

“十二五”国家重点图书出版规划项目  
国家物流业振兴规划前沿理论与技术创新丛书

# 冷链物流

白世贞 曲志华◎主编

中国物资出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目——  
国家物流业振兴规划前沿理论与技术创新丛书

# 冷链物流

白世贞 曲志华 主编

中国物资出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

冷链物流/白世贞, 曲志华主编. —北京: 中国物资出版社, 2012. 6

(国家物流业振兴规划前沿理论与技术创新丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-5047-3640-6

I. ①冷… II. ①白… ②曲… III. ①冷冻食品—物流—物资管理  
IV. ①F252.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 036636 号

策划编辑 郑欣怡

责任印制 方朋远

责任编辑 郑欣怡

责任校对 孙会香 杨小静

---

出版发行 中国物资出版社

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼 邮政编码 100070

电 话 010-52227568 (发行部) 010-52227588 转 307 (总编室)

010-68589540 (读者服务部) 010-52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.clph.cn>

经 销 新华书店

印 刷 三河市西华印务有限公司

书 号 ISBN 978-7-5047-3640-6/F·1533

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 18.5

版 次 2012 年 6 月第 1 版

字 数 416 千字

印 次 2012 年 6 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000 册

定 价 36.00 元

---

版权所有·侵权必究·印装差错·负责调换

# 前 言

随着经济的发展和人民生活水平的提高,食品的安全卫生和营养日渐受到消费者的关注。目前,肉类食品、豆制品、乳制品及水产品等食品,非冷链条件下储藏、运输和销售现象相当严重,导致这些食品的营养成分发生变化,甚至变质,食品安全无法得到有效保障。运用冷链物流设备进行易腐食品的储藏、运输和销售主要就是为了使食品保持比较适宜的温度,从而达到保鲜的目的,由此物流系统的一个分支——冷链物流也日益受到关注。食品冷链物流的发展关系到人民生命安全和生活水平的提高,而频发的食品质量安全问题对食品冷链物流提出了新的要求。

本书共七章,第一章对食品冷链物流作简单介绍,使读者对冷链物流有初步的了解;第二章介绍食品冷链物流的基础理论;第三章、第四章和第五章介绍食品冷链物流的各个环节;第六章介绍农产品冷链物流;第七章介绍冷链物流企业的运营与管理。书中的内容主要选自各类精品教科书及网络期刊。本书内容与同类教材相比知识全面、新颖,逻辑性强,便于教学及读者自学。

本书由白世贞、曲志华担任主编,参加编写的有张春梅、倪娟、陈化飞、王宇。在本书编写的过程中,参考并借鉴了许多专家的研究成果,在此表示衷心的感谢。

编 者

2012年1月



# 目 录

<b>第一章 冷链物流概述</b> .....	(1)
第一节 冷链物流的组成及相关设备 .....	(1)
第二节 冷冻食品 T-T-T 的概念及计算方法 .....	(7)
本章小结 .....	(12)
复习题 .....	(13)
<b>第二章 食品冷藏的基础知识</b> .....	(14)
第一节 食品的化学成分 .....	(14)
第二节 食品变质的原因 .....	(31)
第三节 食品冷藏的基本原理 .....	(33)
本章小结 .....	(35)
复习题 .....	(35)
<b>第三章 食品冷冻加工</b> .....	(36)
第一节 食品的冷却加工 .....	(36)
第二节 食品的冻结加工 .....	(71)
本章小结 .....	(143)
复习题 .....	(144)
<b>第四章 冷库</b> .....	(145)
第一节 冷库概述 .....	(145)
第二节 冷库的规划与设计 .....	(155)
第三节 冷库合理使用 .....	(174)
第四节 冷库的运作与管理 .....	(191)
本章小结 .....	(211)
复习题 .....	(211)



<b>第五章 食品的冷藏运输与销售</b> .....	(212)
第一节 冷藏运输概述 .....	(212)
第二节 汽车冷藏运输 .....	(218)
第三节 铁路冷藏运输 .....	(223)
第四节 冷藏船与冷藏集装箱运输 .....	(229)
第五节 食品冷冻销售 .....	(240)
本章小结 .....	(246)
复习题 .....	(246)
<b>第六章 食品冷藏链</b> .....	(247)
第一节 肉类冷藏链 .....	(247)
第二节 水产品冷藏链 .....	(256)
第三节 果蔬冷藏链 .....	(263)
第四节 乳制品冷链 .....	(275)
本章小结 .....	(278)
复习题 .....	(278)
<b>第七章 冷藏链物流企业的运营与管理</b> .....	(279)
第一节 冷藏链物流企业的运营 .....	(279)
第二节 冷冻食品企业的质量管理 .....	(283)
本章小结 .....	(289)
复习题 .....	(289)
<b>参考文献</b> .....	(290)



# 第一章 冷链物流概述

随着我国经济的高速发展，人民生活水平的不断提高，生活节奏的不断加快，人们对冷冻食品的需求量越来越大，为了保证冷冻食品的质量，发展食品冷链物流势在必行。

冷链物流泛指冷藏冷冻类食品在生产、储藏、运输、销售到消费的各个环节中始终处于规定的低温环境下，以保证食品质量、减少食品损耗的一项系统工程。它是随着科学技术的进步、制冷技术的发展而建立起来的，是以冷冻工艺学为基础、以制冷技术为手段的低温物流过程。

## 第一节 冷链物流的组成及相关设备

### 一、冷链物流的组成

#### (一) 冷冻加工

冷冻加工包括肉禽类、蛋类和鱼类的冷却与冻结，以及它们在低温状态下的加工作业过程；同时也包括果蔬的预冷、各种速冻食品和乳制品的低温加工等。在冷冻加工这个环节上主要涉及的冷链装备是冷却、冻结装置和速冻装置。

#### (二) 冷冻储藏

冷冻储藏包括食品的冷却储藏和冻结储藏，以及水果、蔬菜等食品的气调储藏。冷冻储藏是保证食品在储存和加工过程中的低温保鲜环境。

在冷冻储藏环节主要涉及各类冷藏库、冷藏柜、冻结柜及家用冰箱等。

#### (三) 冷藏运输

冷藏运输包括食品的中、长途运输及短途配送等物流环节的低温状态。温度波动是在冷藏运输过程中引起食品品质下降的主要原因之一，所以在运输过程中要注意保持规定的温度，而且运输工具也要保持良好的性能。

冷藏运输主要涉及铁路冷藏车、冷藏船、冷藏汽车、冷藏集装箱等低温运输工具。

#### (四) 冷冻销售

冷冻销售由生产厂家、批发商和零售商共同完成，冷冻销售包括各种冷链食品进入批发零售环节的冷冻储藏和销售。冷链食品发展得迅速也要依靠现代连锁行业的飞速发展。因此，大量使用冷藏、冷冻陈列柜和储藏库成为完整的食品冷链中不可或缺的重要环节。



## 二、冷链物流的相关设备

### (一) 冷冻加工设备

食品的冷冻加工设备的种类很多，每种装置都有各自的特性，具体装置的特点如表 1-1 所示。

表 1-1 食品冷冻加工装置的特性

冻结方法	冻结装置类型	形式	特点	应用范围
间接冻结法	搁架半接触型冻结装置	1. 空气自然对流式 2. 顺流吹风式 3. 下压混流吹风式 4. 风道直角吹风式	1. 结构简单 2. 操作劳动强度大 3. 空气自然对流式，传热效果差	适用于鱼、分割肉、禽、兔、副食品
	强烈吹风型冻结装置	非连续生产式 1. 吊轨运输 2. 小车运输 3. 托盘运输	采用集中装置冷风机进行吹风，具有蒸发器，体积小，应用范围广泛	各种白条肉的冻结
		连续生产式 1. 吊轨运输 2. 小车运输 3. 托盘运输	具有输送式的特点，还能连续性运输生产，保证冻结质量	蔬菜、水果、家禽
	接触型冻结装置	卧式平板器	1. 传热效果好，效率高 2. 干耗和设备耗电量少 3. 不适合冻结形状和厚度大的产品	冻结形状整齐的产品
立式平板器		不能整行冻结	适用于鱼类产品	
直接冻结法	浸渍、喷淋型冻结装置	1. 不冻液浸渍式或喷淋式 2. 液化气体喷淋冻结式	冻结温度低，速度快，但是成本高	小杂鱼、家禽、鱼片等

我国常用的冷冻加工装置有空气冻结装置，其中包含：①强烈冻结装置；②搁架式冻结装置；③隧道式冻结装置；④螺旋传送带式冻结装置；⑤液态冻结装置。

除此之外，还包含接触平板冻结装置，这是一种保证食品和平板式蒸发器直接接触的冻结设备，工作原理是将食品放在各层平板间，用油压把平板压紧，空心平板流通着液氨和低温的氯化钙蒸发吸热，借助热传导作用将接触的食物的热量带走，达到





快速冻结的效果。液体冻结装置是用于食品冻结的液体冷却介质载冷剂，也有液体制冷剂。

## (二) 冷冻储藏设备

冷冻储藏设备的种类很多，具体简述如下：

### 1. 冷藏车

冷藏车是用来运输冷冻或冷藏货物的封闭式厢式运输车，是装有制冷机组的制冷装置和聚氨酯隔热厢的冷藏专用运输汽车，常用于运输冷冻食品、乳制品、蔬菜水果、疫苗药品等。如图 1-1 所示。



图 1-1 冷藏车

### 2. 冷藏柜

冷藏柜采用人性化的设计，因此产品的展示性有所增加。冷藏柜外观美观大方，制冷系统的执行元件和电器的控制件均采用国外名牌产品，以确保产品运行稳定、可靠。加大蒸发器的设计，提高了换热效率，使柜内降温更快、温度更低，同时更加节能；配有夜间节能帘，专供夜晚和其他非营业时间使用，进一步的节约电能，降低使用成本。选择件：幕帘、货架照明、标签架，玻璃端板和镜子端板供选用；表面喷涂采用含抗菌剂涂料，有效地控制各种细菌的繁殖。采用高温固化粉体喷涂，具有良好的耐腐蚀性及抗撞击性。应用高效蒸发器和背吹技术实现产品节能，超市冷柜制冷系统采用微电脑控制器；递增层流优化风幕，高效节能；先进的背吹制冷系统，柜温均匀；精确的融霜自动控制，性能稳定；采用自然空气融霜，降低了电能消耗。

## (三) 冷冻运输设备

食品的冷冻运输设备包含的种类很多，主要是以下几类：

### 1. 冷藏汽车

冷藏汽车是用来运输冷冻或保鲜的货物的封闭式厢式运输车，是装有制冷机组的制冷装置和聚氨酯隔热厢的冷藏专用运输汽车，常用于运输冷冻食品（冷冻车）、奶制品（奶品运输车）、蔬菜水果（鲜货运输车）、疫苗药品（疫苗运输车）等。

根据制冷方式，冷藏汽车可分为机械制冷、液氮制冷、干冰制冷及蓄冷板制冷等几种。



(1) 机械制冷冷藏汽车。机械制冷冷藏汽车带有蒸汽压缩式制冷机组，通常安装在车厢前端，称为车首式制冷机组。车厢内的温度用恒温器控制，使车厢内的温度保持在与规定温度偏离 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的范围内。冷藏汽车壁面的热流量与外界温度、车速、风力及太阳辐射有关。

(2) 液氮制冷冷藏汽车。液氮制冷冷藏汽车的装置主要由液氮容器、喷嘴及温度控制器组成。液氮容器通常装在车厢内，大型车的液氮容器装在车体下边。液氮容器进行真空多层隔热处理，即使货堆密实，没有通风设施，也能使氮气进入货堆内，使车内温度达到均匀。

(3) 干冰制冷冷藏汽车。干冰制冷冷藏汽车车厢中装有隔热的干冰容器，可容纳100kg或200kg干冰。干冰容器下部有空气冷却器，用通风使冷却后的空气在车厢内循环。吸热升华的气态二氧化碳由排气管排出车外，车厢中不会蓄积二氧化碳气体。

(4) 蓄冷板制冷冷藏汽车。蓄冷板中装有预先冻结成固体的低温共晶溶液，这些共晶溶液将外界传入车厢的热量吸收，共晶溶液由固态转变为液态。只要蓄冷板的块数选择合理，就能保证运输途中车厢内维持规定的温度。

### 2. 冷藏火车

(1) 加冰冷藏火车。如果食品可以与冰、水直接接触，则可用加冰冷藏火车来运输。将冰放在车内以降低车内温度，但由于冰的融化速度及融化后水所带来的不便，因此还是多用以下两种冷藏火车来运输。

(2) 机械制冷冷藏火车。机械制冷冷藏火车分为有柴油发动机的和没有柴油发动机的两种，前者可以单辆与一般货物车厢编列运行，后者一般不能单辆与一般货物车厢编列运行。

(3) 干冰制冷冷藏火车。如果食品不能与冰、水直接接触，也可用干冰代替水冰。可将干冰悬挂在车厢顶部或直接将干冰放在食品上。

用干冰制冷冷藏火车运输新鲜食品时，空气中的水蒸气会在干冰容器表面上结霜。干冰升华完后，容器表面的霜会融化成水滴落到食品上。

### 3. 冷藏船

冷藏船上都装有制冷设备，船舱隔热保温。冷藏船分为三种：冷冻母船、冷冻运输船、冷冻渔船。

冷藏船主要用于渔业，尤其是远洋渔业。远洋渔业的作业时间很长，有的长达半年以上，必须用冷藏船将捕捞物及时冷冻加工和冷藏。此外，经由海路运输易腐食品也必须用冷藏船。

### 4. 冷藏集装箱

冷藏集装箱是专为运输要求保持一定温度的冷冻货或低温货而设计的集装箱。冷藏集装箱具有钢质轻型骨架，内外贴有钢板或轻金属板，两板之间充填隔热材料。集装箱内部应容易清洗，且不会因用水洗而降低隔热层的隔热性能。底面设排水孔，能防止内外串气，保持气密性。冷藏集装箱造价较高，营运费用较高，使用中应注意冷



冻装置的技术状态及箱内货物所需的温度。

#### (四) 冷冻销售设备

##### 1. 卧式敞开式冷冻陈列销售柜

卧式敞开式冷冻陈列销售柜上部敞开，开口处有循环冷空气形成的空气幕，这样可以防止外界热量侵入柜内。由围护结构传入的热流也被循环冷空气吸收，因而对食品没有直接影响。如图 1-2 所示。

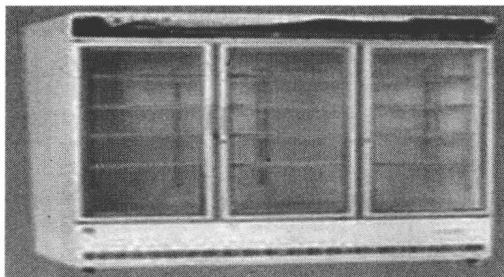


图 1-2 卧式敞开式冷冻陈列销售柜

##### 2. 立式多层敞开式冷冻陈列销售柜

立式多层敞开式冷冻陈列销售柜的单位占地面积的内容积大，商品放置高度与人体高度相近，便于顾客购货。

立式多层敞开式冷冻销售柜很难使密度较大的冷空气不逸出柜外，而卧式敞开式冷冻陈列销售柜中的冷空气较重，因而不易逸出柜外。

立式多层敞开式冷冻陈列销售柜如图 1-3 所示。

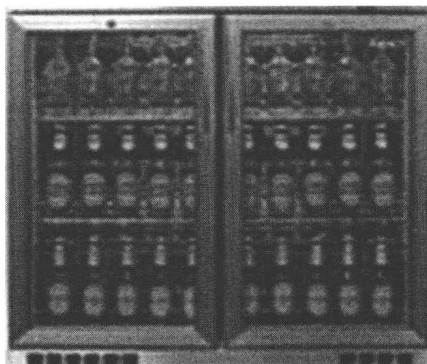


图 1-3 立式多层敞开式冷冻陈列销售柜

##### 3. 卧式封闭式冷冻陈列销售柜

卧式封闭式冷冻陈列销售柜的开口处设有二层或三层玻璃构成的滑动盖，玻璃夹



层中的空气起隔热作用。

通过围护结构传入的热量被冷却排管吸收。通过滑动盖传入柜内的热量有辐射热和取货时侵入柜内的空气带入的热量，这些热量通过食品由上而下地传递至箱体内壁，再由箱体内壁传给冷却排管。

#### 4. 立式多层封闭式冷冻陈列销售柜

立式多层封闭式冷冻陈列销售柜柜体后壁有冷空气循环用风道，冷空气在风机作用下强制地在柜内循环。

玻璃夹层中的空气具有隔热作用，由于玻璃对红外线的透过率低，虽然下柜门很大，传入的辐射热并不多，直接被食品吸收的辐射热就更少。如图 1-4 所示。

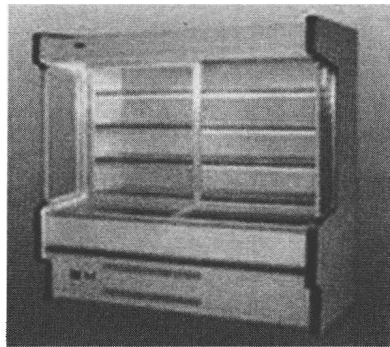


图 1-4 立式多层封闭式冷冻陈列销售柜

#### 5. 半敞开式冷冻陈列销售柜

半敞开式冷冻陈列销售柜多为卧式小型销售柜，外形很像卧式封闭式冷冻销售柜。半敞开式冷冻陈列销售柜没有滑动盖，而是在箱体内部的后壁上侧装置有翅片冷却管束，用以吸收开口部传入柜内的热量。如图 1-5 所示。

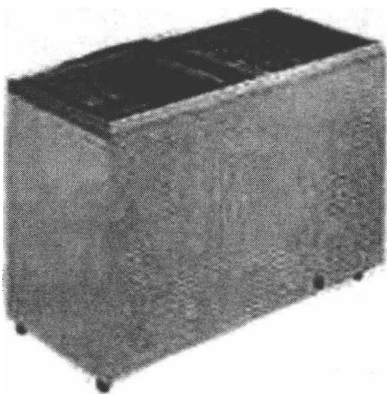


图 1-5 半敞开式冷冻陈列销售柜



## 第二节 冷冻食品 T-T-T 的概念及计算方法

### 一、冷冻食品 T-T-T 的概述

#### (一) 冷冻食品 T-T-T 的概念

冷冻食品与未经过处理的新鲜鱼、肉、果蔬等的冷冻品不同，冷冻食品一般要满足的条件如下：采用新鲜、优质的食品原料；并进行一定的前期处理加工；采用快速冻结方式生产；冻品温度在 $-18^{\circ}\text{C}$ 以下，并保持在该温度下储藏、运输、销售；冷冻食品应带有包装，符合安全、卫生要求。

原料品质、冻前后处理、包装 (Product、Processing、Package 即 3P) 是决定冷冻食品质量的主要因素。与此不同的是终期产品的质量取决于时间、温度和产品的耐藏性，即由 T-T-T (Time-Temperature-Tolerance) 决定。

品质优良的冷冻食品刚刚生产出来的时候，在标准的温度范围内流通并储藏，与放在 $-40^{\circ}\text{C}$ 的一些参照品作比较。随着时间的推移，这些冷冻食品的品质下降了，那么就要求感官鉴定小组的成员进行鉴定。

高品质寿命 HQL (High Quality Life) 是指当某天感官鉴定小组中 70% 的成员能识别出此温度下的冷冻食品与 $-40^{\circ}\text{C}$ 储藏的对照品有品质差异时，该储藏温度下冷冻食品所经历的时间。然而实用冷藏期 PSL (Practical Storage Life) 指实际上感官鉴定小组的成员在对冷冻食品作品质鉴定时，常把标准适当放宽，降低到以不失去冷冻食品的商品价值为限，到此时该储藏温度下冷冻食品所经历的时间。

美国西部农产物利用研究所 Arstel 等人在 1948—1958 年做了大量实验，并将这些实验作为基础，总结出 T-T-T 的概念：为保持冷冻食品的优良品质，所允许的储藏时间和储藏温度之间存在着一定的关系。由概念可知，冷冻食品在流通过程中其品质变化主要取决于温度，冷冻食品的温度越低，其优良品质保持的时间越长。

#### (二) 冷冻食品 T-T-T 曲线

在 T-T-T 研究中根据大量的实验资料，主要是通过感官鉴定可知大多数冷冻食品的品质稳定性是随着食品温度的降低而呈指数关系地增大。我们把最初检验冷冻食品发生品质差异所需的时间标绘在有对数刻度的方格纸上，这些点在 $-30^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ 的实用冷藏温度范围内呈倾斜的直线形状，称为 T-T-T 曲线，如图 1-6 所示。

从图 1-6 可以看出，T-T-T 曲线表示的几种冷冻食品在 $-30^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ 范围内，储藏温度与实用冷藏期之间的关系。

根据 T-T-T 曲线的斜率可以得出温度对于冷冻食品品质稳定性的影响，用温度系数  $Q_{10}$  表示。 $Q_{10}$  是温差  $10^{\circ}\text{C}$ ，品质降低速度的比值，也就是温度每下降  $10^{\circ}\text{C}$ ，冷冻食品品质保持的时间比原来延长的倍数。

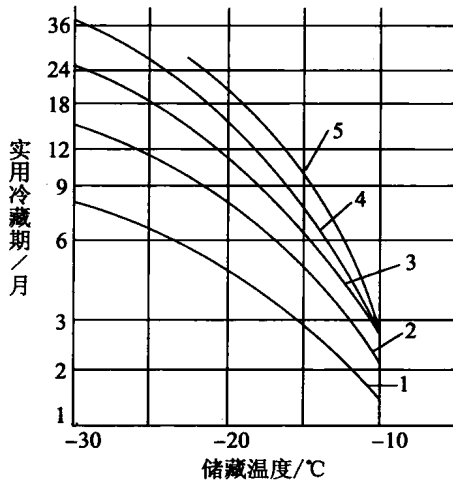


图 1-6 冷冻食品的 T-T-T 曲线

- 1—多脂肪鱼（鲑）和炸仔鸡；2—少脂肪鱼；  
3—四季豆；4—青豆和草莓；5—木梅

假设温度系数  $Q_{10}$  的值是 5，品温从  $-15^{\circ}\text{C}$  降至  $-25^{\circ}\text{C}$ ，品质降低的速度减小至原来的  $1/5$ ，冷藏期也比原来延长 5 倍。冷冻食品的温度系数  $Q_{10}$  随冷冻食品的种类不同而异，在  $-25^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$  范围内，其值为  $2 \sim 5$ 。如果在更宽的温度范围内， $Q_{10}$  的数值发生变化，有从 4 减少到 2 的食品，也有小于 1 的食品，对于这样的冷冻食品 T-T-T 理论就不适用了。

所以，从 T-T-T 曲线可看出水产冷冻食品的品质稳定性最差，特别是多脂肪鱼的储藏期最短。

另外，T-T-T 概念还指出冷冻食品在流通过程中因时间、温度和食品的耐藏性而引起的品质降低量是累积的、不可逆的，且与所经历的顺序无关。对于大多数的冷冻食品来说都是符合 T-T-T 概念的，储藏温度越低，冷冻食品的品质变化越小，实用冷藏期也越长。

举个例子，冷冻的腌制肉，其品温从  $-5^{\circ}\text{C}$  降低至  $-40^{\circ}\text{C}$  的范围中，过氧化值、TBA 值、游离脂肪酸含量呈上升趋势，储藏期显著缩短，参见表 1-2 和图 1-7。如果品温下降至  $-40^{\circ}\text{C}$  以下，则品温降低、实用冷藏期延长的 T-T-T 关系又得到恢复。

表 1-2 腌制肉的过氧化值

温度/ $^{\circ}\text{C}$	0	-5	-12	-30	-60
储藏天数					
2	2.1	1.4	2.3	2.6	1.7
23	5.3	—	5.7	8.3	3.5



续表

温度/℃ \ 储藏天数	0	-5	-12	-30	-60
30	6.3	4.8	6.9	9.1	3.6
48	6.4	5.8	7.1	8.7	3.2
90	6.7	8.0	7.3	9.7	3.6

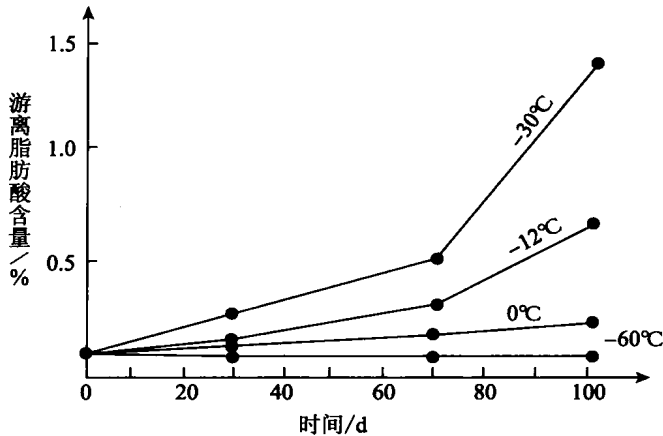


图 1-7 腌制肉的游离脂肪酸含量变化

腌制冷冻食品的储藏温度与储藏期之间也存在着复杂的关系。混合有各种调味料、食盐和香辛料等成分的方便冷冻食品日益增多，这些食品在冻结储藏过程中各成分之间的相互作用也是复杂的。由于加盐冷冻食品与不加盐冷冻食品相比，储藏期会缩短，因此对不符合 T-T-T 一般原则，这样的例外问题的研究也显得十分必要。另外冷冻食品的 T-T-T 关系因食品原料品质的不同而有很大差异，将具有类似低温特性的食品分成 6~7 个组，其各组食品的实用冷藏期在图中可用有一定宽度的带来表示。如图 1-8 所示，该带的中间值即是食品保藏期，置信度为 95%。

但是 T-T-T 并不是适用于所有的情况，比如同一加工食品的加工工序不同会产生很大的影响，同一食品的原料不同，保存的温度和期限也不尽相同。但是也存在某些加工食品，其温度与保藏期之间无一定的关系，比如保藏温度降低，保藏期限反而缩短的情况；非常短时间高频率的温度变动，也会极大地缩短食品品质的保存期限。

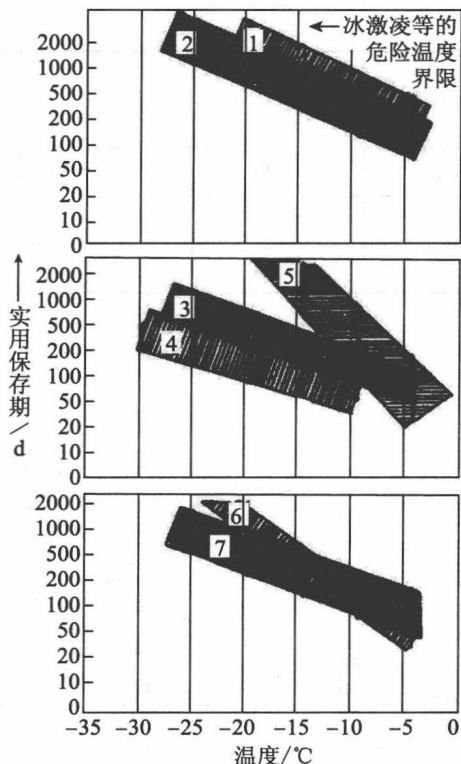


图 1-8 食品的保质期图

1—少脂肪肉及浇卤汁的调理少脂肉；2—多脂肪肉及浇卤汁的调理多脂肉；3—少脂肪鱼；  
4—无保护处理的鱼肉；5—水果类；6—蔬菜类；7—没有浇卤汁的调理食品类

## 二、冷冻食品 T-T-T 的计算方法

冷冻食品到达消费者手中要经过储藏、配送、运输、销售等环节。因此，在实际的流通过程中，温度的变动会对冷冻食品的品质带来多大的影响，品质降低的累积能否进行计算，这些研究就变得十分必要。

如果把某个冷冻食品在实际流通过程中所经历的温度和时间记录下来，根据它的 T-T-T 曲线按顺序算出各个阶段的品质降低量，就能确定该冷冻食品的品质变化，这种方法叫 T-T-T 计算方法。

根据 T-T-T 曲线可得知，一个冷冻食品在某个储藏温度下的实用冷藏期是 A，经过时间 A 后其品质降低至 0，那么在此温度下该冷冻食品每天的品质下降量为  $B = \frac{100}{A}$ 。

根据这个关系可做出品质保持特性曲线，T-T-T 计算图就是在这个基础上做成的，如图 1-9 所示。



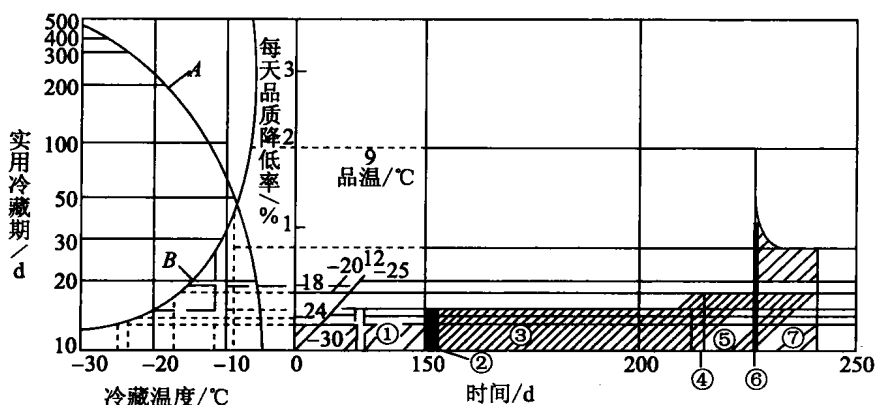


图 1-9 T-T-T 计算图

A—实用冷藏期曲线；B—每天品质降低率曲线

图中横坐标是天数，纵坐标是各种温度下的品质降低率。把某冷冻食品从生产出来到消费者所经历的储藏、运输、销售等环节的温度、时间画在图上，曲线与坐标轴之间的面积就是该冷冻食品在流通过程中品质降低的总量。温度变化越大，这曲线下的面积也越大，品质降低的量也越大。

例如：有一个冷冻食品从生产到消费共经历了 7 个阶段，如表 1-3 所示。可用 T-T-T 的计算方法，根据各个温度下每天的品质降低率与在此温度下所经历的天数相乘，即可算出该冷冻食品各个阶段的品质降低量。食品刚生产出来时，这个冷冻食品的冷藏性为 100%，从生产者一直到消费者共经历了 241d，7 个阶段的品质降低总量为 70.9%，这说明该冷冻食品还有 30% 的剩余冷藏性。当品质降低总量超过 100% 时，说明该冷冻食品已失去商品价值，不能再食用。

表 1-3 某冷冻食品流通过程中的时间、温度

阶段	保管温度 (平均) /°C	每天品质 降低率/%	保管时间/d	品质降低量/%
①生产者保管中	-30	0.23	150	33
②运输中	-25	0.27	2	0.5
③批发商保管中	-24	0.28	60	17
④送货中	-20	0.4	1	0.4
⑤零售商保管中	-18	0.48	14	6.8
⑥搬运中	-9	1.9	1/6	0.2
⑦消费者保管中	-12	0.91	14	13
合计			241	70.9