蘆筍罐頭之脫錫

Detinning of Canned Asparagus

張爲憲

by

W. H. Chang

鍍錫鐵皮罐頭之脫錫現象

食品罐頭之所以使用鍍錫鐵皮，其目的主要是利用錫金屬與鐵金屬之串合作用，使鍍在鐵皮表面的錫金屬具有比底金屬的鐵更強的陽極性（Anodic），因此在食品溶液中錫優先放出電子而溶解（反應式①），結果在錫金屬的犧牲性溶解下，底金屬的鐵得到保護，少受侵蝕。

$$S_n \rightarrow S_n^{++} + 2e^- \quad \cdots\cdots ①$$

此脫錫反應（Detinning）係一種可逆的電化學反應，其反應程度受Nerst公式②及錫單極與鐵單極在該食品溶液條件下之電位差的支配。

$$E = E_o(S_n) + \frac{0.06}{2} \log[S_n^{++}] \quad \cdots\cdots ②$$

故，若該食品溶液中無任何可以破壞此電化學反應平衡的因素存在，則脫錫反應不久就會達到電化學的平衡狀態，錫即不再溶出。但若食品溶液中含有下列陽極性去極化劑（Anodic depolarizer）或陰極性去極化劑（Cathodic depolarizer），則因上述脫錫反應之電化學平衡被破壞，而致錫金屬繼續溶出。

(a)陽極性去極化劑（Anodic depolarizer）

$S_n^{++} + A^=$（陰離子）$\rightarrow S_nA$ ……③

$S_n^{++} + O_x$（氧化劑）$\rightarrow S_n^{+++} +$ Red（還原型）……④

(b)陰極性去極化劑（Cathodic depolarizer）

e^-（$+H^+$）$+ O_x$（氧化劑）$\rightarrow$ Red（還原型）……⑤

$2e^- + 2H^+ \rightarrow H_2$ ……⑥

在食品罐頭裏面，有機酸可能成爲反應③中的陽極性去極化劑，硝酸鹽可能成爲反應④中的陽極性去極化劑或反應⑤中的陰極性去極化劑。又如反應⑥所示，若由食品溶液中之氫離子來吸收由脫錫反應而來的電子，則因氫氣之產生而引起所謂氫氣膨脹（Hydrogen swelling），是爲罐頭食品之非細菌性膨罐之原因。

此外，食品中某些成份以及pH，不但會使錫單極及鐵單極的電位差改變，甚至會使兩者間的陰陽極關係完全倒轉，即可能使錫金屬具有比鐵金屬更強的陰極性（Cathodic），結果鍍錫鐵皮由脫錫性變爲溶鐵性，因此有些食品爲強脫錫性或弱脫錫性，而有些食品却爲穿孔性（Pitting）。在強脫錫性食品的罐頭，或罐頭受侵蝕後其內壁會變黑的食品罐頭，常採用內壁塗漆來防止脫錫或腐蝕變黑。但空罐內壁的塗漆也會改變錫單極與鐵單極間的電位差，也會使脫錫性倒轉爲溶鐵性。可見對食品罐頭之脫錫或腐蝕有影響的因素非常多，而且許多因素之間更有交互影響，因此形成一個極爲複雜而難予捉摸的電化學反應。

本文原載于食品工業第五卷第六期

蘆筍罐頭之脫錫問題

蘆筍罐頭被列爲脫錫性食品之一，因此早有使用 1.25 磅熱浸鐵皮於罐身及底蓋部份，或底蓋部份使用 0.25 磅電鍍鐵皮加以塗漆的建議與實行。罐頭兩端底蓋的塗漆，雖然在低溫下或短時間貯藏中能顯著減少蘆筍罐頭的脫錫，但在高溫下或長期貯藏後仍有大量脫錫，如在室溫貯藏一年後往往達 200ppm 以上。蘆筍罐頭的脫錫，不但對其產品色香味的形成有幫助，而且很少引起氫氣膨脹，所以以往都不曾受到注意。但在 1967 年，在荷蘭舉行的 FAO 食品添加物委員會中，日本的小島博士報告 1963 年及 1964 年在日本發生的罐裝蜜柑汁中毒事件，是由高含錫量所引起之後，食品罐頭的含錫量問題驟然引起世界各國衞生專家的注意。因此，在 1970 年的 FAO 食品添加物委員會中，首先由西德代表提出擬將目前國際規定所認可的 250ppm 罐裝食品含錫限量降低到 100～150ppm 的建議，但經我國及美國等代表提出罐頭食品之含錫量問題爲一種技術問題，應視食品之種類而有不同限制量的規定，以及罐頭食品中錫化合物之毒性及毒害臨界量尚未確立等理由加以反駁後，雖暫定將來擬將 250 ppm 含錫限量降低爲 150 ppm，但決定暫時保留此修改案，待各方面專家加以研究之後在 1972 年的會議中再做決定。但在去年的會議中，似乎尚未決定將該修改案付諸實行。不過我國蘆筍罐頭大宗出口國家爲西德，係原提議降低含錫限量的國家，所以雖未有國際上的新規定，西德政府本身却有權隨時決定檢驗而加以限制進口。因此，我國業者必須提高警覺，加緊進行研究與事先準備，以免臨時發生恐惶與遭受損失。

關於各種食品罐頭的脫錫問題，過去歐美學者已有不少研究報告，但專門研究蘆筍罐頭脫錫者幾乎沒有。在日本方面，近年來對果汁罐頭之脫錫有不少研究，但對蘆筍罐頭脫錫之研究方面，也只有在最近三、四年來有過少數幾篇研究報告。在我國，食品工業發展研究所自從民國 57 年開始進行這方面的研究，而自民國 58 年秋開始由農復會繼續資助此項研究，至今已進入第三年，雖尚未達到完成的階段，但已獲得不少研究結果。以下就這些研究內容及所得結果做簡要介紹，以資了解蘆筍罐頭脫錫現象及研究控制脫錫速率方法之參考。

蘆筍罐頭內所溶解錫化合物之分佈

蘆筍罐頭內所溶解之錫化合物，並非均勻分佈在全部罐頭內容物中，而係集中在蘆筍固形物內，尤以靠近罐壁部份之筍尖爲最多（見表一），而且此種錫化合物之集中現象，自從罐頭貯藏初期即已存在。故要分析蘆筍罐頭之含錫量時，必須將全罐內容物打碎均質後取樣。

表一　蘆筍罐頭內所溶解錫化合物之分佈情形

分析樣品	含錫量（ppm）	說明
液體部份	97(85～112)	7罐分析之平均值，固形物部份係將全部固形物打碎均質。
固形物部份	144(119～235)	
罐中央固形物	224，254	將各部位固形物分別打碎均質。
罐周圍固形物	280，320	
筍尖部份	316	將每根 10cm 長筍芽分爲 3 cm 之筍尖與 7 cm 之筍莖。
筍莖部份	140	

蘆筍罐頭模擬裝罐貯藏試驗

爲了解蘆筍罐頭內何種成份會影響脫錫，乃以 2％食鹽水爲基礎，添加各種有機酸或硝酸鹽，並改變其 pH ，用兩端塗漆四號罐裝罐後在 45°C 貯藏 40 天，以觀察其脫錫情形。由表二所示之結果得知下列各點：

(1)脫錫似可分爲初期脫錫與後期脫錫，檸檬酸與蘋果酸能引起初期脫錫，但如無硝酸鹽等去極化劑之共存，則很快就達到平衡狀態，而不會繼續脫錫。

(2)硝酸鹽本身雖不能引起初期脫錫，但若與能引起初期脫錫的檸檬酸或蘋果酸共存，則會促進後期脫錫，使脫錫反應繼續進行。

(3)只有鹽水，或含硝酸鹽，或含醋酸時，都不會引起初期脫錫，即錫具有比鐵更強的陰極性，故反有嚴重的溶鐵現象。然而植酸不但能抑阻初期脫錫，而且沒有溶鐵現象，其表現非常特別，值得注意。

表二　蘆筍罐頭模擬裝罐貯藏試驗（45°C 貯藏）

試驗編號	添加物	原 pH	脫錫量（ppm）			溶鐵量 (ppm)
			1 天	7 天	40天	40天
1	無（只有2％食鹽水）	5.4	5	10	10	40
2-1	檸檬酸 0.01 N	4.4	80	100	110	3
2-2	同上	5.4	60	80	85	2
2-3	同上	6.4	30	70	70	2
3	蘋果酸 0.01 N	5.4	25	30	40	8
4	醋酸 0.002 N	5.4	5	5	10	42
5	植酸 0.01 N	5.4	5	5	20	5
6	硝酸鹽 40 ppm N	5.4	5	10	10	48
7-1	檸檬酸 0.01 N 硝酸鹽 40 ppm N	4.4	100	230	420	3
7-2	同上	5.4	75	125	250	2
7-3	同上	6.4	50	75	120	2
8	醋酸 0.002 N 硝酸鹽 40 ppm N	5.4	5	10	10	34
9	植酸 0.01 N 硝酸鹽 40 ppm N	5.4	5	10	20	5

蘆筍原料對罐頭脫錫之影響

將白蘆筍及綠蘆筍之長筍芽（Spears）及截切筍莖（Bottom cuts），分別用兩端塗漆四號罐裝罐

後貯藏於室溫（夏天辦公時間有冷氣）及45°C下，在一年內之脫錫情形如表三所示，顯示綠蘆筍罐頭與白蘆筍罐頭之脫錫情形大致相同，而無論白蘆筍或綠蘆筍，其截切筍莖罐頭之脫錫量遠比長筍芽罐頭爲少，約爲後者之三分之二左右，可見蘆筍芽中促進罐頭脫錫之成份集中在筍尖部份，但究竟是何物，至今尚未明瞭。日本的研究報告，曾指出Cysteine與Cysteine 等氨基酸爲引起白蘆筍罐頭嚴重脫錫的因素。

表三　蘆筍原料對罐頭脫錫之影響（ppm S_n）

貯藏 \ 原料		白蘆筍			綠蘆筍		
		WS	GTWS	WC	GS	GTS	GC
室溫	1日	36	42	32	53	47	27
	1月	178	188	94	179	159	101
	3月	217	225	126	218	202	140
	6月	233	239	153	239	209	153
	9月	279	261	169	271	239	172
	1年	296	278	181	289	258	185
45°C	1日	36	42	32	53	47	27
	1月	218	221	136	212	185	128
	3月	329	307	188	259	283	197
	6月	407	400	255	346	336	274
	9月	714	654	339	628	540	411
	1年	801	681	404	790	588	433

製罐條件對蘆筍罐頭脫錫之影響

(1)殺菁條件之影響

將削皮白蘆筍及不削皮綠蘆筍之長筍芽，用熱水或蒸氣行高溫短時間（熱水97°C 1分鐘，或蒸氣97°C 2分鐘）或低溫長時間（熱水77°C 4分鐘，或蒸氣87°C 4分鐘）殺菁後裝罐殺菌，所得罐頭在室溫貯藏一年間之脫錫情形並無顯著差異，表示蘆筍原料所含可以促進罐頭脫錫的成份相當安定，不因加熱而被破壞，也不被熱水洗除。

(2)塡充液pH之影響

Board和Holland說，食品罐頭之硝酸鹽性脫錫可用pH 6.0以上的高pH來加以抑制，但在本試驗中將白蘆筍芽及綠蘆筍芽之塡充用鹽水之pH分別調節爲4.2、5.2、6.2及5.0、6.0、7.0以行裝罐殺菌，所得罐頭在室溫貯藏一年內之脫錫情形並無顯著差異。此結果，一方面可能由於原設計之pH差被蘆筍原料所具有之緩衝作用所消除，而另一方面暗示蘆筍罐頭之脫錫並非眞正典型的硝酸鹽性脫錫反應。

(3)塡充液中硝酸鹽之影響

雖然硝酸鹽曾被認爲是促進蕃茄、蜜柑、四季豆、甜菜及南瓜等食品罐頭脫錫的主要因素，而且在蘆筍罐頭模擬裝罐試驗中也曾發現硝酸鹽確能促進後期脫錫，但在實際蘆筍裝罐試驗中對塡充鹽水添加硝酸鹽（40～100ppm N）的結果，雖也被還原成銨鹽，但並無增加脫錫量之趨勢，暗示硝酸鹽雖能做爲蘆筍罐頭脫錫反應中之去極化劑，但蘆筍原料中必另含足量的其他去極化劑，可以促進蘆筍罐頭之脫錫。

(4)罐頭上部空隙與脫氣條件之影響

食品罐頭之上部空隙（Head space），尤其是罐內所殘存之氧氣，常被認爲是促進食品罐頭脫錫的因素。但在本試驗中，將高溫脫氣（中心溫度88°C）與低溫脫氣（中心溫度71°C）和大空隙（15mm）與小空隙（5mm）配合起來，以製成各種不同上部空隙與眞空度的白蘆筍芽罐頭，結果在室溫貯藏一年內的脫錫情形，只有在上部空隙較小的罐頭看到少許較慢的脫錫，在製罐中應加以注意。

(5)脫氣後殺菌前在高溫下滯留時間，及殺菌後罐頭冷却條件對蘆筍罐頭脫錫之影響。

使用高雄製罐廠產製之兩端塗漆四號罐來裝白蘆筍芽，而將罐頭脫氣後殺菌前高溫滯留時間之長短，與殺菌後罐頭冷却速度作配合試驗，以探究那一步驟會影響所製成蘆筍罐頭之脫錫，得到表四所示之結果。

表四　脫氣後殺菌前之高溫滯留時間，以及殺菌後罐頭冷却速度對蘆筍罐頭脫錫之影響

試驗編號	罐頭脫氣後殺菌前之滯留	殺菌後罐頭之冷却條件	脫錫量（ppm）	
			一天	室溫四個月
SQ	無滯留	在殺菌釜內加壓冷却	31	187
SS	無滯留	取出釜外在室溫下緩慢冷却	147	228
LQ	滯留40分鐘	在殺菌釜內加壓冷却	35	188
LS	滯留40分鐘	取出釜外在室溫下緩慢冷却	132	224

可見，罐頭脫氣後殺菌前之高溫滯留並不影響所製成蘆筍罐頭之脫錫，但殺菌後之罐頭是否快速冷却，即對脫錫有極顯著影響，而且此種影響一直到室溫貯藏四個月後仍顯著。

其次，再就殺菌後罐頭之冷却條件加以更深入的檢討，分爲釜外空氣冷却（Air），釜內噴水冷却至某一溫度後取出釜外繼續空氣冷却（IW），以及取出釜外浸水冷却至某一溫度後再繼續空氣冷却（OW）三類，所得蘆筍罐頭在室溫貯藏一年內之脫錫情形如表五所示。

表五　殺菌後罐頭冷却條件對蘆筍罐頭脫錫之影響（室溫貯藏）

試驗編號	冷却條件			脫錫量（ppm）			
	釜內外	冷却法	冷却終溫	1天	3月	6月	1年
Air	釜外	空氣	室溫	104	215	226	241
IW-100	釜內	噴水	100°C	78	207	210	213
IW-80	〃	〃	80°C	74	198	201	199
IW-30	〃	〃	30°C	62	193	193	191
OW-100	釜外	浸水	100°C	94	211	215	219
OW-80	〃	〃	80°C	77	200	203	201
OW-30	〃	〃	30°C	66	196	200	194

由表五之試驗結果可知，在釜內直接行加壓噴水冷却爲最佳冷却法，冷却程度以罐頭中心溫度降到80°C以下爲宜，而若將罐頭取出釜外行浸水冷却，則須迅速行動以免耽誤時間，而冷却程度仍以罐頭中心溫度達80°C以下爲宜，並須注意冷却水之溫度。

空罐塗漆程度對蘆筍罐頭脫錫之影響

(1)第一次空罐試驗（民國57年至58年）

使用大裕製罐廠產製的不塗漆、兩端塗漆、以及完全塗漆四號罐以裝白蘆筍芽，貯藏於25°C及45°C下，在一年內之脫錫情形如表六所示。

表六　第一次不同塗漆度空罐試驗中之脫錫情形（ppm S_n）

貯藏 \ 空罐	不塗漆罐	兩端塗漆罐	完全塗漆罐
25°C 1日	4	1	1
1月	27	2	1
2月	97	10	2
5月	117	104	3
1年	178	177	10
45°C 1日	4	1	1
1月	107	45	2
2月	178	161	3
5月	269	224	5
1年	431	381	7

由表六的結果可以看出，此批空罐之初期脫錫量很少，在經一段時間後才發生快速脫錫，而此段時間在兩端塗漆罐遠比不塗漆罐爲長，尤其在低溫貯藏時特別長。至於後期脫錫之速率，即不塗漆罐與兩端塗漆罐都差不多，但低溫貯藏仍比高溫貯藏慢。可見，罐內壁塗漆之功效似在於初期脫錫之延緩，而低溫貯藏即有延緩初期脫錫與減慢後．脫錫之雙重功效，值得注意。完全塗漆罐雖能完全抑制蘆筍罐頭之脫錫，但所裝蘆筍之色香味品質遠不及正常產品，不合實用。

表七　各種部份塗漆罐裝罐試驗中之脫錫情形（ppm S_n）

貯藏 \ 空罐	HTF模擬罐	罐身部份不塗漆罐	罐底不塗漆罐
45°C 1日	2	4	2
1週	12	53	9
1月	25	76	12
2月	23	79	65
4月	50	90	121
8月	106	89*	115*

*曝露鐵皮有生銹現象。

(2)第二次空罐試驗（民國58年）

以HTF（High Tin Fillet，美國高錫邊封罐）模擬罐（將完全塗漆罐之罐身中部之漆用NaOH-acetone洗除一小塊0.8×3 cm，洗淨擦乾後銲上約0.1g之純錫），罐身部份不塗漆罐（將完全塗漆罐之罐身中部之漆洗除一大塊5×5 cm），以及罐底以外完全塗漆罐（裝罐時使罐底與筍芽切口端接觸）來裝白蘆筍芽，在45°C下貯藏八個月內之脫錫情形如表七所示。

由表七的結果可以看出，HTF 模擬罐確有抑制脫錫之效果，但罐身部份不塗漆罐之脫錫相當快，可能與除漆時所行之藥品處理有關。又罐身部份不塗漆罐及罐底不塗漆罐，在45°C貯藏四個月以後脫錫量都不再增加，而且貯藏八個月以後鐵皮曝露部份都有生銹現象，顯因錫層溶盡而開始溶鐵的關係，必須設法改善，否則不能實用。

(3)第三次空罐試驗（民國59年至60年）

此次試驗使用高雄製罐廠所產製之兩端塗漆罐（EL），罐底以外完全塗漆罐（BP），及兩批HTF模擬罐（HTF-1及HTF-2）來裝白蘆筍芽及綠蘆筍芽，而貯藏時BP項又分爲筍尖向上（BP-u）及筍尖向下（BP-d）兩項，在室溫（夏季辦公時間內有冷氣）及45°C下貯藏一年內之脫錫情形如表八所示。

表八　第三次各種部份塗漆罐裝罐試驗中之脫錫情形（ppm S_n）

原料	貯藏 \ 空罐	EL	BP-u	BP-d	HTF-1	HTF-2
白筍芽	室溫 1日	47	5	6	6	6
	1月	168	11	7	19	14
	3月	200	54	31	71*	35
	6月	225	89*	101*	138*	102*
	9月	259	94*	107*	178*	138*
	1年	293	97*	111*	184*	163*
白筍芽	45°C 1日	47	5	6	6	6
	1月	194	57	40	52*	73*
	3月	282	104*	86*	125*	96*
	6月	394	158*	99*	146*	102*
	9月	662*	161*	130*	228*	149*
	1年	811*	173*	148*	268*	173*
綠筍芽	室溫 1日	34	4	3	5	4
	1月	158	9	6	7	7
	3月	255	25	16	32	17
	6月	266	29	28	39	26
	9月	308	38	30	51*	35
	1年	328	44	41	88*	45

*鐵皮曝露部份有變黑現象。

由表八所示的結果可以看出，此批兩端塗漆罐之初期脫錫量較高，但經用塗漆縮小鐵皮曝露面積後，可以有效減少初期脫錫量，亦即能延緩初期脫錫。在白蘆筍罐頭BP-u與BP-d相比，在室溫下BP-u之脫錫量稍低於BP-d，但在45°C下却BP-u反高於BP-d，但BP-d在45°C下罐底變黑情形比較嚴重

，而且偶有筍莖染黑現象。所以，似以BP-u之實用可能性比較大。HTF-1罐因空罐製造後放置較久，所以脫錫量較高，而且染黑情形也比較嚴重。就綠蘆筍而言，BP罐及HTF罐都能有效減少脫錫量，而且沒有鐵皮染黑現象，故在技術上似無多大問題。

至於所裝蘆筍之品評結果，在室溫下貯藏的罐裝白蘆筍，其色澤以EL及BP-u爲佳，兩種HTF與BP-d較差；香味卽以EL，BP-u及HTF-1爲佳，BP-d及HTF-2較差。在室溫下貯藏的罐裝綠蘆筍，其色澤亦以BP-u爲最佳，HTF-1及BP-d次之，HTF-2與EL較差；香味仍以BP-u爲最佳，其餘各項都較差。可見BP-u一項，除鐵皮曝露部份染黑現象而影響觀感，須加以改善外，其餘各種表現都不錯，值得做進一步的研究。

添加物對蘆筍罐頭脫錫之影響

(1)植酸之添加試驗

因爲在前述蘆筍罐頭模擬裝罐試驗中，發現植酸不但能抑制鹽水罐中由檸檬酸所引起的脫錫，而且沒有溶鐵現象，因此進行蘆筍罐頭中添加植酸之試驗，其結果（表九）表示，0.5%植酸確能減慢蘆筍罐頭之脫錫，值得再做實驗。

表九　植酸對蘆筍罐頭脫錫之影響

試驗編號	植酸添加量	室溫貯藏中脫錫量 (ppm)		
		1日	3月	6月
P-0	0%	53	196	248
P-0.1	0.1	63	222	253
P-0.5	0.5	26	149	176

(2)其他添加物之試驗

因爲日本田邊製藥公司曾獲得日本專利，使用P-Aminobenzoic acid, P-Aminosalicylic acid, Salicylamide, 或Tyrosine 以防止酸性果實罐頭之脫錫；又該公司有另一專利，使用尿素以減少由硝酸鹽所引起的食品罐頭脫錫。因此，對蘆筍罐頭試加0.03%濃度的這些化合物，以視其對脫錫之影響，結果無一化合物有減少蘆筍罐頭脫錫的效果。

不同鐵皮及不同塗漆度空罐之裝罐貯藏試驗

以前所做的實驗結果顯示，能有效控蘆筍罐頭脫錫速率之因素，第一爲貯藏溫度與時間，其次爲罐內壁之適度塗漆以減少鐵皮曝露面積。前者，以前只有室溫貯藏與高溫貯藏，而未曾試驗低溫貯藏；至於後者，以前只用臺灣現有的鐵皮做實驗，發現鐵皮曝露部份因局部增加脫錫而有變黑現象。本試驗，乃爲擴大不同塗漆度空罐之裝罐貯藏試驗，由國內外選購各種不同品質的鐵皮，製成不同塗漆度的空罐，裝製白蘆筍芽而貯藏在21°C，29°C及37°C三種不同溫度，以觀察其脫錫情形，以及對所裝蘆筍色香味品質的影響。本試驗所用空罐種類如表十所示，而所製成蘆筍罐頭的脫錫情形、溶鐵量、及所裝蘆筍的色澤與風味品評結果，卽依貯藏溫度分別列示於表十一至表十四。

表十　擴大空罐試驗中所用空罐種類

空罐種類	不塗漆部位	不塗漆部位所用鐵皮種類	空罐編號
A 兩端塗漆罐	罐身	(1) 臺機熱浸1.5磅 (2) 美國熱浸1.5磅（Standard Coke） (3) 美國電鍍1.35/0.25磅（Differential ET） (4) 美國電鍍1.0磅（K-plate）	A-T5 A-S A-D A-K
B 罐底以外完全塗漆罐	罐底	(1) 臺機熱浸1.5磅改良型（White Spangle） (2) 臺機熱浸1.7磅 (3) 美國熱浸1.5磅 (4) 美國電鍍1.35/0.25磅 (5) 美國電鍍1.0磅	B-T5A B-T7 B-S B-D B-K
C 罐身中部留橫條罐	罐身中部留一2cm寬之橫條	(1) 臺機熱浸1.5磅 (2) 臺機熱浸1.5磅改良型 (3) 臺機熱浸1.7磅 (4) 美國熱浸1.5磅 (5) 美國電鍍1.35/0.25磅 (6) 美國電鍍1.0磅	C-T5 C-T5A C-T7 C-S C-D C-K
美國HTF罐	罐身邊封部份	銲上一層純錫	HTF

表十一　用各種鐵皮製成的不同塗漆度空罐之蘆筍裝罐貯藏結果（21°C）

空罐＼項目	脫錫量 (ppm)					溶鐵量 (ppm)	色澤評分*	風味評分*
	1日	1月	2月	5月	8月	5月	80天	80天
A-T5	45	123	128	169	181	2.1	1.0	1.0
A-S	37	132	157	183	183	2.1	1.4	1.6
A-D	16	113	120	168	172	10.9	1.2	1.6
A-K	28	130	124	152	173	3.8	1.0	1.2
B-T5A	4	24	39	129	143	19.4	1.4	1.6
B-T7	6	45	88	130	146	5.6	1.6	1.0
B-S	6	13	21	95	107	27.5	1.6	1.2
B-D	7	18	23	40	77	36.3	1.4	2.0
B-K	5	19	30	35	65	57.6	1.2	1.0
C-T5	5	10	13	28	28	18.8	2.4	1.8
C-T5A	2	9	13	20	52	21.5	2.6	1.8
C-T7	2	10	13	55	58	21.5	1.4	1.2
C-S	2	12	10	32	83	25.4	1.0	1.2
C-D	5	11	13	19	28	53.6	1.2	1.2
C-K	9	12	14	24	35	51.3	1.2	1.2
HTF	3	18	30	63	118	9.9	3.2	3.4

* 評分爲1至5之整數，1分最佳，5分最差，所示數值係五位評味員所給分數之平均值。

表十二　用各種鐵皮製成的不同塗漆度空罐之蘆筍裝罐貯藏結果（29°C）

空罐＼項目	脫錫量（ppm）					溶鐵量（ppm）	色澤評分*	風味評分*
	1日	1月	2月	5月	8月	5月	80天	80天
A-T5	45	133	163	186	196	8·1	1·0	1·0
A-S	37	148	160	189	210	3·8	1·0	1·0
A-D	16	138	147	186	187	8·1	1·4	1·0
A-K	28	136	156	176	200	3·8	1·2	1·0
B-T5A	4	57	78	130	156	14·4	1·8	1·0
B-T7	6	68	78	147	153	15·0	3·2	1·6
B-S	6	41	76	105	147	19·4	1·2	1·2
B-D	7	39	69	133	165	21·5	1·8	1·4
B-K	5	26	60	69	128	40·3	1·2	1·6
C-T5	5	12	49	87	139	22·9	1·4	1·0
C-T5A	2	15	62	122	127	36·3	1·0	1·0
C-T7	2	28	76	145	151	8·8	1·0	1·2
C-S	2	10	67	130	137	18·8	1·0	1·0
C-D	5	23	55	94	135	29·8	2·0	1·2
C-K	9	16	16	35	37	57·6	1·0	1·0
HTF	3	40	55	89	125	10·9	3·2	2·2

* 同前表註脚。

表十三　用各種鐵皮製成的不同塗漆度空罐之蘆筍裝罐貯藏結果（37°C）

空罐＼項目	脫錫量（ppm）					溶鐵量（ppm）	色澤評分*	風味評分*
	1日	1月	2月	5月	8月	5月	80天	80天
A-T5	45	169	178	219	229	8·1	1·0	1·0
A-S	37	184	202	233	299	5·6	1·4	1·2
A-D	16	168	177	219	295	3·8	1·0	1·0
A-K	28	143	163	202	264	4·1	1·4	1·4
B-T5A	4	74	119	128	150	41·3	1·2	1·2
B-T7	6	108	127	163	178	25·8	1·6	1·2
B-S	6	114	116	149	179	47·5	1·8	1·4
B-D	7	57	98	162	164	25·8	2·2	1·0
B-K	5	55	98	142	153	36·3	1·4	1·8
C-T5	5	28	95	143	168	23·4	1·6	1·8
C-T5A	2	44	102	128	140	32·5	1·2	1·2
C-T7	2	40	122	151	181	18·8	1·4	1·4
C-S	2	44	92	151	157	21·0	1·2	1·2
C-D	5	20	119	146	164	38·8	1·4	1·2
C-K	9	13	22	70	74	82·3	1·2	1·2
HTF	3	35	77	106	157	14·4	2·4	2·0

* 同前表註脚。

表十四　用各種鐵皮製成的不同塗漆度空罐之蘆筍裝罐貯藏結果（20～25°C 室溫貯藏 6個月後移至 37°C 貯藏）

空罐＼項目	脫錫量（ppm）			溶鐵量（ppm）	色澤評分*			風味評分*		
	零時**	1月**	2月**	2月**	2月**	37°C 8月	21°C 8月	2月**	37°C 8月	21°C 8月
A-T5	172	192	219	13·8	20	20	19	36	38	34
A-S	199	223	245	8·8	20	20	19	36	38	34
A-D	172	172	207	20·0	20	20	19	36	38	34
A-K	170	188	214	13·8	18	20	19	30	36	35
B-T5A	127	159	163	52·5	18	19	18	27	32	30
B-T7	140	143	147	17·5	17	17	17	27	28	29
B-S	123	127	144	82·5	17	17	17	26	28	28
B-D	143	161	170	21·3	17	17	18	26	30	29
B-K	105	107	110	112·5	18	17	18	27	34	29
C-T5	90	99	112	28·8	18	18	17	27	35	30
C-T5A	111	126	139	50·0	18	18	17	27	36	29
C-T7	139	169	175	37·5	18	18	17	27	36	29
C-S	131	134	146	38·8	19	19	19	29	34	34
C-D	66	90	99	67·5	18	18	17	29	33	29
C-K	38	53	61	98·8	18	17	17	29	34	29
HTF	119	140	146	13·8	16	15	17	25	26	26

* 色澤評分與風味評分係分別採用 20 滿分與 40 滿分之評分。

**所列時間係由室溫貯藏 6 個月後移至 37°C 貯藏之時間。

由以上四表所示之結果可以得到下列初步結論：

(1)就兩端塗漆罐之脫錫情形而言，似乎 A-S 較差，其餘三種鐵皮都差不多。就罐底以外完全塗漆罐而言，在 21°C 下 B-D 與 B-K 較佳，在 29°C 下 B-K 較佳，在 37°C 下以 B-T5A 與 B-K 爲優，而由室溫移至 37°C 者亦以 B-K 爲優。然就罐身中部留橫條罐而言，在 21°C 低溫下各種鐵皮都不錯，尤以 C-T5，C-D 及 C-K 爲佳，但在 29°C 及 37°C 高溫下卽只有 C-K 較優，至於由室溫移至37°C 者仍以 C-K 爲優，C-T5 與 C-D 次之，C-T7 最差。

(2)就各種空罐之溶鐵量而言，脫錫量較大的兩端塗漆罐都沒有問題，但脫錫量較少的罐底以外完全塗漆罐（B類）及罐身中部留橫條罐（C類）都相當高。但溶鐵量之多少對罐裝白蘆筍之色香味品質似乎無直接影響。

(3)用三類空罐裝製的白蘆筍芽，其色澤及風味的品評結果都差不多，最少可以說可以接受，而且大致上都比 HTF 罐所裝者爲優。

(4)HTF 確能適度控制脫錫速率，而且溶鐵量也少，是爲此種專利罐之特點。但所裝蘆筍之色香味品質較差，尤以 21°C 低溫貯藏者爲甚，因此HTF 罐似不能圓滿解決蘆筍罐頭脫錫問題。

(5)減少罐內壁鐵皮之曝露面積，確能有效減低脫錫速率，而且在低溫貯藏時，其效果特著，卽減少鐵皮曝露面積與低溫貯藏兩種措施有交互影響，對蘆筍罐頭脫錫之減少產生相乘的效果。故，爲有效控制蘆筍罐頭之脫錫，應將減少鐵皮曝露面積與低溫貯藏兩種措施併行實行。

(6)以增加塗漆來減少鐵皮曝露面積時，曝露部份之鐵皮會受到集中侵蝕，容易使鍍錫層脫光而侵蝕到

鐵皮，因此會引起生銹或黑變等現象，嚴重影響罐內壁之觀感，有時甚至會使所接觸的筍莖染黑，必須設法改進。因此，必須選擇良質鐵皮，或配合使用含氧化鋅的 C-enamel （正試驗中），以避免曝露鐵皮變黑。又減少鐵皮曝露面積後，蘆筍罐頭脫錫量之個別差增大，暗示應嚴格管制所用鐵皮之品質。

由於以上之實驗結果與初步結論，經經濟部蘆筍罐頭減低含錫量研究工作小組第九次會議決定，今年度外銷蘆筍罐頭將採取下記三種措施，以期減低其含錫量：

(1)罐身部份使用白結晶（White spangle）熱浸馬口鐵皮，其鍍錫量爲我國國家標準之最上焦炭（Best cokes），天地蓋仍使用 1.0 磅之電鍍鐵皮，加以塗漆。

(2)罐身也塗漆，但在中部留一橫條不塗漆，其寬度依罐型而有別（見表十四）。

(3)控制罐頭貯藏溫度爲 25°C 以下。

表十四　罐身中部留橫條罐在各種罐型之暫訂不塗漆橫條寬度

罐　型	不塗漆橫條寬度	罐　型	不塗漆橫條寬度
4 號	20 mm	5 號	24 mm
特 3 號	35 mm	1 B	38 mm
2 號	29 mm	新 1 號	57 mm
7 號	16 mm	7 M	12 mm
250g	18 mm	特 7 號	16 mm
高 205	26 mm	高 200	22 mm
200g	15 mm		

以上所規定之內容都是暫時性的，除各種罐型之罐身中部留橫條之寬度將再做裝罐試驗，以作將來修改之參考外，所用馬口鐵皮之規格也可能加以修改，甚至罐身中部留橫條不塗漆的辦法也不一定是最理想的辦法，一切都等待將來的研究改進。

結　論

蘆筍罐頭之脫錫現象爲一種極複雜的電化學反應，許多因素對它有影響，而且其相互間又有交互影響。到目前爲止，已知對蘆筍罐頭之脫錫有比較顯著影響的因素如下：

(1)空罐方面：馬口鐵皮之性質，空罐內壁塗漆程度（或罐內壁鐵皮曝露面積）。

(2)蘆筍原料方面：筍尖與筍莖。

(3)裝罐條件方面：罐頭上部空隙與眞空度，殺菌後罐頭之冷却速度。

(4)罐頭貯藏方面：貯藏溫度與時間。

就中，技術上能加以控制的因素是馬口鐵皮材料與空罐內壁塗漆程度、裝罐條件、以及貯藏溫度與時間。目前認爲，能適度減少蘆筍罐頭之脫錫，而且不影響罐裝蘆筍之色香味品質的有效方法，乃使用良質鐵皮（如白結晶鐵皮或 K-plate），罐內壁除罐身中部留一適當寬度的橫條外全部塗漆，裝罐步驟完全遵照手册所記載的標準方法進行，然後採用低溫貯藏，並且有計劃地提早出貨。