

盒装肉块冻结时间的测定

此文为今年前些时在伦敦召开的冷冻学会一篇文献的摘选，文章作者为肉类研究所(布里斯托尔，朗佛)的S：

J games詹姆斯等。

自从1880年，牛肉和羊肉从澳大利亚运输到欧洲以来，贮存大批肉类的问题就成冷冻食品实践中重要的一部分。机械致冷船最初将肉的温度保持在2℃，这是冰冷却的温度，但由于控制不够，有些货物冻了起来，结果发现这些产品的情况是非常令人满意的，这样肉的大批冷冻就开始成为一种商业实践，自此在运输和长期贮藏中都被广泛应用起来。

最初，肉全是以胴体，半片肉或四分之一胴体的形式进行贮存和运输的。但到了1943年，德国的卡勒特(Kaert)和弗拉希门(Fieichmann)的研究表明了冷冻和贮藏成方块的大块切割肉比胴体形式所能取得的好处多。表面积与重量的比例减少了，这就会减少因蒸发失重的有效面积。比起胴体上最大断面部分来说，剔出骨头的肉块一般要薄得多。节省了冷冻脂肪和骨头所需的能源，减少了在冷冻器和冷藏库中所占的空间，卡勒特发现，加快冷冻速度会提高冷冻机产量40%，同时，较多的堆装密度增加了50%贮库容量。方块肉块也很适用于现代包装，货盘化，机械搬运和急剧风冷冻结器的有效设计等方面的需要。

在英国，有些方块肉块在金属模具里生产和冷冻，但大多数加工商都使用坚固的瓦楞纸板箱，里面有一分开的聚乙烯衬里，或有一聚乙烯夹层贴在纸箱的内表面上。这些防水层能够防止在冷冻，贮存期间的失重以及解冻时的滴液损失现象。纸板箱既能使肉成型又能加以保护，还有助于搬运。

目前，在英国国内销售的肉块，还没有什么包装及冷冻方面的规定，但“欧洲共同体”在

购置肉上都有干预措施。是为支持肉类市场价格做出的。以牛肉为例，农业生产的干预委员会要求，肉的最初温度不得超过7℃，必须在-30℃的空气中冷冻或者内部温度至少低于-7℃然后贮存在-17℃或更低。后身四分之一胴体的切割肉必须用聚乙烯分开包装，放入衬有聚乙烯的低箱中，而前身四分之一胴体的切割肉，并不需要分开包装。(共同体EEC 1975)目前还有些请求，要改变欧洲共同体规定的某些部分。如要求改变在一定时间内肉制品中心必须达到的温度来定出空气温度的规定。这样就可以采用范围更广的气温和风速。为了满足共同体的要求最近设计了许多新设备，因为操作者一般都相信，就算他们并不打算将自己的产品冻结出口或满足干预性采购。而现行共同体的规定将最终完全有可能适用于英国的国内贸易。即使是那些不必精确依从共同体规定的公司也还是需要迅速投产，以便达到工厂最佳的资本投资。

目前很少的数据来帮助冷冻工程师设计有效的致冷系统和工厂设备好以后，往往不能满足运转规定。在许多情况下，允许的冻结时间不是肉进入贮库的时候，也不过只表面冻结，还需要一个星期以上的时间来完成冻结过程。而这样的仓库并没有设计吸取产品热负荷的能力，因此气温升高，损害了库内已有的其它食品。

将调查表送往与肉冷冻加工有关的140家公司，然后得出现有工业实践的情况。结果表明，最常见的运输处理肉块厚度一般都为15cm。大多数肉块为63.5×38×15cm，包装在单层120号厚度聚乙烯薄膜里，再装入一个28mm厚的瓦楞纸板箱里。所有的冷冻过程都在温度为-15~-40℃的空气系统中进行的，风速范围为1.2至6米/秒许多操作者都没有他们冷冻器中所达到的风速方面的知识。很清楚，

正是由于这些初步调查的结果说明,有40%的厂商不能在所需时间内达到完全的冻结,在最坏的情况中,肉不过只是表面冻结。

概观能取得的文献中很少出现有关方块肉块的冻结实践数据。几乎所有出版的文件都是建立在欧尔(Eeerie)所作的初步工作的基础上(1959、1962、1966)他测定了一个总数为18个肉块在不同厚度、气温和风速条件下所需的冻结时间。所得出的结果与用普兰克(Piank)公式(1913)计算出来的理论数值有关,这个公式假设肉块最初就处于冻结温度。每个表面经过的热传导系数相等,并且在单一温度下冻结。所有这些假设中设有一个适用于肉块的冻结,为使理论肉块的厚度与实验结果相符合,就采用一个校正系数。这样获得的关系后来成为冻结计算图表的基础。1968年由CBIRO出版,1978年又由赫波特(Herbert)和罗凡特(Rovetti)进行了修正。

这个计算图表是环境条件对冻结时间影响关系的唯一情报来源,但它并未说明对理论模式的修正可以应用于原先实验条件之外的那些操作条件。计算图表提供的数据只是一个最初的和最后的冻结温度,和二个包装外形。毛逊和考林逊(Mawson and collinson) (1978)试图把这个法应用于轻量的纤维板包装。但发现在实验结果和理论预计之间很难吻合。普兰克(Piank)公式并未得出穿过肉块的温度梯度资料,这对于测定所需致冷量是必需的。瓦特尔(Waddeii) (1961)试图把肉块,分成一系列区域,并测出每一区域的平均温度,由此计算出冻结加工中所需的抽提热量速度。他发现这个方法并不很精确,但却表示出抽提热量的速度不是一个常数,而在冻结加工中升到一个高峰。

这个文件说明的是一个实验计划的结果,用来决定包装和环境条件对于 $63.5 \times 38 \times 15\text{cm}$,剔骨肉块的冻结时间的影响,和决定发展一种理论模式的预计冻结速度。

实验材料和方法

肉

冻结实验中所用的75块肉块,都是含有85%可见瘦肉的冷冻切割腓肉,颈肉和肋骨肉。

包装

这些肉可装在16mm不锈钢盘中,也可装在2.5mm瓦楞纸板箱中,每块体积为 $63.5 \times 38 \times 15\text{cm}$ 。在肉装入之前容器中全部衬有120号厚度的聚乙烯薄膜而且有一半纸箱带有纸板盖。在冻结前所有肉块都要均衡地降至 4°C 。

设备和环境条件

肉块冻结间能够达到的操作范围在 -30°C 至 $+30^\circ\text{C} (\pm 0.5^\circ\text{C})$ 。这样细微的温度控制之所以能实现,是因为采用了一种逐级能量控制的致冷系统,它能够达到的最大吸热量为每小时13,500Btu。在这个系统中有一个恒定的冷却能力。并要用热负荷来增补产品热量以保持选择好的温度。这个热负荷是由广温(Eur therm)固体温度控制器控制的6KW网式加热器输入的。工作区是一个未经隔热的管道,横断面为 $83 \times 83\text{cm}$,固定在室内的一面墙上。一架80cm直径的风扇安在管道的尾部,通过蜂窝状空气导流装置把空气吸进肉块,用GEC可控硅整流器来控制风扇速度,把空气流速控制在0.25到5米/秒之间,肉块直接装入工作区,是通过室内一边的小入口门达到的,这将尽量减少在装货时的温度变化,并使工作区迅速回到固定好的温度。蒸发器翼片每隔2.5cm安有四个,以尽量减小去霜要求,使这个装置可以在连续低温 -30°C 条件运转一个星期。

此文件中所述的实验室是气温固定在 -10 、 -20 、或 $-30^\circ\text{C} (\pm 0.5^\circ\text{C})$,风速在0.5或5米/秒(± 0.2 米/秒)都可以。

测定

单一一块肉温度测定位置为1cm间隔,从下表面之上3cm至上表面之下3cm。冻结前,二个多接头康铜热电偶探针,8mm直径分别垂直插入肉块中,离中心点每一边4cm。初步试验表明,这些位于最慢冷却点的位置上,最为精确。

气温和风速的测定为,将康铜热电偶和风

向标风速计放在肉块前 50cm 处。分别的精确度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 和 ± 0.2 米/秒。

试验结果

空气温度, 风速和包装对冷冻时间的影响, 冻结时间是又为肉块从最初均衡的 4°C 降至中心部位达 -7°C 所需用的时间, 在 -7°C , 90% 的可以上冻的水都已转变为冰了。

气温对于冷冻速度的影响最大: 在任何预定风速和包装的条件下, 气温在 -30°C 时的冻结时间为 -10°C 时的 1/3。在气温 -10°C 条件下, 小小的变化就会对冻结时间产生较大的影响, 这是因为气温与最终肉温的差别很小的缘故, 在任何预定气温和风速条件下, 装在带盖纸板箱中的肉块的冻结时间要比装在金属盘里的时间长 25~82%。在任何预定温度中, 风速从 0.5 米/秒增加到 5 米/秒, 就可以减少冻结时间, 在带盖纸箱中平均为 29%, 在无盖纸箱中为 27%, 在金属盘中为 31%。

讨论与结论

剔骨肉的商业冻结实践就是了解各种肉块厚度, 最初与最终温度范围, 以及根据生产需要而定的时间。有关肉块冻结的任何分析, 必须考虑到所有这些因素, 还要检查所采用的冻结方法的局限性, 介质温度和所达到的热传导系数。风冷冻结是工业中冻结大块肉中的最常用方法, 而内脏往往用垂直平板冻结器来冻结。虽然一种办法快一些, 但由于大块肉表面不规则, 肉与平板之间不能很好地接触, 因此使这种方法的应用受到了局限。对于控制厚肉块冻结时间的因素, 是肉中心到肉表面热传导速度太慢, 而不是从冷冻介质到肉表面的热传导速度太慢。采用能产生较高热传导系数的方法(液氮法, 卤盐沉浸法)来减少这样的肉块的冻结时间, 往往与这些方法所要耗费相当大的资本与运转费用相比, 并不证明核算。

在风冷冻结中, 对一肉块的冻结速度产生影响的因素为气温、风速, 和包装形式。实验结果表明气温对冻结时间影响最大, 特别是当空气与最终肉温的差别很小的时候更是这样。

将风速从 0.5 增加到 5 米/秒, 可以在所有温度和包装的组合条件下都减少冻结时间, 但霍奇森(Hodgson) (1964) 和厄尔(Earie) (1962) 说明, 风速升到 5 米/秒以上只能勉强使得冻结时间进一步减少, 但却不是以与增加风扇功率的较高费用相抵消。将肉块装入瓦楞纸板箱中而不加盖将会增加冻结时间 6—40%, 而盖上盖的箱子在均衡条件下将会增加 25—82% 的时间, 商业操作要求 24 小时内冻结整箱肉块, 这样气温就必须保持在 -30°C 以下, 风速在 5 米/秒。如果制造商能在冻结之后, 将肉装入箱中, 又能盖上盖子, 那么他所采用的操作条件的范围就可以更广泛一些。

普兰克(Piank) 公式以及厄尔(1959) 的修正式还有此文中所采用的重复方法, 使人们能够预计不同温度和热传导系数对冻结时间的影响, 重复法比起其它方法有更广泛的多用性, 因为在冻结过程中环境温度和热传导系数中的变化影响可以很容易地用电子计算出来, 并有肉块每一阶段的温度/能源梯度图资料可供参考、理论预计与全部实验结果之间得到密切地吻合, 只有低风速, -20 至 -30°C 条件下的测定是个例外, 差异是由于实验中单一肉块的辐照影响生成的, 这在商业环境中是不会发生的、电子计算机程序会用来预计环境条件、肉块厚度、和最初和最终温度等因素的变化影响, 特别是采用较低热传导系统的时间是这样。而肉的最初温度的变化只对冻结时间产生很大影响, 但对于最终温度要求的变化则有更大影响, 这是由于肉和环境温度的集中影响造成的。

这个文件提出了有关环境条件对最常用形式肉块冻结时间的影响的种种数据, 肉类研究所正在进一步研究, 以便向冷冻工程师们提供计算图表, 涉及广泛的环境条件, 肉块厚度和包装材料, 以及所需热能吸收速度的数据。(收稿日期 79、12)

刘升平译自英国《Refrigeration and Air Conditioning》1979 年 7 月刊