

解冻方法对冻藏肉类食品品质影响的研究进展

张珂¹, 关志强^{2,*}, 李敏², 吴阳阳¹, 李鹏鹏¹

(1.广东海洋大学食品科技学院, 广东 湛江 524088; 2.广东海洋大学工程学院, 广东 湛江 524088)

摘要: 冷冻是保持肉类食品品质的最佳加工方式之一, 冷冻加工后的肉类食品必须在低温条件下进行运输和贮存。冻藏食品加工之前都要进行解冻, 解冻过程中可能会出现汁液流失、变色、风味损失、质地改变、蛋白质变性和脂质氧化等降低食品质量的问题。不同的解冻方法和解冻工艺对肉类食品原料品质的保持会产生很大影响。本文主要介绍了传统解冻方法和新型解冻方法在肉类食品解冻中的研究进展及应用动态, 旨在为冻藏肉类食品解冻方法的选择及其工艺研究提供指导。

关键词: 冻藏; 冻肉; 解冻方法; 解冻工艺; 品质

Effects of Various Thawing Methods on the Quality Characteristics of Frozen Meat: A Review

ZHANG Ke¹, GUAN Zhi-qiang^{2,*}, LI Min², WU Yang-yang¹, LI Peng-peng¹

(1.College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China;

2. College of Engineering, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: The application of freezing for the preservation of meats has been practiced widely in order to maintain their quality by storage and transportation at low temperature. Frozen meats are processed after thawing which may give rise to drip and cooking loss, discoloration, flavor loss, texture change, protein denaturation, and lipid oxidation. Nevertheless, different thawing methods and processing conditions has a great influence on the quality of meat products. This review presents recent progress in the study and application of the traditional and novel thawing methods. We hope that this paper could provide a guideline for the selection and optimization of appropriate thawing methods for frozen meat.

Key words: frozen storage; frozen meat; thawing method; thawing process; quality

中图分类号: TS251.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2014) 08-0024-06

在过去的30年之中, 我国肉类产量每年以5.8%的速率增长^[1]。冷冻加工后的肉在低温下贮藏和运输, 为食品加工厂提供原材料。冷冻食品在食用或进行深加工之前一般要进行解冻。冷冻食品解冻时组织细胞的复原程度直接影响解冻产品质量的高低, 复原越好, 解冻产品质量就越高, 反之则越低。解冻过程中可能会出现汁液流失、变色、风味损失、质地改变、肌球蛋白变性、脂质氧化以及由于脂质与蛋白质交联导致肌原纤维蛋白聚集而影响肌肉蛋白质和水结合的能力, 使食品质量降低^[2]; 解冻过程对食品原料的组织结构、理化特性和微生物指标都有很大的影响^[3]。因此, 解冻方式是影响冷冻食品品质的重要因素之一^[4]。冻藏品质优良的速冻食品, 如果在进一步加工或食用之前选择恰当的解冻方法和工艺进行解冻, 其品质就相对较高, 否则, 原有的高品质冻藏食品的品质就很可能得不到保障, 甚至下降很多。因此, 解冻方法及解冻工艺对冻藏食品品质的保持就显得尤为重要。

不同的解冻方法或工艺会不同程度地影响食品的解冻速度。目前, 食品解冻速度对食品质量的影响有不同的看法^[5]: 有些学者认为快速解冻时, 汁液没有足够的时间重新进入细胞内, 缓慢解冻才能使溶出的绝大部分水分被食品重新吸收到原处, 恢复食品原有的状态; 也有一些学者认为快速解冻可减轻浓溶液对食品品质的影响, 还可以缩短微生物繁殖和生化反应的时间, 食品的质量才能有所保障。Janet等^[6]采用循环水快速解冻(解冻时间11 min, 解冻温度40℃)牛肉里脊时发现, 在11 min内解冻的牛肉的质构较好, 煮后产量无明显变化, 而且该方法可降低滴水损失率, 与之前学者的说法相近。

为了保证冷冻食品解冻后有较好的质量, 应根据食品的种类、冻结前后食品的状态和解冻后的食品的用途而采用不同的解冻方法。解冻的一般要求^[7]有: 1) 解冻的均一性, 解冻过程中食品各部位温度差尽量小, 产品

收稿日期: 2014-06-11

基金项目: 广东省科技厅资助项目 (2012B020312006)

作者简介: 张珂 (1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产品加工及贮藏工程。E-mail: 13058382680@163.com

*通信作者: 关志强 (1956—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为食品冷冻冷藏工程。E-mail: mmcgzq@163.com



最终以半解冻状态为好；2) 抑制微生物的繁殖生长；3) 解冻终温要控制在0~5℃之间；4) 解冻速度尽可能地快，尽量减少解冻过程中的干耗和汁液流失率；5) 解冻结束后，应将食品立即放到0℃左右的温度下冷藏或及时加工；6) 解冻后的食品尽量迅速加工或食用，不宜久放。

解冻方法大体上分为传统解冻方法、新型解冻方法两大类。传统解冻方法有空气解冻和水解冻。空气解冻根据空气所处的状态分为静止空气解冻和流动空气解冻，根据改变解冻室内的温度或压力的方式又有热空气解冻和加压空气解冻。水解冻根据水的状态分为静水解冻和流水解冻，根据水的温度可分为冷水解冻和热水解冻。显然，传统解冻方法存在许多不足，如解冻时间长，产品质量损失严重，微生物快速繁殖等。近些年来，开发了许多新型解冻方法，如微波解冻、冰箱解冻、超高压解冻、高湿低温解冻、欧姆解冻和声融等等。新型解冻技术以缩短解冻时间和提高产品品质为出发点，但是单独一种解冻方式或多或少地存在其应用的不足，组合解冻方法是将几种方法结合起来，扬长避短，优势互补，达到提高产品品质的目的。

1 传统解冻方法

1.1 空气解冻

空气解冻又称自然解冻，它以空气为解冻介质，以热对流的形式对食品进行解冻。一般控制空气温度14~15℃、风速2 m/s、相对湿度95%~98%。空气解冻的速度取决于空气流速、空气温度、空气湿度和食品与空气之间的温差等多种因素。空气解冻速率慢，解冻后的水分能够充分被组织吸收，而且成本低，操作方便，适合于体积较大的肉类。这种解冻法因其解冻速度慢，肉的表面易变色，干耗较严重，受灰尘和微生物的污染，故控制好解冻条件是保证鲜冻肉品质的关键所在。

1.2 水解冻

水解冻分为静水解冻和流水解冻两种方式。以水作为解冻介质，其解冻速度比相同温度的空气作介质的解冻快得多，一般水的温度为10℃左右。水解冻的缺点使食品吸水、体积增大、可溶性营养物质流失较多，肉色灰白，且容易导致微生物滋生，故水解冻时应做到以下几点：水温要低；带包装进行水解冻；增大食品表面积，以加大解冻速度，减少微生物繁殖。

迟海等^[8]采用静水结合搅拌的方式对南极磷虾进行解冻，解冻工艺条件为浸泡温度15℃、浸泡时间7 min、搅拌速率40 r/min，测得的南极磷虾感官评分为9.4，可溶性蛋白质含量为96.8 mg/100 g，解冻时间14 min。与其他4种解冻方式（自然解冻、静水解冻、流水解冻和微波解冻）相比，解冻时间缩短，南极磷虾解冻后品质较大提

高，具有较大的应用价值。但是Manheem等^[9]研究冷冻-流水解冻反复冻融对虾黑变的影响时发现，与冰箱解冻相比，流水解冻会提高多酚氧化酶和蛋白酶的活性，造成在3~5个冻融循环时虾的黑变非常严重，所以冷冻-流水解冻不适合虾的解冻。可以得知，对于虾的解冻，最好采用静水结合搅拌的方式或者是静水解冻，不应采用流水解冻。Ersoy等^[10]对欧洲鳗鱼解冻时采用不同的方法，包括冰箱解冻、空气解冻、水解冻和微波解冻。研究发现，与新鲜鱼对照，水解冻处理的冷冻鳗鱼的色泽（红度 a^* 值）与新鲜鱼最相似，而且总需氧菌数和酵母菌数最低，说明水解冻适合于冷冻鳗鱼的解冻。而且刘燕等^[11]研究发现，温盐水解冻也是目前解冻金枪鱼最常用的方法之一，可较好地保持金枪鱼鱼块的色泽。

2 新型解冻方法

2.1 微波解冻

微波以两种形式产生热量：一种是产生偶极化，使偶极子像自由水一样振动和转动；另一种是自由电荷在电场刺激下进行离子传导。微波解冻时，食品表面与电极并不接触，从而防止了介质对食品的污染，并且微波作用于食品内部，使食品内部分子相互碰撞产生摩擦而使食品解冻。微波解冻速度快，食品营养物质的损失降低。近年来，微波解冻由于其速度快、效率高等特点，已经引起了人们足够的重视。

已有研究表明，微波频率对微波解冻食品的质量有很大影响。微波对水和冰的穿透和吸收程度不一样，微波在冰中的穿透深度较水大，但水对微波的吸收速率比冰快。频率越高，水对微波的吸收效果（即微波对食品的加热作用）就越明显。由于在一般冻结食品中，并非所有的水都形成冰，仍约有5%~10%的水以液体状态存在，当微波频率升高时，这部分水对微波的吸收能力较强，从而导致了解冻时食品局部过热而其他部位还处于冻结状态的解冻不均匀和汁液流失严重的问题，使得食品的品质降低。Lee等^[12]就发现用915 MHz的微波解冻鱼块，不仅在解冻速率上比传统的外部解冻方法快，而且与4℃以上的传统解冻相比，微波解冻后的鱼肉汁液流失率明显降低；但若是用2 450 MHz的微波解冻，鱼肉的汁液流失率却高达17%，而一般微波炉的频率是2 450 MHz，不适合于解冻肉类。

微波解冻肉类有许多好处，王秀忠^[13]认为有以下几点：1) 减少肉损失，减少消耗，从而提高效益；2) 解冻快速且均匀；3) 解冻时无交叉污染，提高解冻肉的品质；4) 微波解冻绿色环保，不污染环境；5) 占地面积小，方便操作；6) 微波解冻装置使用寿命较长，可实现工业连续生产。微波解冻的这些优点大多符合肉类解冻

的要求, 具有很高的实用价值。例如, 在冻结过程中由于肉中肌红蛋白氧化成红褐色的高铁肌红蛋白, 冻肉表面水分的蒸发, 导致表层有色物质的浓度增加, 因而解冻时, 肉会呈现自然深红色。随着冻结与解冻过程的发生, 肉的红度 (a^* 值) 减小、黄度 (b^* 值) 增大, 肉的可接受程度就会降低^[14]。但是, 常海军^[15]研究发现微波解冻后肉的 a^* 值和 b^* 值最接近鲜肉的色泽, 且微波解冻后猪肉肌浆蛋白浓度最接近鲜肉中的含量, 这就验证了微波解冻可提高肉品质的一大优点。

虽然微波解冻有这些优点, 但是并不是说该方法适用于任何肉制品。侯晓荣等^[16]对中国对虾进行微波解冻处理, 发现有较大的解冻损失率和蒸煮损失率, 可能是由于微波温度较高, 对对虾蛋白质的影响较大, 使蛋白质聚集变性等, 微波解冻不适合解冻中国对虾。Young等^[17]对冻牛肉分别进行空气解冻、冰箱解冻、冷水解冻和微波解冻, 实验得出, 与其他3种解冻方法相比, 微波解冻后的牛肉的汁液损失率最小(0.66%~2.01%), 水分含量也最高, 但蒸煮损失率、持水性和感官评价综合评分无显著差异。这与Kriji等^[18]的研究有相似的结果, 他们也得出与传统解冻方法(4℃条件下解冻48h)相比, 微波解冻可减少汁液损失, 他们还指出, 尽管微波解冻能够保证食品的安全和较少的营养物质的损失, 但是合适的微波频率、微波解冻的温度, 以及根据不同食品原料的性质调整微波的电特性等一些关键技术还没有解决, 还需要更多的研究, 以便于较好地适应食品方面的需求。

2.2 超高压解冻

水的冰点随着压力的变化而变化。当压力由常压(0.1 MPa)上升到200 MPa时, 水的冰点由0℃下降到-20℃左右。将冷冻样品加一定压力(一般为200 MPa左右), 样品中的冰在高压条件下转化成水, 然后快速卸压完成解冻^[19], 高压解冻就是依照这个原理实现快速解冻。如此以来可加大热源和相变之间的温度差^[20], 提高热流率, 而加快解冻进程, 高压下冰的熔解热焓值下降, 减少冰融化所需要吸收的热量, 从而加速解冻^[21]。

已有报道表明: 超高压解冻可以有效地缩短解冻时间, 例如50℃时在200 MPa压力下对2 kg冻牛肉解冻, 可在80 min完成, 而同样的解冻在常压下需7 h^[22]。高压解冻可缩短肉类解冻时间, 改善了肉类冻融特性, 风味和多汁性未明显变化, 提高肉类质量。其缺点是较高压力和较低的湿度会造成蛋白质变性和肉质颜色发白。Takai等^[23]已经将超高压技术应用于金枪鱼及鱼糜解冻, 研究发现, 超高压解冻比常压解冻明显缩短解冻时间, 而且肉制品的滴水损失率降低, 但是由于高压处理使得蛋白质变性, 导致鱼肉色泽的变化。Tironi等^[24]也得出类

似的结论, 采用超高压处理鲈鱼鱼肉发现, 超高压处理虽然会带来一些不好的副作用, 但可改进组织细胞的完整性, 该方法非常适合鱼类的解冻。

超高压解冻^[25]可缩短解冻时间, 控制微生物生长繁殖, 保护食品的微观结构, 而且可通过控制压力来调节解冻速率, 然而在常压条件下很难控制解冻速率, 因此可应用于许多冷冻食品的解冻。超高压加工技术是肉类加工的一条具有实用意义的新途径, 为肉品加工贮藏提供了广阔的发展前景。而食品在超高压解冻过程中发生的物理化学变化, 进行热物理性能的测试来完善超高压解冻模型这些方面还需要进一步研究。

2.3 低温高湿变温解冻

据报道, 冷冻样品和环境之间的温度差是解冻的主要驱动力, 而可变的温度差可以促进热交换以加大解冻速率^[26]。低温高湿解冻就是以此为依据进行解冻的。李银等^[27]建了一个主要由绝热库体、蒸汽加热加湿系统、变频制冷系统和控制系统4部分构成的低温高湿解冻库。解冻库内的温度一般呈2℃→8℃→2℃的变化, 解冻室内相对湿度大于90%, 直至肉块中心温度达到(0±1)℃。他们以牛肉为实验材料, 研究发现, 与传统4℃解冻库相比, 低温高湿解冻法能够显著减少汁液的损失, 减缓解冻过程中的肌红蛋白质的氧化, 抑制肉质褐变和蛋白质的变性, 改善牛肉色泽。质地剖面分析的结果表明, 肉质的硬度增加, 咀嚼性得到较大改善, 肌肉蛋白质的持水性和肌纤维束结构的完整性, 改善解冻牛肉的品质, 达到保鲜解冻^[28]。

许多工厂也采用此方法对肉进行解冻。张德权等^[29]采用此方法对牛羊肉进行解冻。与传统空气解冻相比, 牛羊肉的汁液损失率、蛋白质含量和蒸煮损失率都显著降低, 肌肉氧化程度降低, 肉的色泽、硬度、弹性和嫩度都得到改善, 显著提高解冻肉的品质, 经济效益突出。

低温条件可抑制酶的活性, 控制微生物生长; 高湿环境可使肉表面形成一层水膜, 起到隔绝氧气的作用, 从而控制肉质的氧化和减少的汁液流失。此外, 低温高湿解冻方法^[30]还具有程序化控制可及时调节解冻库内的温度和湿度, 适合于大型的工业化解冻, 产品质量一致, 与外部环境隔绝, 微生物指标得以控制和能耗低、节约能源等优点, 具有不断研究和推广应用的前景。

2.4 真空解冻法

真空解冻是真空条件下解冻室内水槽中的水蒸气在冻结食品的表面凝结放出潜热而使食品升温解冻的方法。在密封的容器中, 当真空度达到705 mm汞柱时, 水在40℃就可以沸腾, 并产生大量低温水蒸气, 水蒸气分子不断冲击冷冻原料的表面, 进行热交换, 从而促使原料快速解冻, 控制食品内部中心温度为-5℃为终点, 然

后置于0℃的条件下冷藏。真空解冻具有温度较低,适合一些热敏性的食品;解冻速度较快;真空低氧,可防止食品解冻过程中的氧化裂变,也可抑制一些好氧性微生物的繁殖;汁液流失较少等优点。真空解冻的缺点是大块肉的内层深处的升温较慢,而且解冻成本较高。

李念文等^[31]对大目金枪鱼进行解冻方法的比较,实验表明真空解冻不仅能提高解冻速率,减少解冻时间,还能减少蛋白质的变性,保持鱼肉的持水力,维持金枪鱼的质地,保留较好的口感,得出真空解冻是冻结金枪鱼块最合适的解冻方式的结论。李念文等^[32]对金枪鱼进行真空解冻的工艺优化实验,实验结果再次表明真空解冻能缩短解冻时间,质量100 g,厚度为5 cm的鱼块,其中心温度由-40℃上升到-5℃仅需1 750 s,仅为空气解冻时间的一半左右;解冻后的鱼肉有较好的持水力,能减少鱼肉蛋白的变性,各方面品质均优于传统的自然空气解冻。

2.5 高压静电解冻

高压静电(电压5~10 kV,功率30~40 W)解冻技术是将冻结食品放入到高压静电场中(如10 kV),温度控制在-3~0℃的低温环境,利用高压电场能源作用食品,使其解冻。该法解冻速度快,解冻后食品温度分布均匀,汁液流失少,能有效防止食品的油脂酸化,且高压静电场对微生物具有抑制和杀灭作用^[33]。

方胜等^[34]在利用高压电场加速冰解冻,研究结果指出高压电场可以加速冰的解冻,是因为高压静电场产生的微能源可以加速冰层结构中氢键的断裂使冰以小冰晶的形式存在再逐步过渡到小分子水的液体状态。孙芳等^[35]利于高压静电解冻牛肉,发现牛肉色泽浅红而且鲜亮,外观新鲜度明显好于无静电解冻的牛肉,主要原因是高压静电场产生的臭氧附着在牛肉表面,氧与肌红蛋白的结合,导致牛肉表面的色泽鲜红;解冻过程中失水率低于常规解冻,水分含量高可以提高光线的折射率,从而提高肉表面的亮度,这也是高压静电组牛肉亮度值高于常规解冻牛肉的原因。He Xiangli等^[36-37]比较了高压静电场解冻和空气解冻对猪肉品质的影响,在电压高于6 kV时,高压静电场方法可显著减少解冻时间,降低解冻猪肉的挥发性盐基氮的上升速率,还可以0.5~1.0 (lg (CFU/g))的速度降低解冻肉中微生物含量,而且不影响猪肉本身的品质;而且进一步得出高压静电解冻能耗非常低,随着电压的升高和电极间距离的缩短,猪肉的解冻时间而缩短,建立了一个旨在缩短解冻时间和节约能耗的解冻回归模型,为工业上解冻提供了理论支持。

2.6 超声波解冻

食品已冻结区对超声波的吸收比未冻结区对超声波的吸收要高出几十倍,而食品初始冻结点附近对超声波的吸收最大,超声波依此进行解冻。从超声波的衰减温

度曲线来看,超声波比微波更适用于快速稳定地解冻。Shore等^[38]对猪肉分别进行空气解冻和超声波解冻,研究发现虽然这两种解冻条件对猪肉含水量影响不显著,但是超声波解冻对老化肉(宰杀后在2℃条件下放置3 d的肉)的肉质结构有一定的保持作用。李化茂等^[39]以猪肉和鱼肉样品,进行频率为1.45 MHz解冻实验,也发现与空气解冻和水解冻相比,超声波解冻并不能提高解冻速度和减少解冻后汁液的损失。但是,Gambuteanu等^[40]采用低强度(25 kHz, 0.2~0.4 W/cm²)超声(低强度超声可以保证解冻均匀和减少羟自由基量)对冷冻猪背最长脊进行解冻,研究发现超声波解冻能较好保持猪肉解冻后的物理、化学和微生物特性能,说明超声波解冻的频率是一个关键控制点。若能找到合适超声波条件,超声波解冻未免不是一个可代替传统解冻方法的新型解冻方法。

2.7 欧姆解冻

当电流通过高电阻的食品时,食品内部顺势产生热量,增加食物的温度,这种电-热加热方式就叫做欧姆加热。同样,欧姆加热也可应用于食品的解冻。与微波解冻相比,欧姆解冻更有效,因为几乎所有的能量都进入食品,而且欧姆解冻不受食品厚度,即穿透深度的限制。与传统的加热解冻相比,欧姆解冻有高热流率和高能量转换效率^[41]。使用这种方法,冷冻食品可以在-3~3℃条件下快速解冻。Bozkurt等^[42]将欧姆解冻对冷冻肉进行解冻,研究发现欧姆解冻可显著减少解冻时间,解冻均匀性较好,滴水损失率变化不显著,为学术研究和工业欧姆解冻系统的设计提供重要信息。Icier等^[43]对牛肉解冻时发现,与传统解冻方法(解冻温度25℃、相对湿度95%)相比,欧姆解冻后的牛肉的质构和组织特性变化较小,而且电场强度的大小会显著影响解冻牛肉的硬度、弹性、胶着性和咀嚼性,所以设计合理的解冻工艺参数是未来欧姆解冻解决的重点。

2.8 组合解冻法

组合解冻是指在解冻的不同阶段采用不同的解冻方法进行解冻。针对不同的目的选择各自适合的解冻方法来组合,综合几种解冻方法的利弊,扬长避短,达到降低解冻成本,提高冻品品质的目的。

若将微波解冻方式与其他外部解冻方式相结合,可以在一定程度上克服微波加热导致的受热不均的效应。例如,利用0℃以下的流动空气从冻结肉表面通过,用以带走肉品表面多余的热量,减少内外温差^[44]。同样地,夏松养等^[45]采用此法对金枪鱼解冻,发现能较好的保持金枪鱼的色泽和新鲜度,提高应用价值。王锡昌等^[46]采用温盐水-冷藏库组合解冻方法对大目金枪鱼块进行解冻,实验工艺条件为盐水温度40℃、盐水质量分数3%、浸泡时间90 s,之后置于4℃冰箱12 h。与单独温盐水静

止解冻和冷藏库解冻相比, 该组合解冻后的金枪鱼肉质色泽鲜亮, 肉质富有弹性, 而且操作简单, 有较好的应用前景。

3 结语

肉类食品在解冻过程中, 其物理、化学品质以及微生物特性都会受到一定的影响, 最终导致解冻后的食品品质下降, 降低经济效益, 而解冻方法和工艺对其影响较大。解冻的方法有许多, 每一种解冻方法都各有利弊, 传统解冻方法操作简单, 设备要求较低, 但是解冻时间过长, 不利于下一步生产加工, 而且会较大地影响产品品质。新型解冻方法可显著缩短解冻时间, 而且能够最大程度地接近新鲜食品的品质, 满足消费者要求。但是设备要求高、操作复杂、前期投入成本较大, 有些还仅限于实验室研究, 不能适用于工厂大规模生产。

不同的冻藏食品适合哪种方式的解冻及如何优化解冻过程和解冻工艺将会很大程度地影响解冻后食品的品质及下一步加工的质量。未来, 根据食品原料的物性选用最适合的解冻方法; 控制好解冻工序中的关键技术点, 优化具有针对性的解冻工艺模型; 组合解冻可以取长补短, 提高产品质量, 这些都应进行深入的研究。随着人们对食品安全和品质的关注, 未来新型组合解冻方法及工艺的开发研究将会是解冻问题研究的着力点, 具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] ZHOU Guanghong, ZHANG Wangang, XU Xinglian. China's meat industry revolution: challenges and for the future[J]. Meat Science, 2012, 92(3): 188-196.
- [2] SRIKET P, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, et al. Comparative studies on the effect of the freeze-thawing process on the physicochemical properties and microstructures of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) muscle[J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 113-121.
- [3] LI Bing, SUN Dawen. Novel methods of rapid freezing and thawing of foods: a review[J]. Journal of Food Engineering, 2002, 54(3): 175-182.
- [4] 邵懿, 薛勇, 薛长湖, 等. 解冻方式及漂洗方法对冷冻竹荚鱼糜品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(12): 83-87.
- [5] 尤敏瑜. 冻结食品的解冻技术[J]. 食品科学, 2001, 22(8): 87-90.
- [6] EASTRIDGE J S, BOWKER B C. Effect of rapid thawing on the meat quality attributes of USDA select beef strip loin steaks[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(2): 156-162.
- [7] 关志强, 李敏. 食品冷冻冷藏原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 270-271.
- [8] 迟海, 李学英, 杨宪时, 等. 解冻方式和条件对南极磷虾品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 94-97.
- [9] MANHEEM K, BENJAKUL S, KIJROONGROJANA K, et al. Impacts of freeze-thawing on melanosis and quality change of pre-cooked Pacific white shrimp[J]. International Food Research Journal, 2013, 20(3): 1277-1283.
- [10] ERSOY B, AKSAN E, ÖZEREN A. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla*)[J]. Food Chemistry, 2008, 81(3): 377-380.
- [11] 刘燕, 王锡昌, 刘源. 金枪鱼解冻方法及其品质评价的研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 476-480.
- [12] LEE J K. Rapid thawing of frozen pork by 915MHz microwave. Korean[J]. Food Science and Technology, 1993, 31(1): 54-61.
- [13] 王秀忠. 微波解冻技术势在必行[J]. 肉类研究, 2006, 20(9): 24-25.
- [14] 杜江萍. 冻结肉品贮藏期间品质的变化和控制措施[J]. 肉类研究, 2009, 23(11): 14-17.
- [15] 常海军. 不同解冻方式对猪肉品质特性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(9): 10-19.
- [16] 侯晓荣, 米红波, 茅林春, 等. 解冻方式对中国对虾物理性质和化学性质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 243-247.
- [17] YOUNG B K, JI Y J, SU K K, et al. Effects of various thawing methods on the quality characteristics of frozen beef[J]. Food Science, 2013, 33(6): 723-729.
- [18] KRIFI B, AMINE M, MAKRAM J. Microbiological comparison of microwave and traditional thawing processes for poultry meat[J]. African Journal of Microbiology Research, 2014, 8(1): 109-117.
- [19] 朱松明, 苏光明, 王春芳, 等. 水产品超高压加工技术研究与应用[J]. 农业机械学报, 2014, 45(1): 168-177.
- [20] ROUILLE J, LEBAI A, RAMASWAMY H S, et al. High pressure thawing of fish and shellfish[J]. Journal of Food Engineering, 2002, 53(1): 83-88.
- [21] SCHUBRING R, MEYER C, SCHULUTER O, et al. Impact of high pressure assisted thawing on the quality of fillets from various fish species[J]. Innovation Food Science and Emerging Technologies, 2003, 4(3): 257-267.
- [22] BEITRAN E, PLA R, YUSTE J, et al. Lipid oxidation of pressurized and cooked chicken: role of sodium chloride and mechanical processing on TBARS and hexanal values[J]. Meat Science, 2005, 64(1): 19-25.
- [23] TAKAI R, KOZHIMA T, SUZUKI T. Low temperature thawing by using high pressure[J]. 17ème Congrès International du Froid, Montréal, Québec, 1991, 4: 1951-1956.
- [24] TIRONI V, LAMBALLERIE M D, LE-BAIL A. Quality changes during the frozen storage of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) muscle after pressure shift freezing and pressure assisted thawing[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(4): 565-573.
- [25] LEBAIL A, CHEVALIER D, MUSSA D M, et al. High pressure freezing and thawing of foods: a review[J]. International Journal of Refrigeration, 2002, 25(5): 504-513.
- [26] ZHU S, RAMASWAMY H S, SIMPSON B K. Effect of high-pressure versus conventional thawing on color, drip loss and texture of Atlantic salmon frozen by different methods[J]. LWT-Food Science and Technology, 2004, 37(3): 291-299.
- [27] 李银, 李侠, 贾伟, 等. 低温高湿变温解冻库的研制与应用[J]. 农业工程学报, 2014, 30(2): 244-251.
- [28] 李银, 孙红梅, 张春晖, 等. 牛肉解冻过程中蛋白质氧化效应分析[J]. 中国农业科学, 2013, 46(7): 1426-1433.
- [29] 张德权, 张春晖, 王振宇, 等. 一种冷冻生羊肉的新型解冻方法: 中国, CN102687746A[P]. 2012-09-26
- [30] 管永庆. 肉类解冻新技术-高湿低温节能型解冻[J]. 肉类工业, 2011(1): 14-15.
- [31] 李念文, 谢晶, 周然, 等. 大目金枪鱼外部与内部解冻法的品质变化[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16): 84-87.



- [32] 李念文, 谢晶, 周然, 等. 真空解冻工艺对金枪鱼品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 84-87.
- [33] 方胜, 李里特. 利用静电场实现果蔬贮藏保鲜机理的探讨[J]. 静电, 1996(1): 16-18.
- [34] 方胜, 孙学兵, 张涛, 等. 利用高压脉冲电场加速食物解冻的实验研究及其装置的研究[J]. 食品科学, 2003, 24(11): 45-51.
- [35] 孙芳, 李培龙, 孟繁博, 等. 高压静电解冻技术对牛肉品质的影响研究[J]. 中国牛业科学, 2011, 37(6): 13-17.
- [36] HE Xiangli, LIU Rui, NIRASAWA S, et al. Effect of high voltage electrostatic field treatment on thawing characteristics and post-thawing quality of frozen pork tenderloin meat[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 115(2): 245-250.
- [37] HE Xiangli, LIU Rui, TATSUMI Eizo, et al. Factors affecting the thawing characteristics and energy consumption of frozen pork tenderloin meat using high-voltage electrostatic field[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2014, 22: 110-115.
- [38] SHORE D, WOODS M O, MILES C A. Attenuation of ultrasound in post rigor bovine skeletal muscle[J]. Ultrasonics, 1986, 24(2): 81-87.
- [39] 李化茂, 贺梅英, 吕家鸿, 等. 超声喷泉解冻食品的实验研究[J]. 声学技术, 1999, 18(1): 30-38.
- [40] GAMBUTEANU C, ALEXE P. Effects of ultrasound assisted thawing on microbiological, chemical and technological properties of unpackaged pork *longissimus dorsi*[J]. Food Technology, 2013, 37(1): 98-107.
- [41] REZNICK D. Ohmic heating of fluid foods[J]. Food Technology, 1996, 50(5): 250-251.
- [42] BOZKURT H, İCIER F. Ohmic Thawing of frozen beef cuts[J]. Journal of Food Process Engineering, 2012, 35(1): 16-36.
- [43] İCIER F, İZZETOĞLU G T, BOZKURT, H, et al. Effects of ohmic thawing on histological and textural properties of beef cuts[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 99(3): 360-365.
- [44] 杨宏伟. 冻结肉解冻技术的探讨[J]. 肉类研究, 2005, 19(7): 43-44.
- [45] 夏松养, 罗红宇. 一种适合于金枪鱼的组合解冻方法: 中国, CN102960419A[P]. 2013-03-13.
- [46] 王锡昌, 刘燕, 刘源. 大目金枪鱼块温盐水-冷藏库组合解冻工艺的优化[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 358-363.

● 欢迎订阅 发布广告

- 中文核心期刊
- RCCSE中国核心学术期刊
- 入选《中国知识资源总库·科技精品期刊》
- 波兰《哥白尼索引》(IC)来源期刊
- 《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊
- 《中国期刊网》全文数据库收录期刊
- 中国科技核心期刊
- 国内外公开发行人期刊
- 美国《化学文摘》(CA)来源期刊
- 英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI)来源期刊
- 万方数据—数字化期刊群全文收录期刊

《中国调味品》 CHINA CONDIMENT

《中国调味品》杂志是中文核心期刊。由中国商业联合会主管、全国调味品科技情报中心站主办，于1976年创刊，是调味品行业国内外公开发行的专业技术刊物。三十多年来我刊本着为行业服务，推动行业技术进步的宗旨，以先进性、实用性、信息量大的特点办刊，受到业内人士欢迎。

《中国调味品》主要刊载食品添加剂、酱油、食醋、酱腌菜、豆腐乳、香辛料、鲜味剂、甜味剂、复合调味料及有关调味技术等领域的新技术、新工艺、新设备等内容。设有“专论综述”、“试验研究”、“工艺技术”、“调味与烹饪”、“食品添加剂”、“分析检测”、“企业文化”等专栏。

看人用调味品家 系王六味品文章

刊号: ISSN 1000-9973 邮发代号: 14-13 月刊 大16开 正文120页 10.00元/期 120.00元/年
CN 23-1299/TS

地址: 哈尔滨利民经济开发区南京路东6号 邮编: 150025 电话(传真): 0451-87137077 87137088

E-mail: zgtwp1976@163.com

开户行: 哈尔滨银行利民经济开发区支行 户名: 哈尔滨市食品工业研究所有限公司 帐号: 1278011151860079

《中国调味品》杂志社 全国调味品科技情报中心站