

低温真空加热对预制小龙虾品质的影响研究

高如意, 李嘉诚, 高 杰, 艾 馨, 房泽萍, 杨立娟, 杨俊豪, 杨水兵*

滁州学院生物与食品工程学院, 安徽 滁州

收稿日期: 2025年8月2日; 录用日期: 2025年8月27日; 发布日期: 2025年9月4日

摘 要

小龙虾作为一种丰富的水产品资源, 其富含蛋白质、必需氨基酸、维生素、矿物质, 备受消费者的青睐。油炸是小龙虾主要的加工方式之一, 但普通油炸使虾肉蛋白质过度变性, 导致质地变硬、口感变差。真空低温加热技术具有明显优势, 油炸温度低, 可以减少食品中某些营养成分的损失, 以及避免食品焦化。本文对比普通油炸与低温真空油炸在质地品质、营养成分保留方面的差异, 指出低温真空油炸在保持虾肉弹性、嫩度, 减少营养与风味损失上的优势。并对低温真空油炸在预制水产品加工中应用前景进行了展望, 为提升小龙虾预制产品品质、推动产业发展提供理论与技术参考。

关键词

小龙虾, 低温真空加热, 油炸, 品质

Study on the Effect of Vacuum Low-Temperature Heating on the Quality of Prefabricated Crayfish

Ruyi Gao, Jiacheng Li, Jie Gao, Xin Ai, Zeping Fang, Lijuan Yang, Junhao Yang, Shuibing Yang*

School of Biological Science and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou Anhui

Received: Aug. 2nd, 2025; accepted: Aug. 27th, 2025; published: Sep. 4th, 2025

Abstract

Crayfish, as a rich aquatic resource, are rich in protein, essential amino acids, vitamins, and minerals, and are highly favored by consumers. Deep-frying is one of the primary processing methods for

*通讯作者。

文章引用: 高如意, 李嘉诚, 高杰, 艾馨, 房泽萍, 杨立娟, 杨俊豪, 杨水兵. 低温真空加热对预制小龙虾品质的影响研究[J]. 食品与营养科学, 2025, 14(5): 644-648. DOI: 10.12677/hjfn.2025.145070

crayfish. However, conventional deep-frying causes excessive denaturation of shrimp meat protein, resulting in a hardened texture and poor palatability. Vacuum low-temperature frying technology offers distinct advantages due to its lower frying temperature, which reduces the loss of certain nutrients and prevents food charring. This study compared the differences between conventional frying and vacuum low-temperature frying in terms of texture quality and nutrient retention. The results demonstrate that vacuum low-temperature frying has advantages in maintaining the elasticity and tenderness of shrimp meat and reducing the loss of nutrients and flavor. Furthermore, the application prospects of vacuum low-temperature frying in the processing of prepared aquatic products are discussed. This research provides theoretical and technical references for improving the quality of crayfish prepared products and promoting industrial development.

Keywords

Crayfish, Vacuum Low-Temperature Heating, Frying, Quality

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,小龙虾在中国已经成为重要经济养殖品种。此外,其生长速度快,适应能力强而在生态环境中形成绝对的竞争优势。小龙虾的生产高峰在4~8月,季节性强[1],供需矛盾大,且因其水分和营养丰富,易腐败变质。因此,为了确保小龙虾的全年供应,常加工成各类罐制、冻煮预制食品,常见的如小龙虾虾尾罐头、冻煮调味麻辣小龙虾等[2]产品。目前,油炸是熟制小龙虾主要的加工方式之一,但是在普通油炸过程中,由于高温使小龙虾表面迅速脱水,内部虾肉因持续受热,蛋白质快速变性且过度聚集交联,导致虾肉硬度大幅增加,弹性和嫩度急剧下降。同时,高温促使虾肉内部水分大量散失,难以维持产品品质[3]。低温真空加热技术作为一种新型加热方式,有效降低油炸食品中的油脂含量,减少褐变反应以及高温对原料营养及感官品质上的破坏,同时增加油炸食品的酥脆性,在改善预制小龙虾质地品质方面展现出独特优势。对其进行深入研究,有助于推动预制小龙虾产业的高质量发展。

2. 小龙虾概述

小龙虾,学名为克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*),也被叫作淡水小龙虾,隶属于节肢动物门、甲壳纲、十足目、螯虾科,原螯虾属,原产地为北美洲,经由日本引入我国,属于穴居入侵型红沼泽螯虾[4]。小龙虾引入我国后,不仅适应环境能力好,繁殖能力强,易养殖,而且因其营养丰富,加工后滋味良好,深受中国人民喜爱。近年来,小龙虾产业发展迅速,养殖产量和面积大幅增加。据统计[5],2023年,我国小龙虾养殖面积2950万亩、产量316.10万吨,同比分别增长5.36%和9.35%,继续保持较快增长。现阶段,我国龙虾养殖相对集中,主要分布在安徽、湖北、江西、江苏等长江中下游地区,养殖产量、加工流通量逐年增加,已成为我国重要的养殖经济虾类,并逐渐形成了较为完整的产业链。

3. 预制小龙虾产业现状

预制菜是指以农、畜、水产品为原料,配以各种辅料加工而成的成品或半成品[6]。预制菜在20世纪80年代进入我国[7],随着居民生活节奏加快及消费观念转变,预制食品市场蓬勃发展。小龙虾预制食品作为小龙虾产品的第一大类,因其独特风味和丰富营养,产品特色明显。常见的小龙虾预制食品主要包

括即食、即热或即烹、即配的整龙虾、龙虾尾以及龙虾仁等。在预制食品领域占据重要地位[8]。根据《中国小龙虾产业发展报告(2024)》[9]中的相关数据统计,过去几年预制小龙虾市场规模呈稳步增长态势,预计未来仍将保持较高增长率,小龙虾的经济价值逐步增高,市场潜力巨大。相较于传统的高温油炸,越来越多企业开始采用恒温真空油炸技术,在低温、低压环境下进行油炸,能有效减少油脂的摄入,最大程度保留小龙虾的营养成分与鲜嫩口感。预制小龙虾产业虽发展良好,但在健康层面,油炸工艺使产品油脂含量高,易带来肥胖、心血管疾病风险,让注重健康的消费者望而却步。此外,油炸能耗大,增加了生产成本,在环保和可持续发展方面也存在隐忧。

4. 低温真空油炸对水产品品质的影响研究

4.1. 普通油炸对水产品品质的影响

普通油炸过程中,水产品在高温油脂环境下,蛋白质因受热变性,导致肌肉纤维收缩、聚集,使得水产品肉质硬度增加、弹性下降,口感由原本的鲜嫩变得紧实且干柴;此外高温引发美拉德反应、脂质氧化等一系列复杂的化学反应,生成醛、酮、呋喃[10]等挥发性风味物质,赋予油炸产品烤香、坚果香等独特的油炸香气,然而过度油炸也会使风味劣变,产生焦糊味;而在营养层面,高温油炸易造成水产品中不饱和脂肪酸氧化、维生素大量损失[11],降低其营养价值,同时可能生成潜在有害物质丙烯酰胺等,威胁人体健康。

4.2. 低温真空油炸对水产品品质的影响

低温真空油炸是在低于常压的环境下,利用水沸点随气压降低而下降的原理,使物料在较低温度下实现油炸过程[12]。传统油炸高温易致水产品营养流失、风味改变及质构劣化,而低温真空油炸能在相对温和条件下,利用真空环境降低油脂氧化和食品氧化速率,减少热敏性营养成分降解[13],同时通过低温油炸使大部分水产品水分快速汽化,形成多孔结构,赋予其独特口感。

水产品富含蛋白质、不饱和脂肪酸及多种维生素与矿物质。传统高温油炸会使蛋白质过度变性,降低其生物利用率,还会导致不饱和脂肪酸氧化,破坏维生素结构。而低温真空油炸因温度较低,蛋白质变性程度可控,能较好维持其氨基酸组成与结构,保留营养价值。对于不饱和脂肪酸,减少了氧化风险,维持其健康益处。在维生素方面,像对热敏感的维生素C和B族维生素,损失量明显低于传统油炸[14],更大程度保留了产品的营养完整性。

在产品风味方面,由于油炸温度低且真空环境减少了氧化,美拉德反应在更温和条件下进行,生成的风味物质更具层次感与独特性,避免了高温油炸产生的焦糊味,保留并强化了其自身的鲜美风味。同时,脂质氧化程度低,减少了不良风味产生。质构上,低温真空油炸使水产品表面水分迅速汽化,形成均匀细密的多孔结构,赋予表面酥脆口感;内部因水分散失相对缓慢,肌肉纤维破坏程度小,保持了一定弹性与韧性[15],达成了酥脆与鲜嫩并存的理想质构,显著提升了产品的感官品质与消费者接受度。

5. 低温真空油炸技术在水产品中的应用

在水产品加工领域,低温真空油炸技术作为创新工艺,正在大幅改善油炸产品品质并逐渐被广泛应用,如表1。此技术在低气压环境下,降低了油脂沸点,使油炸能在较低温度下完成。沈艳奇[18]等研究发现在小黄鱼加工中,真空油炸小黄鱼水分含量降低了12.48%,含油量降低了11.6%,L值提高了9.59%,其口感更加酥脆,形态更加完整,色泽更加明亮,综合感官评分更高。同时改善了产品外观和风味,提高了产品贮藏稳定性,具有广阔的应用前景。沈泽洞[19]等人研究发现鲢鱼在加工中,采用低温真空油炸出来的鱼干,颜色金黄透明,鱼肉软硬适中,口感好,其水分含量 $\leq 8\%$,其不仅减缓了油的氧化变质,降

低了油耗、能耗，更提高了原料利用率，降低了产品成本，提高了劳动生产率。研究表明，与传统高温油炸相比，低温真空油炸能有效减少蛋白质变性和不饱和脂肪酸的氧化，保持水产品中维生素和矿物质的稳定性。同时，真空环境下的油炸过程显著降低了油脂的氧化程度，减少了有害物质如丙烯酰胺和反式脂肪酸的形成，提高了产品的安全性。此外，低温处理还有助于维持水产品肌肉组织的完整性，使其保持更好的质构特性。实际应用中，低温真空油炸技术已成功用于多种水产品的加工，如鱼类、虾类和贝类等。该技术不仅能够生产出营养保留率高、口感优良的即食产品，还为开发新型健康休闲食品提供了可能。采用低温真空油炸工艺生产的即食鱼片和虾制品[13]-[19]，在保持水产品原有风味的同时，具有较低的油脂含量和更长的保质期。然而，该技术的推广应用仍面临一些挑战，如设备成本较高、工艺参数优化复杂等。未来研究应着重于优化工艺参数、开发配套设备，并探索与其他新型加工技术的结合，以进一步拓展低温真空油炸在水产品加工中的应用范围，为消费者提供更优质、更健康的水产品选择。

Table 1. The effect of vacuum low-temperature heating on the quality of different aquatic products
表 1. 低温真空油炸对不同水产品品质的影响研究

文献/时间	研究对象	最优参数	结果
傅宝尚等[13]/2022	冷冻带鱼	热风干燥温度 50℃，预干燥程度 67%、油炸温度 98℃、油炸时间 61 min、离心脱油时间 300 s	产品感官评分为 92，脆性为 14373.81 g。产品口感酥脆，低脂高蛋白，且保藏性良好
杨祺福等[14]/2023	熟制单冻小龙虾虾尾	真空度 0.09 MPa，油炸温度 95℃、油炸时间 120 min、油料质量比 3.0:1.0、脱油时间 25 min	虾尾酥水分含量为(2.65 ± 0.11)%；粗脂肪含量为(25.66 ± 1.88)%；硬度为(443.21 ± 42.36) g；丙烯酰胺含量为(11.2 ± 0.17) µg/kg
邓昌俊等[16]/2018	金线鱼鱼糜(冻藏)	真空油炸温度 105℃，油炸时间 3 min，脆片厚度 2.00 mm	鱼糜脆片成品脂肪含量、色差和断裂力分别为 23.13%、14.20、14.53 N，均处于较高水平，具有较高的食用价值
林琳等[17]/2010	大黄鱼	真空度 0.03 MPa，油温 145℃，油炸时间 120 s	真空油炸出来的大黄鱼蛋白质 > 80%，食盐 < 3.8%，水分 < 6%，灰分 < 11%

6. 结论和展望

低温真空加热技术在改善水产品质地品质方面具有显著优势，通过对肌肉组织结构、水分含量与风味的影响，有效提升了弹性、嫩度等质地指标，同时在营养成分和风味物质保留方面表现出色。尽管该技术在应用过程中面临设备成本、工艺优化和产品货架期等挑战，但随着研究的深入和技术的不断进步，多技术联用、智能化控制等发展方向将为其在水产品加工产业中的广泛应用提供可能，推动预制产品产业向高品质、多样化方向发展。

虽然低温真空加热技目前术在小龙虾加工方面应用较少，但随着预制食品市场持续扩容，消费者对高品质预制小龙虾需求攀升，低温真空油炸技术因其独特优势，有望在产业中获得更广泛关注和应用。其在预制小龙虾产品中的应用不仅需要进一步优化，还需要继续探索其结合真空、气调等包装方法，不断研究更加合理的预制菜冻藏保鲜方式。此外，还需进一步研究冷链物流方式、搭建货架期模型，以确保高品质的小龙虾产品送到消费者手中。相信做到这些，我国预制小龙虾产品市场将会拥有更加广阔的前景，小龙虾产品加工行业的发展会得到更加有力的保障。

基金项目

本研究得到安徽省教育厅科研基金“小龙虾绿色高效保质减损关键技术研究及其应用”(No. 2022AH051089)、滁州学院大学生创新创业训练计划“低温真空加热对预制小龙虾质地品质的影响研究”(No. 2024CXXL21602)、滁州学院科研启动基金资助项目“低温冷冻中华绒螯蟹的水分迁移特性及其对品质的影响研究”(No. 2022qd49)的资助。

参考文献

- [1] 孙中勇, 宋迁红, 赵永锋, 等. 河蟹、小龙虾养殖发展现状分析[J]. 科学养鱼, 2023(6): 7-10.
- [2] 王彩理, 王志勇, 孙彩娇, 等. 虾类休闲食品的科研及产业概述[J]. 中国渔业质量与标准, 2024, 14(3): 49-54.
- [3] 李新, 汪兰, 乔宇, 等. 油炸过程中淡水小龙虾理化性质与品质变化[J]. 肉类研究, 2021, 35(9): 1-6.
- [4] Śmietana, N., Panicz, R., Sobczak, M., Nędzarek, A. and Śmietana, P. (2020) Variability of Elements and Nutritional Value of Spiny-Cheek Crayfish (*Faxonius Limosus*, Rafinesque, 1817): Variability of Elements and Nutritional Value of *F. Limosus*. *Journal of Food Composition and Analysis*, **94**, Article 103656. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103656>
- [5] Xiong, B., Xu, T., Li, R., Johnson, D., Ren, D., Liu, H., *et al.* (2020) Heavy Metal Accumulation and Health Risk Assessment of Crayfish Collected from Cultivated and Uncultivated Ponds in the Middle Reach of Yangtze River. *Science of The Total Environment*, **739**, Article 139963. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139963>
- [6] 黄燕燕, 梁艳彤, 陆云慧, 等. 水产品预制菜行业发展现状[J]. 现代食品科技, 2023, 39(2): 81-87.
- [7] 邓衍军, 陈宇, 杨国栋. 广东省预制菜产业发展现状分析[J]. 现代农业装备, 2022, 43(6): 16-19+65.
- [8] 苏雨瞳, 余进祥, 傅雪军, 等. 小龙虾预制食品品质综述[J]. 包装工程, 2023, 44(9): 71-80.
- [9] 中国小龙虾产业发展报告(2024) [J]. 中国水产, 2024(7): 14-20.
- [10] 沈艳奇. 低温真空油炸小黄鱼调理食品的研制[D]: [硕士学位论文]. 锦州: 渤海大学, 2019.
- [11] 余远江. 五种广西优势水产原料及其油炸制品的风味特征研究[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2021.
- [12] 杨金生, 尚艳丽, 夏松养. 低温真空油炸对半干水产品营养成分和食用油品质的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 173-177.
- [13] 傅宝尚, 林子宸, 姜鹏飞, 等. 即食真空油炸带鱼调理食品的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(11): 126-134.
- [14] 杨祺福, 徐文思, 资陆妍, 等. 低温真空油炸工艺对小龙虾虾尾酥品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(2): 87-93.
- [15] 陈祜福, 陈勋弟, 罗承通. 低温真空油炸脆虾工艺研究[J]. 食品安全导刊, 2016(21): 124-126.
- [16] 邓昌俊, 郑心怡, 沈瑾烨, 等. 响应面法优化低温真空油炸鱼糜脆片加工工艺[J]. 食品工业科技, 2018, 39(15): 181-188.
- [17] 林琳, 谢超, 朱赞清. 养殖大黄鱼低温真空油炸的工艺[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(1): 60-63.
- [18] 沈艳奇, 李学鹏, 王金厢, 等. 低温真空油炸小黄鱼加工工艺优化及包装方式对其贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(24): 110-119.
- [19] 沈泽洞, 黄键豪. 鲢鱼低温真空油炸的研究[J]. 食品工业科技, 2001, 22(6): 46-48.