

食品冷藏工艺学

Н. А. 戈洛 夫 金
〔苏〕 Г. Б. 奇 若 夫 等 著
Е. Ф. 希柯里尼柯娃

轻工业出版社

Н. А. ГОЛОВКИН, Г. Б. ЧИЖОВ, Е. Ф. ШКОЛЬНИКОВА

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТОРГОВОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1955, 1951

本書系根据苏联食品工业出版社莫斯科 1955, 1951 两种版本編譯而成

食品冷藏工艺学

Н. А. 戈洛夫金

[苏] Г. Б. 奇若夫等著

Е. Ф. 希柯里尼柯娃

顧季寅 刘仪 編譯 肖家捷 校

輕工業出版社出版

(北京市广安門内白广路)

北京市書刊出版业營業許可証出字第099号

北京市印刷一厂印刷

新华書店科技發行所發行

各地新华書店經銷

787×1092毫米 1/25, 16柱印張·350,000字

1961年1月第1版

1961年1月北京第1次印刷

印数1—5,350 定价(10)2.75元

統一書号: 15042·1102

食品冷藏工艺学

〔苏〕 Н. А. 戈洛夫金
Г. Б. 奇若夫等著
Е. Ф. 希柯里尼柯娃

顧季寅 編譯
刘仪
肖家捷 校

輕工业出版社

1961年·北京

内 容 介 紹

冷藏食品工業中应用極广泛而又有很好的效果，諸如肉类、禽蛋、魚类、乳、蔬菜、鮮果等及其加工品的貯藏和运输，都要应用冷藏方法。解放以来，我国冷藏事業以及食品各行業的冷藏設備，已在飞躍發展，冷藏的專業技術干部正在迅速增加，迫切需要这方面系統的理論和技术知識。为此，特編譯出版本書。

本書系根据苏联 Н. А. Головкин, Г. Б. Чижев, Е. Ф. Школьников: “Холодильная технология пищевых продуктов” (1955年版) 与 Н. А. Головкин, Г. Б. Чижев: “Холодильная технология пищевых продуктов” (1951年版) 二書編譯而成。前書經苏联高等教育部工艺大学总局批准作为食品工業大学与貿易部專科學校商品系的教材，以理論为主；后書則側重于工艺实践；本書集二者之長。

書中的大部分材料，系著者于列宁格勒冷冻工業研究所工作中取得的研究成果，故內容丰富而新穎，既有明确的理論数据，又有完整的工艺指导。

本書的第一至十章为总論部分，除扼要地將食品的理化性質、化学成分及基本保藏原理作适当的介紹外，詳盡地闡述了冷冻厂的組織、管理和食品冷却、冻结、冷冻保藏、回热、解冻等的基本理論知識。

第十一至十五章講述各种食品的实际冷藏方法，包括肉及肉制品、禽蛋、魚及魚制品、乳及乳制品、果实、蔬菜等的貯藏方法，最后一章介紹冷藏工作中的控制及測量仪表。書末附有各种有关的数据資料詳表 19 种，極便工作中随时檢閱參考。

本書除供冷藏庫工作人員参考外，凡肉品加工厂、蛋品工厂、水产制造、乳品工厂、果蔬行業以及副食品公司、商店的工作人員均可參考，並可供商業、食品工業院校、訓練班作教材或参考書之用。

目 录

第 一 章	营养的概念	7
第 二 章	食品的理化性簡介	13
第一节	食品是聚合的分散体系	13
第二节	扩散、渗透、表面張力	14
第三节	吸附、膠体溶液的稳定性	18
第四节	溶液的有效酸度和总酸度、緩冲現象	19
第五节	分散体系稳定性的破坏、溶膠和凝膠	21
第六节	食品的主要物理特性	23
第 三 章	食品化学成分概述	29
第一节	蛋白質	29
第二节	醣	36
第三节	脂肪和类脂肪	38
第四节	酶	40
第五节	維生素	42
第六节	矿物質和水分	46
第七节	植物性食品的化学組成	47
第八节	动物性食品的化学組成	52
第 四 章	食品微生物及其生命活动的概述	56
第一节	微生物的形态学和生理学	57
第二节	微生物的营养和呼吸	64
第三节	外界条件对微生物生命活动的影响	68
第 五 章	食品的通性及其保藏原理	83
第一节	植物性食品的通性	83
第二节	动物性食品的通性	92
第三节	食品的保藏原理及其冷藏特性	102

第四节	低温和传热介质的性质、对植物性和动物性食品的影响	106
第六章	冷冻厂的工艺组织	116
第一节	各种冷冻厂的类型及其特性	116
第二节	冷冻厂主要工艺车间的设备	120
第三节	冷冻厂的卫生制度	124
第七章	食品的冷却	132
第一节	植物性食品的变化	132
第二节	动物性食品的变化	137
第三节	食品冷却时的热交换	143
第四节	食品在空气中冷却时的热交换与水分蒸发	147
第五节	冷却设备的热负荷	156
第八章	食品的冻结	159
第一节	过冷现象是水中发生水结晶的预备条件	160
第二节	发生冻结的冻结水量	162
第三节	食品冻结时热力学性质的变化	167
第四节	冻结的温度曲线	173
第五节	冻结的平均最终温度	176
第六节	冻结与继续冻结中的冷能消耗	182
第七节	冻结的所需时间	185
第八节	冻结速度与冰的形成速度	189
第九节	冻结装置的热负荷	192
第十节	冻结时冰结晶的分布情况与理化现象	194
第十一节	食品的冻结方法	200
第十二节	食品于空气中进行接触式冻结时的干缩情况	206
第十三节	冻结装置与冻结器的类型	209
第九章	食品的冷藏	220
第一节	食品在保藏过程中的变化	223
第二节	食品的保藏期	237

第三节	有关保藏室设备的一般知識	239
第十章	食品的回热与解冻	243
第十一章	肉及肉制品的冷冻	256
第一节	肉类的营养价值和成分	256
第二节	肉类的冷却	261
第三节	肉类的冻结	266
第四节	肉类的冻藏	272
第五节	肉类的解冻	272
第六节	肉类在冷却、冻结及保藏期间的变化	273
第十二章	禽、蛋的冷冻	278
第一节	禽肉的营养价值和成分	278
第二节	宰禽的冷冻处理及保藏	279
第三节	野禽的保藏	283
第四节	蛋的构造与成分	284
第五节	蛋的保藏	287
第六节	全蛋液的冷冻与保藏	289
第十三章	鱼及鱼制品的冷冻	291
第一节	鱼肉的营养价值和成分	291
第二节	鱼类的品种	293
第三节	鱼类品质的檢定	295
第四节	鱼类的冷却	297
第五节	鱼类的冻结	301
第六节	鱼及鱼制品的保藏	309
第十四章	乳及乳制品的冷冻	312
第一节	乳的成分和性質	312
第二节	乳类的冷冻及保藏	313
第三节	奶油的保藏	316
第四节	干酪的冷冻和保藏	319
第五节	酸乳食品的保藏	321

第十五章 果实和蔬菜的冷冻	323
第一节 果蔬的成分和性质	323
第二节 果实的冷却与保藏	327
第三节 果实和蔬菜的冻结	332
第十六章 控制及测量仪表	336
第一节 温度的测量	336
第二节 空气湿度的测量	358
第三节 液体和气体流速的测量	366
第四节 空气中化学成分的测定	379
附录	382
1. 食品的化学成分与发热值	382
2. 食品中维生素含量	391
3. 人体对维生素的需要量	395
4. 某些金属的物理性质	395
5. 食品在各种温度下的热含量	396
6. 某些低熔混合物溶液的特性	397
7. 1 立方米冻结室装载容积的负载标准	398
8. 冻结水量	399
9. 食品短期保藏的条件	400
10. 饱和空气性质	401
11. 空气的相对湿度	405
12. 氯化钠溶液的物理性质	409
13. 氯化钙溶液的物理性质	410
14. 易腐食品在装货与卸货时所规定的最高允许时间标准	411
15. 肉及肉制品的最大允许运输期限	412
16. 鱼及鱼制品的最大允许运输期限	413
17. 果蔬在运输途中的允许期限	414
18. 奶油及其他易腐食品的最大允许运输期限	416
19. 易腐食品的车皮装载技术定额	417

第一章

营养的概念

在生命活动过程中，人体与其周围环境之间存在着各种极为复杂的关系。饮食是生物生存的必需条件，同时，在生物的生命活动过程中，将各种不同的物质排洩到周围环境中去。因此，生物是从周围环境中接受了某一类物质，而排出了其他一类的物质。

恩格斯在“自然辩证法”一书中曾指出，生命的存在是在于与其周围的外部自然界不断的新陈代谢，而且这种新陈代谢如果停止，生命也就随之停止*。

生物在其生存期间的代谢过程中，处理着大量的营养物质。根据大致的统计，人在整个一生中所得到的营养物质，约有水 75 吨，糖类 17.5 吨，蛋白质 2.5 吨，脂肪 1.3 吨，这也就是说，人的饮食量超过人体重量的一千倍。

在生物与周围环境之间的新陈代谢过程中，营养物质经生物体同化后，即受到化学处理，最后被应用到生物学的、能量的及组织结构等方面的目的。

在新陈代谢的同时，伴随着发生不断的呼吸过程——吸收氧气和放出二氧化碳。各种营养物质在代谢过程中释出位能。生物即利用这一类化学反应的能量，将其转变成各种类型的能后，来满足其本身所必需的能量。

所释出的能量的单位以卡表示。在目前，决定可逆化学过程的游离能量有着重大的意义。

显然，根据反应的热效应无法判断游离能的总量，这可由下列论

* 恩格斯：自然辩证法，中译本，1955，256 页——译者

点看出：假定反应 $A+B=C+D$ ，同时釋出热量，而且这一反应是在絕热过程条件下进行的。如果反应产物 C 和 D 的热容量等于原来物品 A 和 B 的热容量，則釋放至周圍介質中的热，將相当于反应时所游离的化学能的总量。如果上述这种反应的前后物質的热容量亦不相等，則反应的热效应与游离的化学总能量之間也就不相适应。

因此，反应的总的热量平衡不可能作为决定其外部能量效应和其自發存在的可能性的标准。

反应过程中热效应与游离能之間的关系，可用如下的方程式表示：

$$Adl = dq - TdS,$$

式中：Adl——反应中的外部能量效应，以热量單位表示；

dq——反应的热效应；

T——反应的絕對溫度；

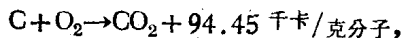
dS——反应时系統中熵的变化。

TdS 的数值，代表着与能量系統有关的变化情况。过程中游离热量的多少，可根据这一反应热量的数值来决定。换言之，系統中熵的增加或减少系取决于放热反应或吸热反应。在放热反应时，熵值增加，而在吸热过程时則减少。

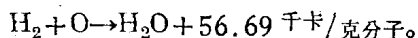
但对于大多数的氧化过程（这是吸氧的过程，也是在人体能量平衡中起主要作用的过程），熵的变化相当少，以致可將其忽視不計，並可認為过程的游离能与其热效应之間並無不同。在許多情況下，常就化学变化的能量价值給予反应热以足够正确的概念。

食品組成中的各种主要成分（蛋白質、脂肪、醣类），在氧化时釋出不同量的能。这种区别，可以上述物質的基本化学成分来解釋。如已知在碳与含氧的空气發生化合反应时，可得到二氧化碳或水，並釋出大量的热能。

例如，



或



因此，可以获得这样的概念，含有大量碳和氢，而含氧量很少的脂肪，具有最大的發热能力。由于食品成分中物質的化学能在其氧化时即被釋出；故各种生理过程得以实现。

在人体中能轉变成成功的能量是可以計算的。对此，必須知道过程的化学方程式和各种成分在氧化反应中对外能量效应的大小。蛋白質、脂肪和醣类在氧化时所釋出的热量的計算方法，並不过于复杂。誠如上述，它們的能量价值是不一致的*。脂肪在生物体内氧化至最終产物时，釋出 9300 千卡/公斤，而蛋白質与醣类則为 4100 千卡/公斤。应当指出，脂肪和醣类在生物体内燃燒时的热量，与其在卡計彈中燃燒时相同。

蛋白質則不然。蛋白質在人工燃燒时可得热量 5300 千卡/公斤，而等量的蛋白質在生物体内氧化时，仅釋出 4100 千卡/公斤。这一差別的原因是由于蛋白質在生物体内的燃燒(氧化)情况与人工的条件不同，即前者並不氧化至分解的最終产物。

在从生物体内排出的氧化不完全产物中，貯有若干能量，致減弱了蛋白質的發热能力。

从上述情况看来，生物体的工作並不按热机原理进行，因为有机物質在生物体内作簡單分解时所釋出的能量，仅为积聚于高分子有机化合物中的能量的一部分，即所減少的热能。在生物体中，有机化学能系直接轉变为某种形式的功，而並不经过形成热能的中間阶段。

生物体内的新陈代謝，可以有显著的变动：如人在作某种功时，新陈代謝即行加强，而其加强的程度則視所消耗的能量和本身的劳动条件而定。在一般的条件下，劳动强度中等的成年人，需从食品中获得的能量每晝夜平均为 2500 千卡。如系重体力劳动則需 5000~6000 千卡。

应当特別着重指出，食品的消化作用在很大的程度上影响着能量

* Б. И. Збарский, И. И. Иванов, С. Р. Мордашев: Биологическая химия, Медгиз, 1953 (中譯本, 生物化学, 人民衛生出版社, 1956, p.193)

交換的強度，而消化的強弱則取決於許多原因和條件，其中包括食物的成分和質量。

研究指出，僅僅由食物組成部分借其質的同化作用所釋出的熱量，即較其基礎代謝為高：脂肪高3%，醣類——6%，蛋白質——16%。因此，輔助的游离能以蛋白質為最多。所謂基礎代謝，是指生物體處於寧靜狀態時所必需的能量。

在研究食品的同化作用時，必須了解其化學成分，及為生物體所排棄的物質的成分。

測定進入生物體的物質的數量，以及由生物體所排洩出來的相應的分解產物的量，可以作為計算該種物質平衡的基礎。測定物質平衡，可在某種程度上判斷生物體對這種或那種物質的需要情況，以及食品中各組成部分的同化作用。

僅僅測定物質平衡，尚不足以完全解決食品同化作用的問題。為了全面了解新陳代謝，尚需對在生物體的各器官與組織中所實現的中間代謝的生物化學進行研究。它反映著生物體內部物質的生化轉變的次序、它們的物料平衡和能量平衡，這些轉變在一定的器官與組織中是有局限性的。各個個別器官在整個生物體新陳代謝的某一過程中的相互關係，及其變動情況，當視中樞神經系統的狀況而定。

因此，在研究新陳代謝時，不僅需要了解轉變的開始、終了以及中間的產物，同時還需要了解參與實現這些轉變的器官。

生物體內所發生的相互協調的各種生化過程中，並不是各個單獨部分的總和，而是一個統一的整体，其中所有的現象、互相聯繫的各個過程、互相之間的制約作用、主導作用等等，誠如偉大的生物學家И. П. 巴甫洛夫所指出的，均為神經系統所主宰。巴甫洛夫曾寫道：“在我們的行星上，神經系統是一種難以用語言形容的極端複雜和極端精細的聯絡工具，它把機體的各部分聯繫起來，並進而又把機體這一異常複雜的系統和外界無數的影響連結起來。

消化是新陳代謝中最重要階段。根據消化作用，可以了解食品在經過消化道的這一期間內，包括已消化的營養物質的吸收過程，所

發生的机械的、物理的与生化的变化的全部过程。

食品是人类生存的基本資料之一，用 И. П. 巴甫洛夫的話來說，它不單体現在从古至今即是如此，同时也体現在生物与周圍自然界之間最重大的关系上。食物，所有对它的获得以及它对有机体的影响，在物种渐变过程中起着極其重要的作用。恩格斯曾指出，随着类猿祖先对所有的愈来愈多的新的动物性和植物性食物的需要，食物的种类和可食部分也愈来愈多。食物的多样性及其营养性質为有机体本身創造了化学条件，以使这种类猿祖先逐漸轉变为人。

获得食物，也促使創造了最初的劳动部門。劳动的偉大改造作用，首先表現在人类掌握了与飲食直接有关的巨大的自然力量——即关于火的發現。火在食物加热处理中应用的結果，就扩大了食物的品种，並进而使之更易消化。

食料(пище)这一辞，就广义來說，不單是指食品(пищевые продукты)，同时还包括水和空气中的氧气。沒有水和空气中的氧气，則具有高度組織的生物就不可能生存。

由各种动物和植物加工而成的食品，因其性狀的不同而具有各种复杂的化学成分、各种物理和物理化学的特性。

食品成分中的所有物質，並不都具有营养价值，相反，其中某些部分不能列为营养物質。

属于营养物質的，是含于食品中的一些固定的化学物質，这些物質均具有一定的生物学价值，即：蛋白質、脂肪、醣类、維生素和無机鹽。同时，前已述及，进入生物体中的食物並不完全被消化。

消化的和部分未消化的食品，經消化道而被吸收入血液及淋巴中，然后被身体的組織和器官所分佈和利用。未被生物体吸收及消化的部分，即成为廢物而排出体外。

在消化作用中，有各种消化液参与，这些消化液系由分佈于胃、腸道及其他各处的腺体所分泌。

在胃及腸道中，食品在消化液和酶的影响下，制成能为有机体所吸收及同化的物質。从各种腺体分泌至消化道中的消化液的量和質，

由中樞神經系統主宰。

营养物質在消化道中遭到第一道的生化处理，因而發生了許許多多屬於新陳代謝过程的各种变化。进入有机体的食品經消化后，能使有用的物質从食品轉入自己的組織中，虽然人体組織內的蛋白質、脂肪及醣类的組成和性質不同于食品成分中所含物質的組成和性質。

神經系統对消化过程中食物在胃及腸道中的停留時間，以及体内各种器官因消化所必須的能力，同样也起着重要的作用。食品愈适宜于消化，則其可吸收性愈大，而有机体供消化食品所需要的能力則愈小。

食品的价值，在很大的程度上取决于原始原料——肉、魚、水果、蔬菜及其他食品的质量。原料和食品在必要時間內的保存性（对营养和風味的最大保存力），因而也就具有重大的意义。为此，必需深入了解各种食品的性質和成分，以及合理的冷冻处理和保藏方法。

第二章

食品的理化性簡介

第一节 食品是聚合的分散体系

食品是由有机物、礦物質和水所組成。各種食品中組成成份的重量比和分佈的特性是不同的，而這些，都決定着食品的各种重要性質。

凡是一個體系內的各組成部份能均勻分佈而彼此不相化合的，則此體系稱為分散體系。其中，供分佈的介質部份稱為分散介質，分佈在分散介質中的體系，則稱為分散相。分散介質是連續的，它與分散介質和分散相的重量比無關，分散相的質點則具有相互獨立的性質。

整個分散體系視各分散相質點分散情況的不同（分散度）而呈現不同的性質。此外，分散體系的性質尚須視各分散相和分散介質所處的狀況而異。如若分佈在液體中的是液體或氣體，則屬於乳溶膠（эмульсия）型；若是固體分佈於液體內則系懸溶膠（суспензия）型。

所有的分散體系，可按分散相質點的大小所表示的分散度而分為三大類：

1. 粗分散系〔分散（дисперсия）〕——分散相質點大於 10^{-5} 厘米；
2. 中分散系〔分散膠體（дисперсоид）〕——分散相質點自 10^{-5} 厘米至 10^{-7} 厘米；
3. 細分散系〔分散質（дисперсид）〕——分散相質點小於 10^{-7} 厘米。

第一類是簡單的機械混合物，易以靜置或過濾的方法來分離分散

相。

第二类則系膠体体系，不能用簡單的方法自分散介質內分离出分散相，較之簡單的混合物为稳定。高分子量物質的單分子溶液即屬於此。

第三类是一般的真溶液。溶液的特性和化合物相近，但另一方面也和物理混合物相似。因此，它和化合物一样，能充分均一分散，且其溶解度也受热的影响，但也和物理混合物相同，能以蒸發液体的方法，把組成物質物理地一一分离。

食品中的分散介質是水，分散相則系矿物鹽类和有机化合物。

矿物鹽和簡單的酯类(單酯和式酯)在水中形成真溶液，脂肪和类脂肪物質不能与水混和而在食品中形成不同分散度的乳溶膠。分子量巨大的(数以万計者)高分子化合物，如蛋白質和多糖，在水中形成單分子溶液，它像單酯和鹽类溶液一样，对热稳定，但粘度較高，渗透压低，而且不能透过半渗透膜。后一性質亦即膠体的性質。因此，高分子化合物的溶液可視為真溶液，而其特性則与膠体溶液相似。

第二节 扩散、渗透、表面張力

任何物質，在其溶入液体时，溶剂和溶質的質点即起热的运动，使后者通过扩散而分佈到整个溶剂中去。根据斐克定律(Закон Фика)，扩散时，單位時間內通过理想單位截面积的物質的数量和濃度梯度成正比：

$$G = -D \frac{\partial C}{\partial x} \quad (1)$$

此定律符合于傅立叶(Фурье)热傳导学說中的导热学說，濃度梯度的方向正与扩散方向相反。扩散系数可依下列的等式表示：

$$D = \frac{RT}{N_0} \frac{1}{6\pi\eta r} = 7.35 \times 10^{-18} \frac{T}{\eta r}, \quad (2)$$

式中， R ——气体通用常数(克分子)；

T ——絕對溫度；

N_0 ——亞佛加德羅數；

η ——分散介質的動力學粘度(即粘度係數——譯者註)；

r ——分散相擴散質點的平均半徑。

因此，擴散速度系視溫度、粘度、質點的大小以及濃度梯度而定。當然，在其他條件相同之下，膠體溶液和高分子物質溶液的擴散速度，應較真溶液為慢，這是由於二者擴散質點的數量不同所致。總之，溶液中的擴散作用越慢，分散度也就愈小。

擴散作用是由溶質和溶劑質點的热運動所產生。正如氣體的混合一樣，氣體的分子能均勻分佈至整個體積，直至混合物完全均一為止。引起液體溶液中發生擴散的原因和氣體壓力相似；此種由溶質分子所造成的壓力稱為滲透壓。

稀釋液中物質的滲透壓力與同量此物質化作氣體，在同溫度下，且其所佔體積與溶液中所佔者相同時，所呈現的壓力相等。

根據此項定律，可借適用於溶液的理想氣體狀態方程式來計算溶液的滲透壓：

$$Pv = n RT, \quad \text{即 } P = \frac{n}{v} RT \quad (3)$$

式中： n ——單位溶劑體積內溶質的克分子數；

式中的濃度以 $C = n/v$ 表示。

此處，若不發生離解作用，則一升溶劑內，一克分子量的任何物質在 0°C 時均具有 22.4 大氣壓力的滲透壓。一般，稀釋的非離解性溶液的滲透壓在同溫度下與其克分子濃度成正比。

如果在複雜的分散體系內，分散相是溶質的分子、離子和膠體質點，則滲透壓決定於單位體積內不同分散度的質點數。分子、離子和膠體質點的總濃度稱為滲透濃度。

溶液的濃度還決定於該溶液上溶劑的蒸汽壓及其冰點和沸點。

根據拉烏爾第一定律 (Первый Закон Рауля)，溶液上溶劑蒸汽壓的相對降低，相等於溶質的克分子數與溶液中溶質和溶劑的克分子總