

现 代 食 品 丛 书

高福成 主编  
陈 卫 编著

# 微波食品




中国轻工业出版社

现代食品丛书

# 微波食品

高福成 主编

陈卫 钱建亚 张灏 编著

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

微波食品/陈卫等编著. -北京: 中国轻工业出版社,  
1999.5 (2000.1重印)  
(现代食品丛书)  
ISBN 7-5019-2389-2

I. 微… II. 陈… III. 微波技术-应用-食品加工 IV. T  
S205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 05283 号

责任编辑: 熊慧珊 白洁

策划编辑: 熊慧珊 责任终审: 滕炎福 封面设计: 李曙光

版式设计: 丁夕 责任校对: 方敏 责任监印: 胡兵

\*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 中国人民警官大学印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 1999 年 5 月第 1 版 2000 年 1 月第 2 次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.25

字数: 240 千字 印数: 3001—6000

书号: ISBN 7-5019-2389-2/TS·1461 定价: 20.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

## 序 言

《现代食品丛书》的策划意图是为了适应我国将进入 21 世纪这一世纪性进程食品工业发展的迫切需要。

近几十年来，由于社会和科学技术的迅速发展，某些颇为引人注目的极富时代特征的新概念食品相继问世。本丛书将陆续介绍这类新概念食品，以期能在这一世纪性进程中起到催化这类食品工业化生产，促进这类食品稳定生产的作用。

值此套丛书即将面世之际，特为序。

在此期望广大读者和食品工业界专家给予大力支持，并提出宝贵建议。

《现代食品丛书》主编 无锡轻工大学 高福成

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
<b>第一节 微波炉的发展历史</b> .....	(2)
一、早期的微波炉和相关研究.....	(2)
二、商业微波炉及其应用.....	(4)
三、家用微波炉的发展.....	(8)
<b>第二节 微波食品的概念及发展动向</b> .....	(11)
一、微波食品的概念.....	(11)
二、微波食品的种类.....	(12)
三、国外微波食品的发展动向.....	(12)
<b>第三节 我国微波能技术在食品工业中的应用和发展</b> .....	(15)
一、微波能技术在食品工业中的应用状况.....	(15)
二、微波炉工业的发展状况.....	(17)
三、微波食品的研究和开发状况.....	(18)
<b>第二章 影响微波食品加热的因素</b> .....	(20)
<b>第一节 微波加热的原理与特点</b> .....	(20)
一、微波的产生.....	(20)
二、微波的生热.....	(22)
三、微波炉加工的特点.....	(23)
四、微波加热与其他加热方式的区别.....	(23)
五、微波加热的优缺点.....	(24)
六、微波对物料发生的作用.....	(24)
七、微波炉的安全性.....	(25)
<b>第二节 微波炉的性能与加热效果</b> .....	(26)

一、功率 .....	(26)
二、电场的分布 .....	(26)
三、转盘及所用材料 .....	(27)
四、微波导入装置 .....	(27)
五、炉腔体积和材料 .....	(27)
六、电源 .....	(27)
七、炉底材料 .....	(28)
八、时基 .....	(28)
九、磁控管 .....	(28)
十、冷热启动 .....	(28)
<b>第三节 食品的性质与加热效果 .....</b>	<b>(29)</b>
一、几何性质 .....	(29)
二、屏蔽 .....	(32)
三、遮掩 .....	(32)
四、位置关系 .....	(33)
五、比表面 .....	(34)
六、比热容 .....	(34)
七、微波热效率 .....	(35)
八、密度 .....	(36)
九、热传导 .....	(37)
<b>第三章 食品的电学性质 .....</b>	<b>(39)</b>
<b>第一节 电学性质 .....</b>	<b>(39)</b>
一、介电性质 .....	(39)
二、传递性质 .....	(40)
三、电磁场效应 .....	(45)
四、介电性质的测定 .....	(46)
<b>第二节 电介质的行为 .....</b>	<b>(48)</b>
一、极性溶剂 .....	(48)
二、离子溶液 .....	(51)

三、有机物 .....	(55)
四、非相互作用的混合物 .....	(56)
五、相互作用混合物 .....	(59)
第三节 水分含量和水分活度 .....	(61)
第四节 温度变化和频率变化 .....	(66)
一、温度变化 .....	(66)
二、频率变化 .....	(68)
第五节 均匀体系 .....	(68)
第六节 非均匀体系 .....	(76)
<b>第四章 食品的热学性质 .....</b>	<b>(79)</b>
第一节 概述 .....	(79)
第二节 食品热学性质的测定 .....	(81)
一、比热容数据 .....	(81)
二、焓数据 .....	(82)
三、热导率数据 .....	(82)
四、热扩散率数据 .....	(92)
五、表面传热系数数据 .....	(93)
第三节 热学性质预测模型 .....	(94)
一、模型来源 .....	(94)
二、比热容模型 .....	(95)
三、焓模型 .....	(97)
四、热导率模型 .....	(98)
<b>第五章 微波加热与食品品质 .....</b>	<b>(102)</b>
第一节 微波加热与制品褐变 .....	(102)
一、褐变剂 .....	(102)
二、褐变器件 .....	(104)
第二节 微波加热与食品营养 .....	(109)
一、微波加热对维生素的影响 .....	(109)
二、微波加热对水分的影响 .....	(120)

第三节	微波加热与食品风味	·····	(124)
一、	微波加热影响食品风味的因素	·····	(124)
二、	模拟体系的研究	·····	(125)
<b>第六章</b>	<b>微波食品的包装</b>	·····	(129)
第一节	微波食品包装的作用和要求	·····	(129)
一、	微波食品包装的作用	·····	(129)
二、	微波食品对包装的要求	·····	(131)
第二节	微波食品包装材料	·····	(133)
一、	不同材料在微波场中的特性	·····	(133)
二、	微波食品包装材料的分类	·····	(134)
三、	常用的微波食品包装材料	·····	(136)
第三节	微波食品包装示例	·····	(144)
第四节	微波包装专利介绍	·····	(150)
一、	早期专利简介	·····	(150)
二、	有关微波玉米花的包装专利	·····	(154)
三、	微波屏蔽包装专利介绍	·····	(156)
四、	可产生褐变的微波包装专利	·····	(159)
第五节	微波炉辅助器具	·····	(160)
一、	坑盘和盛架	·····	(160)
二、	烤鸡盘	·····	(161)
三、	屏蔽装置	·····	(161)
四、	烤盘	·····	(162)
五、	分部加热容器 (DHC)	·····	(162)
六、	微波蒸锅	·····	(163)
<b>第七章</b>	<b>微波食品的开发——理论与实践</b>	·····	(164)
第一节	微波食品开发中存在的问题	·····	(164)
一、	与微波炉有关的问题	·····	(165)
二、	与食品内容物有关的问题	·····	(167)
三、	与包装或器具有关的问题	·····	(168)

第二节 微波食品褐变剂及其应用	(169)
一、褐变反应与褐变剂	(169)
二、微波食品褐变剂的设计	(174)
三、微波食品褐变剂的应用	(179)
第三节 微波食品风味理论与风味强化	(187)
一、食物组分对微波食品风味的影响	(187)
二、微波食品风味的预测与设计——Delta T 理论	(192)
三、利用美拉德反应增强微波食品的风味	(195)
第四节 微波食品的功能性配料	(199)
一、油脂	(199)
二、乳化剂	(200)
三、淀粉	(206)
第五节 微波食品生产实例	(215)
一、微波爆玉米花	(215)
二、微波马铃薯食品	(216)
三、微波面拖食品	(217)
四、微波煎饼	(219)
五、微波三明治	(221)
六、微波比萨饼	(222)
七、微波菜肴	(223)
八、微波汤类食品	(224)
<b>第八章 微波技术在食品工业中的应用</b>	(226)
第一节 微波干燥与膨化	(226)
一、概述	(226)
二、常压微波干燥	(228)
三、微波真空干燥	(232)
四、微波冷冻干燥	(237)
五、微波膨化	(239)
第二节 微波杀菌、灭酶与杀虫	(240)

一、微波杀菌	(240)
二、微波灭酶	(249)
三、微波杀虫	(252)
第三节 微波解冻	(252)
一、冷冻食品的解冻	(252)
二、微波解冻	(253)
第四节 微波焙烤	(255)
一、概述	(255)
二、微波烤制面包	(257)
三、微波烤制蛋糕	(259)
四、微波烤制炸面圈	(259)
附录 工业微波技术用语英汉对照与释义	(261)
主要参考文献	(282)

# 第一章 绪 论

微波是指波长在  $1\text{mm}\sim 1\text{m}$  (频率为  $300\text{MHz}\sim 30\text{GHz}$ ) 之间的电磁波。由于微波具有直线传播、空间衰减和对金属反射性好的特性,因此,在第二次世界大战中,微波技术被应用于军事雷达装置中,并因此得到了迅速发展。因为电波的频率越高,在通信中传送的信息量越大,因此,微波在当今通讯、电视以及遥测、遥感中的应用也非常广泛。

表 1-1 各种电磁波的波长及用途

频 率	波长/m	名 称		一 般 应 用	工业应用
30~300kHz	$10^4\sim 10^2$	LF	中 波	通讯器材、广播	高频感应加热
300~3 000kHz	$10^3\sim 10^2$	MF			
3~30MHz	$10^2\sim 10$	HF	短 波		
30~300MHz	$10\sim 1$	VHF	超短波	通讯、电视、广播	高频介质加热
300~3 000MHz	$1\sim 10^{-1}$	UHF	微 波	电视、广播、雷达、	微波加热、杀菌、干燥等及其他用途
3~30GHz	$10^{-1}\sim 10^{-2}$	SHF		微波通讯、卫星通讯	
30~300GHz	$10^{-2}\sim 10^{-3}$	EHF		讯	

人们发现微波对电介质的热效应相对较晚。1945年,美国雷声公司(Raytheon)工作人员泊西斯潘塞在进行雷达试验时,偶然发现衣袋里的糖果因受泄露的微波的作用而发热融化,进而经过一系列的实验研究,申请了世界上的第一个微波加热专利。今天,微波作为一种新的加热能源,显示出其广阔的应用前景,被广泛应用于食品、医药、皮革、木材、胶片等行业。

微波在食品工业中的用途,基本可以分为两大类:一是在食

品加工中作为一种加热手段，如进行微波干燥、膨化、消毒、灭菌、杀虫、热烫等，以达到加工的目的；二是以各种形式的微波炉出现，有家用和商业之分，不仅可以用其作辅助加热工具，如进行肉的解冻、融化等，而且可以用其对食品进行加热和烹调。

需要指出的是，为了避免微波范围内不同用途的电波互相干扰，引起通讯、电信号的混乱，国际上对加热用的微波频率范围有一个统一的规定，称之为工业（Industrial）、科学（Scientific）和医疗（Medical）用电波频带，简称ISM频带。其中常见的频率有：433MHz、915MHz、2 375MHz和2 450MHz等。食品工业中所用微波频率多为915MHz和2 450MHz，其中微波炉多用2 450MHz，而食品加工中多用915MHz，后者的微波穿透深度比前者大。

## 第一节 微波炉的发展历史

毋庸置疑，微波食品的发展是由于家用微波炉的普及率日益升高的结果，反过来，微波食品的开发又刺激了微波炉工业的进一步发展。不论是在发展较早的欧洲一些国家和美、日等国，还是发展相对较晚的我国，微波炉正在日益走向普及，成为一种新的家用电器。

### 一、早期的微波炉和相关研究

1946年10月，美国雷声公司研制成功了世界上第一台用于食品烹制的微波炉（图1-1），1947年，雷声公司向新英格兰地区的餐饮业推出了第二台专用于三明治加热的雷声系列微波炉（图1-2）。这两种微波炉一经推出，人们立即意识到微波加热在工业方面的潜力。但微波加热与传统的加热方式显著不同，要使这种烹制方法迅速推广，还必须对食物的烹制技术做更多的研究。

早期的研究在很大程度上是由雷声公司倡导的，主要是为了



图 1-1 雷声公司 1946 年推出的  
微波炉

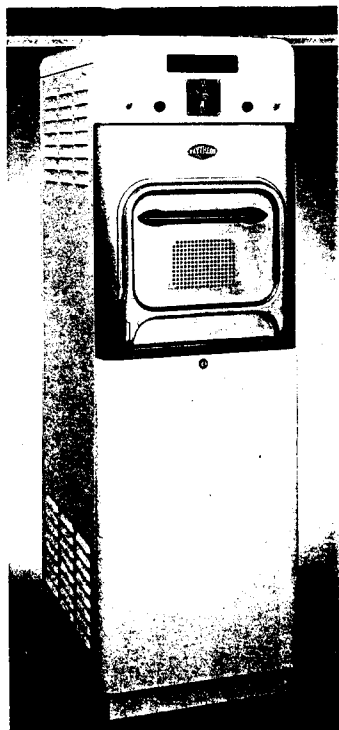


图 1-2 雷声公司 1947 年推出的  
SR1130 型微波炉

给微波食物的烹制提供技术支持。1953 年，雷声公司成立了一个食品实验室，由 David Copson 博士领导。1954 年 11 月，由雷声公司发起，组织了世界上第一次有关微波炉的研讨会，会上交流了在微波食品烹制方面的研究成果。与会代表来自学术界、工业界和政府部门，如康奈尔大学、麻省理工学院、哥伦比亚大学、密歇根州立大学、西蒙学院、美国陆军军需食品和容器研究所、美国海军军需研究所、底特律爱迪生公司、国家畜禽和肉制品委员

会、史托夫餐馆、科林玻璃公司等。

在早期的岁月中,研究主要集中在如何更好地使用微波炉上,而很少从工程方面开发更多型号的微波炉。那时关于微波炉烹调方面的一些好的经验和基本知识,即使在 40 年后的今天看来,也还有很多可以借鉴的方面,如怎样促进微波炉均匀加热,如何防止食物表面发色不足等。

## 二、商业微波炉及其应用

### (一) 商业微波炉的发展

最早的微波炉被用于商业领域。1955 年,雷声公司依靠专业厨师成立了一支销售队伍,与公司的食品实验室密切合作,对微波烹调技术加以概括和总结,使公司的商业用微波炉在餐饮业上的销路逐年扩大,销售额稳步上升。1957 年,雷声公司推出新的改进型的商用微波炉(Radarange 系列)。

随后,其他的制造商也开始瞄准这块市场。第一台用于餐饮业的输送带式微波炉,由荷兰的飞利浦公司于 1960 年夏在美国佛罗里达展览会上展出,次年又在德国科隆展览会上公开亮相。这套设备能将预先装盘的食物连续地从 $-25^{\circ}\text{C}$ 加热到 $80^{\circ}\text{C}$ ,每小时可处理 150~200 份。

日本夏普公司从 1962 年开始生产微波炉,并于 70 年代初开始向美国输出商用微波炉。同期还有日本的松下公司、瑞典的 Husqvarna 公司在欧洲开始生产商用微波炉,并试图打开美国市场。

综合微波和强制对流两种加热形式的新型微波炉在 60 年代末进入市场,并迅速为广大用户所接受,因为这项技术使热空气快速吹过食物表面,因而能大大缩短蒸煮时间,并且能使食物在微波加热时间内于表面产生传统的发色效果。早期的这种微波炉如英国 Hirst 公司生产的 Micro-Aire 微波炉(图 1-3),功率在几百瓦至 2500W 之间,频率为 2 450MHz。

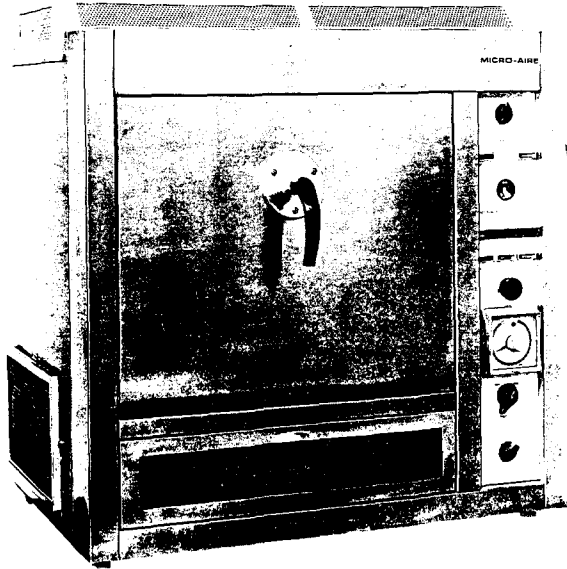


图 1-3 Hirst 公司生产的 Micro-Aire 热力通风微波炉

## (二) 商业微波炉的应用

### 1. 饮食服务业

在餐馆，微波炉是很好的辅助加热工具，可用于冷冻肉、鱼、禽肉快速解冻，能节省大量的准备时间，改善卫生条件，并节省餐馆的空间面积。将微波用于熟冷冻食品的加热，可以减少大量的厨房劳作，这样餐馆就可以购进工厂化大生产的冷冻调理食品，这一点尤其适合于西式餐馆和小吃店。当时，微波炉应用最成功的例子是一些餐馆改变了火鸡肉的烹制方法，即将火鸡事先烧烤好，然后冷却、切片和定量装盘，置于冰箱中保存。食用前在盘子上加一勺火鸡调料，上火鸡肉，置于大功率微波炉中加热大约 15s，这样不到 1min 即可供顾客食用。这种方法不但速度快，而且大大节省了劳动力，能迅速回收在微波炉上的投资。此

外，一些自助餐馆在配备了微波炉后，顾客可以从冷冻陈列柜中取出预先装盘的食物，然后自己按照说明使用微波炉加热。一般食物都是经预制后冷冻的，所以经 2~3min 加热即可。

## 2. 医院供餐

在医院，给病人供餐是件繁重的工作，如果要保证病人都能吃到热的和美味可口的饭食就更加不易。在美国，有很多医院装备了微波炉。食物在几天前就由医院食堂制作好，然后根据食用时间选择冷冻或冷藏，汤也同时制作好，所有饭食装盘后用透明薄膜覆盖好。供餐前，汤和菜一起放在微波炉中加热，然后放在保温的手推车中进入病房，送至病人手中。美国新泽西州医院的食堂厨房就是一个大生产车间，工人一周工作 5d。食物先经过预制，然后用高密度聚乙烯容器分装，蔬菜、沙拉、甜点、主食等分开放置，用透明聚酯膜覆盖、热封，最后用液氮冷冻机急冻至 -23.3℃。在供餐前，包装食物从冷室中取出，在上面开一小孔，连续地通过一条带式微波加热装置。这套装置的特点为，在微波加热的前半段，输送带上方吹湿空气以防止食物干燥，从输送带下方吹热空气对盘子进行加热，以减少热量从食物到盘子之间的传递损失。

这种供餐方式的优点是：①每周工作 40h，代替了每班工作 12h 的劳动作业。②食物的加工和供应分开。③通过包装和冷冻延长了食物的保质时间。④减少了浪费。⑤节省了劳动力(约 45%)。⑥减少了盘子的清洗时间。

## 3. 自助食堂

雷声公司在自己工厂中开设了世界上第一个运用微波加热的自助食堂，有 8 个餐厅，根据需要选择好食物的花色品种，由当地一家团体供餐公司事先制备好，以漂亮的纸浆模塑托盘装盘，外面套上收缩包装膜，然后冷冻。在食用前 24h 时，将食物取出放入冰箱中解冻。在餐厅靠墙处有一排微波炉，工人从冰箱陈列柜中选好食物后，根据其盖上的指令，选择微波炉的时间按钮，按

下后加热。一般在 1 600W 的微波炉中,平均一餐饭只需加热一分多钟。

带式微波炉可用于学校进行午餐供应,在用餐时间,可将预先烹制好的食物,用涂塑(聚乙烯)纸盒包装,通过一条狭窄的隧道加热。

#### 4. 自动售卖机

最早用于微波加热式自动售卖机的食品是热的三明治,50 年代中期,在波士顿首先进行了此种机器的市场测试。三明治用玻璃纸包装,内有面包和一块肉饼,直接从冷藏状态开始加热。

微波食品自动售卖机在写字楼、工厂、学校等处很受欢迎,即使到了今天,仍有较大的市场。据 Ellis (1983) 估计,全美约有 20 万台微波炉用于食品自动售货业,这个数字到今天已经有相当大的增长。

#### 5. 民航

20 年前,环球航空公司副总裁 Harrington 先生在《航空世界》上撰文称,“我们需要在数分钟内将食物从 0℃ 加热到可食用程度,这样我们的班机上就完全可以只携带冷冻食品,从而减少食物的浪费。20 年前,据估计每天航空配餐需 100~200 万份,造成的食物浪费是惊人的。”《速冻食品》杂志载文呼吁“航空业需要一种在飞机上 1min 就能完成食品加热的设备”。

1965 年, Litton 工业公司为环球航空公司设计了一种微波炉,经过试验证明这种微波炉不会产生电磁波干扰飞机的正常飞行。这种微波炉首先被安装在头等舱中供旅客加热食物。此后环航的客运班机装备了很多这样的微波炉。甚至今天,大型喷气客机以及美国军用飞机,包括美国总统的座机“空军一号”,都使用了这样的微波炉。日本一家公司不久前宣布,他们专门设计了一种微波炉用于日航波音 767 飞机上。这种微波炉功率为 1 700W,能在 5min 内加热 12 份饭食。

此外,商业微波炉还可用于军事、旅游、铁路和航运业。