

速冻设备的研究进展和展望

唐婉 叶金鑫 高玉娜

(上海海洋大学工程学院 上海 201306)

摘要速冻食品因其符合当代人们对绿色、方便、保健食品的三大要求,占人们日常食物消费中的比例越来越。本文分别从速冻食品和速冻设备两个方面,综述了速冻设备的起源、发展、优点以及影响速冻食品质量的因素,并且从蒸发器的传热传质、CFD模拟和高压冷冻方面对速冻设备的研究进展进行了综述,并对以后速冻食品和速冻设备的发展方向展望。

关键词速冻食品; CFD; 速冻设备

DOI 10.12525/j.issn.2096-627X.2020.07.1692

Research Progress and Prospect of Quick-freezing Equipment

TANG Wan

(Shanghai Ocean University, College of engineering, Shanghai 201306)

Abstract: Frozen food because of its accord with contemporary people to green, convenient, health food three major requirements, accounted for the proportion of People's Daily food consumption more and more. This paper respectively from two aspects of quick-frozen food and frozen equipment, quick-frozen food, the paper summarized the origin, development, advantages as well as the factors affecting the quality of frozen food, and from the evaporator of the heat and mass transfer, CFD simulation and the research progress of high pressure freezing of quick-freezing equipment were summarized, and quick-frozen food and quick equipment the development direction of outlook.

Keyword: Quick-frozen food; CFD; Quick-freezing equipment

1 概述

众所周知,速冻食品已经成为食品界备受欢迎的产品。其原因有两个,其一:随着人们生活节奏的加快,对于方便食品需求量日益增大;其二:在于速冻食品自身优势,速冻食品具有健康优质、食用便捷、新鲜营养且利于储存等优势,符合当今人们对绿色食品、方便食品、保健食品的三大追求^[1],并在《食品工业“十二五”发展规划》提出在食品冷冻冷藏方面,将其列为发展重点^[2-3]。而如何制造出合格的速冻食品成了关注的要点,无疑速冻设备的优劣占据举足轻重的作用,当然还与食品的前加工和后处理密切相关^[4]。只有当速冻设备要达到设计生产能力,充分发挥效能,达到最佳的制冷效果,才能有效地降低生产成本^[5]。

工欲善其事必先利其器,在同样原料的情况下,速冻产品质量取决于冻结速率^[6]。一般情况下,速冻食品的降温速率越快,生成冰晶颗粒大小越小,食品的品质越好^[7]。食品冻结速率即食品表面与热中心点的最短距离与食品表面温度达到0℃,食品热中心点降至比冻结点低10℃所需时间之比。相对准确的了解某种食品的最佳冻结速率、冻结时间对于食品质量至关重要^[8]。由于条件的限制不能对每一种产品一一实验。因此,近年来人们都在研究用CFD模拟的方法,模拟速冻室内的温度场、速度场,气流分布等等,目的在于以模拟出的流场来定性分析速冻设备的优劣,以便对其优化设计。若是可行,则以模拟的方法代替人为的实验,节省财力、物力、劳动力。本篇旨在综述国内外关于速冻食品和速冻设备研究进展,希望可以以后这方面的研究做些贡献。

2 国内外关于速冻设备研究进展

2.1 速冻设备蒸发器的传热传质性能研究

一台速冻设备的性能的优劣主要取决于蒸发器的传热传质性能,蒸发器作为一种冷量输入设备,其衡量标准在于传热系数K值。K值越大,传热越好。郑传祥,卓传敏^[9]研究的大型速冻设备不同结构蒸发器的传热性能比较,通过改变蒸发器的翅片形状、管径大小、管子排列方式,来探究不结霜情况下对蒸发器的传热系数的影响。通过理论分析和试验测试的方法,得出一致的结论,圆翅片的传热系数大于连续整体翅片;小管径的传热系数高;管道插排可以提高传热系数;带波纹的翅片比平片传热好。张玲,闫新春^[10]在大型速冻设备高效蒸发器传热技术研究中,试验验证了在无霜情况下,节距变更时,蒸发器的传热系数小于等距架构。但由于实际运行时,速冻设备在低于0℃运行,蒸发器表面会结霜,会影响空气侧的传热,从而使蒸发器的传热系数下降。而此时翅片排列变节距优于等节距,这是因为翅片的前几排是结霜主要区域,节距可以适当大些,而后几排结霜很少,节距可以尽量小些,这样可以缓解结霜对传热的影响。该结论卓传敏在其硕士论文中不仅进行了蒸发器试件进行试验测试,得到与理论计算相符的传热系数值。而且基于Visual C++编程环境开发出一个蒸发器传热系数计算程序。经验证,该程序的计算结果与实测结果十分吻合,具有一定的实用价值。杜宇,胡高伟^[11]等研究的速冻设备蒸发器的运行特征中发现,速冻设备蒸发器的传热系数还与制冷剂的供液方式有关。张建业^[5]也曾速冻设备节能中提到该点,通过对对比试验验证蒸发器的传热系数还与制冷剂的类型相关。对速冻设备蒸发器的传热传质研究,对今后速冻设备的设计、管道布置、节能等等具有深远意义。将对以后人们对速冻设备能效研究提供参考。

2.2 数值模拟在速冻设备的研究

为了获得品质良好的速冻食品,对速冻设备的要求至关重要。张珍,谢晶^[16]研究的带有上下均风孔板的速冻装置中流场及温度场的数值模拟,运用CFD模拟的方法模拟上下均风孔板的速冻装置中流场及温度场,在孔板百分之五的开孔率时,通过模拟冻结区得到在贴近冻品上下方的平均风速。并以鱼片作为冻品,当冻结结束时(冻品中心温度为-20.3℃),通过测量风速和冻品温度,得出5%开孔率时近冻品上、下方的风速与模拟值相差小于15%。测得鱼片中心温度为-19.2℃。理论和实验结果基本吻合,在合理的范围内。牛新朝^[17]模拟的-60℃低温速冻柜内流场及温度场,在如何布置柜内送风口、回风口的位置、形式等问题上运用了Fluent软件对不同情况下柜内流场及温度场的分布进行模拟分析,最终得出了较为理想的方案,而且降低装置成本,并得到实验验证。杨小梅^[18]研究的对虾冷冻过程的温度分析及其数值模拟,先通过实验的方法对虾的中心温度进行连续测量,获得中心温度连续型曲线,分析冷冻过程虾中心温度曲线。然后利用Fluent软件建立二维有限元模型,预测对虾在冷冻过程的温度变化及温度分布,模拟计算出的温度曲线图与标准冷冻曲线非常接近。

运用数值模拟的方法研究食品的冷冻过程,意义在于可以依托计算机软件模拟速冻装置内部空间速度云图、压力云图、温度场等等。亦可模拟冷冻食品的温度变

化曲线,有效的改进速冻设备的布置和设计,提高设备运行效率和节约能源,寻求食品的最佳速冻方案,改善产品质量。

2.3 速冻设备在高压冷冻方面的研究

20世纪90年代就有学者提出高压处理将会在保藏和冷冻领域有巨大的潜力^[19]。近年来,高压冷冻(英文名High-Pressure Freezing,缩写HPF)已经引起许多食品研究人员的注意,主要是由于它的潜在改善冷冻的动力学和所形成的冰晶的特征,被广泛认为是一种高效速冻方式。Ying Xin, Ming Zhang等^[20]提出高压冷冻可以促进水果和蔬菜瞬间均匀冰核。Pedro D. Sanz, Laura Otero^[21]在高压冷冻中分析比较了高压冷冻与大气压下冷冻食物的微结构,纹理,滴水损失,色彩,微生物的灭活等等,高压冷冻效果好。Mi-Jung Choi a, Sang-Gi Min b, Geun-Pyo Hong^[22]采用不同压力对猪肉冷冻,观察测定其组织形态、颜色,PH值等等。研究发现并不是压力越高,冷冻效果越好。过高的压力冻结猪肉,在解冻后会造成分流失和变色,猪肉质量下降,而是存在一个最佳的压力值。但是高压冷冻方法目前为止尚在实验室研究,未能应用到工业化生产,而且也不清楚高压冷冻的产品是否能够在食品冷冻储藏中保持各项性能稳定,这些都需进一步研究。

3 速冻设备的展望

根据我国速冻设备现状分析,我国设备在性能、质量、外观设计方面与国外差距甚远,因此需在学习国外先进技术的同时加强自主创新,制造出属于自己品牌的高效预冷和快速冻结装置,并且朝着自动化方向发展。将数值模拟与理论实验相结合,制造出节能、稳定、高效、美观的速冻设备。

参考文献

- [1]王春华.速冻食品存在的问题与卫生措施[J].现代面粉工业,2015,29
- [2]岳希举,余铭,崔静,等.速冻食品及速冻设备的发展概况及趋势[J].农产品加工·学刊,2012(12):94-96.
- [3]杨文卓.螺旋式速冻机输送装置可靠性分析[D].河南科技大学,2014.
- [4]徐世琼.我国速冻设备与冻干设备现状[J].制冷技术,2006(01):10-13.
- [5]张建业.食品速冻装置的节能[J].制冷,1996(2):64-67.
- [6]Fennema O. An over-all view of low temperature food preservation[J]. Cryobiology, 1966, 3(3): 197-213.
- [7]Hung Y C, Kim N K. Fundamental aspects of freezcracking[J]. Food Technology, 1996, 60: 92-111.
- [8]成芳,杨小梅,由昭红,等.食品冷冻过程的数值模拟技术[J].农业机械学报,2014,45(7):少页码
- [9]郑传祥,卓传敏.大型速冻设备不同结构蒸发器的传热性能比较[J].农业工程学报,2006,22(8):111-115.
- [10]张玲,闫新春.大型速冻设备高效蒸发器传热技术研究[J].河南科技,2015(8).
- [11]杜宇,胡高伟,刘建涛,等.速冻设备蒸发器的运行特性试验研究[C]//第六届全国食品冷藏链大会.2008.
- [16]张珍,谢晶.带有上下均风孔板的速冻装置中流场及温度场的数值模拟[J].制冷学报,2009,30(5):36-40.
- [17]牛新朝.-60℃低温速冻柜内流场及温度场模拟分析与实验研究[D].哈尔滨商业大学,2015.
- [18]杨小梅.对虾冷冻过程的温度分析及其数值模拟[D].浙江大学,2014.
- [19]Cheftel J C, Culioli J. Effects of high pressure on meat: A review. [J]. Meat Science, 1997, 46(3): 211-36.
- [20]Xin Y, Zhang M, Xu B, et al. Research trends in selected blanching pretreatments and quick freezing technologies as applied in fruits and vegetables: A review[J]. International Journal of Refrigeration, 2015, 57: 11-25.
- [21]PD Sanz, L Otero. Emerging Technologies for Food Processing 2015
- [22]Mi-Jung Choi, Sang-Gi Min, Geun-Pyo Hong. Effects of pressure-shift freezing conditions on the quality characteristics and histological changes of pork[J]. Food Science and Technology, 2016(4), 67: 194-199

作者简介:

唐婉(1990—),女,安徽宿州人,硕士,主要从事食品冷冻冷藏相关研究
项目编号:A2-2006-20-200217-上下冲击式速冻设备内食品冻结过程的优化