

# 豈能食無肉——肉類含硝量之測試與探討

## 高中組化學科第三名

省立宜蘭高中

作者：吳昭文等四人

指導老師：李榮金、林泰彬

### 一、前言

民以食爲天，尤其對聞名世界的美食者——中國人而言，「吃」更是一項很深奧的學問，於營養之外，尚求色、香、味之俱全。於是，商人們爲使其產品能合於消費者視覺和味覺上的需要，便利用某些化學藥品的特殊作用，以達到所需求的效果，因其表面產生之成果極佳，故今日的食品化學相當發達，食物中的化學添加物亦在與日俱增中。

### 二、研究動機

宜蘭是臘味食品的名產地，而臘味食品，卻是添加物的最佳去處。因爲此類添加措施常未顧及人類的健康，甚至會對人體造成重大危害，所以每逢年關將近，報紙便時時提醒人們注意選購合乎安全標準的食品，近來「硝」被認爲是可怕的致癌物，因爲它會導致亞硝酸胺等前驅致癌物的發生，而它卻被廣用於各類醃漬食品中。因此，我們想就食品中所含的硝類添加物，做一淺近的測試與探討。

### 三、研究目的

對列管的食品作含硝量的定量測試並以不同時間之熱處理方式，測試硝鹽的改變情形，以便了解其含量及變化，進而探討一些有關的問題。

### 四、藥品與器材

1 藥品：(1)  $\text{FeCl}_2$  氯化亞鐵

- (2)Hcl 鹽酸
- (3)NaOH 氫氧化鈉
- (4)NaNO<sub>3</sub> 硝酸鈉

2. 器材：(1)Lunge 氏氧化氮計測管 ( Nitrometer )

- (2)Kjeldahl 氏瓶
- (3)圓柱狀分液漏斗 ( 50ml , 管口  $\phi$  2 mm 長達K瓶底)
- (4)毛細冷凝管 ( 長 50mm , 外  $\phi$  5 mm , 內  $\phi$  2 mm )
- (5)玻璃珠 ( 或毛細管 )
- (6)橡皮管數段
- (7)水流抽氣之過濾器
- (8)天平
- (9)燒杯
- (10)錐形瓶
- (11)漏斗
- (12)量筒
- (13)刮勺
- (14)濾紙
- (15)酒精燈
- (15)電爐與鍋

## 五、方法與步驟 採 Lewis 及 Blake 二氏法改進之)

1 樣品之收集：以抽樣式收集市面上常見之肉類製品 ( 旁及於罐頭等 ) 共十數種。

2. 檢液之分離：

- (1)分離肌肉與脂肪肌肉細碎後，取 20g 置於燒杯中，加水 40ml。
- (2)以沸水浴加熱 30 分鐘不斷攪拌。
- (3)取出冷卻後閉塞，充分振勻，以濾紙過濾，濾液流入乾燥錐形瓶中。
- (4)將濾液加水至 50ml 備用。

### 3. 實驗裝置：

(1) Nitrometer 中裝入蒸餾水，Kjeldahl 氏瓶中加入  $\text{FeCl}_2$  20 g 並置入玻璃珠數粒再加入稀  $\text{HCl}$  ( 1 : 6 ) 20 ml 。

(2) K 瓶塞上裝一 50 ml 圓柱狀分液漏斗，漏斗口管長達 K 瓶底管中裝滿蒸餾水。

(3) 瓶口接一冷凝管，冷凝管另一端連接 N 管。

### 4. 實驗步驟：

(1) 含硝量之測定：

(a) K 瓶 ( 含  $\text{FeCl}_2$  及  $\text{HCl}$  ) 置石棉板上加熱煮沸 5 分鐘驅出空氣。

(b) 檢液加入分液漏斗中，但暫不加入 K 瓶中連接 N 管及冷凝管，開活塞 A，降低側管。

(c) 俟 N 管中無氣體再進入時，旋轉活塞 A 舉起側管驅出 N 管中之氣體，由 N 管上端杯中排出。

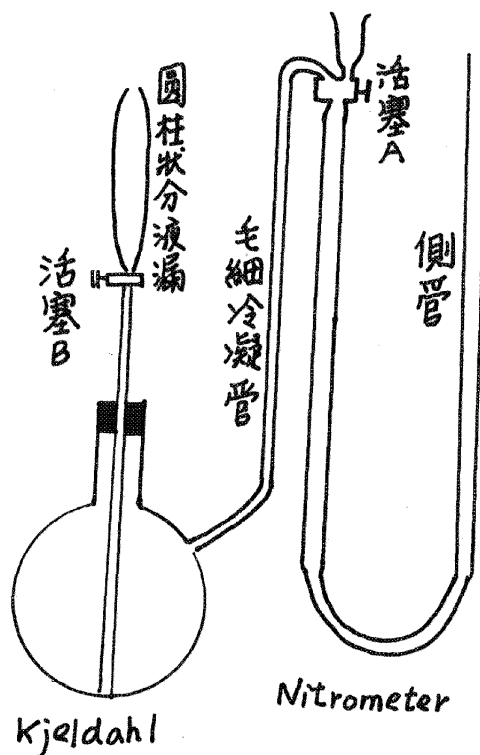
(d) 將活塞 A 轉至與冷凝管相通側管降至 N 管底部，此時 N 管中應無氣體。

(e) B 活塞半開，將檢液在 1 分鐘內放入 K 瓶中，關活塞 B ( 不可使空氣進入 ) 漏斗以濃  $\text{HCl}$  5 ml 洗二次，洗液注入 K 瓶。

(f) 讀取 N 管中氣體之體積直至氣體積不變或反而減少為止 ( 至多 20 分鐘 ) 。

(g) 關活塞 A，使 N 管與側管水面齊平，讀取氣體體積，次由 N 管上端之杯中加入稀  $\text{NaOH}$  溶液 5 ml ( 此時側管降低 ) 將 N 管倒立二次，再使兩管水面等高，記錄體積，氣壓及溫度。

8. 換算 S.T.P. 下之氣體體積 ( DNo ) 並重覆實驗三次求平均值。



(2)熱蒸餾處理：

(a)取 160 g 樣品分置 8 個錐形瓶（每瓶 20 g）加水 10 ml。

(b)鍋中放少量水置電爐上加熱。

(c)俟水沸騰後將 8 個錐形瓶同置鍋中，以蒸氣蒸餾。

(d)每隔一分鐘取出一瓶分離蒸出液加水至 50 ml 備測。

(e)蒸過之樣品，依 2 之方法製備檢液。

(f)將蒸出液與檢液同作(1)之測定。

(3)比較實驗：

(a)以標準  $\text{NaNO}_3$  液 50.0 ml（相當於含 0.100 g  $\text{NaNO}_3$ ）做比較實驗求出每 0.100 g  $\text{NaNO}_3$  產生之 NO 量。

(b)取二兩（75.0 g）生肉，依常法醃製臘肉並加入 0.375 g  $\text{NaNO}_3$ （則此肉含硝量為 0.500%），以此肉進行含硝量測試求出實驗之準確度。

## 六、結果與計算

1 計算法：

(1)實測 VNo 依  $\frac{PV}{T} = K$ （波查定律）換算 S.T.P. 下之 VNo。

(2)S.T.P. 下之 VNo 依每 0.100 g 硝酸鈉反應產生 NO 約 26.35 ml 換算硝酸鈉含量。

例：香腸 20.00 g 在 18.0° C. 769 mmHg ) 下之 VNo 為 15.0 ml  
( 18° C 水蒸氣壓 15.5 mmHg ) 設 S.T.P. 下 VNo 為 x ml，則

$$\frac{(769 - 15.5) \times 15.0}{291} = \frac{760 \times x}{273}$$

$$\therefore x = 142 \text{ (ml)}$$

又 VNo 平均值 14.3 ml，設其相當於 Wg 硝酸鈉，則：

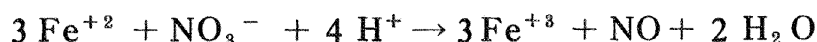
$$\frac{W}{0.100} = \frac{14.3}{26.35} \quad \therefore W = 0.0542 \text{ (g)}$$

$$\Rightarrow \frac{0.0542}{20.00} \times 100\% = 0.271\%$$

## 七、討 論

1 實驗進行中，檢液通入K瓶反應時，常有空氣或水倒灌入瓶中，導致實驗失敗，此乃因為低溫之檢液使反應系急速冷卻而氣壓驟降所致。

2 此反應乃根據氧化還原之原理，依下列反應式進行：



故在鹽酸存在下，亞鐵離子被氧化，而使氮還原產生了NO及H<sub>2</sub>O，並由於鐵離子(Fe<sup>+3</sup>)之生成而使瓶中液體由綠漸呈黃褐色。

3 由上述反應產生之NO，我們可以計算出定量樣品中所含之硝鹽，根據結果顯示，每種樣品都或多或少含有硝鹽，其中更有不少是超量的(註一)。

4 罐頭食品因有高溫殺菌和絕對密封之條件故含硝量不多。

5 經不同時間之熱處理後由含硝量改變曲線可知“溶入蒸出液所析出的含硝量隨處理時間增長而增加，樣品中的含硝量則次第減少”。因此，在不損壞食品風味的前提下，食用前之加熱處理應越久越為有利。

6 實驗(i)中同一樣品的三個測量值皆不盡相同實驗(ii)中紅藍曲線和亦非水平線，其差度除了實驗本身之誤差外，相差甚鉅之處，主由樣品中硝鹽分布不平均所產生。

7 所測之含硝量，可能會因檢品本身水分之蒸散而提高很多。但此類肉製品於製作過程中已經經過兩個除水的步驟其一是鹽醃的脫水作用，其二是日曬或燻烤的蒸散作用，故成品的水分含量極低，影響含硝量甚微。

8 由資料可知硝酸鹽之分解溫度在300°C以上。故實驗之加熱程序不致將其分解而導致錯誤之結果，因其分解溫度甚高，故一般消費者無法自行使其分解，若以他種化學藥劑將其轉變為無害物，則所加之藥劑可能造成另一危害。因此，吾人只好利用其對水之高溶解性，使其含量降至最低點以確保食用的安全。

9 硝的主要作用，一方面防止嫌氣菌生長以免腐敗，一方面使血

紅蛋白變為硝基化物而能維持肌肉之赤色（註二）故硝對於氧化性食品變色（註三）有良好的保色作用，所以為人們所愛用。

10.安全含量之硝當然有助於視覺上對於肉色鮮紅之需要，但過量攝食後卻足以引起變性血紅素（註三）的增加，長期之後即可導致溶血性貧血的發生，甚至可能因為亞硝酸之生成而致癌。

11.由參考資料可知，蔬菜亦含有硝，其成因主由固氮細菌作用產生。但大部份含量均在 100 Ppm 以下，以此比較人為添加的量顯然高出生物體中的天然含硝量甚多，若因此而沈積體內其危害必然更大。

12.肉類食品對於「硝的含量與儲存時間的關係」以及「尋找安全有效的硝鹽代替品」等問題為後續實驗之主題。

註一：含硝量標準：

(a)香腸、火腿：0.2%以下（約等於 10 斤肉中於 3 錢 2 分以下）。

(b)其他：0.3%以下（約等於 10 斤肉中於 4 錢 8 分以下）。

註二：硝石保色作用之過程如下：

(a)  $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$ （細菌的還原效應）

(b)  $\text{NO}_2^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{HNO}_2$ （受肉類 pH 值影響）

(c)  $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}$ （肉類中之化合物如糖、酸等之還原效應）

(d)  $\text{NO} + \text{肌紅蛋白} \rightarrow \text{NO-肌紅蛋白}$ （鮮紅）

註三：血紅素及肌紅蛋白的紫質核心之亞鐵離子（ $\text{Fe}^{+2}$ ）易被氧化變成褐色的鐵離子（ $\text{Fe}^{+3}$ ）；此種變化屬氧化性食品變色，而含  $\text{Fe}^{+3}$  之血紅素即為變性血紅素。

## 八、結 論

1.由本實驗實測含硝量與標準含硝量比較可知，所集樣品可分類如下：

(1)合標準：罐頭食品、臘肉、燻肉、牛肉干。

(2)不合標準：火腿、鴨腸、豬肉干、胆肝、香腸。

此結果可供有關單位及消費者作為參考。

2. 由蒸煮時間與含硝量關係之實驗可得規律性為“含硝量隨加熱處理時間之增長而降低”。例如：鴨腸約蒸煮四分鐘後含硝量已降至趨於一定的狀態，而胆肝、香腸、臘肉約五分鐘，火腿約六分鐘後亦可得相似狀況，此結果可應用於食用前的處理步驟，確保食用的安全。

3. 硝鹽在食品化學上雖有不容忽視的地位，但其對人體的危害亦不可等閒視之。因此消費者應審慎選擇食品，不要誤食過量之硝鹽以保健康。

## 九、參考資料

1. 食品化學（上）吳文成 68，9 再版，復文書局。
2. 食品化學（下）吳文成 67，2 復文書局。
3. 食品化學 陶宗翰 62，5 新陸書局。
4. 科學發展月刊 第七卷 第五期 林仁混、呂如芸 68，5，1
5. CNS 中國國家標準，肉及肉製品檢驗法（總號 6391，類號 6137）—硝酸量之定量 69，8，21。
6. 美國農業部公布：肉類硝酸鹽之測定（4.001 Determination of Nitrates in Meat）。
7. 日本衛生試驗法注解。
8. 消費者選購食品手冊及食物選用手冊（行政院衛生署）。

評語：作者由報紙報導得知食品中含有前驅致癌物硝酸鹽之存在而探討宜蘭地區之臘味含硝量及以蒸煮處理以降低含硝量立意甚佳。雖然方法由衛生局提供，但作者能加以改良以適合中學生程度使用頗具教育意義，惟使用方法精確度不夠，測試結果僅能作為初步參考，國內已有台大等學術機構做過類似較嚴密之分析。