超過丙烯醯胺形成溫度。烹煮產品內部各處的溫度可能有所不同。以薯條為例，其與洋芋切片相較顯然厚得多，因此其內外部的溼度梯度相對較大。因此，即使其內部濕度較高，薯條表面仍可能在烹煮中達到較高的溫度。反之，洋芋切片較薄，在烹煮中傾向內外一致的溼度。因此，至少就薄片產品如洋芋切片或組成洋芋切片而言，溼度仍為內部溫度的理想指標。此點在以玉米、大麥、裸麥、米、燕麥、黍與其他澱粉基礎穀類等製成的非洋芋產品中亦可成立。此外，連續烹煮設備可設計為提供不同溫度階段以漸進式地使溫度由高至低，對應

烹煮產品中的溼度降低，俾使溼度在快速降低的同時不會使產品溫度高於丙烯醯胺形成溫度。

因此，本發明之一實施例中，將烹煮作業單元(第二圖中第四作業單元(24))分為至少兩項分離加熱步驟。第一加熱步驟以升高溫度將溼度降低到接近但不低於 3%之重量百分比。之後以低於 120°C (250°F)之較低溫度使溼度達到 1-2%重量比之溼度，較佳為 1.4%重量比，因而完成產品烹煮步驟。然而，在此敘述的程序調整並不限於如第二圖所示烹製洋芋切片之前案程序。此等步驟調整亦可運用於製作取自洋芋、玉米、小麥、裸麥、米、燕麥、黍與其他澱粉基礎穀類之組成產品。例如，此等步驟調整可用於降低組成洋芋與玉米產品、早餐穀片、硬椒鹽餅、麵包等等中的丙烯醯胺。「調整烹煮步驟」與「調整烹煮作業單元」不僅包含第二圖所示的前案烹煮洋芋切片方式，亦包含前案備置其他應降低其中丙烯醯胺含量食品的方法。此外，「取自洋芋」一詞包含生洋芋切片與取自洋芋澱粉或麵團的組成洋芋片。

每一加熱步驟可使用不同加熱方式完成。例如，第一加熱步驟可包含大氣下油炸、真空油炸、微波輔助油炸與烘焙。然而，第一加熱步驟，或可包含任何以生產效率為主要考量的其他烹煮產品並降低其溼度的方法，其中處理時間、能源成本、設備費用與空間需求均需加以考量。第一加熱步驟僅部份烹煮產品至其溼度降低至接近但不低於 3%重量比的溼度，因此通常稱為「部分油炸」(par-frying)。第二加熱階段可包含真空油炸、低溫烘箱乾燥或任何可達此階段所需烹煮溫度的方法。然而，其他方式以可使用以

降低溼度同時避免可能形成丙烯醯胺的低濕高溫條件，而將產品溫度維持在丙烯醯胺形成溫度以下，亦即 120°C (250°F) 以下。第二加熱階段通常稱為「完成油炸」或「完成乾燥」，此時溼度進一步降低至成品所需的程度。

藉由調整第二圖所示的洋芋片製作加工方式中之清洗步驟(23)及/或烹煮步驟(24)，成品中的丙烯醯胺含量可大幅降低卻不對產品品質與成品特性造成不利影響。在一較佳實施例中，使用新鮮洋芋切片製作洋芋片的加工法結合傳統的去皮、切片、清洗步驟與調整過的烹煮作業單元。該烹煮作業單元係以 165 至 182°C(330-360°F) 油炸 1-3 分鐘，繼而採用低於 120°C (250°F) 的烘箱乾燥，直到洋芋溼度降低至約 1.4% 重量比。測試此實施例之產品，丙烯醯胺含量降低至 130 ppb 以下。本實施例在高丙烯醯胺降低效果與產品品質中達到平衡，降低丙烯醯胺的同時亦兼顧必要步驟調整對產品品質造成的影響保持在可接受的範圍。然而，其他實施例的變化亦為可能。第七 a、七 b 與八圖說明結合清洗調整與烹煮調整的不同範例，其中清洗步驟包含水溶液接觸處理，而烹煮步驟則將前案方式可能產生的丙烯醯胺含量降低。例如，最終丙烯醯胺含量可由 300 ppb 以上降低至 100 ppb 以下。雖然第七 a、七 b 與八圖的實施例係以處理生洋芋切片為說明，其中經調整的清洗方式也可應用於其他以降低其中丙烯醯胺含量為佳的生食物，如甘藷、蕃薯與大蕉等。同樣的，此等實施例中烹煮步驟的調整亦可應用於其他油炸食物產品，如油炸玉米片、油炸蕉片、油炸甘藷與油炸蕃薯等。

雖然第七 a 圖繪示以結合數種不同清洗與烹煮調整之實施例所製成的

洋芋片中丙烯醯胺含量。第七 a 圖的調整油炸步驟包含在第一加熱步驟時將洋芋切片以約 178°C (353°F)將部分油炸 1-3 分鐘，而後於第二加熱步驟中以 120°C (250°F)烘箱將洋芋切片乾燥至其溼度為約 1.3%重量比。先採用部分油炸而後以烘箱乾燥的優點為可避免丙烯醯胺形成所需的低濕高溫條件，同時使成品在食用感官上與傳統油炸產品相仿。然而，過度烘箱乾燥會造成過乾口感以及難以補救的產品褐化。

第七 a 圖的垂直軸，亦即 Y 軸，顯示丙烯醯胺濃度 ppb 值，而垂直軸，亦即 X 軸，代表以水溶液處理洋芋切片之調整後清洗步驟的每一實施例參數。每一資料點顯示一組垂直條柱：左側者為清洗與部分油炸後之丙烯醯胺濃度，而右側者為烘箱乾燥後之丙烯醯胺濃度。由左至右，第七 a 圖的第一資料點(71)，如第三、四圖之第一資料點，為大氣壓力下水洗 2-3 分鐘並在大氣壓力下油炸至約 1.3%溼度重量比的基準樣本。第二資料點(72)與第一組相仿，但油炸至 1%溼度。第一、二組樣本(71)(72)各自產生 320 ppb 與 630 ppb 的丙烯醯胺。第三資料點(73)同樣經 2-3 分鐘大氣壓力下水洗，但其後經部分油炸至 3%重量比以上，再經烘箱乾燥至 1.3%溼度。左右條柱顯示部分油炸後的樣本中丙烯醯胺相對較低，為 65 ppb，而在烘箱乾燥後僅增加 15 ppb。第四資料點(74)則以 60°C (140°F)之含水之水溶液處理洋芋切片 5 分鐘，接著進行調整後烹煮作業單中的部分油炸與烘箱乾燥步驟。上述 5 分鐘 60°C (140°F)的溶液處理與部分油炸及烘箱乾燥的結合使成品中丙烯醯胺進一步降低至 40 ppb 以下。

以氯化鈣溶液處理的樣本(75)(76)(77)產生的丙烯醯胺均高於以 60°C

(140°F)純水處理 5 分鐘的樣本(74)。然而，所有樣本的最終丙烯醯胺仍皆低於 80 ppb，相較於基準樣本呈現大幅的降低。

最後一個資料點(78)則採用包含 1%半胱胺酸的水溶液清洗 15 分鐘。而本方法產生第七 a 圖所示的數種清洗方式最低的丙烯醯胺含量。然而，此一清洗方法需要的處理時間也是第七 a 圖各組中最長的。雖然使用 1%半胱胺酸可達成最低的最終產品丙烯醯胺含量，其他因素也須加以考慮，例如如此長時間處理對產品品質的影響與增加作業時間產生的成本。

第七 b 圖顯示第七 a 圖中以圖表顯示最後六個丙烯醯胺較低的資料點(73)(74)(75)(76)(77)(78)。

第八圖係將第七 b 圖的結果標準化以說明若各樣本均油炸至略高於 3% 重量比溼度且以 120°C (250°F)烘箱乾燥至約 1.3%重量比標準溼度時，其中之丙烯醯胺含量。採用與第四圖所述之相同之方法進行丙烯醯胺濃度的標準化。將第八圖結果(83)(84)(88)與第四圖的(41)(43)(45)進行比較，可看出將烹煮作業單元分為第一階段的高溫加熱步驟與第二階段的低溫加熱步驟能夠顯著降低丙烯醯胺含量。第四圖顯示以傳統油炸方法達成 1.32%標準化溼度造成的丙烯醯胺含量為略高於約 100 ppb 至 400 ppb 以上。第 8 圖則顯示採用部分油炸與烘箱乾燥達到相同標準化溼度時，丙烯醯胺含量大幅降低至 100 ppb 以下。將第四圖中 54°C (130°F)/5 分鐘處理的資料點(43)以及第八圖中 60°C (140°F)/5 分鐘處理的資料點(84)與第四圖的基準資料點(41)相較，可證實將包括溶液處理步驟的清洗作業單元與烹煮作業單元結合使用可表現加乘的效果。如前文有關第四圖之敘述，將處理時間從 2-3 分鐘延

長至 5 分鐘，並使處理溫度從室溫提高至 54°C (130°F)，可使成品中丙烯醯胺從約 330 ppb 降低至約 230 ppb。第 8 圖之第二資料點(84)說明採用 4 分鐘約 60°C (140°F)之清洗步驟並繼之以部分油炸與烘箱乾燥之兩階段加熱可使最終丙烯醯胺含量進一步降低至低於約 40 ppb。

第九圖顯示使用超過約 120°C (250°F)的烘箱乾燥溫度造成最終丙烯醯胺量的大幅增加。第九圖中，測試樣本經溶液清洗後以第七 b 圖之方式部分油炸，但之後的烘箱乾燥溫度以約 176°C (350°F) 而非 120°C (250°F)進行。將測試樣本的最終丙烯醯胺濃度標準化以顯示 0.76%重量比溼度時的丙烯醯胺濃度期望值(此一重量比係基準點/標準 2-3 分鐘水洗方式之第一資料點的最終溼度含量)。例如，將第七 b 圖的第二資料點(74)與第九圖的第二資料點(94)相比，將烘箱溫度由約 120°C (250°F)提升至約 176°C (350°F)，造成丙烯醯胺含量由略低於 40 ppb 至約 270 ppb。此一烘箱乾燥溫度增加同樣造成其他測試樣本之丙烯醯胺從 100 ppb 大幅增加至逾 500 ppb。另一測試樣本(未示)先經洗去表面澱粉，以 176°C (350°F)部分油炸至 3-5%溼度重量比，而後於商用文格(Wenger)烘箱中以 132°C (270°F)乾燥至約 1.3%重量比之最終溼度，產生丙烯醯胺 270 ppb。第九圖的結果(93)(94)(95)(96)(97)(98)與 132°C (270°F)烘箱乾燥樣本的結果說明當溼度降低至約 3%重量比時，將產品烹煮及/或乾燥溫度保持於 120°C (250°F)以下的優點。本原則不僅適用於生洋芋切片，亦適用於其他生食品，例如蕃薯或大蕉，以及取自洋芋、玉米、大麥、小麥、裸麥、米、燕麥、黍和其他澱粉基礎穀類之組合食品。

第十圖為另一實施例之作業條件與結果，其中洋芋切片亦經清洗、部分

油炸與烘箱乾燥。對照組(101)以類似於第七 a 圖中基準樣本(71)(72)的方法加工。在約 20-30 秒室溫水洗後，短暫將洋芋切片與稀釋(3 – 5%)氯化鈉溶液接觸數秒，對照組(101) 為厚度 1.45mm 的赫密士(Hermes)去皮洋芋切片，先以約 179°C (354°F)的初始溫度部分油炸約 3 分鐘，使溼度降達到 1.4%重量比。對照組(101)之丙烯醯胺含量為 640 ppb，與第七 b 圖中基準樣本(72)之 630 ppb 相去不遠。測試樣本(102)以與對照組(101)相同方式進行清洗與溶液接觸處理。使用大型商用油炸機，將樣本(102)以約 174°C (345°F)油溫部分油炸約 3 分鐘，直到溼度降至 2.5%重量比。之後將部分油炸樣本(102)以約 110°C (230°F)之烘箱進行最終乾燥約 6 分鐘，直到溼度降至 1.4%重量比。以此方式烹煮的產品其丙烯醯胺降低至 160 ppb，約為對照樣本(101)的 25%。

在相似於第十圖的另一組實驗(未示)中，洋芋切片先經清洗，而後油炸至約 3-5%重量比，接著以烘箱乾燥至約 2%重量比溼度。對照組經清洗後以 179°C (354°F)油炸至約 1.3%重量比之成品溼度，其丙烯醯胺含量為 380 ppb。然而，以 179°C (354°F)油炸至約 3-5%溼度的部分油炸實驗樣本產生約 64 ppb 的丙烯醯胺含量。接著將部分油炸產品以商用文格(Wenger)烘箱以不同溫度乾燥。將以 115°C (240°F)炸油部分油炸的切片在烘箱中乾燥至 1.3%的最終溼度重量比，結果的丙烯醯胺含量為 125 ppb。有趣的是，以 100°C (212°F) 炸油在大氣下或在略低於大氣壓力(13.6 to 14.6 psia)下部分油炸的切片，即使油炸時間較長(甚至長達 10-15 分鐘)，卻不會造成丙烯醯胺含量增加。本實施例證實將洋芋切片以 179°C (354°F)部分油炸至 3-5%溼

度後約 100°C (212°F)的於大氣下或在略低於大氣壓力下乾燥，並不會在部分油炸中形成的丙烯醯胺含量上再行增加。將洋芋切片於 10%重量比溼度時結束部分油炸步驟，可進一步降低熟製產品中丙烯醯胺濃度，但過快結束第一階段加熱將對產品最終質地造成影響。然而，應注意，本方法並不限於生洋芋切片，而可應用於其他油炸食物產品，如薯條、炸蕉、炸甘藷與炸蕃薯等。繼部分油炸後以 100°C (212°F)烘箱乾燥的優點在於僅僅藉由調整烹煮作業單元即可將丙烯醯胺形成量由 300 ppb 大幅降低至 70 ppb，而不需更動標準去皮、切片與清洗步驟。

在涉及部分油炸與烘箱乾燥的實施例中，也可將烘箱乾燥於真空下進行，藉以提升乾燥效果。真空烘箱乾燥僅需較短時間即可將產品乾燥至理想的最終溼度。雖然已知接近 100°C (212°F)的烘箱乾燥不會造成丙烯醯胺增加，但使用此溫度必須費更多時間方能達成產品乾燥。因此，真空烘箱乾燥有助縮短乾燥所需時間。使用較高烘箱乾燥溫度將產品暴露於丙烯醯胺形成溫度亦有助縮短乾燥時間。

雖然第七 a、七 b、八及十圖說明結合一調整烹煮作業單元與若干不同調整清洗作業單元特定之實施例一實施例，須知其他組合方式亦為可能。例如，圖中所示各種接觸步驟可接續以不同烹煮作業單元。或者，可僅使用調整後烹煮作業單元而不調整其他任何作業單元，成為一種簡化的丙烯醯胺降低方法。在本發明另一組實施例中，烹煮作業單元之第二加熱步驟為真空完成油炸而非大氣壓力油炸。在真空油炸下，可將完成第一加熱階段的部分油炸或部分烹煮產品以一低於丙烯醯胺大量產生的溫度繼續油

炸。根據一實施例，真空壓力應使油炸溫度低於約 120°C (250°F)。此一真空油炸應也可應用於其嘎油炸食物產品，例如取自洋芋、墨西哥玉米粉、大麥、小麥、米、燕麥、黍與其他澱粉基礎穀類。

第十一圖的結果與操作條件來自採用真空完成油炸接續部份油炸的改良烹煮作業單元。對照組(110)與測試組(111)(112)(113)(114)均為赫密士(Hermes)的去皮切片洋芋，厚度為 1.35mm，並經標準的 20-30 秒大氣水洗。清洗後，對照組樣本 110 在大氣壓力下以約 177°C (351°F)之初始油溫油炸 2.5 分鐘，至其溼度達到 0.83%重量比，產生丙烯醯胺量為 370 ppb。實驗 1-4 中，所有測試樣本(111)(112)(113)(114)皆以約 177°C (351°F)在大氣壓力部分油炸，而後在 100 毫巴下以 120°C (248°F)進行不同時間的完成油炸。實驗 11 中，清洗、部分油炸 100 秒至 3%溼度重量比，而後真空完成油炸 44 秒，至溼度約 0.7%重量比之後測得 220 ppb 的丙烯醯胺。實驗 2-4 的結果(112)(113)(114)顯示當溼度降低至 3%重量比時停止部分油炸並開始真空完成油炸，可使成品中丙烯醯胺含量大幅降低。實驗 2-4 的結果(112)(113)(114)最終丙烯醯胺濃度皆低於 50 ppb。實驗 4 的結果(114)中，部分油炸至 10%溼度重量比而後真空油炸至 1%重量比濕度，僅產生 13 ppb 之丙烯醯胺。如數據中可見者，部分油炸至較高溼度而後以低溫真空油炸的切片具有大幅降低的丙烯醯胺含量。本方法也可用於降低其他油炸產品的最終丙烯醯胺含量，如炸玉米片、炸蕉、炸甘藷與炸蕃薯等。部分油炸至 3-10%溼度重量比而後進行真空油炸的好處是烹煮最後階段較低溫度進行，且不致影響產品質地；同時其降低丙烯醯胺之效果可不需使用水溶液

接觸之清洗步驟。然而，真空油炸也可使最後烹煮階段於較非真空油炸溫度為高的溫度下完成，同樣也可降低成品中丙烯醯胺含量。真空完成油炸產品色澤較對照組為淺，在產品溼度較高時由部分油炸作業轉移至真空完成油炸單元可使產品的風味溫和。應謹記真空完成油炸設備成本較烘箱乾燥設備的成本為高。

同樣地，改良烹煮作業單元兩階段加熱步驟中的第一階段也可使用真空部分油炸。例如，一改良烹煮作業單元實施例中，使用真空部分油炸將產品油炸至接近但不低於 3-4% 重量比的溫度門檻值，而後以低於約 120°C (250°F) 之烘箱乾燥完成烹煮作業。藉由真空部分油炸，產品可以較低溫度油炸，以降低丙烯醯胺產生量此外，低於約 120°C (250°F) 的烘箱乾燥確保此過程中僅增加極少量丙烯醯胺或甚至不增加丙烯醯胺。有鑒於部分油炸或多或少產生某種程度的丙烯醯胺，若第一加熱階段中使用真空部分油炸，尤其是在真空下以低於約 120°C (250°F) 或甚至低於約 140°C (284°F) 進行真空部分油炸時，其優點在於第一加熱階段中僅產生極少或甚至不會產生丙烯醯胺。然而，第一階段的真空油炸可能會影響成品的最終特性。

以用於組成點心或如早餐穀片、餅乾、硬椒鹽餅與麵包等的烘焙作業系統而言，本發明之另一實施例包含以高溫第一烘焙步驟與低溫第二烘焙步驟組成之改良烹煮作業單元。在本烹煮作業單元實施例中，產品先以較高溫度(高於約 120°C (250°F))烘焙至溼度降低至 4% 至約 10% 重量比。而後以不高於約 120°C (250°F) 的溫度進行烘箱乾燥(完成乾燥或烘焙)，直至到達理想溼度值，亦即約 1% 至 3% 重量比。例如，較高溫的第一加熱階段可使

用對流烘箱將產品溼度降低至 10%重量比。該烘箱可分為四個加熱區，第一區溫度最高，其他三區依次遞減。而較低溫的第二加熱階段可使用倒焰式單區對流烘箱來完成烹煮加工。然而，本實施例之兩加熱階段亦可使用其他型態之烘箱。本實施例中較低溫之第二加熱階段，如同包含部分油炸與烘箱乾燥的實施例一般，可以約 100°C (212°F)之溫度在略低於大氣壓力下進行，因此繼第一加熱階段後之丙烯醯胺增加量可降至極低或甚至不產生增加。

在使用高溫第一烘焙步驟與低溫第二烘焙步驟的實施例中，組成洋芋片先經高於約 120°C (250°F)烘焙至溼度降低至約 10%重量比。而後將洋芋片以約 110°C (230°F)進行 10 分鐘的完成油炸，直到溼度降低至約 1.7-2.2%重量比。最終測得的丙烯醯胺含量約為 100-200 ppb。然而，當部分烘焙食品片以約 120°C (250°F) 完成乾燥至 1.6%溼度重量比時，該等樣本中卻測得高達 470 至 750 ppb 間的丙烯醯胺。此外，當部分烘焙食品片以約 132°C (270°F) 完成乾燥至 1.6-2.2%溼度重量比時，產生更高的丙烯醯胺含量，高達 460 至 1900 ppb。上述結果再度凸顯將在烹煮的最後階段將烹煮或乾燥溫度保持低於約 120°C (250°F)的重要性。此一原則不僅適用於組成洋芋片之製作，亦適用於其他取自洋芋、玉米、大麥、小麥、裸麥、米、黍與其他澱粉基礎穀類之組成產品之製作。此原則並可適用於生食品如蕃薯或大蕉的烹煮。

在本發明另一實施例中，並不將烹煮作業單員分為高溫第一加熱步驟與低溫第二加熱步驟，而是在整個烹煮過程中皆採用真空油炸。第十二圖顯

示此一實施例的數種遭座條件與結果。實驗 1-4 中(121)(122)(123)(124)等對照組以去皮切成 1.45mm 薄片的赫密士(Hermes)洋芋切片室溫下水洗 30 秒，而後經標準連續油炸加工。油炸機入油溫度在約 165 至約 180°C (329-356°F)間設定數種變化，將對照組樣本油炸約 3-4 分鐘，結果的丙烯醯胺含量均超過 300 ppb。相對的，測試樣本實驗 5-7 的(125)(126)(127)以在約 50 至約 100 毫巴氣壓下以介於 100 至 140°C (212-284°F)的數種溫度設定進行低溫真空油炸約 4 至約 10 分鐘，結果皆產生低於 60 ppb 的丙烯醯胺。如數據所示，降低溫度下的真空油炸大幅減少丙烯醯胺的形成。此外，當產品全程以低於 120°C (250°F)的溫度真空油炸時，丙烯醯胺的形成量極低或甚至沒有。實驗 6 與 7 之結果(126)(127)顯示在低於 100 毫巴下以低於約 120°C (250°F)進行真空油炸，無法測出丙烯醯胺的形成(低於 5 ppb)。對比於高溫部分油炸多少造成丙烯醯胺的形成，以 120°C (250°F)以下溫度油炸的優點在於丙烯醯胺形成量及低或甚至沒有。然而，使用真空油至或真空烘焙時則可採用大於約 120°C (250°F)的溫度，而依然可造成成品中丙烯醯胺的降低。例如，實驗 5 的結果(125)中，約 140°C (284°F) 的真空油炸製成的產品中丙烯醯胺約為 53 ppb。由此結果觀之，似乎真空完成油炸或之真空油炸可在高達 143°C (290°F)的溫度下保持成品丙烯醯胺低於 100 ppb。然而，應注意烹煮加工之全程真空油炸對於產品質地、外觀與風味皆會造成大幅度改變。

以生產組成點心、早餐穀片與其他上述之澱粉或麵糰基礎產品烘焙的生產線而言，改良的烹煮作業單元或者也可包含全程低溫烘焙。以約 120°C

(250°F)以下進行之低溫烘焙可達成丙烯醯胺產量極低或甚至沒有丙烯醯胺產生的效果。然而，低溫烘焙製成的產品色澤較淺，不如高溫烘焙製成的較深色澤。因此，低溫烘焙的適用性某種程度上係基於成品所需的色澤特性。

本發明結合在此揭露的操作技術以達成最終產品中理想的丙烯醯胺，同時保留理想的產品特性。各種組合方式係依初始產品與理想末端產品而取決，且經於此技藝人士可根據本案之教示進行調整。酸鹼度為丙烯醯胺形成的另一考量因素，在此亦與本案之教示結合。

對最終產品特質的改變，如色澤、風味與硬度，可經由各種方式加以調整。例如，洋芋片的色澤可藉由控制初始產品中的含糖量加以調整。某些風味特質可藉由在末端產品中添加風味劑加以改變。產品的物理質地可藉猶如添加發酵劑或各種乳化劑加以變化。

然本案係以上述實施例做為說明，但精於此技藝者能在不脫離本案精神與範疇下進行各種降低熱加工食品中丙烯醯胺之方案之變化。例如，雖然發明之實施例主要揭示用於洋芋產品，本案之方法亦可用於以玉米、大麥、小麥、裸麥、米、燕麥、黍與其他澱粉基礎穀類所製成之產品。並且，除洋芋片之外，本發明之方法亦可用於製造玉米片與其他類型之點心片，以及早餐穀片、餅乾、脆餅、硬椒鹽餅、麵包與麵包捲以及炸肉用之麵包粉。在上述之所有食品中，本發明之方法使用一或多項作業單元結合降低丙烯醯胺產生之技術以製成具有可接受丙烯醯胺含量同時不影響各品色澤、氣味或其他特性的產品。

【圖式簡單說明】

第一圖為一概要圖，說明丙烯醯胺形成的可能化學途徑。

第二圖為前案洋芋片加工步驟之概要圖。

第三圖中 Y 軸為經 X 軸所述各種方式處理後油炸之洋芋測試樣本中丙烯醯胺含量與最終溼度之重量百分比。

第四圖顯示第三圖之原始結果與將溼度標準化至 1.32% 重量百分比時之結果。

第五圖顯示丙烯醯胺含量與油炸成品溼度之關係，其中丙烯醯胺含量參照 Y 軸而溼度重量百分比參照 X 軸。

第六圖顯示丙烯醯胺含量與烘焙成品溼度之關係，其中丙烯醯胺含量參照 Y 軸而溼度重量百分比參照 X 軸。

第七 a 圖 Y 軸顯示以各種方式處理後先部分油炸再以 120°C (250°F) 烘箱乾燥之洋芋片測樣本中丙烯醯胺含量，而各種處理方式係如 X 軸所述。

第七 b 圖顯示第七 a 圖中較小丙烯醯胺含量範圍內之六資料點。

第八圖顯示將第七 a 圖之資料在將部分油炸後溼度標準化至約 3.13% 重量比之溼度，且在烘箱乾燥後溼度標準化至約 1.25% 之重量比產生的結果。

第九圖之 Y 軸顯示：1) X 軸所式各種接觸方式處理之洋芋測試樣本稍後以 178°C (353°F) 部分油炸之丙烯醯胺 ppb 值；與 2) 該等洋芋測試樣本經約 176°C (350°F) 烘箱乾燥後標準化至約 0.76% 溼度重量之丙烯醯胺 ppb 值。

第十圖顯示實驗中洋芋切片對照組以大氣油炸至約 1.4% 重量比溼

度，而實驗組以大氣油炸至約 2.5%重量比溼度後以烘箱乾燥至 1.4%重量比溼度的作業條件與結果。

第十一圖顯示數項實驗中對照組洋芋切片以大氣油炸至約 0.8%重量比溼度，而四個實驗樣本以大氣部分油炸至約 3-10%重量比溼度後以低溫真空油炸至低於 1%重量比溼度的作業條件與結果。

第十二圖顯示七項實驗中四項實驗樣本在大氣壓力以初始油溫約 165°C 至約 180°C (329°F-356°F)油炸 3-4 分鐘，另三項實驗樣本在約 50-100 毫巴下以約 100°C 至約 140°C (212°F-284°F)低溫真空油炸 4-10 分鐘的作業條件與結果。

第十三 a 圖為根據本案一實施例從生洋芋切片連續供給中將天門冬素濾出之系統與方法概要圖。

第十三 b 圖為根據本案另一實施例中將已飽含丙烯醯胺前驅物之前驅物去除單元再生之單元與方法。

第十四圖為根據本案另一實施例之一概要圖，顯示一由一連續生洋芋片供給中將水溶性化合物非選擇性溶濾至一水流，去除該水流中之天門冬素，並將先前濾出之水溶性化合物送返洋芋片的系統與方法。

第十五圖為根據本案另一實施例之一概要圖，顯示在去澱粉清洗後萃取液添加酵素以供一丙烯醯胺前驅物缺乏溶液，將具有一原生天門冬素之生食物或未處理洋芋切片與該丙烯醯胺前驅物缺乏溶液接觸以優先將丙烯醯胺前驅物由該未處理食物片中溶濾出來，藉以使生食物片具有低於其原生天門冬素含量之降低之天門冬素含量，並將處理後食物片由萃取單元中

取出的系統與方法。

【主要元件符號說明】

去皮步驟(21)

切片步驟(22)

清洗步驟(23)

烹煮步驟(24)

調味步驟(25)

包裝步驟(26)

選擇性溶濾系統(1300)

未經處理洋芋供給(1310)

處理後的洋芋切片(1312)

萃取單元(1320)

清洗後萃取液(1322)

多餘澱粉(1336)

澱粉去除單元(1340)

前驅物去除單元(1350)

再生溶液(1360)

天門冬素缺乏洋芋萃取液(1380)

非選擇性的溶濾系統(1400)

洋芋供給流(1410)

處理後洋芋(1412)

補充後洋芋(1414)

萃取單元(1420)

澱粉去除單元(1440)

天門冬素去除單元(1450)

去澱粉清洗後萃取液(1464)

前驅物缺乏萃取液(1460)

除清洗後萃取液(1462)

去澱粉的清洗後萃取液(1464)

多餘澱粉(1466)

結果的前驅物缺乏萃取液(1470)

使用過萃取液(1472)

吸附/補充單元(1480)

溶濾系統(1500)

未處理洋芋切片(1510)

切片洋芋(1514)

水(1516)

萃取單元(1520)

天門冬素缺乏萃取液排出流(1522)

攪拌器(1530)

洋芋萃取液(1532)

去澱粉的清洗後洋芋萃取液(1534)

澱粉去除單元(1540)

洋芋固形物(1546)

天門冬素去除單元(1550)

分離流(1554)

天冬醯胺酶酵素(1555)

繞行流(1556)

數量(1558)

反應產物去除單元(1560)

氮去除單元(1560)

氮(1562)

天門冬胺酸去除單元(1570)

天門冬胺酸(1572)

清洗後萃取液(1574)

丙烯醯胺前驅物缺乏溶液(1580)

五、中文發明摘要：

一重降低熱加工食物產品中丙烯醯胺前驅物天門冬素之方法。本方法可製成具有顯著降低丙烯醯胺含量之食品。本方法係將一如包含丙烯醯胺前驅物天門冬素洋芋切片之洋芋供給來源與一溶濾溶液接觸，以由該洋芋供給來源中溶濾出丙烯醯胺前驅物天門冬素。對該溶濾後洋芋進行熱加工可產生具有較未溶濾之熱加工食品之丙烯醯胺含量更低丙烯醯胺含量之洋芋產品。

六、英文發明摘要：

The present invention relates to a method for reducing the amount of asparagine, a pre-cursor of acrylamide in a food product. This invention permits the production of foods having significantly reduced levels of acrylamide, and more particularly the invention is directed towards a method for leaching at least one acrylamide pre-cursor with an extract that is deficient in the acrylamide pre-cursor being leached.

十、申請專利範圍：

1. 一種減少食物產品中天門冬素之(asparagine)方法，係包含以下步驟：
 - (a) 連續提供一未處理洋芋供給，該未處理洋芋供給具有一天門冬素第一濃度；以及
 - (b) 以一天門冬素缺乏洋芋萃取液將天門冬素溶濾出該未處理洋芋供給，藉以形成：
 - 一包含天門冬素之清洗後萃取液，與
 - 一處理後洋芋流，該處理後洋芋流具有一天門冬素第二濃度，且該第二濃度低於該第一濃度。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(b)之該溶濾進一步包含反向流動溶濾。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(b)係使用一螺旋式萃取機達成。
4. 申請專利範圍第 1 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(b)係使用一清洗槽式萃取機達成。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(b)係使用一鮑曼式(Bollman-type)滲出萃取機達成。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該天門冬素缺乏洋芋萃取液與該未處理洋芋供給在除了天門冬素以外之水溶性物質的濃度上彼此相等。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其進

一步包含以下步驟：

- (c) 以至少一天門冬素去除單元由該清洗後萃取液中去除天門冬素，藉以再生該天門冬素缺乏洋芋萃取液；
 - (d) 於該步驟(b)重複使用該天門冬素缺乏洋芋萃取液。
8. 如申請專利範圍第 7 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該未處理洋芋供給進一步包含澱粉，該步驟(b)進一步包含利用該天門冬素缺乏洋芋萃取液從該未處理洋芋供給溶濾出澱粉，該清洗後萃取液進一步包含澱粉，且該步驟(c)進一步包含以一澱粉去除單元從該清洗後萃取液去除澱粉。
9. 如申請專利範圍第 7 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(c)進一步包含經由一裝滿一離子交換樹脂之萃取桶過濾該清洗後萃取液。
10. 如申請專利範圍第 7 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(c)進一步包含經由一裝滿一固定化天冬醯胺酶(asparaginase)樹脂之萃取桶過濾該清洗後萃取液。
11. 如申請專利範圍第 10 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其進一步包含從該天門冬素缺乏洋芋萃取液去除氨之步驟。
12. 如申請專利範圍第 7 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，在該步驟(c)將一有效量之天冬醯胺酶加入該清洗後萃取液，藉以使該天門冬素缺乏洋芋萃取液之天門冬素濃度比該清洗後萃取液之天門冬素濃度降低約 50%。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其進一步包含從該天門冬素缺乏洋芋萃取液去除氮之步驟。
14. 如申請專利範圍第 1 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該處理後洋芋流包含洋芋切片，且其中，該洋芋切片在一溫度高於約 120°C 之炸油中部分油炸，直到該洋芋切片之一溼度介於約 3% 重量比至約 10% 重量比，藉以形成複數部分油炸洋芋切片，以及以低於約 120°C 烹煮該部分油炸洋芋切片，直到該部分油炸洋芋切片具有一最終溼度介於約 1% 重量比至約 2% 重量比，藉以形成複數具有一降低丙烯醯胺濃度之洋芋片。
15. 一種減少食物產品中天門冬素之方法，係包含以下步驟：
 - (a) 連續提供一實質上未經處理之洋芋供給，其中該未經處理之洋芋供給含有天門冬素；
 - (b) 以一純水流溶濾該未經處理洋芋供給中之水溶性溶質，藉以形成一包含天門冬素之清洗後萃取液與一處理後洋芋流，該處理後洋芋流具有降低之天門冬素含量；
 - (c) 以至少一天門冬素去除單元由該清洗後萃取液中去除天門冬素，藉以形成一天門冬素缺乏洋芋萃取液；
 - (d) 將至少一部分事先萃取出的水溶性溶質從該天門冬素缺乏洋芋萃取液中送返該處理後洋芋。
16. 如申請專利範圍第 15 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該未處理洋芋供給進一步包含澱粉，該步驟(b)進一步包含以該純

水流從該未處理洋芋供給中溶濾出澱粉。

17. 如申請專利範圍第 15 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(b)之該溶濾進一步包含反向流動溶濾，並且該步驟(d)係藉由使該處理後洋芋與該天門冬素缺乏洋芋萃取液反向流動接觸而達成。
18. 如申請專利範圍第 17 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(d)係使用一螺旋式萃取機達成。
19. 如申請專利範圍第 17 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(d)係使用一清洗槽式萃取機達成。
20. 如申請專利範圍第 17 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(d)係使用一鮑曼式(Bollman-type)滲出萃取機達成。
21. 如申請專利範圍第 15 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(b)係使用一螺旋式萃取機達成。
22. 如申請專利範圍第 15 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(b)係使用一清洗槽式萃取機達成。
23. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 15 wherein step (b) is performed using a Bollman-type percolation extractor. 如申請專利範圍第 15 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(b))係使用一鮑曼式(Bollman-type)滲出萃取機達成。
24. 如申請專利範圍第 15 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟(c)進一步包含經由一裝滿一離子交換樹脂之萃取桶過濾該清洗後萃取液。

25. 如申請專利範圍第 24 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其進一步包含從該天門冬素缺乏洋芋萃取液去除氮之步驟。
26. 如申請專利範圍第 15 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該步驟 c) 之去除單元包含清洗後萃取液以及天門冬素缺乏洋芋萃取液，其中，該步驟 c) 進一步包含加入一有效量之天冬醯胺酶，藉以使該天門冬素缺乏洋芋萃取液之天門冬素濃度比該清洗後萃取液之天門冬素濃度包含降低約 50%。
27. 如申請專利範圍第 26 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其進一步包含從該天門冬素缺乏洋芋萃取液去除氮之步驟。
28. 如申請專利範圍第 15 項所述之減少食物產品中天門冬素之方法，其中，該處理後洋芋流包含洋芋切片，且其中，該洋芋切片在一溫度高於約 120°C 之炸油中部分油炸，直到該洋芋切片之一溼度介於約 3% 重量比至約 10% 重量比，藉以形成複數部分油炸洋芋切片，以及以低於約 120°C 烹煮該部分油炸洋芋切片，直到該部分油炸洋芋切片具有一最終溼度介於約 1% 重量比至約 2% 重量比，藉以形成複數具有一降低丙烯醯胺濃度之洋芋片。
29. 一種減少熱加工食物產品中丙烯醯胺之方法，係包含以下步驟：
 - a) 提供複數未處理洋芋切片，該未處理洋芋切片具有一天門冬素第一濃度；
 - b) 以一天門冬素缺乏洋芋萃取液將天門冬素選擇性地溶濾出該未處理洋芋切片，藉以形成複數處理後洋芋切片，該處理後洋芋切片具

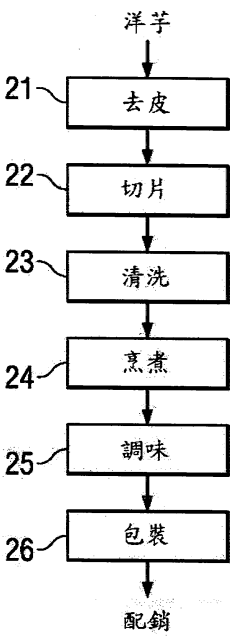
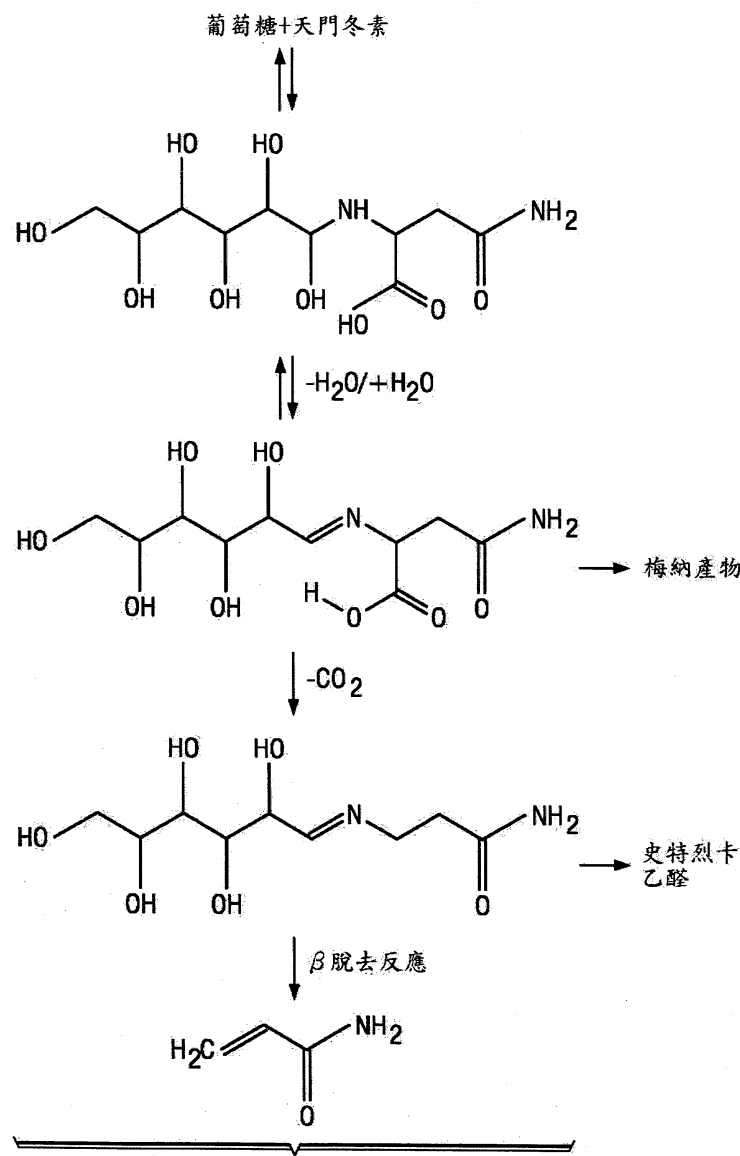
- 有一天門冬素第二濃度，且該第二濃度低於該第一濃度；以及
- c)在一高於約 120°C 之溫度下對該洋芋切片進行熱加工。
30. 如申請專利範圍第 29 項所述之減少熱加工食物產品中丙烯醯胺之方法，其中該步驟 b)的該溶濾進行至少 15 分鐘。
31. 如申請專利範圍第 29 項所述之減少熱加工食物產品中丙烯醯胺之方法，其中該天門冬素缺乏洋芋萃取液係加熱至一介於約 100°F 至約 150°F 之溫度。
32. 如申請專利範圍第 29 項所述之減少熱加工食物產品中丙烯醯胺之方法，其中，該步驟 b)之天門冬素缺乏洋芋萃取液中每 1 毫升添加溶液包含介於 0.5 公克至約 2 公克之一生洋芋。
33. 如申請專利範圍第 29 項所述之減少熱加工食物產品中丙烯醯胺之方法，其中，該天門冬素缺乏洋芋萃取液中，每 1.4 公升該天門冬素缺乏洋芋萃取液包含介於約 3000 單位至約 100,000 單位之天冬醯胺酶。
34. 一種減少食物成分中天門冬素之方法，係包含以下步驟：
- a)提供一食物成分，該食物成分具有一天門冬素第一濃度；以及
- b) 以一天門冬素缺乏食物萃取液將天門冬素選擇性地溶濾出該食物成分，藉以使該食物成分具有一天門冬素第二濃度，且該第二濃度低於該第一濃度。
35. 如申請專利範圍第 34 項所述之減少食物成分中天門冬素之方法，其中該步驟 b)的該溶濾進行至少 15 分鐘。
36. 如申請專利範圍第 34 項所述之減少食物成分中天門冬素之方法，其

中，該天門冬素缺乏食物萃取液係加熱至一介於約 100°F 至約 150°F 之溫度。

37. 如申請專利範圍第 34 項所述之減少食物成分中天門冬素之方法，其中，該步驟 b) 之天門冬素缺乏食物萃取液中每 1 毫升添加溶液包含介於 0.5 公克至約 2 公克之一生食物。
38. 如申請專利範圍第 34 項所述之減少食物成分中天門冬素之方法，其中，該天門冬素缺乏食物萃取液中，每公斤用以製造該天門冬素缺乏食物萃取液之生食物包含介於約 3000 單位至約 100,000 單位之天冬醯胺酶。
39. 如申請專利範圍第 34 項所述之減少食物成分中天門冬素之方法，其中，該食物成分包含一切片食物成分。
40. 如申請專利範圍第 39 項所述之減少食物成分中天門冬素之方法，其中，該切片食物成分包含洋芋。
41. 如申請專利範圍第 34 項所述之減少食物成分中天門冬素之方法，其中，該食物成分包含薯條。
42. 如申請專利範圍第 34 項所述之減少食物成分中天門冬素之方法，其包含一或多種食物成分，該一或多種食物成分係選自米、小麥、玉米、大麥、大豆、燕麥與烘焙可可豆。

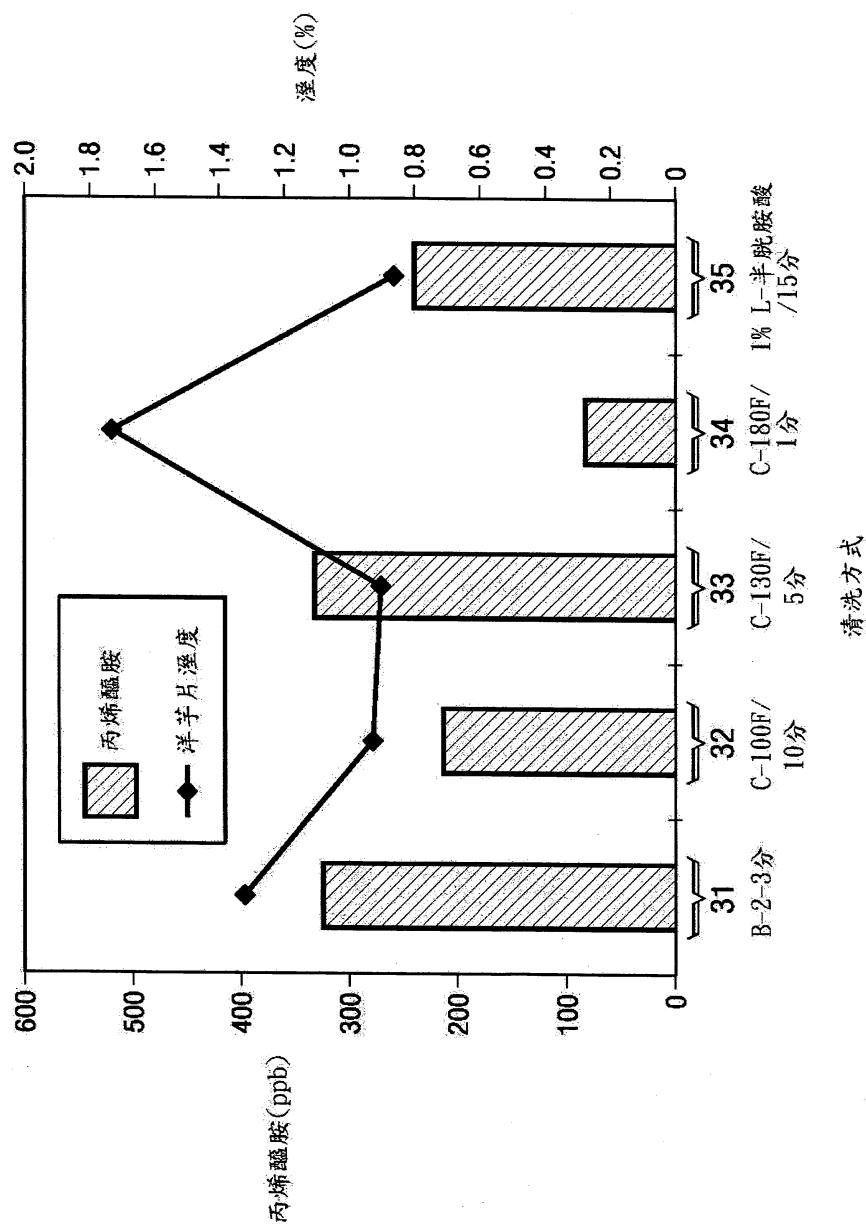
十一、圖式：

第一圖



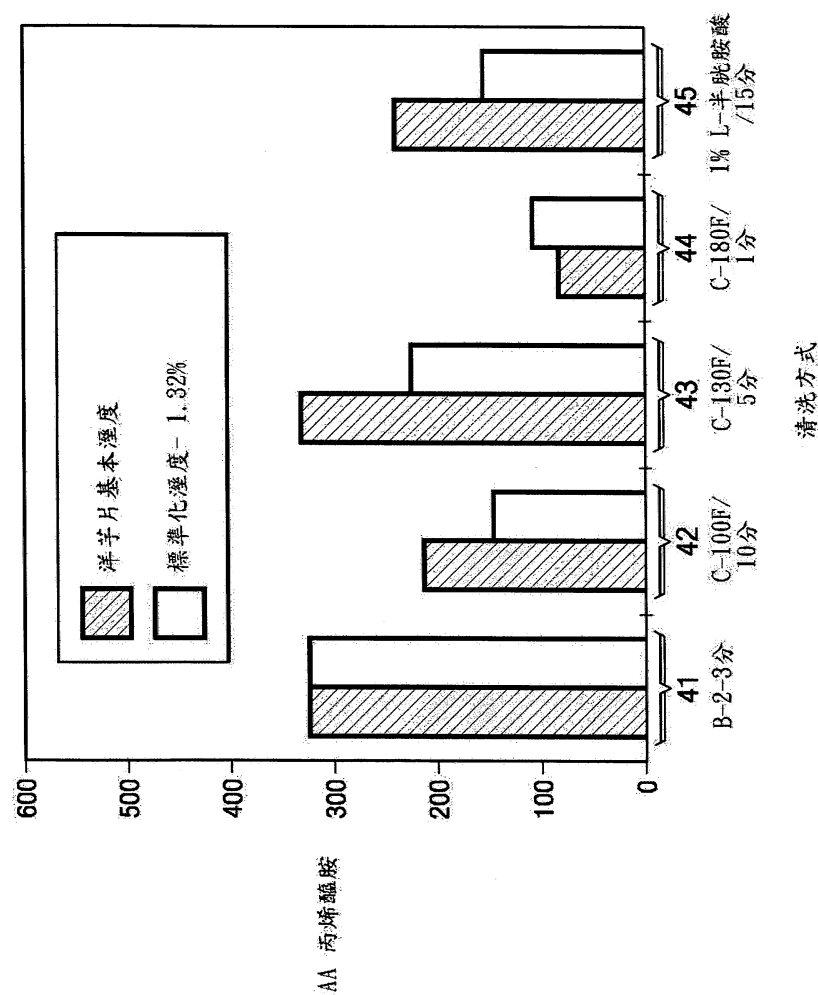
第二圖

第三圖

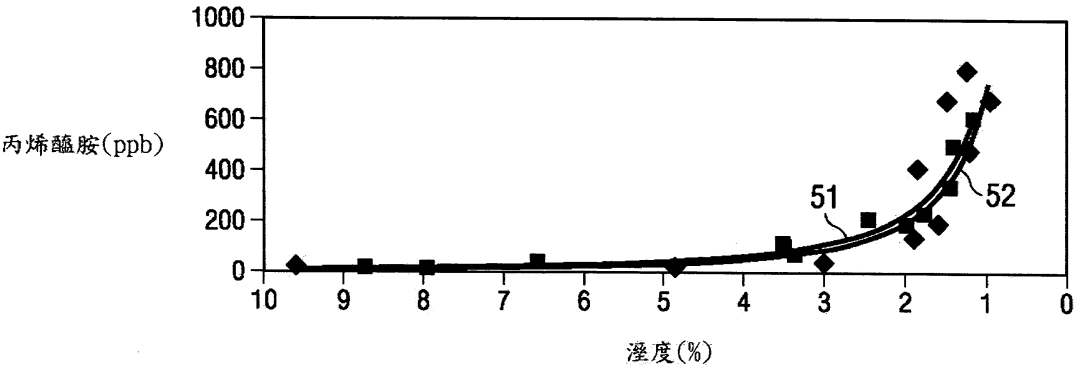


第四圖

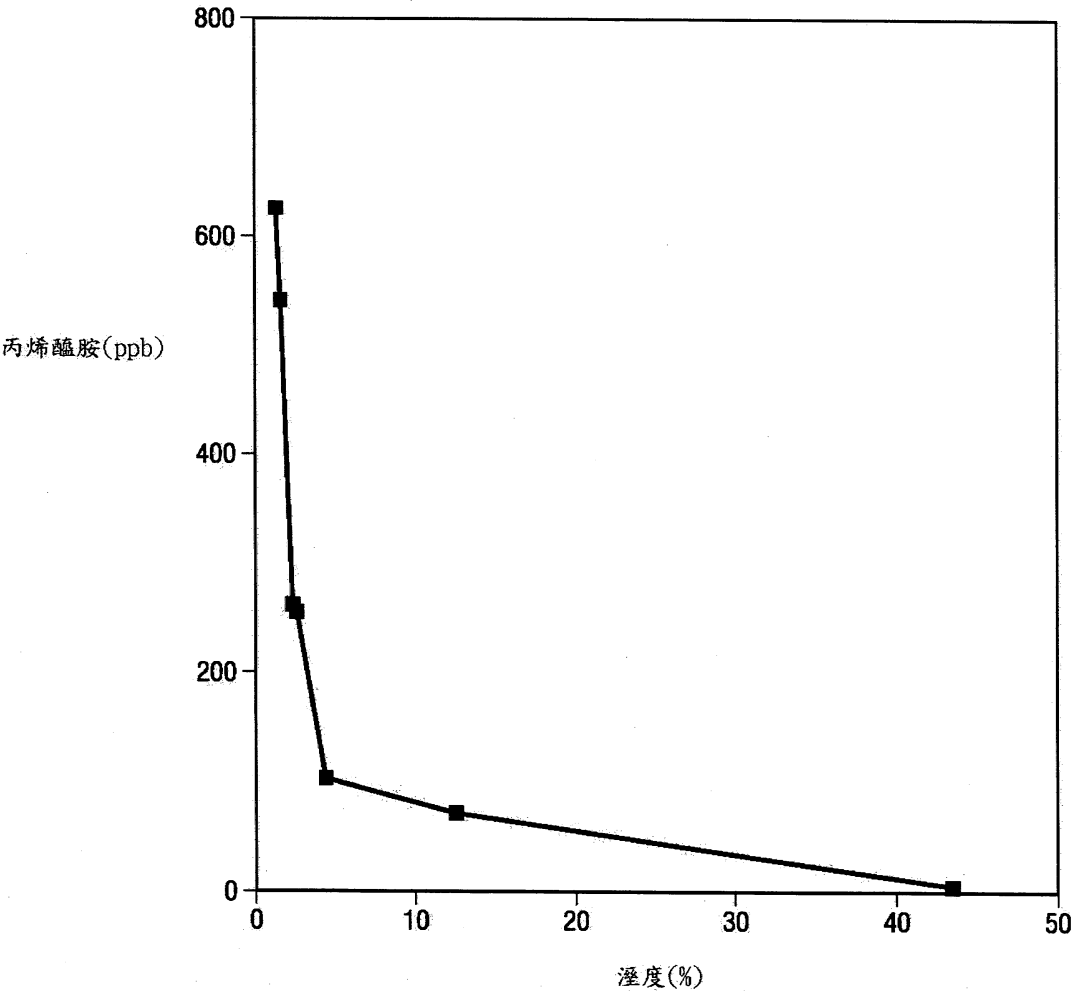
第四圖



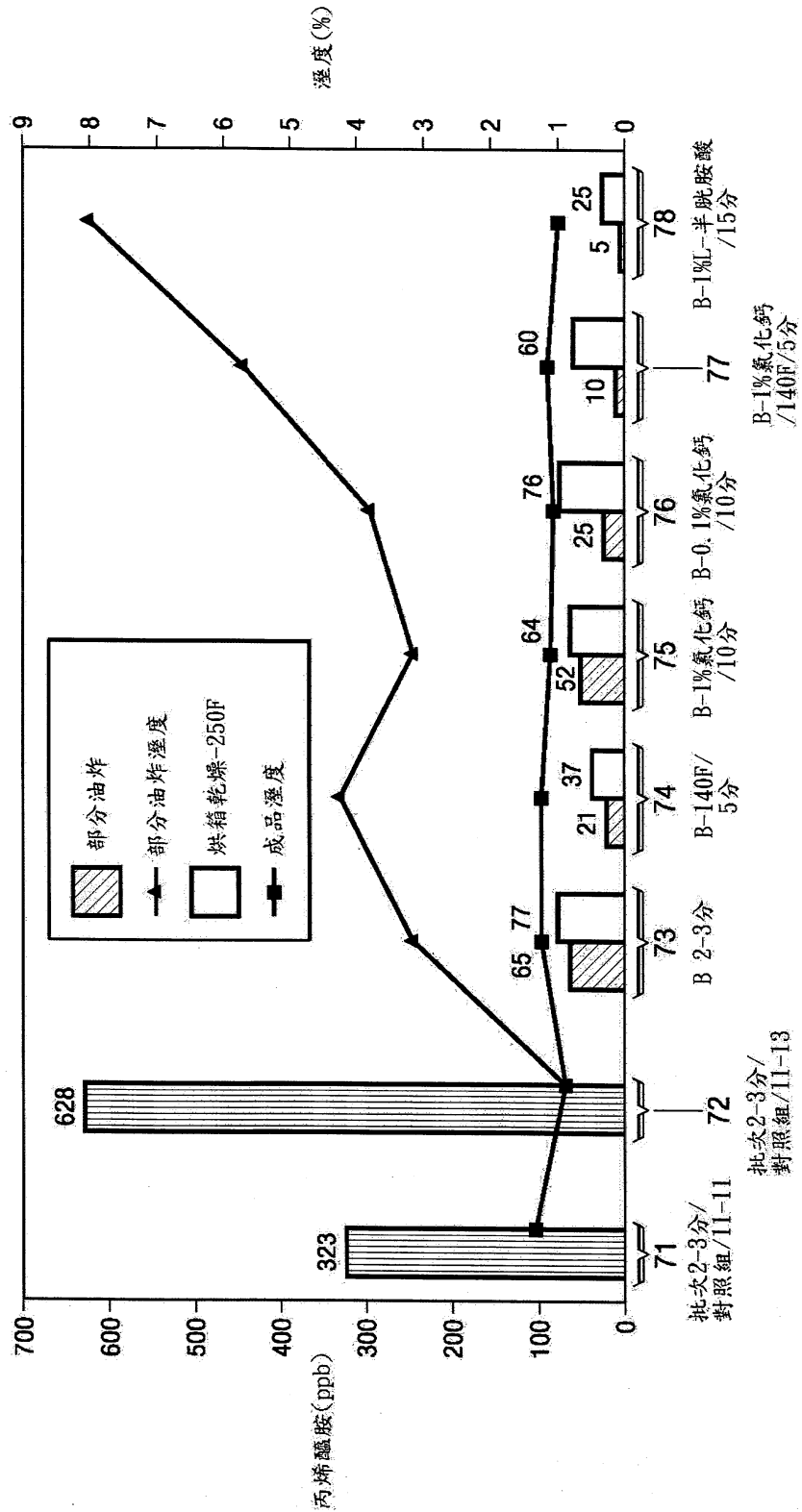
第五圖



第六圖

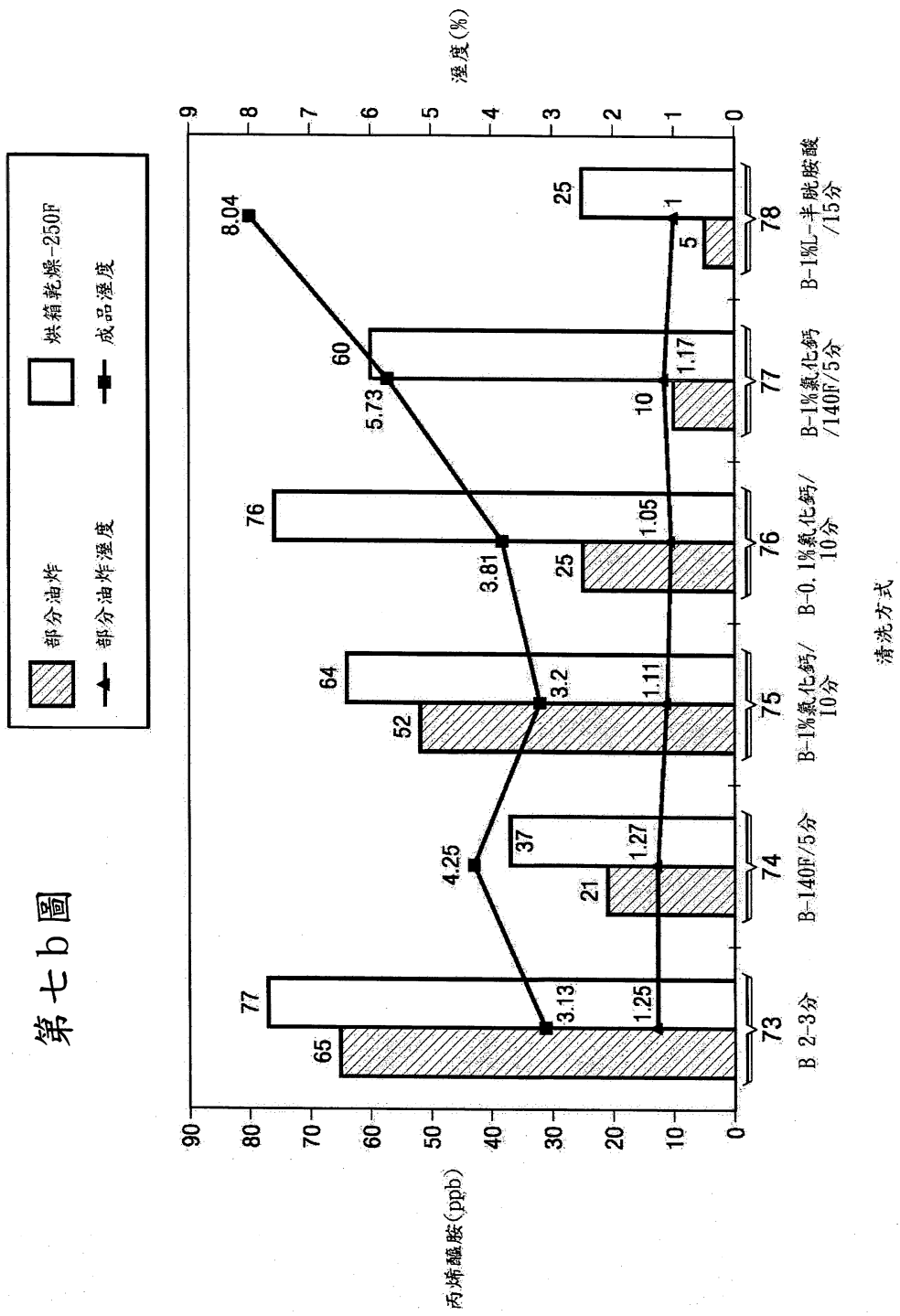


第七a圖

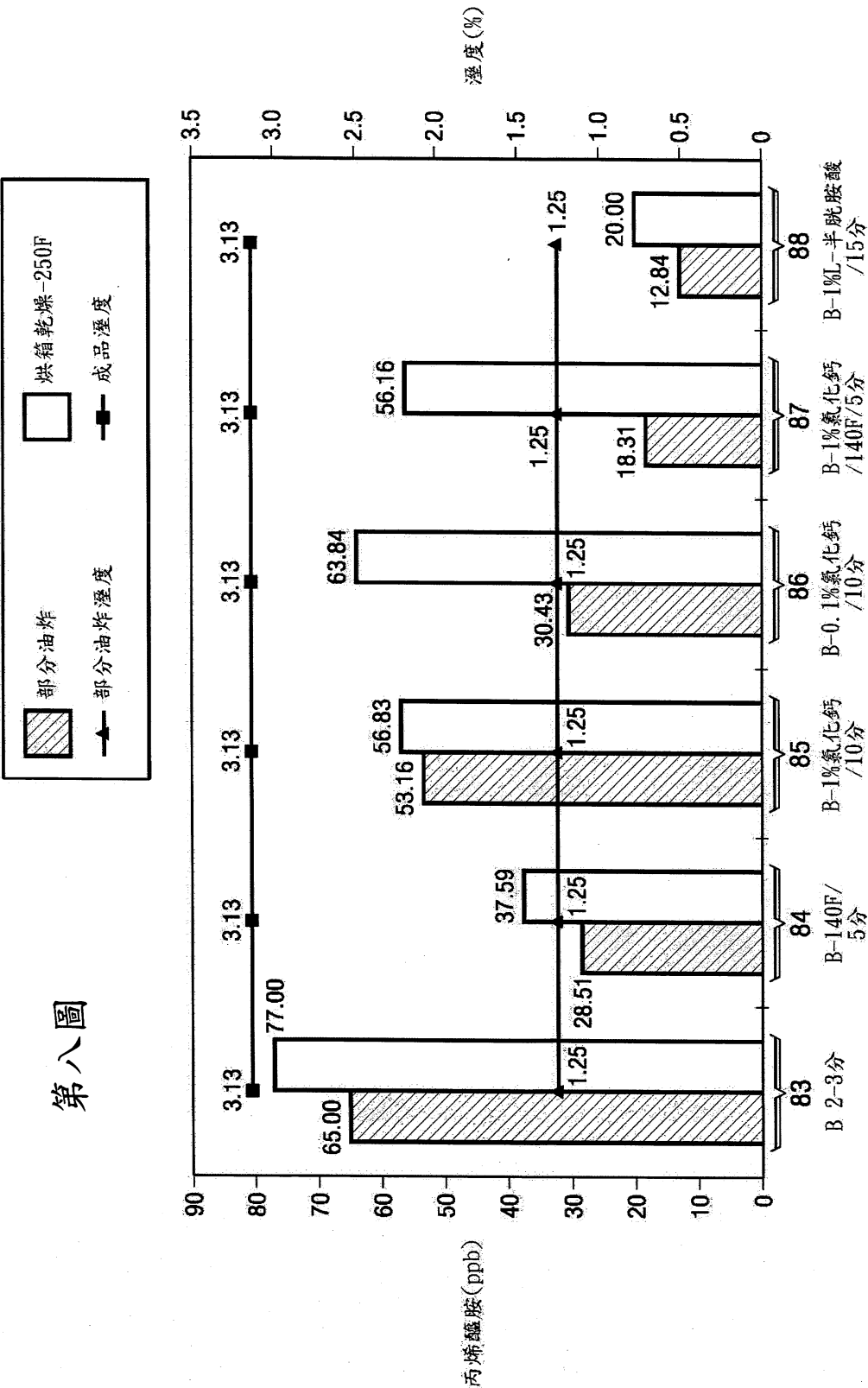


清洗方式

第七b圖

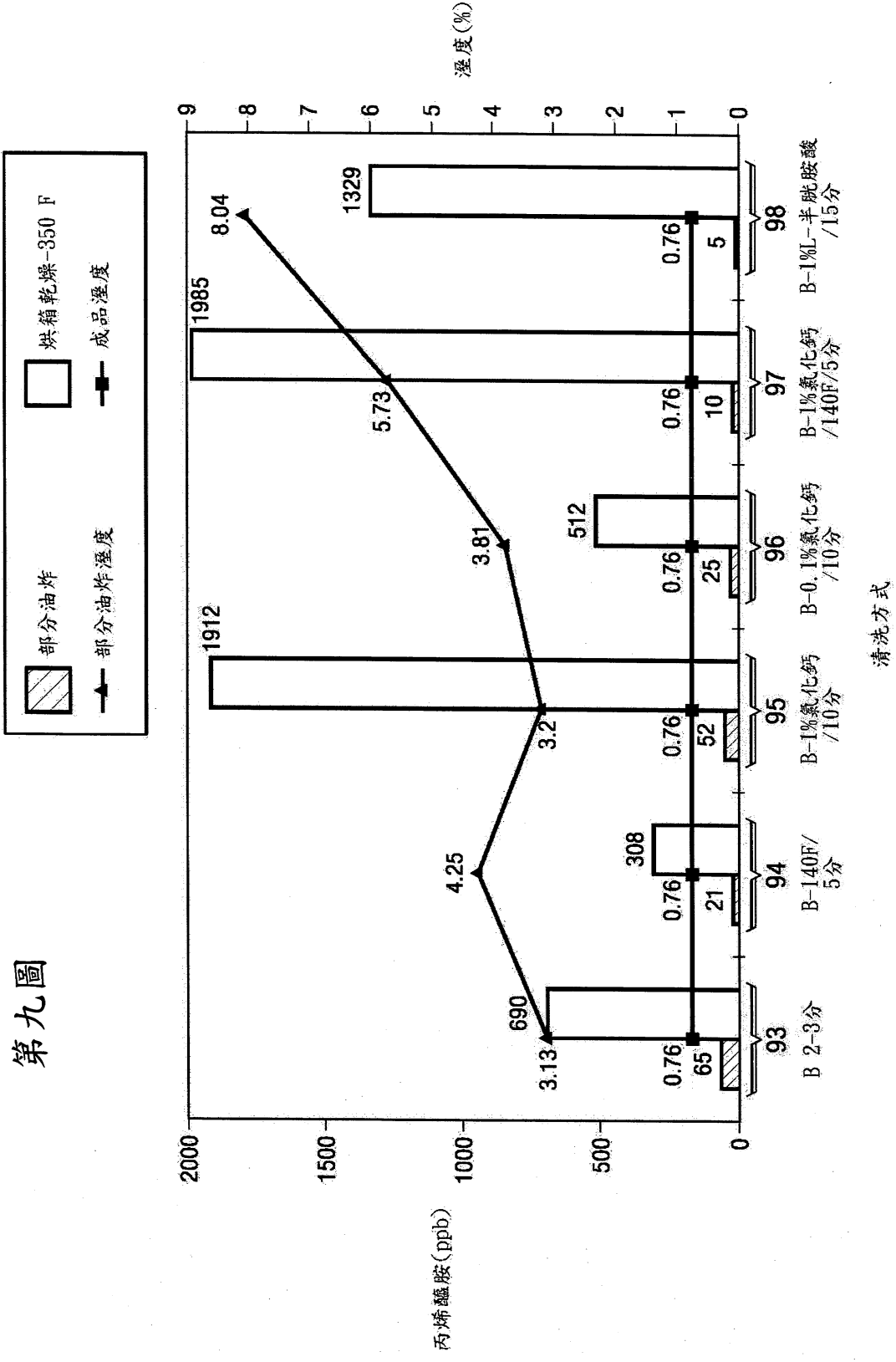


第八圖



清洗方式

第九圖



參數	101 對照組	102 實驗組
油炸機入油溫度，℃	179	174
切片油炸時間，秒	190	190
油炸機出油溫度，℃	154	149
油炸機出口切片溼度，重量百分比	1.4	2.5
乾燥機空氣溫度，℃	未使用	110
部分油炸切片於乾燥機處理時間，秒	未使用	360
乾燥機出口洋芋片成品溼度，重量百分比	不適用	1.4
洋芋片成品丙烯醯胺含量，PPB	640	160

第十圖

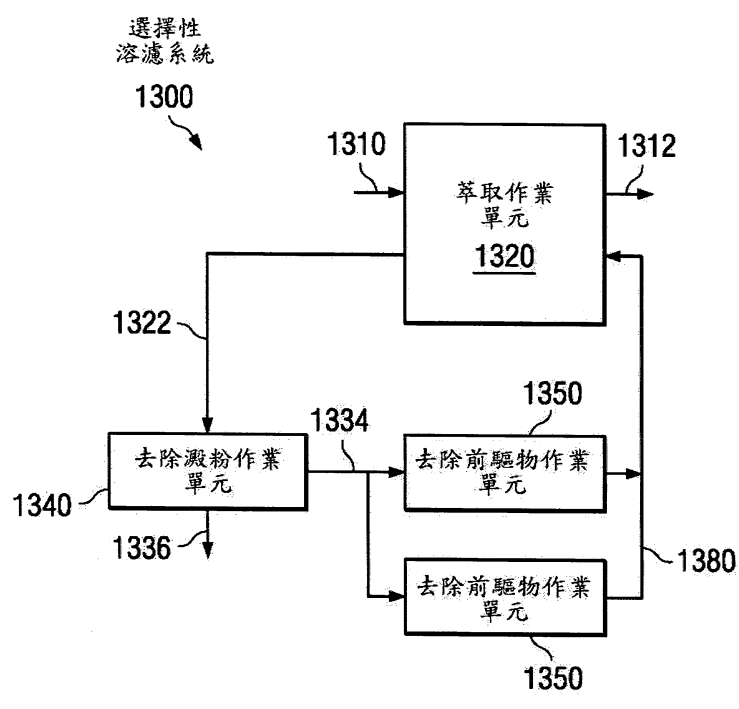
		初始油 溫，℃	油炸壓 力，MBAR	油炸時 間，秒	洋芋片 成品溼 度，重量 百分比	洋芋片成 品丙烯醯 胺含量， PPB	
121	ㄣ	1	180	大氣壓力	185	1.28	470
122	ㄣ	2	175	大氣壓力	205	1.59	350
123	ㄣ	3	170	大氣壓力	215	1.6	610
124	ㄣ	4	165	大氣壓力	240	1.57	350
125	ㄣ	5	140	100	240	1.6	53
126	ㄣ	6	120	100	300	1.8	<5
127	ㄣ	7	100	50	600	1.6	<58

第十二圖

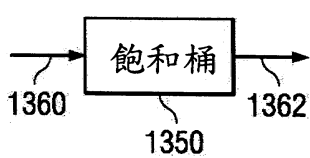
參數	110 S 對照組	111 S 實驗 1	112 S 實驗 2	113 S 實驗 3	114 S 實驗 4
初始部分油炸油溫，℃	177	177	177	177	177
部分油炸壓力， MBAR	大氣壓力	大氣壓力	大氣壓力	大氣壓力	大氣壓力
部分油炸時間，秒	153	101	76	63	43
部分油炸切片溼 度，重量百分比	0.83	3	5	7.5	10
完成油炸油溫，℃	無完成油炸	120	120	120	120
完成油炸壓力： MBAR	無完成油炸	100	100	100	100
完成油炸時間，秒	無完成油炸	44	85	101	118
洋芋片成品溼度， 重量百分比	0.83(與部分油炸溼 度相同)	0.71	0.74	0.82	0.96
洋芋片成品丙烯醯 胺含量，PPB	370	220	48	34	13
洋芋片成品含油 量，%	49.8	47.5	44.4	44.8	42.5

第十一圖

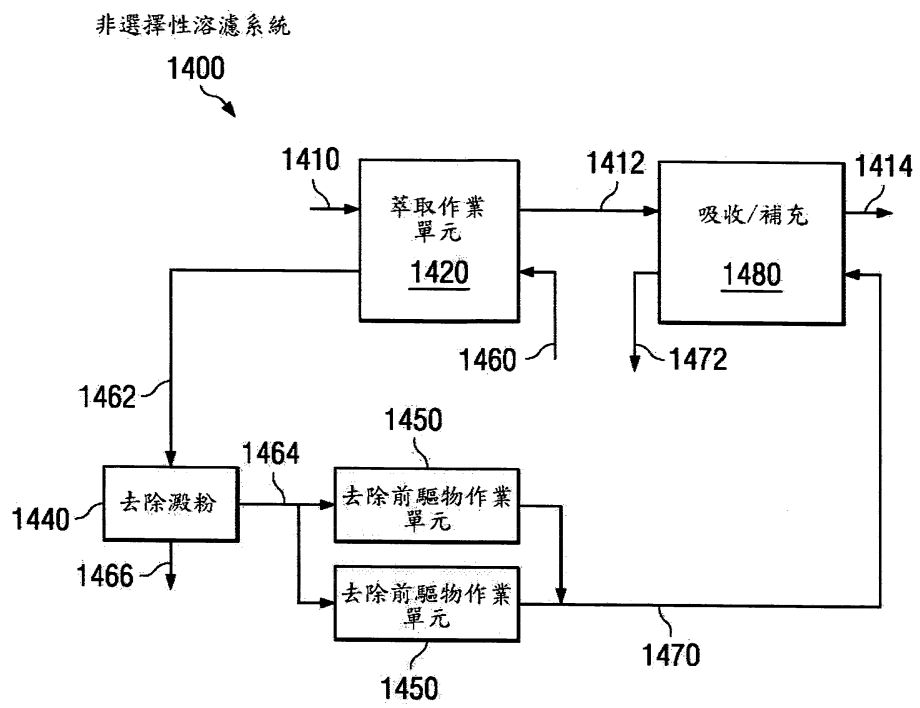
第十三 a 圖



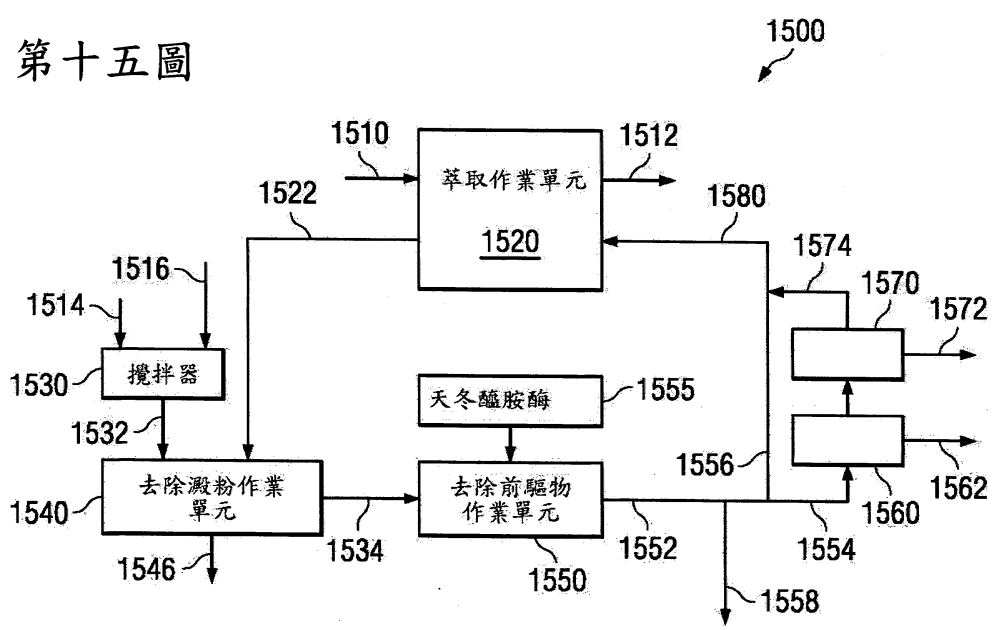
第十三 b 圖



第十四圖



第十五圖



七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(十三a)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

選擇性溶濾系統(1300)、未經處理洋芋供給(1310)、處理後的洋芋切片(1312)、萃取單元(1320)、清洗後萃取液(1322)、多餘澱粉(1336)、澱粉去除單元(1340)、前驅物去除單元(1350)、再生溶液(1360)、天門冬素缺乏洋芋萃取液(1380)

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：