

# 食品的微波处理

(加热、烘烤、杀菌)

## 微波的由来

从上世纪末开始，就了解到高频电磁场对生物系统的作用：试验用的动物体温升高，细菌数和细菌的毒性有所变化。尽管有些试验人员认为，上述现象和辐射有关而与辐射引起的温度上升无关。实际情况却表明，这些现象恰恰是温度升高后的结果。

因电磁感应而被加热的非导体物质叫电介质，在高频场( $10^7 \sim 10^{10}$ 赫)中通过超高频、辐射或微波而加热的物质，也叫电介质。但更多的时候电介质是指通过近 $10^7$ 赫(或周期/秒)高频波而加热的物质。

## 微波的原理

### 电能转换成射频能，再转换成食品的热能。

电能转换为频率合适的电磁能时，可通过磁控管(magnetrons)。第一阶段转换率为30~40%。

电磁场中的食品，主要由于磁场形成的媒介中偶极分子振动引起的细胞间的摩擦，在吸收电能后而变成热能。电磁场中的电介质吸收的能，可由下面的公式计算出：

$$P = 55.61 \times 10^{-14} V \epsilon'' E^2 \quad ①$$

其中，P为瓦特/cm<sup>2</sup>

V是频率(HZ)

E是场势梯度(伏特/cm)

$\epsilon''$ 又称介质损失系数，表示某物质使电能变成热能的能力，和该物质电介质常数 $\epsilon'$ 有关，等式为：

$$\epsilon'' = \epsilon' \times \operatorname{tg}\delta \quad ②$$

下面是几种媒介的电介常数：

真空	1 (以真空为1作对比)
空气(常温，一个大气压中)	1.0006
石腊	2.1
甘油	50
水	81

$\epsilon'$ 和 $\operatorname{tg}\delta$ 都随温度和频率而变，但变化极小，实际上可忽略不计。

从上面等式①中可看到，P随频率V，场势梯度E和系数 $\epsilon''$ 而增加，其中 $\epsilon''$ 主要决定于物质本身。因此，提高V和E，就能提高P。由于空气放电超过某些势梯度，E值不大。因此，只能提高V——至少原则上如此，因为选择频率时，也存在一些限制。

### 使用的频率

为避免与无线电通信发生干扰，只有一定量的频率用于工业、科研或医疗。本文涉及的微波所在区里，可使用和经常使用的频率为915兆赫( $\lambda = 32.8\text{cm}$ )和2450兆赫( $\lambda = 12.24\text{cm}$ )。

### 微波的穿透

微波有效的穿透性，习惯上用深入所照射物质的深度来表示，在物质表面的电磁波中，一半转化成热能。这种“半功率深度”(profondeur de demi-puissance)和频率成反比。因此，很厚的产品或物体块，要用低频波，缺点是传给物质的能量减少了。

一般说来，微波有个长处，能较深地穿透食品，而且穿透时间极短。单位时间所提

高的温度，用 $^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ 表示，从下面的关系式求出：

$$\Delta T = 14.4 \times P/C_p \quad (3)$$

其中，P值可从等式①中求出，  
 $C_p$ 为物品的热量，用卡/g表示。

还应指出，所有食品并非都遵守这种频率和穿透力的比例：例如用915MHz和2450MHz烤牛肉的温度实际上一样。

### 食品的电介性

食品一般属非导体，食品在交流电磁场中，由于偶极——特别是随水分子的方向变动而提高温度。不过，也有一些食品是通过离子导电性特别是在频率较低的电波时，而提高温度的。

根据上述情况和一些试验数据，可得出下列普遍规律。

①食品含水率越高，介质损失系数越大，温度上升越快。

②除一些含盐高的食品（如火腿），温度高时，介质损失系数及温度上升速度都降低。

③冰相转成水相（0℃左右）时，电介常数，电介质损失系数都大大提高。

④盐份会提高电介质损失系数。

⑤脂肪和油的电介质损失系数很小。

尽管如此，如果要研究出最合适的处理条件，通过试验来测定某种食品在超高频电磁场的特点时，必须谨慎从事。按照食品的成分是难以预见其特点的，因为，这还涉及到其它因素，例如食品的几何形状，组织状况，物理特点（特别是水结合力）甚至设备特点等。

## 实际应用

### 经济效果

通过微波向食品提供卡路里的费用，比通过蒸汽转化热的费用高10至20倍，比电加

热的费用也贵2至5倍，而经济效果是个非常重要的考虑因素。费用问题，设计问题以及超高频波发生器的应用等，是主要困难所在。发生超高频波的特种电子管，使用寿命只有一至两千个小时；设计的设备必须做到，所提供的电磁能可以被吸收掉，也就是说，为所加工的食品吸收掉。制造了功率不同的磁控管，不过在食品处理中应用最多的只有25至50kW或1至2.5kW的。

微波在大部份工艺处理中是和各种加热方式混合使用的。

### 微波烘干土豆片

目前，微波在食品工艺上运用最广泛的就是干燥土豆片。土豆片油炸后，还有5~7%的含水率，要进行贮存就必须把含水率降至2%。当还原糖含量超过0.1%时，就很难用热气流进行干燥，同时也难免土豆不再发生大量的非酶褐变。微波干燥或再加上热气流，可限制土豆片的褐变。烘干用915兆赫短波。用25kW电源，烘干30秒，每小时可烘干300kg。温度不超过100℃。

目前工业上使用的微波烘干设备都装有传送带，把烘干品送入微波烘干区。一种设备称空腔谐振器，在烘干品应通过的壳体内导入微波，微波在壳体四壁来回反射。壳体的出入口各有水幕式“陷波器”（Piéges à micro—ondes），以防微波外逸；用气流烘干时，气流从壳体底部进入，流经传送带，从壳体上部流出。另一种设备是用导管导入微波，导管使微波陆续多次经过烘干品。这种设备的优点是，微波可多次“冲击”烘干品，使开始较湿的食品在较高的电磁能的作用下，最后成为很干的食品，而可用功率（Puissance disponibe）都很小。

### 微波用于食品脱水

用微波加热来烘干食品时，还有其它优点。由于微波能量是在残留水份还较高的食品加热区被吸收，所以，微波也可用于饼干等其它食品的烘干，使整个食品的水份分布

## 快速冷冻蔬菜质地的研究

销售产品的质量直接影响到速冻食品消费的增长。如果产品的质量有保证，能使顾客满意，消费者就希望购买速冻食品。

所以说，在速冻食品的生产和销售中，质量是首要要求。

最终产品的质量取决于许多因素。在这些因素中，工艺处理，贮存条件虽有特殊的作用，但原料的质量最为重要。蔬菜生产，

更均匀。微波还可使食品深层的水份变成水蒸汽而不会使食品外部过热，也不会使溶解物(solutes)渗入内部。这样，可使食品内微孔增加、易于脱水，又不会烤焦。这种烘干方法也用于烘干“速溶汤粉”的汤料。

### 微波用于食品冻干

微波还可以缩短冻干时间。因为，微波不是加热而产生的，它容易通过干燥的食品表层，而在冻干过程中，干燥的表层极大地妨碍传热。所以说，用微波进行冻干，好处更多。

主要的困难在于真空放电，既消耗能量又有损于食品。频率915兆赫的微波，势梯度高于 $70\text{v/cm}$ ，在1托的压力时才产生放电现象。必须在 $-60^{\circ}\text{C}$ 左右时才能使水蒸汽冷凝，这种办法费用太高。

另一问题是均匀的电力场问题。空腔谐振器的几何形状在这个问题上有很多影响。

### 微波用于食品蒸煮，热烫，巴氏灭菌和消毒

一般的蒸煮或红外线加热，都是使蒸煮物从表面到深层逐渐加热，传热。由于存在温度差，难于实现均匀的蒸煮。采用微波连续蒸煮法时，由于节约劳力，糕点、腌肉肉片以及鸡块，无论体积大小如何，蒸煮效果都很好。

受季节、种植技术、土质、特别是品种的影响很大。大家知道，工业加工的蔬菜质地、品种不同，差别很大；因此，必须使蔬菜产品具有最好的速冻效果。

因为事先不可能确定某一品种速冻时的质地，所以在速冻蔬菜时，首先要确定某一品种对速冻的适应程度。

1966年以来，研究所在这项主要的研究

塑料密封袋包装的食品，也可采用微波加热法进行巴氏灭菌和消毒。因为微波能穿透塑料和玻璃(反射问题，可加以控制)。不过，还有一些问题不容易解决，如温度的测量和调节问题以及为避免包装破裂而需生成的反压力问题，另外，费用较高。这种方法却有一个优点，对一些不能通过对流传热的物品，可用短期高温办法进行处理。而改进食品的质量。

### 微波用于冷冻食品的解冻

冷冻食品用微波解冻的优点在于加热迅速，解冻时间短，而用其它方法，解冻时间较长，这样，温度对食品有不利作用(细菌繁殖，冰晶长大)。

最大的问题是，水的介质损失系数远比冰高；于是，已经解冻的一部份，通常是外面的那一部分，可能使得完全解冻之前温度升高，而要取得适当温度，需要有一段过渡时间。对于集体单位冷冻预煮食品的解冻问题，最好在 $0^{\circ}\text{C}$ 以上的条件下用微波加热法解决。(收稿日期80.2)

章村人译自法文《Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments》. Vol.2.P.277—283，1977年版