

冰箱帶著走—冰包的研究

國中組化學科第一名

台中市立居仁國民中學

作者：吳佳惠

指導教師：蔡明致、謝丁財

一、研究動機

夏天上課，汗水直流！「同學！你怎麼都不熱？」「我有冰包，輕輕一壓，立刻透心涼！」「那裡面裝的到底是什麼？」於是，心裡不禁起了一探究竟的好奇心理！

二、研究目的

- (一) 分析冰包內溶質及溶劑的成份。
- (二) 改良冰包的降溫效果。

三、研究方法

- (一) 分析冰包內溶質及溶劑的成份：
 - 1. 檢測冰包內溶質的特性：
 - (1) 觀察溶質的結晶形狀及顏色。
 - (2) 測定溶質及鹽類的酸鹼性。
 - (3) 測定溶質的熔點。
 - (4) 測定溶質的溶解度。
 - 2. 檢測冰包內溶劑的特性：
 - (1) 測定溶劑的酸鹼性：同1.(1)
 - (2) 測定溶劑的沸點：同1.(3)
 - 3. 檢測冰包內溶質的成份：依分析化學的分析步驟檢測。
(林成業，民71，分析化學，大中國圖書公司)。
 - 4. 檢測冰包內溶劑的成份：(方法同3.)
- (二) 改良冰包的降溫效果：

- 1.比較各種溶質對水的降溫效果：取5g氯化鉀、氯化鋇、葡萄糖、硫酸鎂、硫酸銅、硫酸鈉、硝酸鎂、硝酸鉀及食鹽對5ml室溫的水所產生的降溫效果。
- 2.求取溶質與水的最佳比例：取3g冰包溶質、硝酸銨、硝酸鈣、氯化銨、尿素及食鹽，依序測試加入1ml、2ml、3ml、4ml、5ml室溫的水所產生的降溫效果。
- 3.比較各種溶質對冰的降溫效果：取5g食鹽、氯化鉀、硫酸鈉、硫酸鎂、硫酸銅及食鹽對100g冰所產生的降溫效果。
- 4.求取溶質與冰的最佳比例：
 - A.取5g冰包溶質、硝酸銨、硝酸鈣、氯化銨、尿素及食鹽對100g冰所產生的降溫效果。
 - B.依序取1g、2g、3g、4g、5g的冰包溶質、硝酸銨及食鹽對100g冰所產生的降溫效果。
- 5.測試添加助溶劑的效果：
 - a.添加5ml0.5M助溶劑的助溶效果。
 - b.添加5ml0.5M助溶劑對1g冰包溶質及硝酸銨的降溫效果。
- 6.試用『雞尾酒調和法』的降溫效果：
 - A.取2毫升水，先加硝酸銨至飽和，再測尿素的溶解度。
 - B.取2毫升水，先加尿素至飽和，再測硝酸銨的溶解度。
 - C.取2毫升水，先加硝酸銨再加尿素，測其降溫效果。
 - D.取2毫升水，先加尿素再加硝酸銨，測其降溫效果。

四、實驗器材及藥品

(因限於篇幅，故省略)。

五、結果

(因限於篇幅，省略曲線圖；

詳見台中市立居仁國中網站<http://www.cjjh.tc.edu.tw/index.html>)。

(一)分析冰包內物質的成份：

- 1.檢測冰包內溶質的特性：
 - (1)觀察溶質的結晶形狀及顏色：內圈白色長針狀；外圈白色圓粒狀。
 - (2)測定溶質及鹽類的酸鹼性：(5%溶液)

	水	冰包溶質	硝酸鉍	硝酸鈣	尿素	氯化鉍	食鹽
PH 值	7.0	6.4	6.0	6.0	7.8	6.1	6.3

(3)測定溶質的熔點：152°C

(4)測定溶質的溶解度（對20°C 5ml水）：，冰包溶質的溶解度最大。

	冰包溶質	硝酸鉍	硝酸鈣	尿素	氯化鉍	食鹽
溶解量 (g)	8.6	7.6	7.8	5	1.3	1.2

2.檢測冰包內溶劑的特性：酸鹼性：pH=5.6沸點：102°C

3.檢測冰包內溶質的成份：

(1)冰包溶質中氧化性離子、還原性離子、揮發性離子的測定：

	冰包溶質	針狀溶質	粒狀溶質	硝酸鉍	氯化鉍	硝酸鈣	尿素	食鹽
氧化性離子	無反應	無反應	無反應	無反應	無反應	無反應	無反應	無反應
還原性離子	有反應	無反應	有反應	無反應	無反應	無反應	無反應	有反應
揮發性離子	無反應	無反應	無反應	無反應	有味	無反應	無反應	無反應

(2)冰包溶質中第一族陰離子、第二族陰離子及草酸根離子的測定：無反應

(3)冰包溶質中硝酸根離子的測定：有反應

(4)冰包溶質中硫酸根離子、第一族陽離子及第四族陽離子的測定：無反應

(5)冰包溶質中鉍離子的測定：有反應

4.檢測冰包內溶劑的成份：

(1)冰包溶劑中水分子的測定：有反應

(2)冰包溶劑中氧化性離子、還原性離子、揮發性離子、第一族陰離子、第二族陰離子、有機酸根離子的測定：無反應

(3)冰包溶劑中氯離子的測定：有反應

(4)冰包溶劑中醋酸根離子、草酸根離子、硝酸根離子、硫酸根離子、第一族陽離子、第四族陽離子的測定：無反應

(5)冰包溶劑中鉍離子的測定：有反應

(二)改良冰包的降溫效果：

1.比較各種溶質對水的降溫效果：取5g鹽類中以硝酸鎂及硝酸鉀對5ml室溫的水所產生的降溫效果最好。

	氯化鈉	氯化鉀	氯化鉍	硫酸鎂	硫酸銅	硝酸鉀	硝酸鎂	葡萄糖
對水降溫	1.5	6	3	5	1	9	9.5	4

2. 測定各種溶質與水的最佳降溫比例：冰包的溶質所需水量最少，就能達到最好的降溫效果。而食鹽的降溫效果最差。

	1ml純水	2ml純水	3ml純水	4ml純水	5ml純水
冰包溶質	15	20.5	19.5	16.5	14
硝酸鉍	16	19.1	21.2	20.5	21.2
硝酸鈣	14.2	13	13	13	10.5
氯化鉍	7	8.5	10.5	10.5	10
尿素	10.5	12	12	12	11.3
食鹽	1	0	1	1	1

3. 比較各種溶質對冰的降溫效果：對冰的降溫以氯化物及硝酸鹽的降溫效果最好。

	氯化鈉	氯化鉀	氯化鋇	硫酸鎂	硫酸銅	硝酸鎂	硝酸鉀	葡萄糖
對冰降溫	10	9	5	1	1	7	2	2
分子量	58.5	74.6	172.8	120	159.5	148.3	100	180

4. 測定各種溶質與冰的最佳比例：

(1) 1g溶質與100g冰混合的降溫效果：等量的鹽類中硝酸鉍及尿素對冰的降溫效果最佳。

	純冰	冰包溶質	硝酸鉍	硝酸鈣	尿素	氯化鉍	食鹽
對冰的降溫	1	9	13	9	12	7	12

(2) 溶質與100g冰混合的最佳降溫效果：食鹽與冰的混合量最少，就有極佳的降溫效果。

	1gw	2gw	3gw	4gw	5gw
冰包溶質	5	8	10	11	11
硝酸鉍	10	10	15	13	13
食鹽	10	10	14	13	17

◎從3g開始溫度已經超過酒精溫度計的刻度（-10℃）。

5. 添加助溶劑的助溶效果：添加的藥品，都未使硝酸鉍的溶解度明顯增加。

	溶劑	純水	檸檬酸	酒精	漂白水	氨水	醋酸
溶解度	14.8	14.6	11.7	8	12.9	12	11.5

6. 添加助溶劑的降溫效果：添加醋酸有增加硝酸鉍與水混合時的降溫效果。

	溶劑	純水	檸檬酸	酒精	漂白水	氨水	硝酸	醋酸
冰包的降溫	13	13	12	9	9	10	11	15
硝酸鉍的降溫	13	12	13	9	11	12	12	16

7. 雞尾酒調和法的溶解度：先添加尿素會有比較大的總溶解量。

	先加硝酸銨	先加尿素
硝酸銨的溶解量(g)	3	2.3
尿素的溶解量(g)	1.8	3

8.『雞尾酒調和法』的降溫效果：將不同的冷劑混合使用可增加降溫效果。

	加硝酸銨	只加尿素	先加尿素	先加硝酸銨	混合後再加
第一段降溫	16	9.5	12	16	20
第二段降溫	0	0	8	3	0
整體降溫	16	9.5	20	19	20

六、討論

(一) 分析冰包內物質的成份：

1. 檢測冰包內溶質的成份：

(1)由結晶形狀可大致分成兩種成分：內圈白色長針狀結晶量最多，經後續分析之後才知是硝酸銨；外圈白色圓粒狀物質只測出屬於第三族陰離子具有還原性之酸性鹽類物質（因為含量太少，因此無法進一步確定它的成分）。

(2)由結晶的位置可推測：外圈的球形結晶溶解度較內圈的針狀結晶小，才會先在外圈結晶。而內圈的結晶量遠大於外圈，表示冰包內溶質成份以內圈的針狀結晶為主。

(3)在測定冰包內溶質的熔點時，發現在152℃時會開始熔化。但令人意外的是，液體的顏色會由透明而變成褐色更漸漸變黑。這在驗證硝酸銨的熔點以確定溶質成分時，並不會發生變色的現象。可見溶質中含有其他成份。因而推測這些成分可能具有特殊作用，或只是單純的成份不純。

(4)外圈的球形結晶因為含量不大在進行定性分析時，對它的成分一直未能有所發現。

(5)內圈白色長針狀結晶陰離子檢驗含有硝酸離子，而陽離子的測定含有銨離子，故推測成分應為硝酸銨。後經酸鹼度、熔點、對水溶解時的降溫效果等的測定，均與硝酸銨相近。

2. 檢測冰包內溶劑的成份：

(1)由氯化亞鈷試紙的變色及沸點102℃可知，冰包溶劑的主要成分是水。

(2)冰包內溶劑的成份由pH值=4.52的測定，是偏酸性。雖然後續的檢驗，曾檢驗出銨離子及氯離子。但是氯化銨pH值的測定接近中性。因此可知水中應該還含有其他酸性物質。但是，因為含量不多，所以測不出明顯反應，而無法瞭解其成分。

(二) 改良冰包的降溫效果：

1. 最佳的溶質與水的混合比例：

(1) 比較各種溶質對水的降溫效果：取5g鹽類中，以硝酸鎂及硝酸鉀對5ml室溫的水所產生的降溫效果最好，氯化鉀及硫酸鎂次之。反而以氯化鈉對水的降溫效果最差。一般而言，晶體溶解過程大多會吸熱，而實驗結果發現硝酸鹽似乎有更強的吸熱能力。

(2) 比較5g的冰包溶質對水的降溫效果與其他鹽類的差異：硝酸銨>尿素>冰包溶質>硝酸鈣>食鹽。

(3)(2)由此可知，不論對水或對冰，硝酸銨的降溫效果，均是很好的冷劑。而廠商所製造的冰包溶質雖然溶解度比純硝酸銨大，但所含的其他成份並未使冰包有更特殊的降溫效果。由此推測冰包溶質中的其他微量成份，並不是為了增加吸熱的效果而添加的。

2. 比較溶質對冰的降溫效果：以氯化鈉、氯化鉀及硝酸銨的降溫效果最好。尿素、硝酸鎂及氯化鋇次之。由結果顯示，在對冰會有降溫效果的氯化物鹽類中，分子越小降溫效果卻越佳，因此推斷：應該是冷劑分子（或離子）造成冰塊的結晶結構被破壞，使冰塊溶化進而造成吸熱現象，產生降溫效果。也就是，將來對於溶質分子的大小及溶質分子對水分子的吸引力與冷劑造成的吸熱現象，三者必須再做更進一步的探討，才能肯定分大小會影響降溫效果的這一個現象。

3. 溶質與冰的最佳比例：5g的溶質對冰的降溫效果：硝酸銨>尿素=食鹽>冰包溶質=硝酸鈣>氯化銨。

4. 添加助溶劑的效果：

(1) 添加助溶劑時，溶質的溶解度：純水=冰包溶劑>漂白水>氨水>檸檬酸=醋酸>酒精。目前並未發現其他的添加物比水有更好的溶解度效果。

(2) 添加0.5M助溶劑對1g溶質或硝酸銨的降溫效果：醋酸>純水=冰包溶劑>檸檬酸>硝酸>氨水>漂白水=酒精。除酒精及漂白水會減低降溫效果以外，醋酸具有比水更好降溫效果，而其他的添加物並未發現比水有更好的效果。可見冰包內的溶劑並不是真正添加助溶劑。

5. 在試用『雞尾酒調和法』時，將降溫效果較佳的硝酸銨及尿素各3克依序加入2毫升水中，結果發現的確比只添加硝酸銨及尿素其中一種的降溫效果要好，平均能多降4℃。而且，先加尿素比先加硝酸銨又多降2℃。

七、結論

(一) 由實驗中冰包成份分析的各項結果顯示：市售的冰包成份，溶質主要以硝酸銨為主；溶劑主要以水為主。而且經過驗證，硝酸銨與水的反應，效果更優於市售的冰包。而且，主要利用的是晶體變化時的吸熱作用。

(二) 以本實驗中所測試的鹽類，降溫效果以硝酸銨最佳，尤其對水或對冰均可降低 10°C 以上的效果。所以它的應用性應比食鹽單純對冰的降溫效果來的好。例如：在戶外缺冰的情況下，飲料的降溫及急救時的冰敷，就算沒有冰塊也可以達到就急的效果。另外由本實驗的比較結果發現：本實驗的硝酸鹽有比較強的吸熱能力。未來將針對硝酸鹽加以分析，才能瞭解真正影響溶解熱的原因的原因。

(三) 食鹽的降溫效果只有在冰的熔化過程最佳，但是單獨溶於水卻不具有明顯的降溫的作用。而在硝酸銨的降溫效果中，若是以晶體溶解過程會吸熱來解釋還能理解。但是，食鹽的吸熱原理，一定不只是單純的晶體溶解過程吸熱而已，否則食鹽在溶於水的過程與充當冰的冷劑時的反應，應該都有相同的降溫效果才對。但是，事實上食鹽溶於水時，不論以何種比例，均只降 1°C 到 2°C 而已。而只有在充當冰的冷劑時，才会有極佳的降溫效果（冰溫可降到 -15°C 以下）。因此，對於食鹽充當冷劑的原理何在？這是這次實驗最令人疑惑的地方！

(四) 另外，由各種鹽類對水的降溫及對冰的降溫的結果推測，除了溶質晶體溶解過程吸熱之外，應該還有溶質破壞冰的結晶結構，並且在溶於水時，造成水的熔點降低，於是促進冰的熔化而吸熱，進而使水溫持續降低！也就是說，冷劑的降溫原理，至少包含溶質的溶解熱及冰的熔化熱兩項變因。至於，那些分子或離子比較容易破壞冰的結晶結構？與溶質分子大小的關係，是否如本實驗中發現的，分子越小越好？則有待更進一步的驗證。

(五) 由於硝酸銨的溶解度已比其他鹽類大，所以添加助溶劑以增加硝酸銨的溶解度，進而增加降溫效果的想法，目前只有醋酸在硝酸銨的降溫效果上有明顯的效果，不過醋酸並不能增加硝酸銨的溶解度，反而有降低溶解度的現象。而且醋酸對於硝酸銨的降溫效果也不至於有倍數增加的情況。所以繼續找尋助溶劑，是將來要努力的地方！

(六) 在本實驗中，由結晶的位置可推測：外圈的球形結晶溶解度較內圈的針狀結晶的溶解度小，才會先在外圈結晶。因此，似乎可以將不同溶質利用此法加以分離及分析。『錶玻璃結晶分析法』也將會成為我未來的研究對象！

(七) 在試用『雞尾酒調和法』時，將降溫效果較佳的硝酸銨及尿素依序加入水中，的確會比硝酸銨及尿素其中一種的降溫效果要好。但是比較可疑的是添

加硝酸銨及尿素的先後順序，它們溶解度竟然不一樣！因此，先添加尿素再加入硝酸銨的溶解度，比先添加硝酸銨再加入尿素的溶解度來的大，且降溫效果更好！因此也證明，混合式的冷劑添加方式，可以增加降溫效果。只是，溶質溶解度的相互影響原因，也是個值得探討的問題！

八、參考文獻

歐陽承，民70，有機化學，大中國圖書公司。

黃正義，民70，分析化學，大中國圖書公司。

林成業，民71，分析化學，大中國圖書公司。

李樹其等，民80，食品添加物規格檢方法專輯（二），行政院衛生署食品檢驗局。

評語

本作品在研究分析冰包內化學物質成份及試圖改良冰包的降溫效果。作者從懷疑，搜尋資料，到著手實驗至於確認成果都依循科學法則。作者又發揮其想像力，企圖加入其他物質以改良降溫效果，結果也找到了一種組合達到此目的。整個作品其相當完整，而具有實用價值。

