

第三章凍結凍藏方法及其裝置

依其用途的不同，常用凍藏法可分為①靜止空氣凍結法②半送風式凍結法③送風式凍結法④接觸式凍結法⑤二次冷媒液浸漬式凍結法及⑥連續式凍結法等。

第一節靜止空氣凍結法(Sharp freezing)及其裝置

凍結時，將食品放置在無蓋的淺盤稱之為凍結盤(Freezing Pan)內，或將其置於鋪於冷卻管棚上面的薄金屬板上，利用冷卻至 $-20\sim-30^{\circ}\text{C}$ 的自然對流以及金屬板的熱傳導方式來達到凍結的目的，因空氣為熱的不良導體，故凍結速度極慢，因此體積稍大的食品往往要1~2天才能凍好，但因一次收容的食品量較多，故乃未被淘汰。其收容量如表1而通常所使用的凍結盤的構造則分別如圖2及表2所示。

表1 靜止空氣凍結裝置的收容量及所需冷凍能力

坪數	內部面積 (m^2)	內部容積 (m^3)	收容 凍結盤數 (10kg 盤)	收容量 (噸)	所要冷凍 能力 (冷凍噸)	針對所要冷凍能力 所需冷凍機能力 (日本標準冷凍噸)
4	110.6	1.327	168	2.43	3.64	9.10
5	141.7	1.701	240	3.24	4.86	12.41
6	172.9	2.075	288	4.05	6.07	15.18
7	204.1	2.449	360	4.86	7.30	18.25
8	235.1	2.823	408	5.68	8.52	21.30
9	266.4	3.197	480	6.49	9.74	24.35

※冷凍機的冷凍能力（日本標準冷凍噸）之所以較所冷凍能力大，係因在 $-20\sim-30^{\circ}\text{C}$ 的低溫，結凍機的能力會降低1/3的關係

本方法是最古老的一種凍藏方法；其凍結裝置的構造如圖1所示。

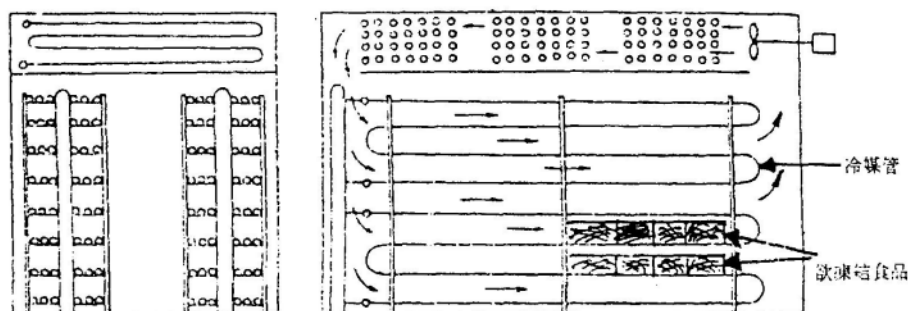
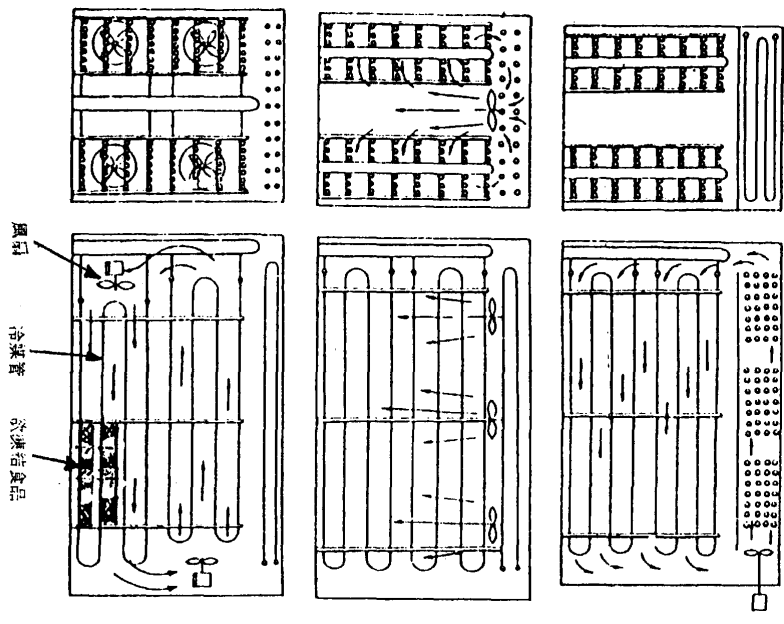


圖1 靜止空氣凍結裝置

第二節半送風式凍結法(Semi-Air Blast freezing)及其裝置

本凍結方法是靜止空氣凍結的改良方法，其唯一的不同點是在靜止空氣凍結裝置中，另增設送風機，以1~2米/秒的風速使冷空氣在食品與蒸發器之間循環。其裝置如圖3所示。此裝置的凍結品度較靜止空氣凍結法快。

圖 3 半送風凍結裝置



為改進靜止空氣或半送風式凍結裝置，進出貨的不便以及增加其凍結速度而設想的一種凍結裝置。其方法是將欲凍結之食品置於臺車上面，再將臺車推入凍結室，凍結室內裝置 unit cooler 並用送風機，使室內冷空氣以 4~5 米/秒的風速在蒸發器與食品之間循環而達到快速冷凍之目的，此裝置通常採用靜止（圖 4、圖 5），但為防止凍結中食品發生乾燥亦有採用移動式的所謂 Finnegan 或 Multi-Stage Freezer(圖 6)，使食品在圖示的移動中降溫。與此相同目的新型設備着在連續式凍結法中將加說明。

5

第三節 送風式凍結法 (Air Blast freezing) 及其裝置

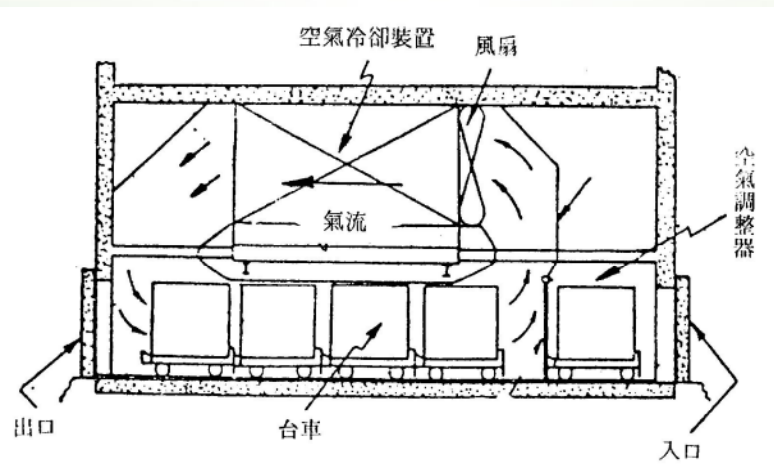


圖 4 空氣橫吹式送風凍結裝置

6

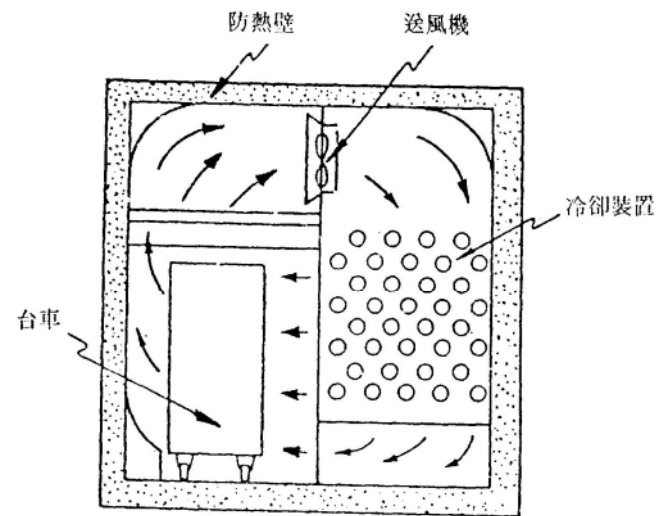


圖 5 空氣垂直式送風凍結裝置

8

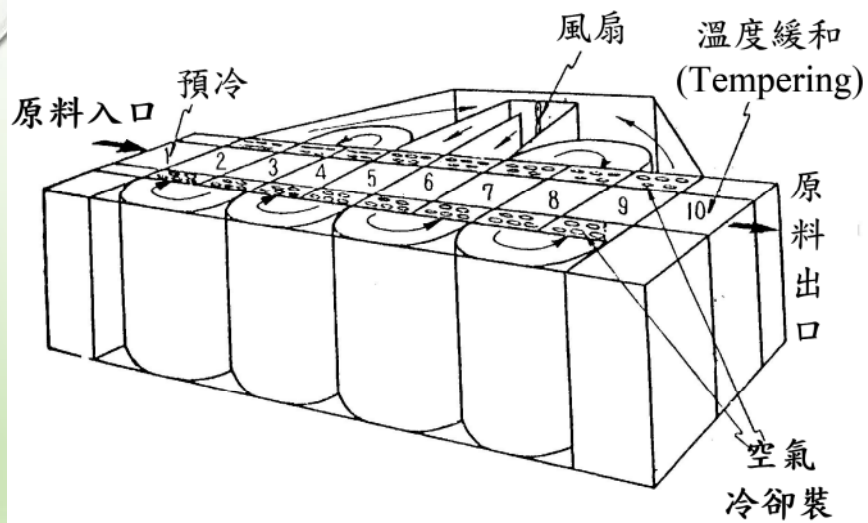


圖 6 Finnegan 式送風凍結裝置

9

表 4 風向對鱈魚凍結時間之影響

魚體大小 mm			體 重 (g)	風 向	風 速 m/sec	與魚的 初溫差 (°C)	降 至-5°C 所需時間 (小時)
體長	體高	體寬					
350	75	55	680	與魚直角交叉	3	19	1.57
350	78	54	680	與魚平行	3	19	1.84

以鱈魚凍結為例，以魚體直接交叉通過空氣，所需的凍結時間較短(表4)。

11

一、風速與風向對送風式凍結法凍結速度之影響

表 3 冷卻管表面的空氣熱傳達率

風 速 米/秒	0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 5										
	熱傳達率 α	與冷卻管直角交叉									
kcal/m ² . h. °C	與冷卻管平行										

本方法凍結速度的快慢因循環冷空氣熱傳達係數 α 的不同而異，而此 α 則受空氣流向及流速所左右(表3)，在同風速的條件下與冷卻管成直角交叉的風向其 α 值較大，亦而冷卻效果較佳；又不論風向如何 α 值均隨風速的增加而增加。

10

表 5 風速與魚體凍結時間之關係

空 氣	凍 結 所 需 時 間	
溫 度 (°C)	流 速 (m/Min)	(小 時)
-29	153	7 ¹ / ₂
-29	640	5 ¹ / ₂
-29	976	4

* 魚塊大小：5.7×33×2.5cm 6.75kg

風速越大，凍結所需時間越短(表5)。

12

表 6 風速與魚體凍結速度之關係

空氣流速		凍結速度	
m/Min	倍率	時間	時間比率
153	1	5.2	1.0
305	2	4.1	0.78
458	3	3.7	0.71
610	4	3.3	0.63
763	5	3.0	0.58
1068	7	2.0	0.39

時間比率 $0.78 = 4.1/5.2$, $0.71 = 3.7/5.2$

二、送風式凍結中風速與食品乾燥之關係

表 7 鯛魚在凍結中風速對乾燥率之影響

空氣溫度 (°C)	-12~-27		-20~-25		-27~-35		-30~-35	
風失 m/sec	0	6.5	0	6.5	0	6.5	0	6.5
失重率 (%)	1.0	0.9	1.4	2.0	1.5	0.8	1.0	0.9

理論上風速越大，失重越多，但若風速大使凍結時間縮短反而失重降低

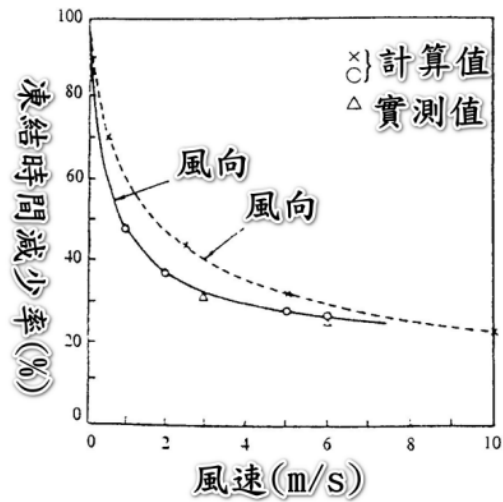


圖 7 風速與風向對凍結時間之影響

表 8 凍藏中食品失重率

食品別	大小及包裝	凍藏中失重率 (%)						總失重率 (%)
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	
牛肉 (多脂)	全屠體	0.61	0.45	0.31	0.24	0.19	0.13	1.93
牛肉 (多脂)	半屠體	0.67	0.50	0.35	0.30	0.20	0.15	2.17
牛肉 (多脂)	1/4屠體	0.72	0.56	0.32	0.28	0.19	0.12	2.29
牛肉 (中脂)	全屠體	0.63	0.50	0.36	0.29	0.21	0.19	2.18
牛肉 (寡脂)	全屠體	0.74	0.57	0.45	0.41	0.28	0.22	2.67
牛肉 (寡脂)	半屠體	0.98	0.82	0.70	0.53	0.46	0.37	3.76
羊肉 (多脂)	全屠體	0.87	0.53	0.37	0.32	0.29	0.20	2.58
羊肉 (中脂)	全屠體	0.91	0.74	0.61	0.52	0.35	0.26	3.38
羊肉 (寡脂)	全屠體	0.93	0.79	0.72	0.58	0.39	0.30	3.69
豬肉 (中脂)	全屠體	0.48	0.19	—	—	—	—	0.67
鰵魚	全	0.61	0.45	0.23	0.19	0.14	—	1.62
白色魚肉	箱裝	0.34	0.28	0.25	0.21	0.16	0.08	1.32
奶	油樽裝	0.16	0.11	0.08	0.07	0.05	—	0.47
奶	油箱裝	0.18	0.14	0.12	0.10	0.09	—	0.63
鵝	肉箱裝	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	1.35
鵝	肉箱裝	0.30	0.21	0.14	—	—	—	0.65
鵝	蛋美國式包裝	0.90	0.80	0.60	0.45	0.40	0.30	3.45
鵝	蛋歐洲式包裝	0.80	0.70	0.60	0.40	0.30	0.20	3.00
蘋果, 洋梨	包裝後裝箱	0.75	0.60	0.50	0.40	—	—	2.25
葡萄	箱裝	0.80	0.65	0.55	0.40	—	—	2.40
甘藍菜	平放	3.80	3.60	—	—	—	—	7.40

第四節 接觸式凍結法(Contact freezing)及其裝置

一、水平式接觸凍結裝置

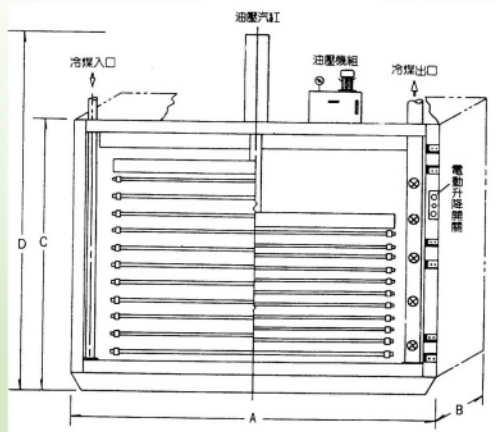
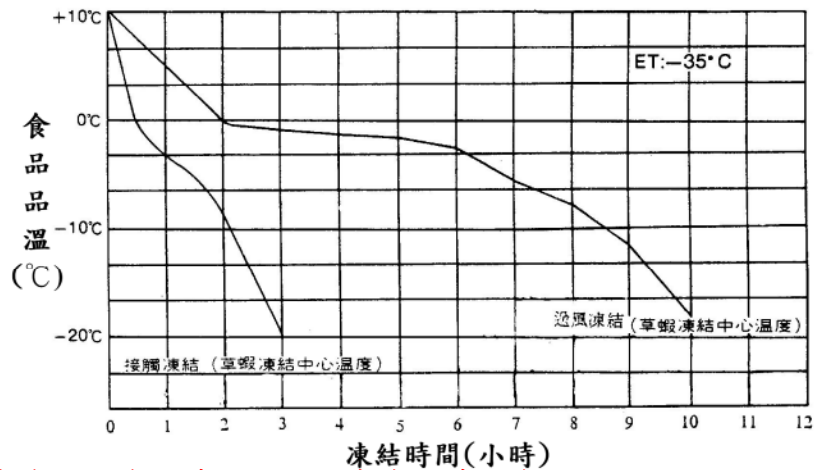


圖8 接觸式凍結裝置

17



接觸式凍結之凍結時間叫送風式凍結時間為短

圖9 接觸式凍結裝置之冷凍曲線

19



18

二、垂直式接觸凍結裝置

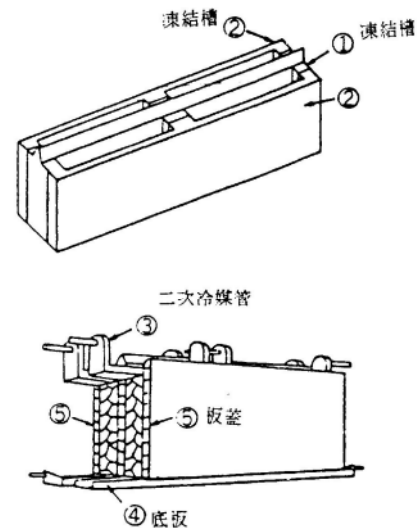


圖10 垂直式接觸凍結裝置

20

三、接著壓力對接觸式凍結法凍結速度之影響

表12 接著壓力對凍結速度之影響

魚種別	重量 (g)	厚度 (cm)	接著壓力 (kg/cm ²)	表面熱傳達率 (kcal/m ² . h. °C)	凍結板表面溫度 (°C)	魚體初溫與凍結板溫差 (°C)	品溫降至-10°C所需時間
鱈魚	4940	6	0	20	-28	26	3.9
	4016	6	0.078	74	-26	24	1.8
	4335	6	0.29	106	-22	20	1.7
鱈魚	4704	6.2	0.06	78	-29	26.5	1.33
	4822	6.4	0.16	156	-27	24.5	1.27
黃肌鱈魚片	4993	6	0.02	63	-23	20.5	2.3
			0.05	154	-25	22.5	1.3

凍結時凍結板與食品之接著壓力愈大，熱傳達率也愈大因此凍結速度也愈快（表12）。

第五節 二次冷媒浸漬式凍結法(Immersion freezing)及其裝置

將食品浸漬在被冷卻的二次冷媒液（鹽水，糖液或甘油的水溶液），或利用冷卻冷媒液噴霧食品以達凍結目的之方法，稱之為浸漬式或噴霧式凍結法。二次冷媒液係由通以冷媒的冷卻管來加以冷卻又為使二次冷媒液的溫度均勻，需增設攪拌器攪拌之。最常用的二次冷媒為23%（體積比）的食鹽水溶液其熱傳係數L在靜止狀態時為200 kcal/m². h. °C，而在流動狀態時為200+1220W（W為二次冷媒液的流速 m/sec）遠較空氣的熱傳係數大，故其凍結速度較快，但其凍結溫度約只有-15°C左右。50%的 Propylene glycol 水溶液可將凍結溫度降至-30°C，但其熱傳達率只有食鹽水的一半，50%的 Ethylene glycol 亦可作為二次冷媒，其熱傳達率介於食鹽水與 Propylene glycol 溶液之間。

乙二醇

丙二醇

四、包材種類與厚度對接觸式凍結法凍結速度之影響

利用接觸式凍結法凍結包裝食品時，其包裝材料及其厚度的熱抵抗為厚度 δ m，熱傳導率 λ kcal/m². h. °C 的 δ/λ 。各種包裝材料及其厚度的 δ/λ 為

- 塗臘瓦楞加工紙箱 $\delta=0.625m$ $\delta/\lambda=0.0096$
- 防濕賽璐芬紙四層 $\delta=0.112m$ $\delta/\lambda=0.0013$
- 塗臘瓦楞加工紙箱+防濕賽璐芬紙四層 $\delta/\lambda=0.0109$
- 兩面塗臘瓦楞紙四層 $\delta=0.212m$ $\delta/\lambda=0.0035$
- Eco Pack 容器 I $\delta=0.568m$ $\delta/\lambda=0.0075$
- Eco Pack 容器 II $\delta=0.599m$ $\delta/\lambda=0.0095$
- Eco Pack 容器 III $\delta=0.539m$ $\delta/\lambda=0.0070$

除包裝材料的熱抵抗外，凍結板結霜時也會產生熱抵抗，如凍結板的熱傳達 α =kcal/m². h. °C 時，其熱抵抗 $1/\alpha$ 的平均值約為0.002。因此慎選包裝材料及防止凍結板結霜為接觸式凍結法應注意的事項之一。

利用此凍結方法凍結的食品，因係直接浸漬在二次冷媒液中，故易受二次冷媒液污染，同時二次冷媒液的濃度不易控制為實際作業上的困擾，但因其凍結速度遠較空氣凍結為快（表13），故目前廣用在大型魚類的凍結及製冰工業。

表13 浸漬式凍結方法的凍結速度

凍結方法	魚肉厚度 (cm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
送風式 -10°C	120	248	361	490	620	748	879	1000	1130	1260
鹽水浸漬式 -10°C	10	21	35	54	78	112	148	190	230	275
鹽水浸漬式 -20°C	4	8	14	19	29	40	50	67	85	101

凍結速度較快

第六節 連續式凍結方法及其裝置

一、不鏽鋼片連續凍結裝置(圖11)



圖11：隧道式連續凍結裝置

25

二、隧道式連續凍結裝置(圖11)

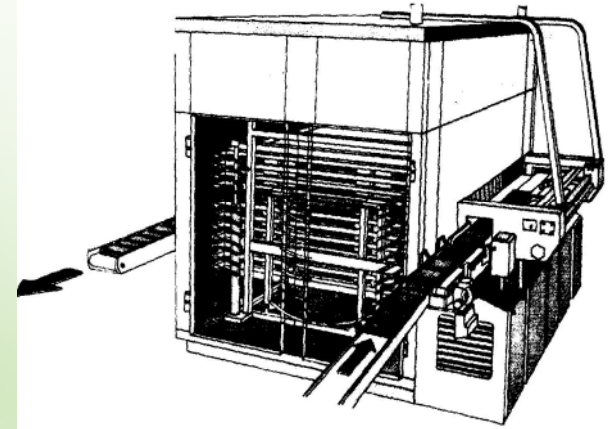


圖14 接觸式連續凍結裝置

27

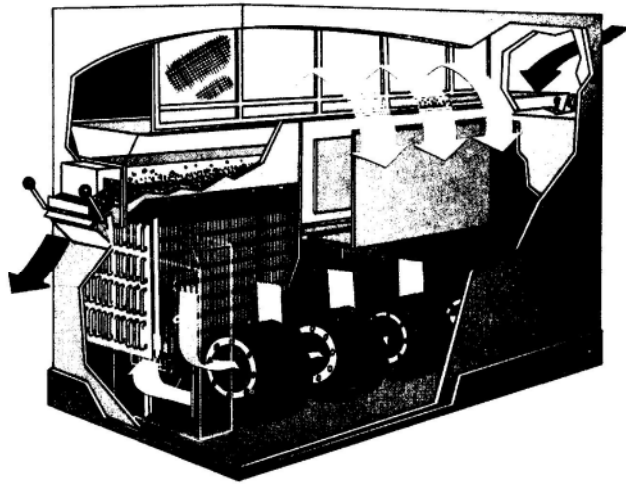


圖13 空氣流動層連續式凍結裝置

26

三、螺旋迴轉式連續凍結裝置(圖15)

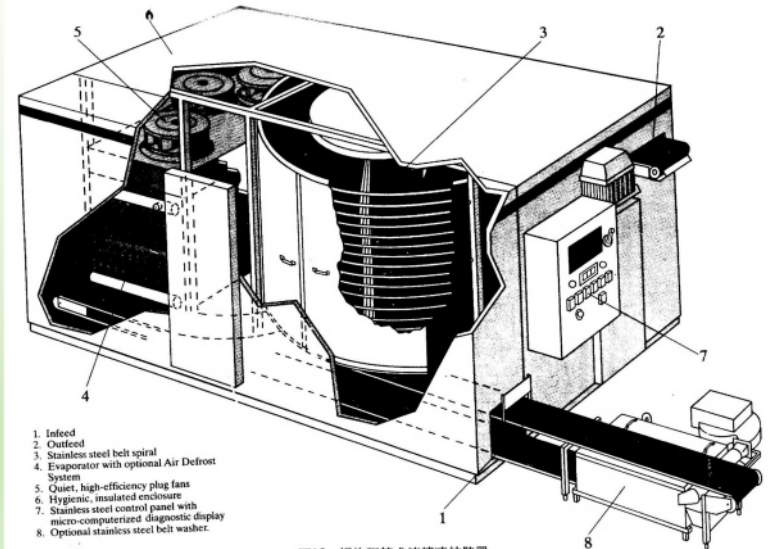
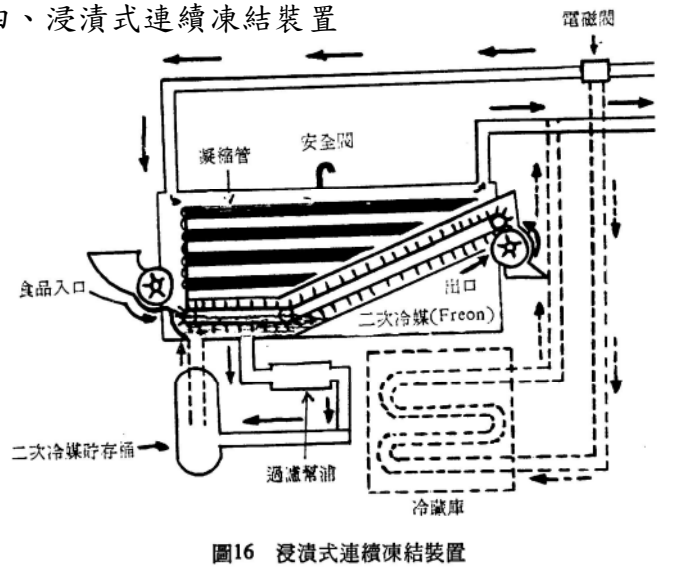


圖15 螺旋迴轉式連續凍結裝置

28

四、浸漬式連續凍結裝置



29

五、液態氮或液態二氧化碳連續式凍結裝置



圖17 液態氮連續式凍結裝置

30