

風險評估研究
第十二號報告書

化學物危害評估

油條含丙烯酰胺的情況

香港特別行政區政府
食物環境衛生署
二零零三年十二月

本報告書由香港特別行政區政府食物環境衛生署(食環署)轄下食物及公共衛生部發表。未經食環署書面許可，不得將本報告書所載全部或部分研究資料翻印，亦不得審訂或摘錄這些資料。若採用本報告書其他部分內容，須作出確認聲明。

通訊處：

香港金鐘道 66 號
金鐘道政府合署 43 樓
食物環境衛生署
風險評估組
電子郵箱: enquiries@fehd.gov.hk

目錄

	<u>頁數</u>
摘要	2
背景	3
目的	5
研究範圍	5
研究方法	5
結果及討論	6
結論及建議	9
參考文件	11

風險評估研究
第十二號報告書

化學物危害評估

油條含丙烯酰胺的情況

摘要

食物環境衛生署對一種以麪粉製成的傳統中式食品——油條在高溫油炸過程中產生丙烯酰胺的情況進行研究。我們以不同的油炸溫度及時間預備油條樣本，油炸溫度分別設定在攝氏 170 度、190 度和 210 度，在各個設定的油炸溫度下將樣本分別炸 3 至 18 分鐘不等。並以油條炸好後褐變的程度和質感為品質指標。結果顯示，在所有三個設定溫度下，油炸的時間愈長，油條內丙烯酰胺的含量便愈高。如油炸的時間一樣，則溫度愈高，油條內丙烯酰胺的含量便愈高。在不影響油條的感官品質情況下，以較低溫度和較長時間炸成的油條與以高溫和較短時間炸成的比較，丙烯酰胺的含量較低。研究顯示，要減少食物產生丙烯酰胺，最重要的是控制烹煮食物的溫度及時間。

油條含丙烯酰胺的情況

研究油炸溫度和時間對油條產生丙烯酰胺的影響

背景

引言

食物環境衛生署(食環署)在二零零二年和二零零三年分析了大約450個食物樣本的丙烯酰胺含量。研究結果與海外的食物當局所發表的結果相若，顯示多種常見的煎炸食物及烘焗食物，例如薯條、薯片、穀類早餐食品、曲奇，以及炸雲吞和油條等中式食品都含有丙烯酰胺。除其他可能的因素外，食物的烹煮溫度、加熱時間、乾燥程度及材料成分似乎都會影響丙烯酰胺的含量。

2. 由於海外的食物當局主要研究西式食品(例如薯條)的丙烯酰胺含量，食環署於是進行特別研究，評估不同的油炸溫度和油炸時間對油條這款常見的傳統中式食品產生丙烯酰胺的影響。

油條

3. 油條是傳統中式食品之一，其來源已無從稽考，最早可追溯至宋代(即公元906至1279年)。油條須經油炸，而中式油條與西式油條不同之處是沒有餡料。中式油條略帶鹹味，剛炸好時鬆脆，口感獨特。在本港，通常以油條伴粥用作早餐。

油條的製作

4. 油條的基本材料包括麪粉、水、鹽和酵母。製作油條時，先用水拌勻材料成為麪團，再把麪團搓至幼滑和有彈性，然後放置2至3小時，以待發酵；再把麪團分成數份，把每份麪團擀開，切成長條；然後，把

兩條麵粉條疊在一起，拉長至適當的長度(約 25 厘米)，用油炸。麵粉條通常在攝氏 170 至 210 度的滾油中炸大約 5 至 12 分鐘，便會變成微脆的油條。

丙烯酰胺對健康的影響

5. 丙烯酰胺是一種化學物，一直用以製造聚丙烯酰胺物料。該物料在工業上的用途很廣，例如處理食水和污水、製造塑膠、紙張和化妝品等。丙烯酰胺會影響健康，主要是這種化學物可能會令人類患癌和神經系統中毒。國際癌症研究機構曾對丙烯酰胺進行評估，考慮到雖有足夠證據證明丙烯酰胺會令實驗動物患癌，但令人類患癌的證據卻不足，因此，把丙烯酰胺評定為第 2A 組(即可能令人類患癌)。世界衛生組織(世衛)於二零零二年六月召開專家諮詢會議，確認國際癌症研究機構的結論。¹ 至於對神經系統的不良影響，雖然丙烯酰胺極少會令人急性中毒，但研究結果顯示，人如果在工作上長期接觸高劑量的丙烯酰胺，神經系統會受損。世衛就丙烯酰胺對神經系統的影響，定出每日的“最大無不良作用劑量”——即按每千克體重計算，為 0.5 毫克(或 500 微克)。

加熱過程與食物產生丙烯酰胺

6. 一般而言，含豐富碳水化合物的食物若以超過攝氏 160 度的高溫烹煮，便會產生丙烯酰胺；這可能與褐變的程度有關。² 褐變是由一連串的反應所造成，並稱為「美拉德反應」(Maillard reaction)。除了能給食物可觀的顏色，「美拉德反應」更可增添食物的香味。

7. 至今的研究顯示，含豐富碳水化合物的食物(例如馬鈴薯)經高溫烹煮便會產生較多丙烯酰胺。這可能由於氨基酸天門冬酰胺和還原糖經「美拉德反應」後，而導致馬鈴薯食物含有大量丙烯酰胺。^{3,4}

8. 研究人員現時仍未完全了解產生丙烯酰胺的機制和過程，但相信在烹煮馬鈴薯食物時，烹煮溫度、時間、馬鈴薯的濕度和酸鹼值都會影響丙烯酰胺的產生。

目的

9. 這項研究的目的，是探討油炸溫度和時間對油條產生丙烯酰胺的影響。

研究範圍

10. 在這項研究中，我們以三種溫度進行測試。我們把油條放入溫度分別是攝氏 170 度、190 度和 210 度的滾油中，以不同的時間油炸。這些溫度都是油炸食物所需的一般溫度。油炸溫度若在攝氏 170 度以下，食物可能無法產生油炸效果，但溫度若超過攝氏 210 度，油便會過熱和冒煙。

研究方法

準備樣本

11. 我們在一家連鎖食肆的訓練中心準備研究用的油條。我們用麵粉、水、酵母、發粉和鹽搓成一個 5 千克重的麵團，並把麵團放置 3 個小時讓它發酵。為確保每個油炸溫度的油條樣本所用的原材料份量一致，我們把該個已發酵的麵團平均分成三份，擀開並切成多條大小一樣和長度都是 15 厘米的麵粉條，再把兩條麵粉條疊在一起，拉至大約 25 厘米長。我們為每個油炸溫度準備了大約 15 條疊起的麵粉條作為樣本。

油炸溫度和時間

12. 我們用植物油來油炸，而油的溫度保持在攝氏 170 ± 3 度，並用手持的熱電偶探針來量度油溫。待油溫穩定後，便把所準備的 15 條麵粉條同時下鍋油炸。經過一段時間後，把一條已炸好的油條取出、冷卻、隔去多餘油份及包好送往化驗室分析。

13. 我們其後分別以攝氏 190 ± 3 度及 210 ± 3 度的油溫，油炸其餘兩批麵粉條。

製成品的可接受程度

14. 油條的「可接受品質」是根據其外觀和質感來評定。炸好的油條應是「金黃」色，外脆內軟；以竹籤插入不會黏附有未熟的麪團。油條內層應呈半透明狀。評審小組由 1 名資深廚師、1 名食物學家和 2 名化驗師組成。小組根據上述指標，即場評定油條的質素。

化驗分析

15. 所有油條和一個已發酵的生麪團貼上標籤後，送交食物研究化驗所，以「液相色譜同步質譜聯用系統」的技術檢測丙烯酰胺的含量。這個檢測方法已獲單一實驗室確認法確認。

16. 我們先把油條均化，然後抽取一部分樣本(1 至 4 克)來測試。以水萃取樣本中的丙烯酰胺，經固相萃取柱淨化後，利用「液相色譜同步質譜聯用系統」的技術進行測試。我們以丙烯酰胺- $1,2,3\text{-C}^{13}$ 作為這項測試的內參考物(代替物)，檢測限設定為每千克 3 微克。

結果及討論

色澤及質地變化

17. 當麪粉條下鍋油炸，表面即開始有褐變的情況。以及分別在攝氏 170 度的油溫下炸約 8 分鐘、攝氏 190 度炸約 6 分鐘或攝氏 210 度炸少於 3 分鐘後，麪粉條的表面會從柔軟變為微脆及有適度的褐變情況。隨後麪粉條會變成金黃色及表面變得鬆脆。若油炸過久，會令油條轉為深褐色、變乾及硬但會因油炸過度變得油膩。若以色澤和質感作為評定品質指標，油條要具備「可接受品質」，可在攝氏 170 度的滾油中炸 12 至 14 分鐘，油溫如增至攝氏 190 度，油炸時間可縮短至 10 至 11 分鐘；油溫如達攝氏 210 度，則只須炸 5 分鐘便成。油溫愈高，油條所需的油炸時間愈短和達致「可接受品質」的時間差距便愈窄。以不同溫度和時間油炸的油條品質指標分列於表 1。

18. 油炸溫度愈高，油條便愈快變成褐色。從肉眼來看，以相同的時間分別在攝氏 170 度、190 度及 210 度油溫炸成的油條褐變的程度各有不同。麵粉條在攝氏 170 度及 190 度油溫下炸 5 分鐘後，表面只有輕微褐變的情況；但在攝氏 210 度油溫下炸 5 分鐘，油條便會變為金黃色。

表 1：以不同溫度和時間炸成的油條的品質指標

油炸 時間 (分鐘)	攝氏 170 度		可接受 程度*	攝氏 190 度		可接受 程度*	攝氏 210 度		可接受 程度*
	褐變 程度†	質感		褐變 程度†	質感		褐變 程度†	質感	
3	不適用	不適用	不適用	不適用	不適用	不適用	++	微脆	✗
4	不適用	不適用	不適用	不適用	不適用	不適用	++	微脆	✗
5	+	軟	✗	+	軟	✗	+++	脆	✓
6	不適用	不適用	不適用	++	微脆	✗	++++	脆	尚可
7	+	軟	✗	++	微脆	✗	++++	稍乾	✗
8	++	微脆	✗	++	微脆	✗	++++	稍乾	✗
9	++	微脆	✗	+++	脆	尚可	+++++	太乾	✗
10	++	脆	✗	+++	脆	✓	+++++	太乾	✗
11	+++	脆	尚可	+++	脆	✓	+++++	硬	✗
12	+++	脆	✓	+++	稍乾	尚可	不適用	不適用	不適用
13	+++	脆	✓	++++	太乾	✗	+++++	硬	✗
14	+++	脆	✓	++++	太乾	✗	不適用	不適用	不適用
15	+++	乾	尚可	不適用	不適用	不適用	不適用	不適用	不適用
16	不適用	不適用	不適用	不適用	不適用	不適用	+++++	硬	✗
18	++++	太乾	✗	+++++	硬	✗	不適用	不適用	不適用

* 炸好的油條的可接受程度取決於顏色和質感，由評審小組作最後決定。

✗ : 不能接受 ✓ : 可接受

† 褐變程度(遞增排序)：由+至+++++；+++是理想顏色

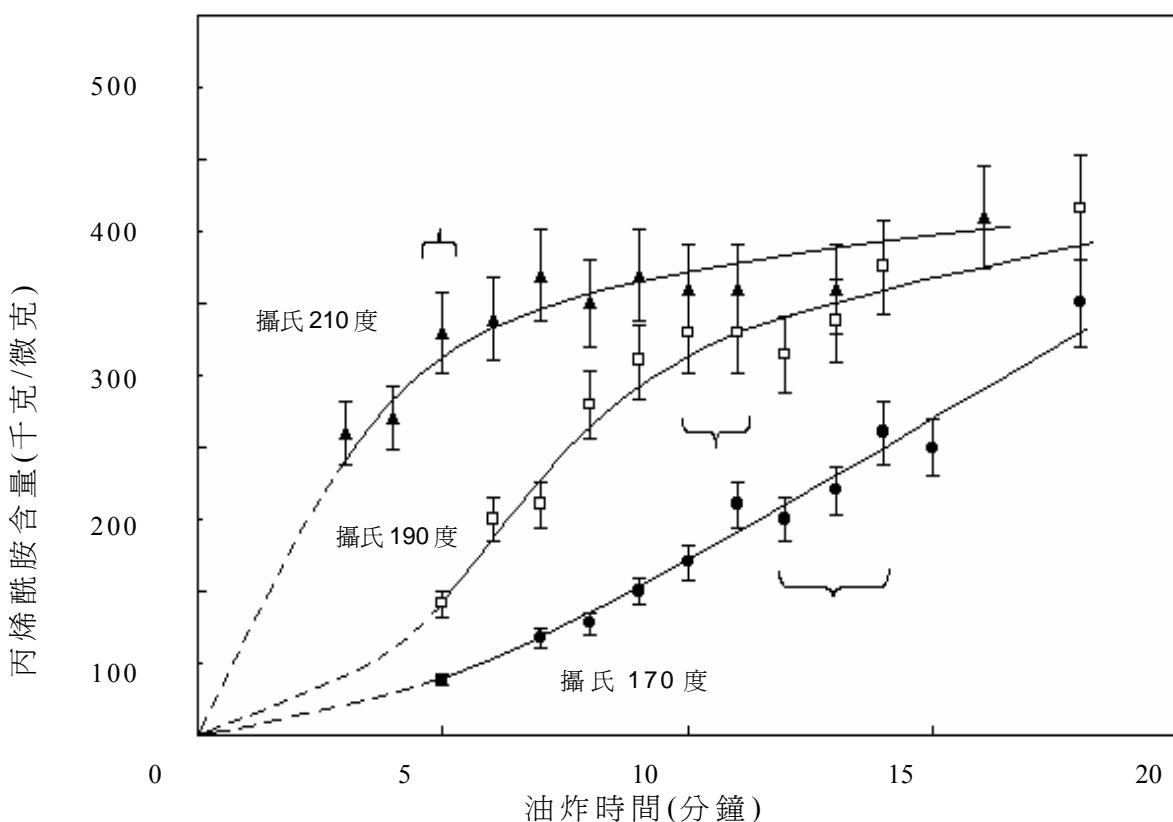
不適用：由於沒有樣本以這個溫度及時間組合油炸，因此沒有相關資料。

丙烯酰胺含量

19. 以三種預設油溫配合不同油炸時間炸成的油條的丙烯酰胺含量數據，載於圖 1。

20. 以三種不同油炸溫度炸成的油條，丙烯酰胺含量一般隨油炸時間加長而穩步上升，由生麪團的丙烯酰胺含量少於可檢測水平，增至每千克油炸過度之油條含約 350 微克丙烯酰胺的穩定水平。油條如在攝氏 170 度的滾油中炸 18 分鐘，在整個油炸過程中，其丙烯酰胺含量會緩慢而穩步上升。油溫達攝氏 210 度時，麪粉條下鍋後，丙烯酰胺含量飆升，但會在 5 分鐘後減慢，然後漸趨穩定。如果油溫是攝氏 190 度，丙烯酰胺的含量升幅會在前述兩者之間：即在最初約 5 分鐘內緩緩上升，其後飈升，約 10 分鐘後減慢。

圖 1：以不同溫度及時間油炸的油條的丙烯酰胺含量



註：

- ▲ 以攝氏 210 度油炸
- 以攝氏 190 度油炸
- 以攝氏 170 度油炸
- 〔〕 「可接受品質」幅度

21. 經測試後發現，如油炸的時間一樣，溫度愈高，油條所含的丙烯酰胺也愈多。以油炸時間為 5 分鐘計算，在攝氏 210 度油溫炸成的油條，其丙烯酰胺含量較以攝氏 170 度及攝氏 190 度油溫炸成的分別高出 8 倍及 3 倍。

22. 根據評審小組按顏色及質感對油條品質的評估，以攝氏 170 度油溫炸成具備可接受品質的油條，其丙烯酰胺含量約為每千克 150 微克至 200 微克；而分別以攝氏 190 度及攝氏 210 度油溫炸成的油條，其丙烯酰胺含量則超過每千克 250 微克。在「可接受品質」幅度內，油炸時間愈短，丙烯酰胺含量便愈低。

23. 油條產生丙烯酰胺，是受到加熱過程所影響。麪團投入滾油中直接受熱，表面即時出現產生丙烯酰胺的反應。而麪團裏面產生丙烯酰胺的反應，則取決於導熱過程；這個過程有部分經由熱輻射或熱傳導進行，有部分是經由滾油在食物內擴散。在攝氏 170 度較低的油溫下，產生丙烯酰胺的反應緩慢，丙烯酰胺在麪團表面和裏面的整體形成情況，相對上是受導熱過程支配。因此，油條的丙烯酰胺含量增長緩慢而穩定。另一方面，油溫如達攝氏 210 度，麪團表面直接受熱，迅即產生丙烯酰胺，令丙烯酰胺的整體含量飆升，但丙烯酰胺的產生最終是受較為緩慢的導熱過程所支配。在攝氏 190 度的中間溫度的滾油下，麪團要先經過短暫的感熱期吸取熱力才引發反應，隨後產生丙烯酰胺的過程與油溫達攝氏 210 度的情況相同。

24. 這項研究的結果與含豐富碳水化合物的食物在高溫下經「美拉德反應」而產生丙烯酰胺的建議相符合。這種可由食物褐變標示的反應主要是食物在油炸時在其表面出現。

結論及建議

25. 這項研究提供的資料，有助了解丙烯酰胺如何在食物油炸過程中形成。經由製作油條中闡明，炸好的油條內丙烯酰胺的含量視乎油溫和油

炸時間而定。油溫愈高，油炸的時間愈長，丙烯酰胺的含量便愈高。高溫油炸令食物的丙烯酰胺含量激增。

26. 這項研究採用的油炸方式，並非要業界絕對依從，但可作為製作油條及其他油炸食品的指引。根據我們的研究所得，為減少食物的丙烯酰胺含量，業界宜採取下列做法：

- (a) 避免以過高溫度(例如攝氏 210 度或以上)過度油炸油條；
- (b) 油炸時間宜短，並避免顏色過深(只要油條徹底炸熟、呈金黃色便可)。
- (c) 避免翻炸油條；賣剩的油條應丟棄。

27. 市民應避免進食油炸過度的食物，因為其丙烯酰胺含量會較高。市民亦應保持飲食均衡，多吃蔬果，不要進食太多油炸和肥膩食物。

參考文件

-
- ¹ WHO. Health Implications of Acrylamide in Food: Report of a Joint FAO/WHO Consultation, WHO Headquarters, Geneva, Switzerland, 25-27 June 2002. Geneva: WHO; 2002.
 - ² The Joint Institute for Food Safety and Applied Nutrition (JIFSAN). Acrylamide in Food Workshop: Scientific Issues, Uncertainties and Research Strategies. Maryland: JIFSAN; 2002. [cited 2002 Nov 21] Available from: URL: http://www.jifsan.umd.edu/Acrylamide/acrylamide_workshop.html
 - ³ Stadler RH, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy PA, et al. Food Chemistry: Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 2002; 419:449 – 50.
 - ⁴ Mottram DS, Wedzicha BL et al. Food Chemistry: Acrylamide is formed in the Maillard Reaction. *Nature* 2002; 419: 448-9.