

研究简报

真空水蒸汽解冻装置的方案设计

DESIGNING CONSIDERATIONS OF VACUUM VAPOUR THAWING EQUIPMENT

叶于明 程有凯 赵世明

(大连水产学院, 116023)

Ye Yuming Cheng Youkai Zhao Shiming

(Dalian Fisheries University, 116023)

关键词 真空, 解冻装置, 方案设计

KEYWORDS Vacuum, Thawing equipment, Designing consideration

冻品的真空水蒸汽解冻属于外部加热的解冻方法。它利用在真空状态下产生的低温饱和水蒸汽在冻品表面冷凝时所放出的潜热,使冻品升温、解冻。与其他的外部加热解冻方法相比,真空水蒸汽解冻具有传热系数大、解冻效果好、技术经济指标优越等特点^[1,13]。自1972年英国的APV公司和托里(Torry)研究所联合研制的第一台生产型真空水蒸汽解冻装置问世后,这种解冻方法就进入了实用阶段,并在冻品解冻工艺中发挥了重要作用。目前,国外已有真空水蒸汽解冻装置的系列产品可供选用,其真空室的直径一般为2m、长度为2.2~8m、容量为0.5~3.75t。但国内至今尚无在生产中使用这种解冻装置的报道,不过这种解冻方法已经受到专业技术人员的重视,并开展了一些试验和研究^[1~4]。本文作者从1983年开始与大连水产公司水产制品厂等生产单位合作,先后完成了多种冻藏水产品的真空水蒸汽解冻试验和容量为0.5t的真空水蒸汽解冻装置的设计和样机的制作试验,从中获得了进行这种解冻装置设计所必需的数据和资料。本文仅就真空水蒸汽解冻装置方案设计中的几个主要问题作一论述。

1 冻品的解冻试验

1.1 试验装置

本试验装置由真空容器、承载小车、真空泵、加热器和控制系统等组成,如图1所示。

真空容器是利用一弃置的卧式高压杀菌锅(锅体直径1.0m、长2.0m)改装而成。在容器内下方设一水槽,槽内装设供汽管作为使水升温的加热元件。承载小车被水平放置的承载板分隔成三层。承载板可沿车体的立杆上、下滑动,以便调整试样的垂直间距,另外,承载板由镀锌管焊接而成,每根管的下方钻有数个小孔,这些管子与一侧管相连通,进而与抽真空系统的管路相连。

1.2 试验项目

1.2.1 测定不同种类、规格的冻品所需解冻时间

1.2.2 试样的层距对解冻时间的影响

收稿日期:1996-06-03。

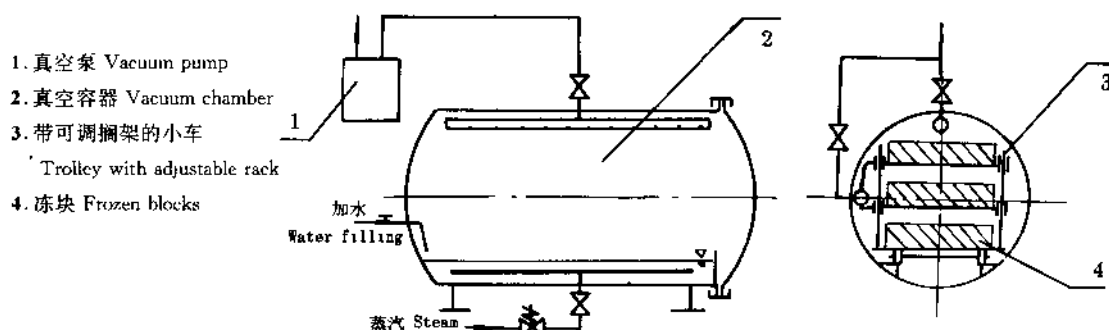


图1 真空水蒸汽解冻试验装置

Fig.1 The test apparatus of vacuum vapour thawing

1.2.3 试样层间气体抽出对解冻时间的影响

1.2.4 验证有关方案和具体措施的正确性和可行性

上述解冻试验的结果为真空水蒸汽解冻装置的设计提供了依据。

2 解冻工艺

2.1 装置的操作程序

就真空水蒸汽解冻而言,装置的合理操作程序为:装入冻品→关闭容器→抽真空→加水→加热。关键是应先使容器内的压强达到规定值,然后再向容器内的水槽中放水。试验表明^[7]按该程序操作时,解冻开始时容器内的残留空气分压仅为133.3~266.6(Pa)。

2.2 两阶段解冻或多阶段解冻工艺^[2]

两阶段或多阶段解冻工艺可以有效解决解冻速度和物料质量这一对矛盾。

3 装置的主要技术参数

3.1 解冻时间

由 Plank 公式 $t = \frac{\Delta H \rho}{T_v - T_f} \left(\frac{d}{2h} + \frac{d^2}{8k} \right)$ 可知,物料的解冻时间 t 取决于单位质量的物料从初温上升至物料的始冻温度 T_f 所需的热量 ΔH 、解冻介质温度 T_v 、表面对流换热系数 h 以及物料的密度 ρ 、导热系数 K 和厚度(或直径) d 。在物料的性质(ρ 、 K 、 ΔH)及解冻工况(T_v 、 h)一定的情况下,解冻时间取决于物料的厚度(或直径) d 。

物料的解冻时间可由以下方法获得:(1)通过解冻实验测定。(2)选用适当的公式计算。通过检验表明,一些简易计算公式和线图的计算误差均在10%以内,可满足装置设计对计算准确度的要求^[9]。(3)参考已有的数据见表1。在选用他人的数据作为设计计算的依据时,应注意该数据的适用条件。

3.2 介质温度

采用两阶段或多阶段解冻工艺,要求设计解冻装置时应选用不同的介质温度值来调节和控制,以满足不同的物料和解冻工艺对介质温度值的要求。综合这两个方面的情况,可将装置中介质温度的调节范围定为10~30℃。

3.3 容器内的工作压强

根据水的饱和蒸汽压与温度的对应关系^[5],以及装置中介质温度应达到的下限值,容器内的工作压强应达到1.20(kPa)左右,如果考虑到将装置用于食物的真空冷却,则容器内的工作压强应达到0.66(kPa)。

表 1 常见冻品真空水蒸汽解冻时间

Table 1 Thawing time of products using vacuum vapour thawing

冻品名称 Product	规格 Size & weight	介质温度 Vapour temp	食物温升 Conditions	解冻时间 Thawing time	数据来源 Ref
牛 肉 Beef	90mm, 31kg	25℃	→ -5℃	1h	[10]
	600 × 350 × 140	24℃	-30℃ → -5℃	9h	[10]
			30℃ → -5℃	3.5h	[8]
羊 肉 Lamb	145mm	20℃	-20℃ → -4℃	2.5h	[8]
瘦猪肉 Lean pork	130mm, 2.2kg	20℃	-15℃ → 0℃	2.5h	[3]
鸡 Chicken	1.3kg	27℃	-30℃ → 0℃	2h	[11]
金枪鱼 Thunnus thynnus	100mm	25℃	-30℃ → 0℃	2.2h	[11]
		10℃	-30℃ → 0℃	3.8h	[11]
大西洋鳕 Gadus marhua	100mm, 45kg	20℃		4.5h	[10]
原条鲱 Clupeidae	50mm, 28kg	25℃		1.4h	[10]
原条鲈鱼	100mm, 15kg	18℃	-18℃ → -3℃	2h	本文作者
Scomber Scombrus Liun					
乌 贼 Sepiassp	130mm	20℃	-20℃ → -3℃	55min	[8]
鳎 Pleuronectes platessa	50mm, 27kg	25℃		1.25h	[10]
去头对虾 Penaeus japonica	50mm, 2kg	18℃	-18℃ → -2℃	40min	本文作者
鲛 肉 Cetacea	530 × 430 × 115	20℃	-35℃ → -5℃	4h	[8]

4 装置的总体方案

如图 2 所示,一套真空水蒸汽解冻装置应包括:容器、抽真空系统、物料承载工具、供蒸汽系统和监控系统等部分。

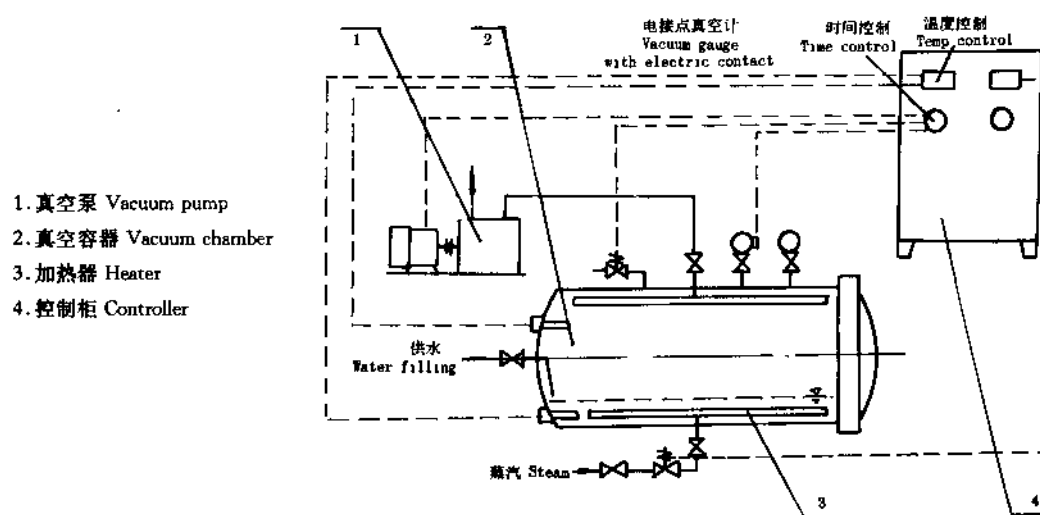


图 2 真空水蒸汽解冻装置的组成

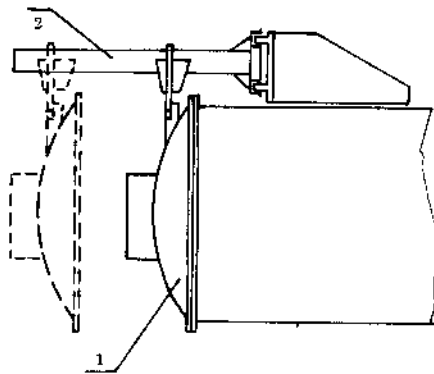
Fig.2 Vacuum vapour thawing equipment

4.1 真空容器

对真空容器的主要要求是容量、密封性和符合食品卫生法规的有关要求。

常见的真空容器壳体有箱形和圆筒形两种,以圆筒形居多。其主要结构尺寸是筒体的内径和长度,其内径应优先从推荐值中选取^[5],而长度则取决于装置的容量。

真空容器端盖的启闭和压紧可根据端盖的直径大小从下列方案中选择:(1)端盖的启闭:铰链式、导轨式(图3)。(2)端盖的压紧:螺栓压紧、转环楔形块压紧。



1. 真空容器盖 Lid 2. 导轨 Guide

图3 导轨式启闭结构

Fig.3 Guide mechanism for lid

为了使真空容器符合卫生要求,容器以选用不锈钢为好。若用普通钢材制作则应考虑筒体和端盖内表面的防锈措施。

4.2 抽真空系统

抽真空系统的方案设计包括选配真空泵、控制阀和确定系统管路的布置等。选配真空泵时应考虑的因素有:(1)容器内应达到的工作压强。根据介质温度的下限值,容器内的工作压强应能达到1.23(kPa)。(2)真空泵从容器中抽出的气体中很大一部分是水蒸汽,因而不宜用油封式机械真空泵。(3)所选配真空泵的电耗、水耗及其金额等技术经济指标。

据有关资料介绍^[10],选配双级水环泵可使容器内的工作压强达到2.67(kPa),选配人气喷射器和水环泵的组合可使工作压强达到0.93(kPa)。所以,只要选配后者就可满足解冻工艺对容器内真空度的要求,而且其技术经济指标也令人满意。可是目前国产的同类型真空泵的抽空能

力与上述情况有较大的差距,给选配真空泵带来一定的困难,在进行方案设计时应予以考虑,也希望能引起真空泵制造厂的重视。

4.3 承载工具

为了充分利用容器内部空间并考虑到物料装卸的方便,可采用带有多层隔板的手推车作为承载工具。承载车的尺寸应根据容器内部空间的尺寸和物料的规格确定,层数则取决于物料的间距。物料间距的大小既影响解冻时的换热条件,又影响容器的装载量,所以应慎重选取。

当解冻装置运转时,由于容器的微小泄漏、原存于容器壁内的空气和原溶于物料中的空气释出,容器内的水蒸汽中总会混有少量的空气。这部分非凝结性气体滞留在物料表面附近形成阻碍水蒸汽向物料表面移动的滞留层。在这样的冷凝系统中,非凝结性气体的分压强 P_a 可由下式确定^[2]。

$$P_a(y) = P_a(0) \exp(-y/s) \quad (1)$$

式中: $P_a(0)$ 为冷凝表面上的非凝结性气体分压;

$P_a(y)$ 为与冷凝表面的距离为 y 处的非凝结性气体分压;

S 为非凝结性气体层的有效厚度。

试验表明,适宜的物料间距可缩短解冻时间。但增大物料间距会减少容器内的物料量。可以通过确定承载工具的层距最佳值(h)来兼顾这两个因素,其具体步骤如下:(1)采用层距可调的承载小车测出某种物料在一定的介质温度和不同层距时的解冻时间 t 。(2)根据测得的数据计算出单位时间内解冻1吨物料所占用的容器体积 v 。(3)绘出 v 随层距 h 而变化的曲线。(4)根据该曲线确定物料的最佳间距。

此外,由于在解冻过程中非凝结性气体的逐渐积累、增多,使传热条件恶化。为了改善传热条件可在物料层间设置抽气管,将滞留在物料层间的空气抽出^[7]。

4.4 监控系统

关于监控系统的方案设计可查阅专题论文^[6]。

一个完善的监控系统应具备如下基本功能:(1)介质温度、容器内的工作压强、解冻过程的持续时间及水槽内的水位等参数可预先设定,并在装置运转期间自动监控和显示。(2)按预定的程序自动运转。

5 技术经济效果分析

根据装置的容量、工作循环时间(包括解冻时间和辅助时间)、装置成本、装置占用的场地面积、耗电量及用电价格、水耗及用水价格、蒸汽耗量及用汽价格、操作工工资、管理费用等数据,可计算出解冻 1 吨冻品的成本。

参 考 文 献

- [1] 何锦风,1993。鱼类解冻工艺比较研究。制冷学报,(2):43-48。
- [2] 叶于明,1989。冻结水产品解冻装置的设计。水产科学,8(3):34-36。
- [3] 徐文达,1991。食品原料快速真空解冻的研究。食品与发酵工业,(2):1-5。
- [4] 何利平等,1992。微波和真空解冻冻结团头鲂的条件和速度。上海水产大学学报,1(3/4):189-194。
- [5] 真空设计手册编写组,1979。真空设计手册,370。国防工业出版社(北京)。
- [6] 王世尧,1995。真空解冻装置的电气控制系统。大连水产学院学报,10(11):67-71。
- [7] 日本国特许厅,1982,特许公报,105-110。(昭 57-11627)。
- [8] 村治哲男等,1975。真空解冻装置にする食品の解冻曲线。冷凍,50(4):21-25。
- [9] Cleland A.C., Earle R.L., 1984. Assessment of freezing time prediction methods. J. food Sci., 49: 1034-1042.
- [10] Everington D.W., Cooper A., 1972. Vacuum heat thawing of frozen foodstuffs. Australian food manufacture, 42:327-338.
- [11] Zeuthen P., 1983. Thermal processing and quality of food, 566-578. London:Elsevier applied science publishers.
- [12] Kroger D.G., Rohsenow W.M., 1968. Condensation heat transfer in the presence of a non-condensable gas. Int. J. heat mass transfer, 11:15-26.
- [13] Стефановский В. М., 1987. Размораживание рыбы.14. Москва: Агропромиздат.