



降低食品中 丙烯醯胺含量 加工參考手冊

中華民國101年12月

The background of the cover is a collage of various food items, including ginger, nuts, almonds, coffee beans, and a fried snack, all presented in a soft, faded style. The text is overlaid on this background.

降低食品中 丙烯醯胺含量 加工參考手冊

中華民國101年12月

局長序

食品在高溫加工(100°C以上)的過程中(如：油炸、烘烤及微波等)，因為梅納反應會改變食品的香味、顏色、質地及口感等，雖可提升食品的附加價值，但亦可能會產生具致癌風險的副產物－丙烯醯胺(acrylamide)。該副產物之生成量會隨不同食品的成分、加熱溫度、時間等製程條件而有所不同。國際間目前對於食品中丙烯醯胺尚未訂有限量標準，主要是透過飲食指導之方式予以管理。

行政院衛生署自92年開始即已陸續建立食品中丙烯醯胺含量之背景值資料庫，其中以油條、薯條、洋芋片、杏仁果及黑糖之丙烯醯胺含量較高。除持續調查與進行研究外，監督業者改進食品加工製程，以減少丙烯醯胺的生成，亦是主管機關重點工作項目。

食品藥物管理局除持續宣導均衡飲食、減少攝取高溫油炸或烘焙的食品及多運動等健康觀念，並參考歐盟食品及飲料工業聯盟 (Food Drink Europe) 編纂之丙烯醯胺工具箱手冊 (Acrylamide Toolbox 2011)，編製本加工參考手冊，內容彙整減少食品加工製程中丙烯醯胺生成之可行方法，供食品業者在產品製造、加工及研發過程之參考，由「源頭管理」之方式，自食品加工製程降低產品中丙烯醯胺的含量，以期達到減少國人攝入丙烯醯胺之風險。

局長 康照洲

101年12月

推薦序

2002年瑞典國家食品局證實食品於高溫加熱條件下會產生丙烯醯胺，丙烯醯胺已被認定是可能致癌物質，因此受到各國的重視，且紛紛投入研究。近年來各國對於其國內各類食品中丙烯醯胺的含量，每年均做相當徹底的調查，歐盟根據科學證據，擬出多種減少食品中丙烯醯胺含量的方法，其中酵素法最被業界使用，讓消費者能安心食用低丙烯醯胺含量的產品。

我國雖無龐大的經費可於短時間進行廣泛的資料蒐集，但歷經八年，在行政院衛生署的支持下，不但建立可以信賴的分析方法，也累積不同食品的基本數據，建構國內相關食品製品中丙烯醯胺含量的分布圖。

同時，根據歐盟的方法，已研擬出減少我國傳統食品中丙烯醯胺含量的方法，提供業者參考或研發低丙烯醯胺產品之用，對國人是一大福音，也是保護消費者的作法之一。不但感謝行政院衛生署對相關計畫的支持，更期待能夠持續監控市售產品，真正落實於造福社會。



101年12月

目錄

◎ 局長序.....	2
◎ 推薦序.....	4
◎ 背景說明.....	8
◎ 丙烯醯胺形成之機制.....	10
◎ 丙烯醯胺形成之控制因子.....	12
◎ 丙烯醯胺減量原則.....	14
● 馬鈴薯類食品.....	16
● 穀類食品.....	27
● 咖啡.....	39
● 嬰幼兒食品.....	43
● 黑糖.....	45
◎ 資料來源.....	47



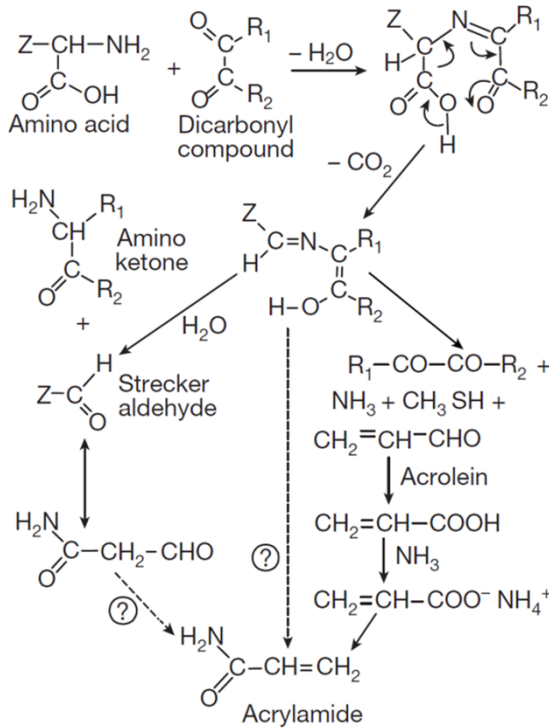
背景說明

- ◎ 2002年4月24日瑞典食品管理局(The Swedish National Food Administration, SNFA)證實，經高溫加熱的食品，會產生高量具致癌風險的丙烯醯胺(acrylamide)。世界衛生組織(World Health Organization, WHO)國際癌症研究中心(International Agency for Research on Cancer, IARC)已明確將丙烯醯胺歸類為Group 2A的物質；Group 2A的物質是指該物質經動物實驗證實具有致癌性。
- ◎ FAO/WHO聯合專家會議、世界衛生組織和歐盟食品科學委員會(Scientific Committee on Food, SCF)指出飲食攝取為人類丙烯醯胺暴露的重要來源。
- ◎ 丙烯醯胺廣泛存在於食品中，研究發現，包括麵包、炸馬鈴薯、咖啡、炸洋芋片、餅乾及其他熱加工食品等，皆含有高量丙烯醯胺，部份食品甚至超過1,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb)。

- ◎ 歐盟自2003年起透過丙烯醯胺相關會議，公開分享研究成果，各國也開始分析及監測各類食品中丙烯醯胺的含量。
- ◎ 歐盟食品及飲料工業聯盟(Food Drink Europe)於2003成立丙烯醯胺專家團隊，整理國際間的研究成果，彙整成丙烯醯胺工具箱手冊(Acrylamide Toolbox)，將如何減少食品中丙烯醯胺的應用資訊提供業界參考。
- ◎ 行政院衛生署自2003年起，陸續進行食品中丙烯醯胺含量調查之相關研究，包括開發分析方法、調查各類食品中丙烯醯胺含量及研究降低食品中丙烯醯胺含量之加工方法等。目前已建立911件食品之丙烯醯胺含量背景值資料庫，其中以油炸類及烘焙類食品檢出之丙烯醯胺含量較高，含量介於 <10 至1,448 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb) 之間，背景值與其他國家同類食品中丙烯醯胺含量相當，此為產品製程加工所導致。

丙烯醯胺形成之機制

- 丙烯醯胺的生成可能是由食品中胺基酸與還原醣於高溫加熱下作用，經梅納反應所生成。



(Mottram *et al.*, 2002)

- 研究證實天門冬醯胺(asparagine)為形成丙烯醯胺的主要胺基酸或前驅物；丙烯醯胺的三個碳骨架及醯胺上的氮原子均來自天門冬醯胺。

◎ 丙烯醯胺生成之其他可能機制包括：天門冬醯胺熱裂解生成丙烯醯胺、天門冬醯胺經氧化性脫羧反應生成丙烯醯胺、高溫下油脂轉變為丙烯醛進一步氧化成丙烯酸而生成丙烯醯胺等，亦有研究指出蛋白質(如小麥麵筋)經高熱裂解也會形成丙烯醯胺。

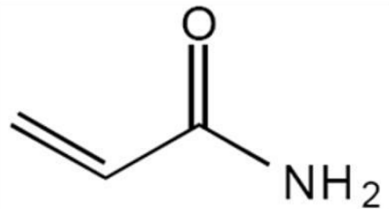
◎ 丙烯醯胺之基本性質：

- 中文名稱：丙烯醯胺
- 英文名稱：Acrylamide, 2-propenamamide
- 分子式： $\text{CH}_2\text{CHCONH}_2$
- 分子量：71.1 g/mol
- CAS No：79-06-1

● UN No：2074

● 物質性狀：

- 顏色：無色
- 氣味：無味
- 沸點：125°C
- 熔點：84.5°C
- 蒸氣壓：0.007 mmHg (25°C)
- 溶解性：可溶於水(2155 g/L)、甲醇、酒精及丙酮等溶劑



(丙烯醯胺結構式)

丙烯醯胺形成之控制因子

- ◎ 依據文獻及歐盟規範，丙烯醯胺生成量多寡的影響因子可歸類成4大類14個因子：
 - 一、農業栽培：包括還原糖及控制天門冬醯胺等2項因子。
 - 二、配方：包括膨脹劑的選擇、甘胺酸及雙價陽離子等微量成份、酸鹼值的控制、稀釋、發酵或切片大小以及重新烹調等6項因子。
 - 三、加工：包括熱量與水分的控制、清洗與殺菁等前處理及天門冬醯胺酶的應用，以及組織與風味等5項因子。
 - 四、烹調的控制：包括消費者烹調的注意事項1項因子。
- ◎ 透過這些因子的交互控制，可以有效控制食品製造過程中丙烯醯胺的生成，以減少消費者經由食品攝入的暴露量。

- ◎ 本手冊探討的食品種類如下：
 - 馬鈴薯類食品：薯條、洋芋片及其相關製品(馬鈴薯片、馬鈴薯球)。
 - 穀類食品：麵包、乾麵包、早餐穀片、餅乾及其烘焙食品。
 - 咖啡及烘烤穀物：烘焙與研磨咖啡及即溶咖啡。
 - 嬰幼兒食品：嬰兒餅乾、嬰幼兒麥片、其它種穀物的嬰幼兒食品。

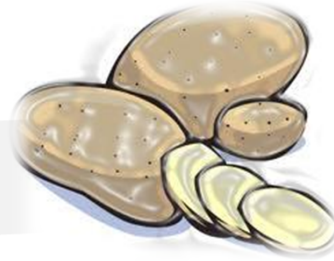
- ◎ 評估的內容依規模分為三級：
 - 一、實驗室級：於實驗室進行少量試驗之評估結果。
 - 二、試作級：已於工廠試作進行評估，但未達商業化生產條件的標準。
 - 三、產業級：已成功運用在食品工廠的加工製程及產品生產。

丙烯醯胺減量原則

- ◎ 評估衡量可能的優缺點進行取捨，將不利情形降至最低。
- ◎ 確保不會因為使用丙烯醯胺減量的方法，而造成其他污染物產生，如：N-亞硝酸胺(N-nitrosamines)、多環芳香羣(polycyclic aromatic hydrocarbons)、氯丙醇(chloropropanols)、氨基甲酸乙酯(ethyl carbamate)、呋喃(furan)及芳香性雜環胺類(heterocyclic aromatic amines)等。
- ◎ 不能僅追求降低丙烯醯胺的生成，而捨棄其他應注意的項目，如：水分及微生物。
- ◎ 採取降低丙烯醯胺生成的預防措施時，要避免對產品本身之感官特性造成負面的影響，須在消費者及產品可接受範圍內做調整，如：改變烹調條件。

- ◎ 減少丙烯醯胺的生成時，要避免損害產品的營養價值，如：以精製麵粉取代全麥麵粉以降低丙烯醯胺的生成，但營養價值相對較差。
- ◎ 丙烯醯胺減量的方法須符合法規的規範及安全上的評估，如：使用合法的食品添加物。
- ◎ 必須注意原料及產品本身的自然變異，這些變數皆會影響丙烯醯胺生成的多寡。
- ◎ 若原料本身品質不佳及加工設備老舊，也會提高丙烯醯胺減量的難度，導致減量措施效果不佳。

馬鈴薯類食品



- ◎ 包括油炸、燒烤、烘焙等馬鈴薯類食品，主要為薯條、洋芋片及馬鈴薯相關加工製品(如馬鈴薯塊、薯條及薯球等)。

1. 農業栽培：還原糖

一般注意事項：

還原糖為形成丙烯醯胺的主要反應物，馬鈴薯塊莖中的還原糖含量與終產品的丙烯醯胺含量成正比，特別是當果糖/天門冬醯胺比例小於2的情況下。

等級	方法	說明
產業級	減少還原糖	控制還原糖已成為現今產業降低炸洋芋片及薯條中丙烯醯胺含量的主要措施，控制的方法包括： <ul style="list-style-type: none">• 選擇還原糖含量低的馬鈴薯品種。• 選擇適當的栽培條件、種植農場，並在良好操作條件下種植具有低還原糖含量品種之馬鈴薯，以降低產出高還原糖含量馬鈴薯的風險。• 確定馬鈴薯成熟後再採收，因為馬鈴薯在未成熟階段含有較高的還原糖含量。
	控制塊莖貯藏溫度	控制馬鈴薯從農場到工廠的貯藏條件，例如需要長時間貯藏時，溫度控制在6°C以上。

1. 農業栽培：還原糖(續)

產業級	防止塊莖於貯藏期間的糖化	在良好農業操作原則下，使用法規允許的發芽抑制劑或者將馬鈴薯移至較高的溫度下放置幾個星期，以防止低溫糖化效應(cold sweetening effect)的發生。
-----	--------------	---

未來展望：

選育低還原糖含量的馬鈴薯品種或具有抗低溫糖化之馬鈴薯品種。進一步採用更適合的農業栽培方法來降低馬鈴薯的還原糖與天門冬醯胺的含量，氮肥的使用會影響馬鈴薯塊莖的還原糖含量，若降低農場氮肥的使用量，會增加馬鈴薯塊莖的還原糖含量。

2. 農業栽培：天門冬醯胺

等級	方法	說明
實驗室級	尚無有效方法，可控制馬鈴薯的天門冬醯胺含量	天門冬醯胺是植物生長的重要胺基酸，也是丙烯醯胺形成中的主要反應物，至目前為止仍，還沒有一種有效方法可控制馬鈴薯中天門冬醯胺生成。一般而言，馬鈴薯含有游離胺基酸0.2~4%(乾物重)，其中天門冬醯胺佔20~60%，但天門冬醯胺含量的多寡與糖含量並無關聯性。
	栽種方法，如：施肥	天門冬醯胺是生成丙烯醯胺的主要成分及前驅物，降低物料中天門冬醯胺的含量對於丙烯醯胺的減量有絕對的幫助。調控變因如： <ul style="list-style-type: none"> • 選育低天門冬醯胺的品種。 • 儲藏對自由態天門冬醯胺的影響。 • 耕作方式對天門冬醯胺/總胺基酸比例的影響。

2. 農業栽培：天門冬醯胺(續)



<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">實驗室級</p>	<p>選育新的馬鈴薯品種</p>	<p>對馬鈴薯而言，硫元素的影響尚不清楚。提升天門冬醯胺以外之胺基酸比例，或許可增加梅納反應過程中，反應物之間互相的競爭作用，達到降低丙烯醯胺生成的效果，建議以胺基酸含量的多寡，作為評估馬鈴薯品種之丙烯醯胺生成的風險指標。研究指出修飾天門冬醯胺合成酶基因的基因轉殖馬鈴薯，可有效減少塊莖中自由態天門冬醯胺的含量高達20倍。</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">試作級</p>	<p>以天門冬醯胺/總自由態胺基酸比例，作為選擇作物品種之標準</p>	<p>肥料中的硫元素可能與天門冬醯胺發生化學反應，達到減少天門冬醯胺的目的。採用天門冬醯胺/總自由態胺基酸比例為評估指標，比採用天門冬醯胺/麩醯胺(glutamine)比例為更理想。</p>

其他注意事項：

- 減少原物料中還原糖時，是否會對其他營養素造成負面影響。
- 減少還原糖須考慮到最終產品本身特性(如顏色、香味等)
- 遵守優良的作業規範，剔除不良的劣質原物料，亦為減少丙烯醯胺的有效措施，如：確保馬鈴薯儲存期間無發生擦傷、損壞、病毒、真菌危害及腐爛等。



3. 配方：其他微量成分

等級	方法	說明
實驗室與試作級	<p>添加具有競爭性的胺基酸，可減少丙烯醯胺的生成</p>	<p>研究指出某些胺基酸如甘胺酸和鈣鹽，可以透過還原電位與天門冬醯胺競爭，從而減少丙烯醯胺的生成，或發生化學反應改變平衡有助於減少丙烯醯胺的生成。</p> <p>擠壓加工之馬鈴薯產品</p> <ul style="list-style-type: none"> 試作級規模實驗中，發現馬鈴薯類的餅乾添加過量胺基酸，會造成嚴重的褐變及苦澀異味。 加入少量的胺基酸，可減少丙烯醯胺的生成且顏色仍可接受。 <p>油炸薯條</p> <ul style="list-style-type: none"> 實驗結果發現添加甘胺酸對薯條產品，沒有減少丙烯醯胺生成的效果。
產業級	<p>添加鈣鹽可降低某些馬鈴薯類產品的丙烯醯胺生成</p>	<p>馬鈴薯相關製品</p> <ul style="list-style-type: none"> 雙價陽離子有降低丙烯醯胺生成的作用，如麵糰內添加0.3%的鈣離子(如乳酸鈣)，即能減少丙烯醯胺的生成，馬鈴薯類的餅乾加入1%氯化鈣，能降低產品20~80%的丙烯醯胺生成，但添加過量時，產品會產生異味。 鈣鹽可減少馬鈴薯片產品丙烯醯胺的生成(約減少30~40%)，減量效果取決於產品設計及製程，添加過量則有不良影響。 <p>薯條</p> <ul style="list-style-type: none"> 乳酸鈣於實驗室級結果中能降低丙烯醯胺的生成，但在工業規模測試上效果不佳。

3. 配方：其他微量成分(續)

產業級	<p>共同配方的成分：配方的次要成分，同組會影響最終產品。皆會影響最終產品的丙烯醯胺含量。</p>	<p>洋芋片及馬鈴薯類食品</p> <ul style="list-style-type: none"> 加工過程中，配方添加的成分(如糖蜜、香料及穀物)可能會增加丙烯醯胺的生成。 單一或複合類型的產品(如：加工穀物、蔬菜、堅果及種子等)，配方中所含的共同成分，皆會影響最終產品的丙烯醯胺含量，需要於產品設計中通盤考量，包括：處理方法、加工設備及其性能等。
-----	---	---

4. 配方：pH

等級	方法	說明
試作與產業級	<p>已證實酸及鹼類可成功應用於工業生產上。</p>	<p>洋芋片、薯條與馬鈴薯相關製品</p> <ul style="list-style-type: none"> 在工業上已成功使用檸檬酸及抗壞血酸降低馬鈴薯產品中的丙烯醯胺生成，但某些馬鈴薯類的餅乾及薯條等產品於實驗室研究中，則有產生強烈異味的反效果。 <p>薯條及洋芋片</p> <ul style="list-style-type: none"> 小規模試驗：於洋芋片原物料添加少量的酸及鈣鹽，具有降低丙烯醯胺生成的協同效應；薯條方面，則有異味產生。 薯條少量製作上添加酸味劑(如醋酸、檸檬酸及抗壞血酸)，具有降低丙烯醯胺生成的效果；工業生產方面，則無顯著效果且有異味產生。
實驗室級	<p>酸味劑配合甘胺酸使用</p>	<p>馬鈴薯蛋糕</p> <ul style="list-style-type: none"> 模型試驗指出，添加檸檬酸與甘胺酸(0.39%)可有效抑制丙烯醯胺的生成，且檸檬酸能減緩甘胺酸產生的異味。

5. 配方：稀釋與切片大小

等級	方法	說明
	減少配方中丙烯醯胺形成的關鍵反應物	<p>成分的稀釋</p> <ul style="list-style-type: none"> 藉由稀釋降低生成丙烯醯胺的成份元素，也是一種重要的方式。以低天門冬醯胺含量的穀類，如玉米、小麥及大米等，取代或降低產品配方中馬鈴薯的比例，進而減少丙烯醯胺形成的可能性。 製作馬鈴薯類相關製品時，可以使用其他天門冬醯胺較少的穀物 (如小麥、米及玉米) 取代，以達到降低丙烯醯胺的生成。
產業級	<p>通過降低表面積及體積比的方式，如增加切片厚度能減少丙烯醯胺形成</p>	<p>薯條</p> <ul style="list-style-type: none"> 丙烯醯胺形成通常在產品表面，因此表面積與體積之比值(即，比表面積)決定了加熱烹飪過程丙烯醯胺的多寡，如何減少比表面積也是一種方法，如提高薯條及洋芋片厚度或生產較大體積的麵包等方式，藉此降低丙烯醯胺生成。 <p>洋芋片</p> <ul style="list-style-type: none"> 因此類產品的最終水分要求較低，當增加產品厚度(體積)時，導致需要輸入更多的熱量(加熱時間長)，反使丙烯醯胺增加；反之，切片愈薄，短時間油炸即可達到目標的水分含量，而降低丙烯醯胺生成的風險。



6. 配方：發酵

等級	方法	說明
實驗室級	降低發酵過程中的pH值能減少丙烯醯胺形成	<p>馬鈴薯類相關製品</p> <ul style="list-style-type: none"> • 發酵程序能減少丙烯醯胺的原因是藉由消耗關鍵反應物以達到減少丙烯醯胺形成，同時降低環境pH值也具有協同效果。 • 發酵反應能減少丙烯醯胺生成的主要關鍵在於pH值的降低。 • 以乳酸菌處理馬鈴薯的方法，尚不適用於現在的加工製程及設備。

7. 配方：天門冬醯胺酶

等級	方法	說明
實驗室級	添加天門冬醯胺酶可水解天門冬醯胺，由原料端減少丙烯醯胺生成	<p>馬鈴薯洋芋片</p> <ul style="list-style-type: none"> • 馬鈴薯切片厚度會影響酵素處理之效果。厚度較大者，酵素無法完全滲透進入組織結構內發揮作用，天門冬醯胺降解效果差。同時，抑制丙烯醯胺的多寡也取決於產品配方、加工處理條件及酵素作用的時間。
試作與產業級	天門冬醯胺酶可顯著降低麵糰產品丙烯醯胺的生成，但也伴隨不良風味產生	<p>馬鈴薯相關製品</p> <ul style="list-style-type: none"> • 酵素降低丙烯醯胺生成的效果取決於產品配方、加工條件及酵素作用的時間。 • 天門冬醯胺酶可顯著降低產品丙烯醯胺的生成，但天門冬胺酸酶會消耗天門冬醯胺形成天門冬胺酸及氨，而使產品有不良風味。 <p>薯條</p> <ul style="list-style-type: none"> • 工業生產方面，利用酵素減少冷凍薯條中丙烯醯胺的效果不佳，因低溫儲藏下酵素需要更長的作用時間。

8. 加工：熱量與水分的控制

一般注意事項：

除成分的影響外，丙烯醯胺的生成也和熱量及水分含量有關，低溫短時間及低水分含量都有助於丙烯醯胺的減量。

產業級	熱量的控制會影響最終產品的丙烯醯胺含量；控制水分有助於製程控制；對薯條而言最終製備條件是關鍵	洋芋片及馬鈴薯相關製品 熱量並非只是單純的溫度控制，而是關係到產品最終的特性，因此需要考慮包含溫度、加熱時間及加工設備等條件的影響。 <ul style="list-style-type: none">• 真空油炸為一種良好的加工方式，但此方法的製備產量有限。• 加工製程採取高溫短時的油炸方式，且快速將產品冷卻，有助於減少丙烯醯胺的生成。• 水分含量是此類產品的關鍵指標，如能夠保持產品在可接受之最低水分含量範圍，也可有效降低丙烯醯胺的生成。水分與丙烯醯胺反應的活化能有關，低水分情形下由褐變反應產生丙烯醯胺需要較大的活化能，因此低水分條件可降低丙烯醯胺的生成。
	利用乾蒸氣來幫助預油炸及高溫處理	薯條 <ul style="list-style-type: none">• 預油炸處理之半成品，不會影響最終產品的丙烯醯胺含量，因此可為良好的處理方式。

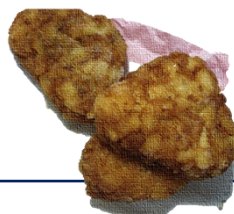
其他注意事項：

降低洋芋片與薯條的油炸溫度，且需滿足產品達到原來的色澤，可能導致產品的油脂含量增加，此外，水分含量過高也會有保存期限及微生物等問題產生。

9. 加工：預處理(水洗、殺菁及二價陽離子)

等級	方法	說明
產業級	殺菁是一種有效減少薯條丙烯醯胺的方法；二磷酸二鈉	<p>薯條</p> <ul style="list-style-type: none"> 在薯條製作中，馬鈴薯的殺菁為一控制丙烯醯胺生成的重要步驟，此程序可抑制酵素活性、減少還原醣產生。 殺菁後配合二磷酸二鈉的浸泡，可預防褐變並降低pH值，具有輔助減少丙烯醯胺的效果。
實驗室與試作級	水洗及控制pH值對降低洋芋片的丙烯醯胺的含量是有效的方法，殺菁則對產品的風味及質地有不利影響	<p>洋芋片及馬鈴薯相關製品</p> <ul style="list-style-type: none"> 某些馬鈴薯品種經長時間儲存後，於表皮部位會有大量還原醣產生，去除馬鈴薯表皮後再進行加工，也可降低丙烯醯胺的生成。影響馬鈴薯相關製品之丙烯醯胺含量的主要因素為品種與季節。 殺菁通常應用在馬鈴薯粉與馬鈴薯塊的製程上，但對切片的馬鈴薯洋芋片，反而因破壞了表面細胞導致風味及質地損失，增加油脂的含量。
實驗室與試作級	馬鈴薯產品添加二價或三價陽離子鹽類能有效減少丙烯醯胺生成	<p>鈣鹽</p> <ul style="list-style-type: none"> 添加二價及三價陽離子鹽類可減少馬鈴薯產品的丙烯醯胺含量。 利用鈣鹽離子溶液(乳酸鈣、氯化鈣)浸泡馬鈴薯，可降低丙烯醯胺生成，但工業大量生產時，產品則會出現苦味。 氯化鎂也有苦味現象發生，此外需注意鈣鹽不能與二磷酸二鈉一起使用。

10. 加工：顏色判定



等級	方法	說明
產業級	烹煮至金黃色，剔除顏色過深的產品	<p>薯條</p> <ul style="list-style-type: none"> • 最終產品丙烯醯胺的多寡與還原糖及顏色有關，可藉由顏色判定作為篩選的指標。 • 烹調說明：產品油炸至金黃色即可。 • 避免油炸顏色過深，減少形成丙烯醯胺風險。 • 配合使用合法食用色素改善產品顏色縮短其油炸時間。 • 假使消費者能接受淺色的薯條(包括：質地及味道)，就不需將薯條油炸至較深的顏色。
	最終產品的顏色	<p>洋芋片與馬鈴薯相關製品</p> <ul style="list-style-type: none"> • 剔除深色的洋芋片可降低攝入風險。 • 利用顏色的測量可找出與最終產品丙烯醯胺含量的關聯性。 • 遵守良好的作業規範，維持油炸用油的品質與避免洋芋片油炸過度。 • 通常消費者對顏色淺的洋芋片接受性較差，可搭配辣椒香料使用改善味道及色澤增加消費者接受度。

其他注意事項：

油炸用油的品質亦會影響產品製程中丙烯醯胺的生成，並牽涉到產品質地及風味變化的減量方法，不適合直接作為丙烯醯胺減量的措施。

11. 烹調的控制：消費者注意事項

等級	方法	說明
產業級	給烹調者與消費者的建議：薯條油炸至金黃色即可	<p>薯條 消費者購買產品回家烹調時，注意事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 油炸 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 油炸溫度不得超過175°C ➢ 勿過度油炸 ➢ 薯條呈金黃色即可 ➢ 以少量分批加熱的方式縮短油炸時間 • 烘烤 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 不要加熱過度 ➢ 呈現金黃色即可 ➢ 維持少量調理，縮短烹煮時間為原則
實驗室級	殺菁時間過短會導致薯條中殘留的醣量較高	<ul style="list-style-type: none"> • 新鮮馬鈴薯經過殺菁及搗碎後置於4°C儲藏，其還原醣含量高於未經處理者，推測是由於殺菁時間不足，殘存的α-amylase在貯藏過程中持續作用而釋出還原醣。註：本研究之薯條採用短時間(5分鐘)殺菁，而非工業生產所使用的條件(殺菁15~45分鐘)。



穀類食品



- ◎ 產品包括麵包、小麥(黑麥)薄脆餅乾、早餐麥片、餅乾及烘焙製品。

1. 農業栽培：還原醣

一般注意事項：

早餐麥片中，醣類並非穀物製品形成丙烯醯胺的關鍵因素，因此早餐麥片類的產品生產時可不考慮。

等級	方法	說明
試作與產業級	穀物中醣的組成並不是形成丙烯醯胺的關鍵因素	<ul style="list-style-type: none">• 研究指出天門冬醯胺才是穀類產品形成丙烯醯胺的主要原因。2004年測量4種不同的小麥品種，其中還原醣含量只占乾重約1~1.3%，依序為果糖(0.17~0.2%)、麥芽糖(0.36~0.55%)、葡萄糖(0.41~0.58%)和蔗糖(0.5~0.65%)，因此在穀類中丙烯醯胺的形成與總還原醣量及個別的醣含量並無高度相關性。• 近年研究指出，全麥黑麥及小麥含有穀類中最高的果糖/葡萄糖比例。此外，以天門冬醯胺及果糖/葡萄糖比例當作選擇標準，挑選合適的穀類原料，如黑麥及軟質小麥，所製作的麵包與麵粉則有較少的丙烯醯胺含量。

2. 農業栽培：天門冬醯胺

一般注意事項：

不同的穀物種類之間天門冬醯胺含量差異很大，如：穀物種類、品種、生長條件及氣候等，因此選擇自由態天門冬醯胺含量較低的小麥，也能降低產品中的丙烯醯胺含量。

一般天門冬醯胺大多集中於麥麩部位，目前雖仍無法完全改用低天門冬醯胺的小麥品種，但減少使用全麥及胚乳也可降低丙烯醯胺的生成。由於各種穀類具有其特殊性適合製作不同類型的產品，彼此無法互相取代，只能仰賴科學方法管理種植達到控制天門冬醯胺的含量。

等級	方法	說明
產業級與農業	維持穀物耕種過程中的硫含量為重要關鍵	<ul style="list-style-type: none">• 研究指出小麥生長過程若缺乏硫元素，最後製成的麵粉產品會含有較高的天門冬醯胺及麩醯胺含量，因此在種植小麥時增加肥料中硫濃度可改善此情形。• 烹煮小麥時，缺乏硫元素的麵粉會影響其香味及感官特性。



2. 農業栽培：天門冬醯胺 (續)

試作級	<p>選擇小麥的品種並減少使用全麥或麩皮，可降低丙烯醯胺的生成，但會影響產品營養價值與感官特性</p>	<p>早餐麥片</p> <ul style="list-style-type: none"> • 一般麥麩部分含有較高的天門冬醯胺，避免使用全麥或胚乳以減少丙烯醯胺生成風險，但也損害產品營養價值及感官特性。 • 多數早餐麥片是由軟質小麥製作，目前所知英國的小麥品種顯示其有最低的天門冬醯胺含量。 <p>穀物相關製品</p> <ul style="list-style-type: none"> • 減少使用含天門冬醯胺較高的全麥與麥麩或胚乳，能有效減少丙烯醯胺生成，但對消費者而言，會降低產品的感官及營養(如纖維或其他營養素)。 <p>小麥(黑麥)薄脆餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> • 黑麥樣品主要受環境因素影響較顯著，因而較不易掌控，可利用其他措施來減少丙烯醯胺生成。
-----	---	---

3. 配方：添加劑

等級	方法	說明
試作與產業級	<p>減少或取代配方中的碳酸氫銨能降低產品中丙烯醯胺生成但其感官性質</p>	<p>餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> • 薑餅配方中添加碳酸氫銨會於烘烤過程中增加醣類裂解而形成乙二醛和丙酮醛因而加快與天門冬醯胺反應形成丙烯醯胺。因此，可改用鈉鹽類(小蘇打)的添加物取代配方中碳酸氫銨，不過雖能有效減少丙烯醯胺生成，但也會影響產品本身的風味、顏色及組織。

4. 配方：其他微量成份

等級	方法	說明
實驗室與試作級	添加甘胺酸會影響感官性質； 添加過量鈣鹽會產生不良風味	薑餅 <ul style="list-style-type: none"> 薑餅配方加入1%甘胺酸，能有效減少2.5倍的丙烯醯胺生成，但褐變也隨著增加，影響感官特性。 批式規模試作發現添加鈣鹽會改變產品質地，尚無法應用在商業化生產上。
	添加甘胺酸會改變產品顏色及質地	甜餅乾 <ul style="list-style-type: none"> 此類產品添加甘胺酸會造成顏色及質地有無法接受的變化。
產業級	配方若含碳酸氫銨，以果糖取代葡萄糖，可減少丙烯醯胺的生成	甜餅乾 <ul style="list-style-type: none"> 還原糖可提供產品風味及色澤，以果糖取代葡萄糖顏色變淺，組織質地可接受，建議在可接受範圍內作適當取代。
	麵包配方中添加鈣鹽類能有效降低丙烯醯胺的生成	麵包 <ul style="list-style-type: none"> 二價陽離子有降低丙烯醯胺生成的效果，如麵粉內添加0.3%乳酸鈣，能減少麵包約30%的丙烯醯胺生成，鎂離子也具有類似之效果。 除了麵包發酵過程中添加甘胺酸外，亦可於麵糰表面以噴灑的方式，達到減少丙烯醯胺產生。

4. 配方：其他微量成份(續)

實驗室與試作級	<p>麥芽對丙烯醯胺的影響需進一步確認； 添加氯化鈣的效果需進一步確認； 試作級規模之產品製程添加甘胺酸有減少丙烯醯胺生成的效果； 添加抗氧化劑沒有明顯效果</p>	<p>早餐麥片</p> <ul style="list-style-type: none"> • 早餐麥片產品的穀物原料常含有蔗糖及麥芽，若還原醣含量太高，易造成產品顏色過深。使用其他醣類取代時應優先使用不會增加丙烯醯胺生成的醣類；而果糖、葡萄糖及蜂蜜等亦可於麥片烘焙後再加入。 • 有案例顯示麥芽能減少麥片中丙烯醯胺的生成，但仍須進一步驗證。 • 製造商已成功於試作規模中，添加0.4~0.5%的氯化鈣能減少丙烯醯胺的生成，且不影響產品風味。 • 小麥麥片添加甘胺酸可減少50%的丙烯醯胺生成，由於甘胺酸反應速率快，會伴隨苦味及褐變等不良之影響，因此建議以最小用量使用，脯胺酸亦有相似的效果。 • 於試作規模中，添加抗氧化劑(如維生素C與E)，並無明顯減少丙烯醯胺生成的效果。
	<p>添加甘胺酸及鈣鹽會影響產品質地</p>	<p>薄脆餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> • 薄脆餅乾添加3% (w/w)甘胺酸可有效減少78%的丙烯醯胺生成，而鈣離子則只有些微的效果，且會產生不良的顏色及味道。

5. 配方：pH值

等級	方法	說明
實驗室與試作級	添加有機酸只對膨發劑的結合效果有影響，對減少丙烯醯胺的效果有限	<p>餅乾、薄脆餅乾、薑餅及早餐麥片</p> <ul style="list-style-type: none"> • 餅乾的試作規模實驗中，缺乏鉍的情況下，丙烯醯胺含量隨pH值降低有減少的趨勢(17%)，且兩者間呈線性關係。 • 實驗室研究中，甜餅乾配方添加檸檬酸後，能藉由降低pH而達到減少20~30%丙烯醯胺生成的目的。 • 薑餅配方額外添加檸檬酸和酒石酸(~0.5%)，能減少約3倍丙烯醯胺的生成但也伴隨產品的質量不足、酸性味道產生及顏色太淺等問題。 • 模型試驗結果顯示，某些烘焙產品在低pH值環境進行發酵，會產生3-單氯丙二醇 (3-monochloro-1,2-propanediol, 3-MCPD)。 • 實驗室與試作規模中，早餐麥片添加檸檬酸或鹽類會造成不良口感，且以氫氧化鈉增加pH值(鹼環境)對減少丙烯醯胺的生成並無顯著效果。

6. 配方：稀釋與切片大小

等級	方法	說明
工業與試作級	減少薄脆餅乾中全麥的使用以降低丙烯醯胺的生成	<p>薄脆餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> • 薄脆餅乾配方使用天門冬醯胺較少的穀物原料，如黑麥麵粉(型號1800)替代型號997的原料，配合增加餅乾成品厚度，也可減少丙烯醯胺的含量，不過也會改變產品特性。

6. 配方：稀釋與切片大小 (續)

工業與試作級	<p>替換配方中所使用的穀物</p>	<p>甜餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> • 配方中以精白米穀粉來取代部分的小麥粉。
	<p>減少使用全皮及胚乳可降 低丙烯醯胺但也會影響產品的營養價值；烤堅果及水果乾可能增加丙烯醯胺含量</p>	<p>早餐麥片</p> <ul style="list-style-type: none"> • 以低天門冬醯胺含量的穀物，如玉米及大米等，取代或降低產品配方中小麥、大麥及燕麥的比例，進而減少丙烯醯胺生成的可能性。 • 花生及榛果的天門冬醯胺含量只有杏仁的20%，可作為甜餅乾配方的替代品，且杏仁的丙烯醯胺含量會隨著烘烤時間而增加。 • 乾燥水果方面，香蕉乾、椰子乾及李子乾也發現少量丙烯醯胺。
	<p>透過生產較大體積之產品來減少丙烯醯胺的生成</p>	<p>增加麵包體積(某些烘焙產品)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 丙烯醯胺通常在產品表面形成，因此表面積與體積比例(即，比表面積)決定了加熱烹飪過程中生成丙烯醯胺的多寡。如何減少表面積/體積比例是一種減少丙烯醯胺含量的方法，如生產較大體積的麵包，可減少丙烯醯胺的生成。



7. 配方：重新烹調

等級	方法	說明
試作級	避免使用老麵糰	<p>餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> 研究顯示薑餅經重新烹調後，丙烯醯胺含量增加約16%。 試作規模實驗中，以放置3小時的舊麵糰(俗稱老麵)製作甜餅乾，反而增加更多丙烯醯胺的生成(增加約35%)，此原因為麵糰中的自由態天門冬醯胺隨著放置時間而有上升的趨勢，導致成品中丙烯醯胺的含量增加，因此應避免重複使用舊麵糰。 在其他非發酵類的薄脆餅乾方面，對丙烯醯胺的生成則無明顯的影響。
	尚無關於重新烹調對丙烯醯胺含量影響的資訊	<p>早餐麥片</p> <ul style="list-style-type: none"> 早餐麥片經重新烹調後對丙烯醯胺的含量無顯著影響，但每個案例產品的製程都不相同，建議應各別測試。

8. 配方：發酵

等級	方法	說明
實驗室、試作與產業級	發酵類產品較低，且隨發酵時間減少	薄脆餅乾 <ul style="list-style-type: none"> 某些發酵產品，如餅乾及薄脆餅乾是以發酵麵糰製成，除了特殊質地口感與風味外，其丙烯醯胺含量也低於未發酵者，主因是酵母會消耗天門冬醯胺及天門冬胺酸 (aspartic acid)。
	甜餅乾類產品控制麵糰放置時間可達到丙烯醯胺減量；以低產氣酵母可達快速分解天門冬醯胺的效果	甜餅乾及餅乾 <ul style="list-style-type: none"> 麵糰放置超過3小時會增加35%的丙烯醯胺生成。 利用酵母長時間發酵，有幫助減少丙烯醯胺；歐洲巧克力、餅乾糖果工業協會 (Association of the Chocolate, Biscuits and Confectionery Industries of the EU, CAOBISCO) 方面，則尚無關於探討發酵時間影響的資料。
實驗室級	延長酵母發一為種行之措 施	麵包 <ul style="list-style-type: none"> 實驗室規模試驗中，以麵粉、鹽和水配製的麵糰，延長發酵時間1小時，能有效減少50%的丙烯醯胺生成，主因是酵母會利用天門冬醯胺並減少胺基酸含量。 另外，有關減少配方中添加的改良劑和油脂等方法，值得進一步探討。

9. 加工：天門冬醯胺酶

等級	方法	說明
試作與產業級	天門冬醯胺酶對餅乾、穀物及薄脆餅乾等產品在商業製程上降低丙烯醯胺的效果非常顯著	<p>餅乾、薑餅與薄脆餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> • 天門冬醯胺酶可水解降低天門冬醯胺含量，由原料端減少丙烯醯胺的生成。 • 天門冬醯胺酶在高水分含量及中性環境下具有最高活性，已成功運用在穀類產品上，如：餅乾、早餐麥片與麵包等。
產業級	天門冬醯胺酶在穀物類點心上降低丙烯醯胺效果良好	<p>穀物餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> • 製作餅乾的麵糰先以天門冬胺酸酶處理後，可減少後續產品70~90%的丙烯醯胺生成。
實驗室與試作級	對顆粒較大的穀物產品沒有明顯效果	<p>早餐麥片</p> <ul style="list-style-type: none"> • 酵素處理對早餐麥片效果不佳，因麥片水分含量較低，酵素不易與食品基質作用。

10. 加工：熱量與水分的控制

等級	方法	說明
試作與產業級	良好的熱量控制可減少丙烯醯胺的生成	<p>薄脆餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> 非發酵類薄脆餅乾以較低的溫度烘烤，可有效減少75%的丙烯醯胺生成。 <p>早餐麥片</p> <ul style="list-style-type: none"> 穀物烘烤過程中，水分含量、烘烤溫度/時間(熱輸入)等因素，皆與丙烯醯胺密切相關。 一般水分含量相同而顏色較淺者，其丙烯醯胺含量相對比較少。 製造商的案例中發現早餐麥片的丙烯醯胺多寡與產品水分含量有相關性，與產品色澤方面較不明顯。
實驗室與試作級	替代傳統烘烤的技術，如紅外線加熱或蒸氣烘烤	<p>麵包</p> <ul style="list-style-type: none"> 麵包製作過程若避免麵包表面生成過深的顏色及以較低溫度進行烘烤，另配合紅外線輻射烘烤或蒸汽烘烤方式，能減少麵包表面約60%的丙烯醯胺生成，並保留原產品的感官品質。 加熱方式也會影響丙烯醯胺的生成，結果顯示旋風式對流烤箱比非對流式烤箱有更高的丙烯醯胺生成風險。 建議透過加工的熱量與水分控制並配合配方的調整更能有效減少產品中丙烯醯胺的含量。

11. 加工：顏色判定

等級	方法	說明
產業級	產品顏色是者標，如：利用巧克力糖衣增加消費者喜好	<p>甜餅乾、薄脆餅乾、早餐麥片與麵包</p> <ul style="list-style-type: none"> • 梅納反應是穀類產品產生顏色及風味的主要來源。淺色的甜餅乾丙烯醯胺含量較顏色深者少10%。 • 薄脆餅乾方面，如果省略最後烘烤的步驟，可減少產品的褐變。 • 顏色淺的甜餅乾丙烯醯胺含量較顏色深者少，此外甜餅乾、乾麵包及早餐麥片等產品，可採用加入巧克力的方式改善顏色及味道。

12. 加工：組織與風味

等級	方法	說明
試作級	水分含量對此類產品的感官特性相當重要	<p>餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> • 梅納反應通常賦予產品顏色及風味，但也伴隨丙烯醯胺產生，在某些產品(如薑餅)，還原醣(果糖和葡萄糖)是給予其特殊風味的關鍵，但也提高丙烯醯胺生成的風險。 • 本類產品的質地通常為了達到較脆之口感，製程採取高溫烘烤與保持低水分含量的方式，兩者皆會促使丙烯醯胺的生成，若改用低溫長時間烘烤則可避免。

13. 烹調的控制：消費者須知

等級	方法	說明
產業級	包裝上的調理說明	<p>麵包、烘烤</p> <ul style="list-style-type: none"> • 烤麵包只需呈現金黃色即可。

咖啡



1. 農業栽培：還原醣

等級	方法	說明
試作級	與丙烯醯胺的生成無關	咖啡 <ul style="list-style-type: none">• 生咖啡豆(Robusta, Arabica)的醣含量與烘烤後形成的丙烯醯胺無相關性。

2. 農業栽培：天門冬醯胺

等級	方法	說明
試作級	沒有自由天門冬醯胺含量極低的作物可選擇	咖啡 <ul style="list-style-type: none">• 生咖啡豆的天門冬醯胺含量不高(約20~100 mg/100 g)，烘焙咖啡豆時丙烯醯胺的生成可能與蛋白質的熱裂解有關。• 其他反應途徑的影響尚不清楚。• 農業栽培的影響是長期性的，需長時間觀察才能看出效果。

其他注意事項：

其他與自由天門冬醯胺相關的反應途徑，對丙烯醯胺生成的影響尚不清楚。

3. 配方：微量成分

等級	方法	說明
實驗室級	鈣鹽及鎂鹽對減少咖啡中丙烯醯胺無顯著效果	研究初步發現有減量效果，仍應注意對產品感官特性的影響，大量生產時需考慮微生物和環境等問題。

4. 配方：稀釋與切片大小

等級	方法	說明
產業級	調整配方以降低丙烯醯胺生成風險	以烘焙大麥取代咖啡為替代飲品配方，能有效減少丙烯醯胺的生成，但會影響其口感。

5. 加工：天門冬醯胺酶

等級	方法	說明
實驗室級	對咖啡產品而言，天門冬醯胺酶並非良好的減量措施	<p>咖啡</p> <ul style="list-style-type: none"> • 以天門冬醯胺酶先降低生咖啡豆中天門冬醯胺含量，有利於後續烘焙時減少10~45%的丙烯醯胺生成，缺點為感官品評和控制組有顯著差異，且效果與烘烤及豆子混合情形有關。 • 初步研究有效果，但仍需評估其他的因素，如： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 咖啡在儲存過程中，丙烯醯胺含量會減少5~35%，尚未清楚丙烯醯胺降解和儲存時間的相關性。 ➢ 咖啡採用丙烯醯胺減量措施處理，可能造成其香氣與風味的損失。 ➢ 目前皆處於實驗室與試作級階段，尚未應用在商業化生產上。

6. 加工：熱量與水分的控制

等級	方法	說明
實驗室與試作級	現有烘烤方式雖無導致丙烯醯胺大量產生，但非丙烯醯胺減量的有效措施	<p>咖啡</p> <ul style="list-style-type: none"> 咖啡中丙烯醯胺生成情形不同於多數的食品，咖啡豆於烘焙初期丙烯醯胺生成反應進行迅速，隨著溫度及時間的上升反而減少(20~30%)，推論可能在烘焙過程中其他成分與丙烯醯胺間發生聚合反應造成其下降。 以更高溫度或給予較多熱量來烘焙咖啡豆，可減少丙烯醯胺生成，但也影響產品之風味，建議深焙咖啡可採用低溫長時間方式烘烤，需控制此二變數使產品達到理想風味。 採用烘烤新技術(如蒸氣/加壓烘烤)比傳統方式減少10%的丙烯醯胺產生，但非顯著的替代方案。

其他注意事項：

咖啡方面，在保留消費者可接受的感官性質條件下，能進行的減量措施相當有限。

7. 加工：預處理

等級	方法	說明
實驗室與試作級	預乾燥生咖啡豆及去除咖啡因皆對丙烯醯胺生成無顯著影響	<p>咖啡</p> <ul style="list-style-type: none"> 將生咖啡豆預乾燥至水分含量7% (生豆10~12%)，對減少後續烘焙時丙烯醯胺的生成無明顯效果。 去除咖啡因之生咖啡豆與未去除者，在烘烤後對丙烯醯胺的生成無顯著差異。

8. 加工：顏色判定

等級	方法	說明
試作與產業級	顏色是控制產品感官性質的要點	咖啡 <ul style="list-style-type: none">顏色是判斷此類產品烘焙程度及感官性質的關鍵指標，其優劣會影響消費者的嗜好性，因此如何控制熱量供應及水分含量顯得相當地重要。

9. 加工：組織/風味

一般注意事項：

咖啡的感官特性(味道及香氣)，對消費者而言相當重要，如：烘焙條件、混合或加工技術改變皆會影響消費者的喜好度。

10. 烹調的控制：消費者須知

一般注意事項：

在咖啡沖泡過程中，丙烯醯胺幾乎會被完全萃取至飲品內，而研磨咖啡與即溶咖啡所含的丙烯醯胺濃度相似。

嬰幼兒食品、嬰兒餅乾、嬰幼兒麥片及其它種穀物的嬰幼兒食品

1. 配方：其它微量成分

等級	方法	說明
試作與產業級	避免添加其他成分導致配方中還原糖含量增加	嬰兒穀類食品 <ul style="list-style-type: none"> • 嬰兒麥片配方中，添加果糖、蜂蜜及水果等，會增加丙烯醯胺生成的風險。
產業級	配方會影響罐裝嬰兒食品的丙烯醯胺生成；配方對最終產品的丙烯醯胺含量有顯著影響	其他種穀物的嬰幼兒食品 <ul style="list-style-type: none"> • 產品中若含有番薯，可能會增加丙烯醯胺生成的風險。 嬰兒餅乾 <ul style="list-style-type: none"> • 餅乾或全麥配方中若含有還原糖，會導致最終產品含有高量的丙烯醯胺。

其他注意事項：

減少熱量輸入雖能降低丙烯醯胺的生成，但也必須考慮微生物等問題。

2. 加工：天門冬醯胺酶

等級	方法	說明
試作級	天門冬醯胺酶能減少嬰兒餅乾中丙烯醯胺的生成	<p>嬰兒餅乾</p> <ul style="list-style-type: none"> 依據嬰兒餅乾之加工方式，減量效果約有30~60%左右。
產業級	天門冬醯胺酶已成功地用於某些嬰兒穀物商業製程上	<p>嬰兒穀物食品</p> <ul style="list-style-type: none"> 嬰兒穀物食品通常運用各種加工技術製作，如：擠壓或滾筒乾燥等，此類食品配方大多含水分，天門冬醯胺酶也需於有水環境下作用進行水解，水解效果取決於滯留時間、溫度、混合情形與酵素添加情形，約可減少80%的天門冬醯胺。



黑糖



1. 配方：天門冬醯胺酶

等級	方法	說明
實驗室與試作級	添加天門冬醯胺酶可以降低原料天門冬醯胺含量，從原料端降低丙烯醯胺形成的因子	<ul style="list-style-type: none">• 添加天門冬醯胺酶1000、2000及3000 U/L(活性單位)至製作黑糖的甘蔗汁中，可使原料之天門冬醯胺含量下降75、85及95%；相對地，製作成黑糖後，其丙烯醯胺含量會減少達30、80及90%，具有減少丙烯醯胺生成的顯著效果。

2. 配方：鹽類

等級	方法	說明
實驗室與試作級	添加鹽類可以有效減少丙烯醯胺的生成	<ul style="list-style-type: none">• 在甘蔗汁中，添加氯化鈣或氯化鎂都可以有效減少製成黑糖之丙烯醯胺含量。• 添加0.1、0.5及1.0%氯化鈣，可使黑糖之丙烯醯胺含量減少達35、80及85%。• 添加0.1、0.5及1.0%氯化鎂，可使黑糖之丙烯醯胺含量減少達85、90及99%。• 添加氯化鎂的效果比添加氯化鈣好，但是在風味上，添加1%氯化鎂會造成風味改變。• 添加食鹽(氯化鈉)，無助於丙烯醯胺的減量。

3. 配方：胺基酸

等級	方法	說明
實驗室與試作級	添加適當及適量的胺基酸，有助於減少黑糖產品中丙烯醯胺的生成	<ul style="list-style-type: none">• 在甘蔗汁中，添加甘胺酸和胱胺酸(cystine)會與原料中天門冬醯胺競爭，可以降低黑糖丙烯醯胺的含量。• 添加甘胺酸10、50及100 mmol/L於甘蔗汁中，可使黑糖之丙烯醯胺含量減少達30、60及95%。• 添加胱胺酸10、50及100 mmol/L於甘蔗汁中，可使黑糖之丙烯醯胺含量減少達70、90及95%。• 添加胱胺酸的效果比添加甘胺酸好，但添加胱胺酸會造成風味改變。

資料來源

□ General:

行政院衛生署。2003。中式食品中丙烯醯胺分析方法建立與原料對產品中丙烯醯胺含量的影響。行政院衛生署(DOH92-TD-1102)。台灣，台北。

行政院衛生署。2004。澱粉原料與加熱溫度對食品中丙烯醯胺含量的影響。行政院衛生署(DOH93-TD-F-113-011)。台灣，台北。

行政院衛生署。2005。油炸澱粉類食品中丙烯醯胺含量之分析。行政院衛生署(DOH94-TD-F-113-011)。台灣，台北。

行政院衛生署。2010。台灣地區各類食品中丙烯醯胺含量背景值、風險評估暨降低食品中丙烯醯胺含量之研究。行政院衛生署(DOH098-TD-F-113-098021)。台灣，台北。

行政院衛生署。2011。現場調製飲品及烘烤油炸食品中丙烯醯胺含量調查暨減少其含量之加工研究。行政院衛生署(100TFDA-FS-617)。台灣，台北。

行政院衛生署。2012。食品加工衍生物質衛生安全風險研究。行政院衛生署(DOH101-FDA-31602)。台灣，台北。

Codex CODE OF PRACTICE FOR THE REDUCTION OF ACRYLAMIDE IN FOODS, (CAC/RCP 67-2009). Accessed 27.03.2011. /download/standards/11258/CXP_067e.pdf.

FoodDrinkEurope 2011. *Acrylamide Toolbox 2011*. FoodDrinkEurope, September 30, 2011; Brussels, Belgium.

HEATOX Final Report, 12 April 2007. Accessed 27.03.2011 (www.heattox.org).

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA): Seventy-second meeting, Rome, 16–25 February 2010. Accessed 27.03.2011 http://www.who.int/foodsafety/chem/summary72_rev.pdf

Mottram DS, Wedzicha BL, Dodson AT. 2002. *Nature Publishing Group* 419: 448-449.

Seal CJ, de Mul A, Eisenbrand G, Haverkort AJ, Franke K, Lalljie SPD, Mykkanen H, Reimerdes E, Scholz G, Somoza V, Tuijelaars S, van Boekel M, van Klaveren J, Wilcockson SJ, Wilms L. 2008. *British J Nutr* 99 (Suppl. 2): S1-46.

Taeymans D, Ashby P, Blank I, Gondé P, van Eijck P, Lalljie S, Lingnert H, Lindblom M, Matissek R, Müller D, O'Brien J, Stadler RH, Thompson S, Studer A, Silvani D, Tallmudge D, Whitmore T, Wood J. 2004. *Crit Rev Food Sci & Nutr* 44: 323-347.

Taeymans D, Andersson A, Ashby P, Blank I, Gonde P, van Eijck P, Faivre V, Lalljie SP, Lingnert H, Lindblom M, Matissek R, Muller D, Stadler RH, Studer A, Silvani D, Tallmudge D, Thompson G, Whitmore T, Wood J, Zyzak D. 2005. *J AOAC Int* 88: 234-241.

Wenzl T, Szilagyi S, Rosen J, Karasek L. 2009. *Food Addit & Contam (Part A)* 26: 1146-1152.

❑ **Potato based products:**

- Amrein TM, Bachmann S, Noti A, Biedermann M, Barbosa MF, Biedermann-Brem S, Grob K, Keiser A, Realini P, Escher F, Amado R. 2003. *J Agric Food Chem* 51: 5556-5560.
- Anese M, Quarta B, Frias J. 2011. *Food Chem* 126: 435-440.
- Becalski A, Stadler R, Hayward S, Kotello S, Krakalovich T, Lau B PY, Roscoe V, Schroeder S, Trelka R. 2010. *Food Addit & Contam* 27: 1193-1198.
- Brathen E, Kita A, Knutsen SH, Wicklund T. 2005. *J Agric Food Chem* 53: 3259-3262.
- Claeys EL, de Vleeshouwer K, Hendrickx ME. 2005. *Biotechnology Progress* 21: 1525-1530.
- De Meulenaer B, Verhe R. Agripom Project Summary, Universiteit Gent, Belgium, Sept. 2004.
- De Wilde T, De Meulenaer B, Mestdagh F, Govaert Y, Vandeburie S, Ogghe W, Fraselle S, Demeuleneester K, Van Peteghem C, Calus A. 2006. *J Agric Food Chem* 54: 404-408.
- Elmore JS, Mottram DS, Muttucumaru N, Dodson AT, Parry MAJ, Halford NG. 2007. *J Agric Food Chem* 55: 5363-5366.
- Elmore JS, Dodson AT, Muttucumaru N, Halford NG, Parry MAJ, Mottram DS. 2010. *Food Chem* 122: 753-760.

❑ **Potato based products:**

- Fiselier K, Hartmann A, Fiscalini A, Grob K. 2005. *Eur Food Res Technol* 221: 376-381.
- Fiselier K, Bazzocco D, Gamma-Baumgartner F, Grob K. 2006. *Eur Food Res Technol* 222: 414-419.
- Foot RJ, Haase NU, Grob K, Gonde P. 2007. *Food Addit & Contam* 24(S1): 37-46.
- Halford NG, Muttucumaru N, Curtis TY, Parry MAJ. 2007. *Food Addit & Contam* 24(S1): 26-36.
- Low MY, Koutsidis G, Parker JK, Elmore JS, Dodson AT, Mottram DS. 2006. *J Agric Food Chem* 54: 5976-5983.
- Matsuura-Endo C, Ohara-takad A, Chuda Y, Ono H, Yada H, Yoshida M, Kobayashi A, Tsuda S, Takigawa S, Noda T, Yamauchi H, Mori M. 2006. *Biosci Biotechnol Biochem* 70: 1173-1180.
- Medeiros VR, Mestdagh F, De Muer N, Van Peteghem C, De Meulenaer B. 2011. *J Agric Food Chem* submitted.
- Medeiros Vinci R, Mestdagh F, Van Poucke C, Van Peteghem C, De Meulenaer B. 2011. Abstracts of Papers, 241st ACS National Meeting & Exposition, Anaheim, CA, United States, March 27-31, Pages AGFD-84.
- Mestdagh F. 2007. Formation of acrylamide in potato products and its dietary exposure. Universiteit Ghent, PhD Thesis Chp. 7.4.2. p131-146.
- Rommens CM, Yan H, Swords C, Richael C, Ye J. 2008. *Plant Biotechnol J* 6: 843-853.
- UK Food Standards Agency Home Cooking Report, 2007.
- Viklund GAI, Olsson KM, Sjoeholm IM, Skog KI. 2010. *J Food Comp and Anal* 23: 194-198.

■ **Cereal based products:**

- 2nd Review of Acrylamide Mitigation in Biscuits, Crackers and Crispbread. CAOBISCO, May 2008, available upon request at caobisco@caobisco.be.
- Ahrne L, Andersson CG, Floberg P, Rosen J, Lingnert H. 2007. *LWT-Food Science and Technology* 40: 1708-1715.
- Amrein TM, Schönbächler B, Escher F, Amado R. 2004. *J Agric Food Chem* 52: 4282-4288.
- Amrein T, Andres L, Escher F, Amado R. 2007. *Food Addit & Contam* 24(S1): 13-25.
- Amrein T. FOODDRINKEUROPE/EC Acrylamide Workshop, Brussels March 2006, Amrein, T, Andres L, Escher F, Amado R. 2007. *Food Addit & Contam* 24(S1): 13-25.
- Brathen E, Kita A, Knutsen SH, Wicklund T. 2005. *J Agric Food Chem* 53: 3259-3262.
- Claus A, Weisz GM, Schieber A, Carle R. 2006. *Mol Nutr Food Res* 50: 87-93.
- Curtis TY, Muttucumaru N, Shewry PR, Parry MAJ, Powers SJ, Elmore JS, Mottram DS, Hook S, Halford NG. 2009. *J Agric Food Chem* 5: 1013-1021.
- Curtis TY, Powers SJ, Balagiannis D, Elmore JS, Mottram DS, Parry MAJ, Rakszegi M, Bedo Z, Shewry PR, Halford NG. 2010. *J Agric Food Chem* 58: 1959-1969.
- Elmore JS, Parker JK, Halford NG, Muttucumaru N, Mottram DS. 2008. *J Agric Food Chem* 56: 6173-6179.

■ **Cereal based products:**

- Elmore JS, Koutsidis G, Dodson AT, Mottram DS, Wedzicha BL. 2005. *J Agric Food Chem* 53: 1286-1293.
- FEI/BLL project “Acrylamid in Lebensmitteln: Strategien zur Minimierung”. Project Review, 6 April, 2005, Bonn, Germany.
- Fink M, Andersson R, Rosén J, Aman P. 2006. *Cereal Chem* 83: 218-222.
- Fredriksson H, Tallving J, Rosén J, Aman P. 2004. *Cereal Chem* 81: 650-653.
- Hamlet CG, Baxter DE, Sadd PA, Slaiding I, Liang L, Muller R, Jayaratne SM, Boer C. 2005. Exploiting process factors to reduce acrylamide in cereal-based foods, C03032 and C03026. Report C014 prepared on behalf of the UK Food Standards Agency. High Wycombe: RHM Technology Ltd.
- Hamlet CG, Sadd PA, Liang L. 2008. *J Agric Food Chem* 56: 6145-6153.
- Hamlet CG, Sadd PA. 2005. *Food Addit & Contam* 22: 616-623.
- Hamlet CG, Sadd PA. 2004. Acrylamide generation in bread and toast. A report prepared for The Federation of Bakers. High Wycombe: RHM Technology Ltd.
- Kaiser H, Lehrack A, Eigner M, Voss A. Development of new procedures for heated potato and cereal products with reduced acrylamide contents. BLL/FEI Report 2008, Bonn, pp 38-59.
- Konings EJM, Ashby P, Hamlet CG, Thompson GAK. 2007. *Food Addit & Contam* 24(S1): 47-59.
- Muttucumaru N, Elmore JS, Curtis T, Mottram DS, Parry MAJ, Halford NG. 2008. *J Agric Food Chem* 56(15): 6167-6172.
- Sadd PA, Hamlet CG, Liang L. 2008. *J Agric Food Chem* 56: 6154-6161.
- Surdyk N, Rosen J, Andersson R, Aman P. 2004. *J Agric Food Chem* 52: 2047-2051.

☐ Coffee based products:

- Alves RC, Soares C, Casal S, Fernandes JO, Oliveira M, Beatriz PP. 2010. *Food Chem* 119: 929-934.
- Amrein T, Limacher A, Conde-Petit B, Amado R, Escher F. 2006. *J Agric Food Chem* 54: 5910-5916.
- Baum M, Böhm N, Görlitz J, Lantz I, Merz KH, Ternité R, Eisenbrand G. 2008. *Mol Nutr Food Res* 52: 600-608.
- Boehm N, Baum M, Eisenbrand G. 2006. *Colloque Scientifique International sur le Café* 21: 285-289.
- Guenther H, Anklam E, Wenzl T, Stadler RH. 2007. *Food Addit & Contam* 24(S1): 60-70.
- Knol JJ, van Loon WAM, Linssen JPH, Ruck AL, van Boekel MAJS, Voragen AGJ. 2005. *J Agric Food Chem* 53: 6133-6139.
- Lantz I, Ternité R, Wilkens J, Hoenicke K, Guenther H, van der Stegen G. 2006. *Mol Nutr Food Res* 50: 1039-1046.
- Stadler RH, Scholz G. 2004. *Nutrition Rev* 62: 449-467.
- Summa CA, de la Calle B, Brohee M, Stadler RH, Anklam E. 2007. *LWT-Food Science and Technology* 40: 1849-1854.

☐ Brown sugar products:

- 謝曉雲。2003。「健康」的糖健康嗎？康健雜誌，52:66-73。台灣，台北。
- 許家齊。2012。降低黑糖中丙烯醯胺之方法。國立臺灣大學碩士論文。台灣，台北。
- Ranilla LG, Kwon YI, Genovese MI, Lajolo FM, Shetty K. 2008. Antidiabetes and antihypertension potential of commonly consumed carbohydrate sweeteners using in vitro models. *J Med Food* 11: 337-348.
- Cheng WC, Kao YM, Shih DYC, Chou SS, Yeh AI. 2009. Validation of an improved LC-MS/MS method for acrylamide analysis in foods. *J Food Drug Anal* 17: 190-197.
- Hendriksen HV, Kornbrust BA, Peter R, Østergaard PR, Stringer MA. 2009. Evaluating the potential for enzymatic acrylamide mitigation in a range of food products using an asparaginase from *Aspergillus oryzae*. *J Agric Food Chem* 57: 4168-4176.
- Kukurova K, Morales FJ, Bednarikova A, Ciesarova Z. 2009. Effect of L-asparaginase on acrylamide mitigation in a fried-dough pastry model. *Mol Nutr Food Res* 53: 1532-1539.
- Ou S, Lin Q, Zhang Y, Huang C, Sun X, Fu L. 2008. Reduction of acrylamide formation by selected agents in fried potato crisps on industrial scale. *Innov Food Sci Emerg* 9: 116-121.



降低食品中丙烯醯胺 含量加工參考手冊

出版機關：行政院衛生署食品藥物管理局
台北市南港區昆陽街161-2號
<http://www.fda.gov.tw>
(02) 2787-8000

發行人：康熙洲

審核：鄭維智、戚祖沅

編輯小組：葉安義、陳時欣、康宏毅

出版年月：民國101年12月

設計單位：國立台灣大學食品科技研究所

印刷單位：

工本費：新台幣80元整

GPN：1010103539

ISBN：978-986-03-5293-1

著作財產人：行政院衛生署食品藥物管理局

本書保留所有權利，如有需要，請洽詢行政院衛生署食品藥物管理局



11561臺北市南港區昆陽街161-2號

(02) 2787-8000 (02)2787-8099

<http://www.fda.gov.tw>