

科學圖書大庫

冷凍冷藏之應用

譯者 王洪鎧 校閱 鍾忠勇

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

冷凍冷藏之應用

譯者 王洪鎧 校閱 鍾忠勇

徐氏基金會出版

譯者序

本書內容主要係選取自日本冷凍協會 1968 年最新出版之“冷凍空調手冊”中有關冷凍之應用部份，並參考其他有關資料編譯而成。

該冷凍空調手冊，均為具有豐富的學識與現場工作經驗者執筆撰寫，內容均為設計，施行、運轉、管理、冷凍與空調設施及處理日常業務所必須用到的技術或參考資料。其中尤以食品冷凍之應用部份，坊間尚缺少是項資料之中文譯本。今承徐氏基金會之囑託儘速譯為中文出版以饗讀者，以本人多年教學與工作經驗心得，深知本書內容新穎豐富，誠為一般學生及技術工作者最佳之進修與參考工具書籍。

本書承蒙蔡桔來先生多方協助，鍾忠勇先生精心審校，及原著者田中和夫博士來信指導，方克完成，謹此致謝。以譯印匆促，難免有疏漏未周之處，尚祈讀者先進不吝指正，俾共襄本書成一更完善之科學叢書。

譯者 王洪鎧敬識 民國六十年十月

11/26/08

目 錄

1. 食品冷凍的理論.....	1
1.1. 食品冷凍的原理.....	2
1.2. 食品冷凍的一般.....	35
1.3. 食品冷凍的實際.....	48
2. 食品的冷藏與凍結.....	81
2.1. 一般冷藏及凍結.....	81
2.1.1. 冷藏倉庫.....	81
2.1.2. 凍結裝置.....	111
2.2. 漁船內之冷藏與凍結.....	125
2.2.1. 防熱.....	126
2.2.2. 冷凍裝置.....	128
2.2.3. 最近各型船用冷凍裝置.....	130
2.3. CA冷藏(人工空氣冷藏).....	131
2.3.1. CA冷藏定義.....	131
2.3.2. CA冷藏條件.....	131
2.3.3. CA冷藏所需構造及設備.....	133
2.3.4. 氣密性測驗.....	135
2.3.5. 氣體發生器.....	135
2.4. 業務用冷藏裝置.....	135
2.4.1. 達入式儲藏庫.....	137
2.4.2. 進入式儲藏庫.....	137
2.4.3. 冷藏用陳列櫥.....	140
2.4.4. 低溫用陳列櫥.....	140
2.4.5. 冷卻負荷.....	141

2.5. 冷藏運輸	145
2.5.1. 冷藏運輸的種類	145
2.5.2. 冷藏卡車	149
2.5.3. 冷藏貨櫃	150
2.5.4. 冷凍卡車	153
2.5.5. 防熱材料的種類及厚度的選擇	158
2.5.6. 冷藏貨車	160
2.5.7. 冷藏輸送應注意事項	160
2.6. 冷藏庫的裝貨卸貨	160
2.6.1. 入出庫作業能率	160
2.6.2. 作業分配勢力的測定	163
2.6.3. 裝卸貨物搬運六個合理化原則	163
2.6.4. 活性指數表	163
2.6.5. 倉庫用裝卸貨機器與其着眼點	164
3. 防熱防濕防止凍凸	168
3.1. 防熱	168
3.1.1. 防熱材料	168
3.2. 防熱層厚度基準	169
3.3. 防濕層	172
3.4. 防濕層之構造	173
3.4.1. 瀝青防濕層材料	173
3.5. 防濕層之施工方法	174
3.5.1. 床台工作法(水泥床底)	175
3.5.2. 牆壁, 天花板工作法	175
3.5.3. 防濕層施工時應注意事項	176
3.6. 聚乙烯膜 Polyethylene film 防濕層	176
3.6.1. 材料	177
3.7. 各種建築物之防熱設計實例	178
3.8. 門扉保溫	188
3.9. 凍凸防止	191
3.9.1. 凍凸現象	191
3.9.2. 凍凸之原因	192

IV

3.9.3.	凍凸之預防方法	193
3.9.4.	凍凸之矯正方法	195
4.	製冰	201
4.1.	冰的種類與原料水	201
4.2.	製冰造方法及製冰裝置	203
4.3.	冰罐式製冰裝置的概要	210
4.3.1.	製冰槽 (ice tank)	211
4.3.2.	冷鹽水 (二次冷煤)	212
4.3.3.	蒸發器	213
4.3.4.	冷鹽水攪拌機 (agitator)	216
4.3.5.	冰罐 (ice can)	218
4.3.6.	空氣攪拌	219
4.3.7.	貯冰庫, 暫放置室	221
4.4.	製冰所需冷凍量及電力量	222
4.5.	結冰時間及製冰能力	225
5.	冷凍在其他方面之應用	231
5.1.	溜冰場 (ice skating rink)	231
5.1.1.	冰場的形式	231
5.1.2.	冰場的尺寸	231
5.1.3.	冰場地床的構造	232
5.1.4.	所需冷凍負荷	233
5.1.5.	冷凍裝置	233
5.1.6.	冰場的冰面管理	236
5.1.7.	設計施工上的諸要點	236
5.1.8.	溜冰場冷凍負荷估算法	237
5.2.	堰堤施工	239
5.2.1.	施工限制	239
5.2.2.	管排冷卻法	239
5.2.3.	預冷卻法	240
5.2.4.	使用冷凍設備	243

1. 食品冷凍的理論

食品的一般分類

A. 生鮮食品

a. 植物性生鮮食品：蔬菜、水果、其他農產物。

b. 動物性生鮮食品：

(A) 溫血動物性生鮮食品：肉類、禽類、其他畜產物。

(B) 冷血動物性生鮮食品：魚類、介貝類、其他水產物。

(C) 其他的生鮮食品：蛋類、乳類、油脂類等。

B. 加工食品

a. 植物性加工食品與動物性加工食品：

脫水产品、濃縮品、乾燥品、燻製品、糖藏品（蜜餞品）、塩藏品、醃漬品、調理品、燒成品、煮熟品、煉製品、奶製品、蛋製品、醱酵品、菓子製品、飲料品、調味品、瓶裝及罐頭製品、包裝品等。

以營養價值高低和保存的難易來分類

A. 高位保全食品：營養價值很高，但容易腐敗的蔬菜、水果、肉類、禽類、魚類、介貝類、蛋類、乳類、油脂類等的生鮮食品。

B. 低位保全食品：富於碳水化合物（主要是澱粉類），營養價值較低但不易腐敗的食品，如穀類、薯類（根實類）、種籽、豆類等主要農產物。

受冷却，凍結之低溫處理過之食品的分類

A. 冷却品與冷却食品。

B. 凍結品與凍結食品（又稱冷凍品與冷凍食品）。

2 冷凍冷藏之應用

食品的一般成份

- A. 水份。
- B. 脂肪質。
- C. 蛋白質。
- D. 炭水化合物。
 - a. 醣質。
 - b. 纖維。
- E. 灰份。

以上五種成份之和作為 100 % 計算，礦物質及無機質成份包括在灰份中。又維他命等成份很微小，顯不出成份數字。故為方便計，常利用下述三分法或二分法為成份的 100 % 計算基準。

食品的成份	{	水份
	{	油份（脂類或脂肪類）
	{	固形份（蛋白質、碳水化合物、灰份等的合計）
食品的成份	{	水份
	{	乾燥份（脂類、蛋白質、碳水化合物、灰份等的合計）
食品的成份	{	油份（脂類或脂肪類）
	{	實質份（水份、蛋白質、碳水化合物、灰份等的合計）

1-1 食品冷凍的原理

- A. 食品冷凍
 - a. 以貯藏為目的之場合（低溫貯藏與低溫輸送）。
 - b. 以加工為目的之場合（低溫加工）。
 - c. 以工場의 空氣調節為目的之場合。
- B. 在食品貯藏所中之冷凍應用
 - a. 冷却與下列形式。
 - (A) 空氣調節貯藏（空調貯藏）
 - (a) 調節貯藏。
 - (b) 調濕貯藏。
 - (c) 人工空氣貯藏（CA貯藏或氣體貯藏）
 - b. 凍結與凍結貯藏（凍藏）

以上冷卻與冷藏包括水冷與水藏，凍結與凍藏包括製冰和貯冰。

C. 脫水食品加工的冷凍應用

- a. 凍結濃縮。
- b. 凍結釋水或凍結脫水。
- c. 冷卻乾燥。
- d. (真空)凍結乾燥。

D. 食品工廠在空氣調節上冷凍的應用

- a. 舒適用空氣調節。
- b. 產業用空氣調節。

酵素與微生物

A. 使食物變質與腐敗的根源

- a. 酵素：能使食品變質及降低品質，但仍可食用。
- b. 微生物：能使食品敗壞及腐爛，不可食用。

B. 酵素：存在於生物體中，在化學反應時能作為觸媒作用的有機物質。

a. 加水分解酵素

(A) 蛋白質分解酵素

胃液素 (酸蛋白酶)	胰液酵素 (鹼蛋白酶)	精氨酸酶
pepsin	trypsin	arginase
尿素酶	核酸酶	
urease	nuclease	等

(B) 碳水化合物分解酵素

酰胺酶	或	澱粉酵素		纖維素酶	或
amidase		diastase		cellulase	
細胞溶 (解) 酶		粘膠質酵素		瓊脂酶	
cytase		pectinase		gelase	
棉實糖 (胺糖)		轉化酵素	或	蔗糖酶	
raffinose		invertase		sucrase	
乳糖酵素		麥芽糖酵素		海藻糖酶	
lactase		maltase		trehalase	
苦杏仁酶		香葉油粘			
emulsin		myrcene	等		

4 冷凍冷藏之應用

(C) 酯分解酵素

脂酵素 (脂類分解酵素) 等

lipase

(D) 凝固酵素

凝乳酶

lab 或 chymosin

b. 氧化酵素

(A) 氧化酵素

oxidase

單氧化酚

酯氧化酶

monophenol oxidase

lipoxidase

多氧化酚

Polyphenol oxidase 等等。

(B) 過氧化物 peroxidase

(C) 過氧化氫酶 catalase

(D) 其他

抗壞血酸塩

ascorbase

醇酶

alcoholase

疊氧化酵素

azidoxidase

氧合酶

oxygenase

c. 還元酵素

d. 醱酵酵素

C. 微生物：很微小屬於最下等植物的生物

a. 細菌

(A) 球菌

單球菌、雙球菌、連鎖狀球菌、四連球菌、八連球菌、葡萄狀球菌等。

(B) 桿菌

長桿菌、短桿菌等。

(C) 螺旋菌

S 字菌、長螺旋菌、點形菌 comma type spirillum 等。

b. 酵母

(A) 真正酵母菌

酵母菌屬

果皮附着菌屬

釀母菌屬

saccharomycss

hansenia

torulaspora

醬油酵母	土壤中酵母
zygosauharomyces	debaryomyces
松脂中酵母	土壤中酵母
saccharomycodes	saccharomycopsis
醬油皮膜酵母	啤酒皮膜形成酵母 等等
pichia	willia

(B) 分裂酵母菌

裂殖酵母菌 schizosaccharomyces 等等。

(C) 擬似酵母菌或不完全的酵母菌

mycoderma Torula Monilia chalara
sachsia Oidium botrytis dematum
Cladosporium endaimyces Fusarium 等等

C. 黴菌(霉菌)

(A) 霉

(B) 蜘蛛網霉

(C) 酵母菌

(D) 綠霉

(E) 紅色霉菌 monascus

(F) 灰色霉菌 cytromyces

D. 氧對酵母和微生物的作用

a. 酵素：並不一定需要氧

b. 微生物

(A) 細菌

(a) 好氣性菌或偏性的好氣性菌，一定需要氧。

(b) 通性好氣性菌或通性氣性菌，有無氧氣均無關係。

(c) 嫌氣性菌或偏氣嫌氣性菌並不需要氧，無氧氣存在較佳。

(B) 酵母

好氣，嫌氣性菌參差不一，平常以嫌氣酵母較多，故不需要氧。

(C) 黴菌

因係好氣性故需要氧

E. pH 對酵素和微生物之作用

a. 酵素：酸性、中性、鹼性都可以作用。

b. 微生物

(A) 細菌：一般在中性或微鹼性時（7～9）較易作用。

(B) 酵母：一般在微酸性時（4.5～6）較易作用。

(C) 黴菌：一般在酸性時（4～6）較易作用。

酵素和微生物作用以外，在低溫狀態貯藏中食品所發生之變化

表 1-1 溫度對酵母和微生物的作用

溫 度 °C	酵 素	微 生 物		
		細 菌	酵 母	黴 菌
130 以上	被 破 壞	菌體與孢子均被殺滅	菌體與孢子均被殺滅	菌體與孢子均被殺滅
120	"	"	"	"
110	"	菌體被殺滅，但孢子可能一部份生存	菌體被殺滅，但孢子可能一部份生存	菌體被殺滅，但孢子可能一部份生存
100	"	"	"	"
90	"	"	"	"
80	"	一部份耐熱細菌會有作用	"	"
70	"	高溫細菌的最高溫度	"	"
60	"	高溫細菌的最適溫度	"	"
50	一部份會有作用	高溫細菌的最低溫度中溫細菌的最高溫度	一部份會有作用	一部份會有作用
40	作用的最適溫度	中溫細菌的最適溫度	作用的最適溫度	"
30	"	中溫細菌的最低溫度低溫細菌的最高溫度	"	作用的最適溫度
20	"	低溫細菌的最適溫度	"	"
10	會有作用	低溫細菌的最低溫度	會有作用	會有作用
0	"	一部份耐冷細菌會有作用	一部份會有作用	"
-10	一部份會有作用	菌會有作用	不會作用	一部份會有作用

-20	一部份會有作用	不會作用	不會作用	不會作用
-30以下	不會作用	"	"	"

註：不會作用係指不發生作用而言，並非指酵素被破壞或微生物被殺滅。

表 1-2 水份對酵素與微生物的作用

水份 %	酵 素	微 生 物		
		細 菌	酵 母	微 菌
100	有 作 用	有 作 用	有 作 用	有 作 用
90	"	"	"	"
80	"	"	"	"
70	"	"	"	"
60	"	"	"	"
50	"	"	"	"
40	"	不 會 作 用	不 會 作 用	"
30	"	"	"	"
20	"	"	"	"
10	不 會 作 用	"	"	不 會 作 用
0	"	"	"	"

註：1. 不會作用係指不發生作用而言，並非指酵素被破壞或微生物被殺滅。

2. 至於濕度對酵素與微生物的作用，據說於溫度 25°C 時，對水份 20% 以下的水產物乾製品，酵素在 30% 以下，微生物中細菌在 85% 以下，酵母在 80% 以下，黴菌在 75% 以下，濕度將不發生作用。

A. 冷卻品與冷卻食品

- 冷乾害：從冷卻狀態的食品表面蒸發出水份所造成之損害。
- 冷害：因生活平衡系統被破壞，使生存着的植物性食品所發生的機能障害。

B. 凍結品與凍結食品

- 凍乾害：從凍結狀態的食品表面昇華水份所造成之損害，表面成為多孔質。
- 凍害：由於食品內部發生的凍結可引起之損害。

這些變化均屬食品貯藏時之不利現象，故應儘量避免之；但在食品加工的場合係要達成較多利益的目的，故仍應努力改進之。

C. 食品在冷卻時伴着發生之變化

- a. 表面：乾燥、萎縮、失重、氧化、變色等。
b. 內部：液汁的粘度稍有增加，但無太大影響。

D. 食品在空氣調節貯藏或冷藏中伴着發生的變化

a. 植物性食品

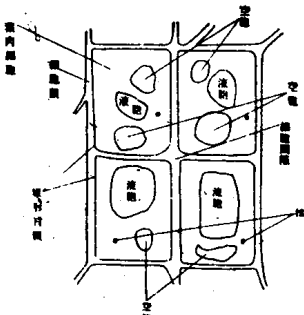
- (A) 表面：因乾燥而發生萎縮失重，因氧化而變色。
(B) 內部：因機能障害，終致發生冷藏病。

b. 動物性食品

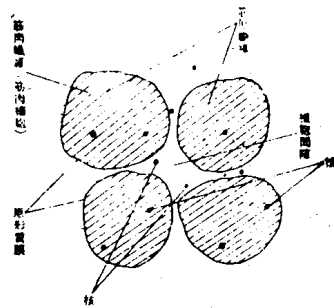
- (A) 表面：因乾燥而失重，因氧化而變色。
(B) 內部：因酵素而發生變化，因微生物而變敗，其他並無太大影響。

E. 食品凍結中所伴生之變化

- a. 表面：因乾燥而減量和因氧化變色及油燒（ Rusting ）。
- b. 內部：排除不純物生成冰結晶，自體硬化與相互的冰着，體積之膨脹與變形，內壓的發生與本體龜裂，具有多量成份的碳水化合物及蛋白質位置的固定，塩類酸類等小部份的分離濃縮，植物性食品細胞破碎，或因衝擊及壓迫動物性食品細胞以及如隔離、機械性損傷，而發生細胞失平衡及組織的軟化，某種酵素的活性化，寄生蟲等較大生物的死滅，微生物等較小生物的部份死滅，及部份的倖存等



植物性生鮮食品的細胞
圖 1.1 (葉子) 放大 100 倍



動物性生鮮食品的細胞
圖 1.2 (肌肉) 放大 100 倍

F. 食品在凍藏時所伴生之變化

- a. 表面：因乾燥而減量，因香氣揮發味道減少，因色素氧化而變色，因脂質氧化而發生油燒，這些顯著的現象稱為凍燒（freezer burn），主因為乾燥而引起。
- b. 內部：因冰結晶由細胞內向細胞外移動而成長，而細胞受破碎，因衝擊、壓迫、隔離，而造成蛋白質變性，碳水化合物的變質等的膠質損傷，而發生肉質保水性的降低，某種酵素的活性化，如微生物般的小生物之部份死滅及殘留倖存，某種維生素之損耗，這些原因能使肉類食品中的液汁分離而發生流出液（Drip）。

G. 食品在解凍時所伴生之變化

- a. 表面：因乾燥而減量及因氧化而變色及發生油燒。
- b. 內部：冰結晶的消失，自體軟化和互相分離，體積收縮和部份凍結食品的膨脹潤化，內壓的再發生，組織軟弱化，液汁的流出，急速的酵素作用和因微生物發育所致的變化變腐敗等。

表1-3 蔬菜的空調貯藏（為調溫貯藏，亦稱冷藏）

種 類	溫 度 °C	相 對 濕 度 %	保 管 期 間
蘆筍（綠，白）	0~1	90~95	3~4週
莢 扁 豆	7~10	85~90	8~10日
青 豆	0~4	85~90	7~13日
莢 豌豆	0~4	85~90	10~15日
秋 葵	7~10	85~90	7~10日
蕪 菁	-0.5~0	90~95	2~4月
蕪 菁	0~1	90~95	2~4月
南 瓜 { 夏	0~4	85~90	10~14日
冬	10~13	70~75	2~6月
菊 芋	-0.5~0	90~95	2~5月
甘 藍	0~1	90~95	3~4月
胡 瓜	7~10	90~95	10~14日
青 豌豆	-0.5~0	85~90	1~2週

種 類		溫 度 °C	相 對 濕 度 %	保 管 期 間
胡 椒		0~10	85~90	8~10 日
牛 蒡		0~1	85~90	2~4 週
地 瓜		13~16	80~85	4~6 月
芋 頭		7~10	85~90	2~4 月
馬 鈴 薯	早生	10~13	85~90	—
	晚生	3~10	85~90	2~4 月
越 瓜		2~3	75~80	2~4 週
西 瓜		2~4	85~90	2~3 週
芥 菜		-0.5~0	90~95	2~3 月
蠶 豆		0~1	85~90	3~4 週
竹 筍		0~1	85~90	2~4 週
洋 蔥		-1~-0.5	70~75	6~8 月
蘿 蔔		0~1	85~90	4~5 月
萵 苣		0~1	90~95	2~4 週
甜 菜	有葉	0~1	90~95	10~14 日
	無葉	0~1	90~95	1~3 月
玉 蜀 黍		-0.5~0	85~90	4~8 日
番 茄		13~21	85~90	2~4 週
茄 子		7~10	85~90	3~7 日
担 子		7~10	85~90	7~10 日
韭 菜		0~2	85~90	3~5 日
胡 蘿 蔔	有葉	0~1	85~90	1~3 月
	無葉	0~1	90~95	10~14 日
大 蒜		0~1	90~95	4~5 月
		-0.5~0	70~75	6~8 月
葱	日種	0~1	90~95	1~3 月
	外來種	0~1	85~90	1~3 月
白 菜		0~1	90~95	7~10 日
甘 藍		0~1	90~95	2~4 月
天 白 蘿蔔	春	0~1	85~90	2~3 週
	冬	0~1	85~90	2~4 週
花 椰 菜		0~1	90~95	7~10 日
荷 蘭 花		0~1	85~90	8~10 日
青 花 子		7~10	85~90	10~14 日
柿 子		0~1	90~95	3~5 日
菠 蘿		0~2	85~90	7~10 日
洋 蔥		0~5	65~70	—

種 類	溫 度 °C	相 對 濕 度 %	保 管 期 間
女甘藍 { 葉	0~1	90~95	3~4週
球莖	0~1	90~95	2~3週
藕	0~1	90~95	1~2月
山 蔴 菜	0~1	90~95	10~12月

註：空氣的速度是0.4-0.6米/秒

表 1-4 水果的空調貯藏（調溫貯藏，又稱冷藏）

種 類	溫 度 °C	相 對 濕 度 %	保 管 期 間
杏	-0.5~0	85~90	1~2週
草 莓	-0.5~0	85~90	7~10日
無 花 果	-2~0	85~90	5~7日
梅 柑， 橙	-0.5~0	85~90	3~8週
廣 柑， 橙	0~1	85~90	8~12週
柿 橙	0~1	85~90	1~2月
香 柚 (grape fruit)	1~3	85~90	—
柚 (grape fruit)	0~10	80~85	4~8週
櫻 桃	-0.5~0	85~90	10~14日
石 榴	1~2	85~90	2~4月
李 子	-0.5~0	80~85	3~4週
梨 { 日 本	-1~0	85~90	3~5月
油桃 (nectarine)	-1.5~-0.5	85~90	2~3月
柚 子	5~10	85~90	—
香 蕉 { 綠 色	3~5	80~85	2~3月
鳳梨 { 黃 色	12~15	85~90	10~20日
梨 { 若 熟	15~22	85~90	5~10日
木 枇 { 完 熟	10~16	85~90	3~4週
葡萄 { 瓜 子	4~7	85~90	2~3週
美 國 甜 瓜	7~10	85~90	2~3週
橘 子	-0.5~0	85~90	2~4週
桃 子	-1~0	85~90	2~3週
蘋 果	2~4	85~90	4~5月
檸檬 { 綠 色	-0.5~0	85~90	2~4週
檸檬 { 黃 色	13~15	85~90	2~3月
	0~5	85~90	1~4週

註：空氣速度是0.4-0.6米/秒