

相变原理在食品创新中的应用

孙雪菁¹, 冯 林², 王美霞¹, 秦姝悦¹, 孙蕾蕾¹, 岳喜典¹, 李明波¹, 赵玉平¹

(1. 烟台大学 生命科学学院, 山东 烟台 264005; 2. 大连理工大学 创新创业学院, 辽宁 大连 116024)

摘要:TRIZ 创新思维方法作为一种发明问题解决理论,可以协助技术人员发明创新,其中 40 个发明方法是最常用的创新工具之一,该方法在诸多行业中已经得到应用,并取得了很好的创新成效。通过对 40 个发明方法中的第 36 个发明原理——相变原理的研究,分析其在气相、液相、固相之间转变的过程,以及在食品生产、加工、包装运输等方面的各类应用,期望能够为发明原理的实践提供理论参考,进一步推动 TRIZ 方法在食品创新方面的应用。

关键词:TRIZ;发明原理;相变原理;食品行业

中图分类号:TS262.6;G304 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)12-0186-04

发明问题解决理论(TRIZ)是指导人们进行发明创新创造、解决工程问题的系统化的方法学体系。它是由苏联发明家根里奇·阿奇舒勒为首的研究团队通过对250 万件高水平发明专利进行研究分析和提炼之后总结得到的^[1]。其中最重要、使用最普遍的是 40 个发明原理,目前已经作为一种经常使用的创新工具应用于各行各业,具有不可忽视的地位和作用。本文详细介绍相变原理的定义内容及其在食品行业中的各类应用。

1 相变原理概述

1.1 相变原理

相是在一定条件下(温度、压强等),物质将以一种与外界条件相适应的聚集状态或结构形式存在的状态,物体的相有 3 种,即气相、液相和固相。相变是指在外界条件发生变化的过程中,物相在某一特定的条件下(临界值)时发生突变的现象。

相变原理是利用一种材料或情况的相变,来实现某种效应或产生某种系统改变。其本质的原理是利用物质相变时产生的某种效应,如体积改变、吸热或放热^[1]。

1.2 相变类型

相变一般可分 6 种类型,即气相变液相,如液体低度酒通过液体变气体,气体再变成液体的方法创造了世界上八大蒸馏酒;气相变固相,如作物利用空气中的二氧化碳和水在光的作用下形成水果、粮

食、蔬菜等;液相变气相,如啤酒、碳酸饮料、起泡酒;液相变固相,如糖果、冰棒等冷饮、山楂糕、凉粉、水晶肉、冷冻食品等;固相变液相,如酒心巧克力、酒心糖、灌汤包子和饺子等;固相变气相,如发酵食品或添加膨松剂食材,加工成为松软食品如面包、蛋糕和馒头等,或膨松食品如苏打饼干、蛋黄派等。当然也有一些中间态,当两个或三个相共存的相存在。总之,人类运用自己的智慧,利用相变原理和天然食材为人们创造了新颖多样的食品。

1.3 应用现状

随着社会发展和科技创新,相变原理的应用已经渗透到了人们生活、工作的许多方面,如建筑工程中,利用相变材料可以有效改善高低温条件下的车辙、变形、冻裂等道路病害^[2]。随着人工智能领域的兴起,相变存储器满足了数据存储和计算的强烈需求^[3]。在储能技术方面,相变储热作为一种发展成熟、工艺简单的储热技术,在解决实际应用中的泄漏、腐蚀、过冷、传热性能差等缺陷方面发挥着重要作用^[4]。

与此同时,在食品原料、食品加工以及包装和运输等各个环节,都可以看到相变原理的存在。例如,冰淇淋等冷饮的加工、沙棘果的采摘、酒心巧克力的制作,还有将液体奶通过冷冻或加工技术变为固态奶粉,不仅可以保留其原有的营养价值还具有保质期延长、方便携带等优点;生活中最普通的水变成冰,体积膨胀后有了更多的用途,可以为人们

收稿日期:2022-07-17

基金项目:2020 年科技部创新方法专项(2020IM030100);烟台大学教材建设重大基金项目(JC-2022-0102)。

作者简介:孙雪菁(1997—),女,山东烟台人,烟台大学生命科学学院,硕士研究生,研究方向为葡萄酒酿造;通信作者赵玉平(1964—),男,山西运城人,烟台大学生命科学学院,教授,博士,研究方向为发酵与食品饮料。

提供清凉的饮品,还能够保证食物新鲜;食品中的风味物质都是以液体形态存在,再以气态形式扩散到空气中,人们通过嗅觉器官闻到各种各样的香气;酒是人们生活和工作中必不可少的一部分,一瓶醇香的白酒需要经过反复的蒸馏才能够得到;食品加工的一个典型例子是一种利用低温连续相变萃取花生粕油的方法,原理是利用萃取剂在不同压力和温度下的两相变化,以及一定压力下萃取剂的强穿透性,动态、高效地萃取油脂。与普通溶剂萃取法相比较,这种方法得率及纯度得到显著提高,时间也大大缩短,并且可使用食品级安全无毒无害萃取剂,没有有害溶剂残留^[5]。

由此可见,相变原理在食品行业中得到了充分的实践。下面将具体说明该原理在食品行业中的案例,期待进一步推动 TRIZ 的广泛应用。

2 相变在乳制品中的应用

随着社会和市场经济的不断发展,人们从满足于简单的温饱问题发展到追求自身以及家人的营养健康情况,饮食营养与安全更成为消费者们最关注的食品问题之一。乳品作为蛋白质的营养来源之一,受到了广泛关注。

乳制品是以牛乳、羊乳等为主要原料加工制成的各种制品。由于乳品的营养成分高,口感好,很多人将乳品作为是补钙的重要食物。乳制品普遍存在保质期短、不方便储存和运输等缺点,于是人们通过各种加工方法将其由液相转变为固相,将动物奶除去水分后制成粉末,易于保存,并且可以根据婴幼儿、青少年、中老年人的不同需求添加适量的维生素、矿物质等营养物质,以满足不同人群的营养需求。目前市面上已有的速溶姜汁豆奶粉是由豆浆、糖、植物油等调配,经过煮浆、均质、预冷、干燥得到,该产品具有天然、速溶、姜香味、高营养、新口味的特点^[6]。

除此之外还有发酵乳、炼乳、干酪、再制乳、奶油、花色乳等,不仅丰富了乳制品的种类,解决了存储问题,还满足了大众对乳制品的各项需求。由此可见,相变原理的应用为乳制品的发展提供了很好的解决办法,也让我们意识到了相变原理的重要性。

3 相变在果蔬中的应用

3.1 新鲜果蔬中的相变

作为世界上最大的果蔬生产国和果蔬制品加工基地,中国在新鲜水果、果蔬汁、果蔬罐头、脱水和速冻果蔬制品中拥有巨大的市场。其中脱水蔬菜经由常压热风干燥、微波干燥、远红外干燥技术

以及自主研发的真空冻干技术^[7]后,由新鲜蔬菜脱水变为蔬菜干,不仅营养丰富,食用和携带方便,还能有效地调节蔬菜生产淡旺季节^[8],因此备受上班族、学生群体、健身群体的喜爱。

鲜切水果是指新鲜水果经分级、清洗、去皮、修整、切分、包装等处理后,供消费者或餐饮业立即食用的水果加工产品,满足了消费者的即食需求。鲜切水果具有营养丰富、污染小、食用方便快捷等特点深受广大消费者的喜爱,但是鲜切水果在长时间的放置中会有变质和异味的现象,整体品质不如新鲜水果^[9]。因此,如何保证鲜切水果的品质,有效延长保质期成为重中之重。其中,有效的冷冻-复温措施可以保证果蔬良好的营养品质,减少果蔬腐烂损坏现象的发生,具有十分良好的社会效益。张哲等^[10]利用相变潜热、控制冷冻-复温速率等方法对果蔬冷冻-复温后的品质恢复提供了依据。

3.2 果蔬营养价值中的相变

在追求高质量生活的时代,从果蔬中分离、提取、浓缩其中功能性成分,制成胶囊或添加到食品、保健品等产品中,已成为当前果蔬加工的一个新趋势,其中许多产品都运用了相变原理。

目前市场上葡萄汁、芹菜汁、复合果蔬汁、果酒、果醋产品琳琅满目,受到许多消费者的喜爱。果蔬浓缩汁主要运用旋转蒸发浓缩技术、冷冻浓缩技术、膜分离^[11]等技术得到,浓缩后的果蔬汁具有营养丰富、方便携带等优点。精油、香精在人们的日常生活中用处众多,精油可以护肤、助眠,香精可以丰富食品的风味、节约生产成本。人们从大自然中具有芳香特点的植物根、水果蔬菜、花叶等部分,通过萃取、浓缩、压榨的物理方法,以及热加工技术、生物技术等^[12]方法可以得到。人们在食用醋以粮食为原料发酵的基础上,将水果进行发酵得到了具有果香气^[13]、对心血管有保护作用^[14]的果醋,收获了巨大的市场。

可以看出,经过相变的果蔬原料,不仅可以降低一些生产成本、提升营养价值,并且对食品行业有很大的创新和提升,相信在未来还会为人们的生活品质、食品质量等方面做出更大的贡献。

4 相变在肉制品中的应用

肉制品种类繁多、加工方式多样化,在经过腌、腊、卤、酱、蒸、煮、熏、烤、烘焙、干燥、油炸、成型、发酵以及调制等相关工艺的加工之后,成为如今消费者们看到的众多肉类制品。主要包括香肠、火腿、培根、酱卤肉、烧烤肉、肉干、肉脯、肉丸、肉饼、腌腊

肉、水晶肉等^[15]。

典型的蕴含相变原理的肉制品有水晶肉、灌汤包等,在固体肉的基础上经过不同加工方式得到了特色食品。除此之外,为了满足人们对肉类食品的颜色、香、味的更高要求,肉味香精应运而生。目前,肉味香精集生物工程技术、脂肪氧化技术、烹饪技术、热反应技术和调香技术于一体的复合技术^[16],以肉类为原料,经过复杂的反应机理及反应过程制备出牛肉、猪肉、鸡肉香精。丰富多样的肉味香精作为调味剂,丰富和满足人们对食品的各类需求。

5 相变在食品包装、运输中的应用

5.1 相变在食品包装中的应用

相变材料(PCM_s)按照相变方式一般可分为固-固相变材料、固-液相变材料、固-气相变材料和液-气相变材料 4 类^[17]。目前应用到食品包装中的主要有相变蓄冷材料,可分为无机、有机、复合相变蓄冷材料 3 种类型。相变蓄冷材料是以低温方式将冷量存储起来,利用相变过程释放冷量,达到控制系统温度的目的^[18]。

近年来,由于经济快速发展,人们生活水平日益提高,对于果蔬和水产品等易腐食品的品质要求也越来越高。在生鲜食品电商配送领域,相变蓄冷材料以冰袋、冰排或冰盒等形式已经得到了广泛的应用。与此同时,一系列为保证食品新鲜的包装和运输措施也应运而生。于党伟^[19]利用相变蓄冷材料制备出具有相变储能功能的相变胶囊,可以应用于对温度敏感食品中,保证商品品质,满足了市场上冷链运输的需求,并且节约了能源。中国作为农业大国,果蔬种类多且具有地域性。为了满足人们对各种果蔬的需求,赵晓晓等^[20]将相变蓄冷材料用于蓄冷剂中,产生了一系列蓄冷板、蓄冷袋、蓄冷盒以及蓄冷胶囊等包装类型。良好的蓄冷包装不仅使易腐产品保持在低温状态,延长其贮藏保鲜时间,还能够降低成本,节约运输过程中的投入。

5.2 相变在食品运输过程中的应用

在食品运输中,大多数食品由于其季节性、区域性、易腐性等原因难以保证新鲜度,使得每年的果蔬、肉类产品和水产品损耗巨大,必须采取高效的冷藏保鲜技术来进行运输,以保证产品的新鲜度、食用价值和营养价值。目前,冷链运输主要分为 3 种模式:冷藏车制冷低温运输模式、以干冰作为冷源的低温运输模式、相变蓄冷材料的低温运输模式^[21]。目前,运用相变蓄冷材料的冷链运输多使用蓄冷式冷藏设备,因其设备具有冷藏效能好、环保

节能和性价比高等优点,逐渐取代了传统的机械式压缩制冷设备。设备中使用的相变蓄冷材料是以低温方式将冷量存储起来,利用相变过程释放冷量,达到控制系统温度的目。如今,该材料已经运用到冷藏车、冷藏运输箱等冷链运输中。

6 相变在食品设备中的应用

根据相变原理结合人类饮食的需求,创造了大量的食品机械与设备。结合相变原理可以分为以下 6 类相关设备。

1)气相变液相类设备。气相变液相设备,如冷凝器、冷却塔、蒸馏水机等。在设备工作过程中,将蒸汽冷凝以达到制冷等效果。韦如其等^[22]研究喷射雾化式冷凝器,其具有独特的冷凝方式,减轻了上水压力,且汽液充分混合冷凝,在使用时可达到节约用水、稳定煮糖真空、提高煮炼质量和收回的目的。

2)气相变固相类设备。气相变固相设备,如从空气中获得固体水,自然现象中雪、雾凇、冰雹,可以通过机械设备制造。

3)液相变气相类设备。液相变气相设备,如各种各样的发酵设备和酵母菌将葡萄糖通过 EMP 途径,生成乙醇和二氧化碳,形成汽酒等。

4)液相变固相类设备。液相变固相设备,如所有的冷饮食品加工设备都是将液体变成固体。

5)固相变液相类设备。固相变液相设备,如加热设备,锅加热形成灌汤包,酶将固体的大分子物质变成小分子液体物质。

6)固相变气相类设备。固相变气相设备,如现代食品加工技术中二氧化碳超临界萃取设备等,乳制品中的多效均质机。

7 结语

综上所述,相变原理已经被广泛使用于食品原料加工、食品包装、运输以及生产食品的设备中。相变原理在食品行业中已经为人们解决了许多食品保鲜、食品安全、食品生产等问题。作为地幅辽阔、人口众多的国家,中国是当之无愧的食品大国,未来的食品行业更是任重道远,食品市场也已经从国内扩展到了国外市场。相变原理作为创新工具的 40 个发明原理之一,目前已经逐渐被人们应用到各行各业,相信在今后的研究当中,更多的发明原理能够应用于食品行业当中,以解决更多的食品问题,创造更多的新型食品,更好地推动食品行业蓬勃发展。

参考文献

[1] 李正桐. 相变原理——TRIZ 试解[J]. 家电科技, 2011 (5):42.

[2] 蔡昕辰,刘志彬,张云,等. 相变材料在道路工程中的应用研究进展[J]. 功能材料, 2021, 52(12):12013-21.

[3] 杜玲玲,周细应,李晓. 相变存储器及其用于神经形态计算的研究综述[J]. 人工晶体学报, 2020, 49 (12): 2398-405.

[4] 李昭,李宝让,陈豪志,等. 相变储热技术研究进展[J]. 化工进展, 2020, 39(12):5066-5085.

[5] 赵力超,马颖川,徐纯伟,等. 一种利用低温连续相变萃取花生粕油的方法;CN113817539A[P]. 2021-12-21.

[6] 周志. 速溶姜汁豆奶粉的生产技术[J]. 中国农村科技, 2006(2):25.

[7] 单杨. 中国果蔬加工产业现状及发展战略思考[J]. 中国食品学报, 2010, 10(1):1-9.

[8] 胡小松,廖小军,陈芳,等. 中国果蔬加工产业现状与发展态势[J]. 食品与机械, 2005(3):4-9.

[9] 孟祥春,高子祥,蒋依辉. 鲜切水果加工工艺及保鲜技术研究现状与发展趋势[J]. 保鲜与加工, 2008(5):4-7.

[10] 张哲,郝俊杰,赵静,等. 冷冻-复温过程中葡萄相变过程研究[J]. 农业机械学报, 2016, 47(9):241-248.

[11] 陈婕. 橄榄浓缩汁加工技术的研究[D]. 福州:福建农林大学, 2012.

[12] 汪飞. 食用香精香料的制备及其安全控制[J]. 食品安全导刊, 2021(18):36-37.

[13] 葛玲,穆国春,张铭铎. 水果醋酸型饮料工厂设计[J]. 食品研究与开发, 2000(2):24-25.

[14] 张秀玲,高学军,冯一兵. 果醋加工研究进展[J]. 北方园艺, 2004(5):75-76.

[15] 王丹. 不同地区传统肉制品品质及其特征风味研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2021.

[16] 孙宝国. 肉味香精技术进展[J]. 食品科学, 2004(10): 339-342.

[17] 陶文博,谢如鹤. 有机相变蓄冷材料的研究进展[J]. 制冷学报, 2016, 37(1):52-59.

[18] 宁初明,李燕军,沈灿铎,等. 相变蓄冷技术在食品冷藏保鲜运输中的应用[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(6): 2115-2120.

[19] 于党伟. 冷藏用控温包装微胶囊相变蓄冷材料的制备及性能优化研究[D]. 无锡:江南大学, 2014.

[20] 赵晓晓,夏铭,管维良,等. 蓄冷技术在生鲜果蔬贮藏和运输中的应用[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(1):217-225.

[21] 巩学梅. 冰蓄冷技术的发展状况及工程应用[J]. 浙江工商职业技术学院学报, 2004(2):67-70.

[22] 韦如其,傅其军. 喷射雾化式冷凝器在糖厂制炼的应用[J]. 轻工科技, 2016, 32(1):36-37.

Application of Phase Change Principle in Food Innovation

SUN Xuejing¹, FENG Lin², WANG Meixia¹, QIN Shuyue¹, SUN Leilei¹,
YUE Xidian¹, LI Mingbo¹, ZHAO Yuping¹

(1. College of Life Sciences, Yantai University, Yantai Shandong 264005, China;
2. School of Innovation and Entrepreneurship, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

Abstract: TRIZ innovative thinking method, as an invention problem-solving theory, can assist technicians in invention and innovation. Among them, 40 invention methods are one of the most commonly used innovation tools, which has been applied in many industries and achieved good innovation results. Through the research on the 36th invention principle of 40 invention methods-phase change principle, its transformation process among gas phase, liquid phase and solid phase is analyzed, as well as various applications in food production, processing, packaging and transportation, hoping to provide theoretical reference for the practice of invention principle and further promote the application of TRIZ method in food innovation.

Keywords: TRIZ; principle of invention; phase change principle; food industry