

利用流化介质强化制冷装置的传热和传质

许多工艺过程中都用流化介质（假沸腾床）来强化传热和传质。这种方法不久将被制冷工艺所采用。可以用流化小颗粒食品或流化其他固体颗粒（中间载体）来实现这种方法。

流态化适宜于颗粒大小为6~30毫米颗粒状食品的冻结，如青碗豆、马林果、草莓、樱桃、李子等。见图1。冻结的连续化和操作的完全机械化及自动化是这种方法能广泛而迅速地运用到实践中去的保证。从1963年起保加利亚就在进行这方面的研究工作。保加利亚的专家们还建立了一个流态化的冻结装置，该装置已在国营罐头厂使用。

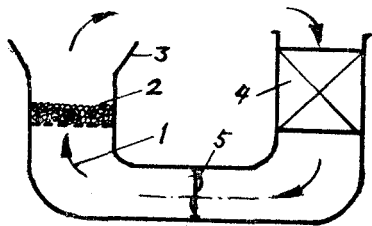


图1 用流态化方法冻结食品

1)气流；2)食品的流化层；3)流化床；4)空气冷却器；5)风机

被冻结的食品与气流之间有很高的放热系数（ $\alpha=75\sim186\text{瓦/米}^2\cdot\text{开尔文}$ ），这就决定了流态化冻结装置的效能。达到这么高的放热系数主要是由于气体速度高、有涡流以及被冻结食品的有效换热面大的缘故。换热面接近或几乎等于食品的几何表面积。

根据作者所进行的研究，得到了以下确定有效放热系数的指数方程式：

$$N_u=0.124\text{Re}_g^{0.6}P_r^{-0.73},$$

式中： $\text{Re}_g=(8.18\sim31.57)\cdot10^3$ ；

$P_r=0.71\sim0.72$ （对空气）。

在雷诺准数里取被流化颗粒的平均当量直径作为定性尺寸，取床层有效截面处的气体速度作为定性速度。

这种方法的使用范围取决于流化时气压系统做功的电耗，电耗量与流化层厚度成正比。颗粒的大小为8~30毫米时，其气流速度在2~5米/秒范围内。在这种速度下，且流化层厚度为80~120毫米时，对于每平方米气流支撑孔板面积上，气压系统作功所需的功率等于12.0~19.8千瓦/米²。风机的功热当量占冻结冷耗量的32.6~53.8%。

如果在流化介质内冻结较大食品时，随着有效放热系数的不断提高，可以显著降低气压系统作功的电耗。

用这种方法冻结时，流化介质对周围食品起着中间热载体的作用。这种方法有利于冻结体积较大的食品（肉块、禽类、鱼类、包装好的预制食品等）。

作者对在流化介质中冻结的小包庄肉进行的实验研究（图2），证实了这种工艺的

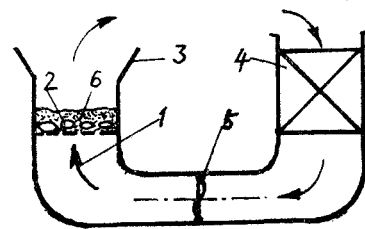


图2 在流化介质中冻结

1)气流；2)食品；3)流化床；4)空气冷却器；5)风机；6)粒状材料层

成纤维袋里，然后轻轻搅动液体将口袋放入液体中。阳离子被树脂吸收，有机酸将分离使其降低pH，因此，蛋白出现沉淀、凝结。用离心机和澄清器分离沉淀的蛋白，所得的酸性水溶液必须经热处理。此后，脱色并用

活性炭脱臭，加入200克糖，4克环氨基磺酸钠香料、色素，还可以加入5克盐酸赖氨酸和1.6克维生素，这样就得到4升味道可口，有营养丰富的清凉饮料。

王庆云 罗 春译自美国专利3082093

高度强化。根据该研究试制了在流化介质中连续冻结食品实验装置的样机。该装置在气流速度甚小时，就已达到较高的放热系数（ $\alpha > 180 \text{ 瓦/米}^2 \cdot \text{开尔文}$ ）。它的气流速度取决于流化层颗粒的大小。风机的功热当量取决于被冻结食品块和流化层颗粒的大小，其值可达冻结冷耗量的7~25%。

应该用导热系数较高、比热较大、密度较小和耐磨性好，并对食品很稳定的小颗粒材料作为流化介质。

从空气冷却器里发生的传热和传质之间的相互关系来看，流化床内的传热和传质是得到了强化。无论是在流化床里还是在空气冷却器里所获得的最大的可能的热流密度（ q_F ，瓦/米²）使有可能制造出外形尺寸最小的工艺设备。

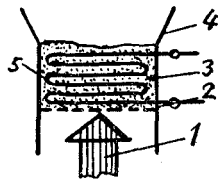


图3 流化式空气冷却器模式

1)气流；2)支撑孔板；3)粒状材料层；4)空气冷却器；5)换热面(螺旋管)

图3所示为利用流化介质作为空气冷却器的中间热载体的例子。

流化式空气冷却器里的换热面与气流之间的换热得到显著的强化。影响换热强化的因素有流化层颗粒的大小、颗粒的热物理性质、换热面的形状和分布以及其他因素。

流化式空气冷却器的特点是：由于换热面周围存在着流化的固体颗粒而增大了放热系数。这就降低了气流道界和气流涡旋的热阻，并防止换热面上出现结霜。对流化式空气冷却器进行的实验室试验和工业试验，证实了其工作效能，如放热系数显著增大（ $\alpha = 120 \sim 150 \text{ 瓦/米}^2 \cdot \text{开尔文}$ ）以及霜层对热阻和流动阻力影响的减小（见图4）。

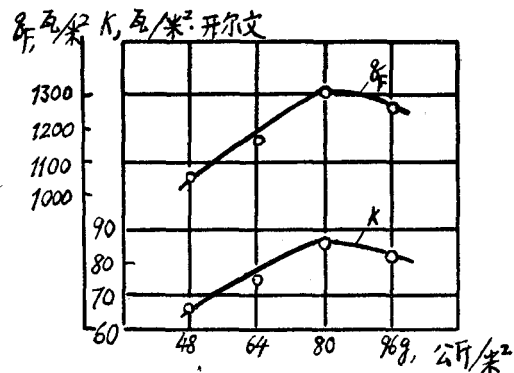


图4 传热系数 R 及热流密度 q_F 对床层质量 g 的实验关系

（数据是在一直立式空气冷却器里进行实验所取得的。其换热面积为 7.26 米^2 ，温度差为 10°C ，颗粒大小为3毫米。）

霜的形成和霜从换热面上的排除，并在流化床空间进一步的升华，给维持空气有很高的湿度创造了条件。

流化介质可以用于食品的解冻（图5）。用风机来使其颗粒材料层处于运动状态。

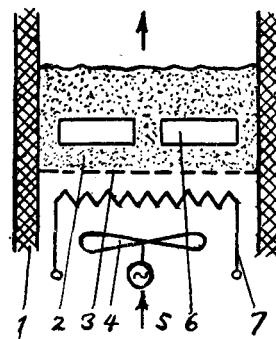


图5 冷冻食品利用流化介质解冻

1)流化床；2)散粒材料层；3)支撑孔板；4)风机；5)气流；6)食品；7)电加热器

因此，造成流化介质层粒子与食品表面之间相互作用的条件，就达到了强化传热并加速解冻。进行实验的结果获得放热系数值为 $50 \sim 380 \text{ 瓦/米}^2 \cdot \text{开尔文}$ 。

刘翠琴译自俄文《Холодильная техника》，1981年1期，57~58页。杨积庆校。