

在烹饪加工中维生素、矿物质和酶变化的研究进展

陈逸玉, 徐朔, 赵钜阳*

哈尔滨商业大学旅游烹饪学院 (哈尔滨 150076)

摘要: 烹饪是对食材加工处理, 使食物更可口、更好看、更好闻的处理方式, 不仅让人在食用时感到满足, 而且能让食物的营养更容易被人体吸收。当今社会, 人们往往更倾向于关注食物中蛋白质、碳水、脂肪的变化, 但维生素、矿物质和酶在烹饪加工中的变化也不容忽视。本文按烹饪加工的流程, 对可能引起维生素、矿物质和酶变化的环节进行系统的阐述。

关键词: 烹饪加工; 营养变化; 微量元素

Research progress on changes in vitamins, minerals and enzymes in cooking Processing

Chen Yiyu, Xu Shuo, Zhao Juyang *

(College of Tourism and Cuisine, Harbin University of Commerce (Harbin 150076))

Abstract: Cooking is the processing of ingredients to make food more delicious, better looking, and smelling better, which not only makes people feel satisfied when eating, but also makes the nutrients of food more easily absorbed by the body. In today's society, people tend to pay more attention to the changes in protein, carbs and fats in food, but the changes in vitamins, minerals and enzymes in cooking and processing cannot be ignored. This article systematically describes the links that may cause changes in vitamins, minerals and enzymes according to the process of cooking and processing.

Keywords: cooking processing; nutritional changes; trace elements

引言

食品在烹饪加工通过焯水、蒸煮、油炸、煎炒等主要方式为其赋予独特风味、色泽。这些烹饪工序会影响食物的安全性、保质期、感官、物理和化学性质。[1]-[2]在这之中有一些变化是被需要的, 比如微生物和酶的灭活, 可以延长保质期增加食物安全性, 增加蛋白质等营养物质的消化率和利用率以及改善味道, 质地, 风味, 气味, 颜色和可食用性; 还有一些变化例如非酶褐变、氧化和热降解等变化, 会使食物中的营养成分发生改变, 进

而影响其营养价值。众所周知，大多数食物含有生物活性化合物，如维生素、矿物质、多酚（如类黄酮、单宁）、生物碱、多不饱和脂肪酸（PUFA）、植物甾醇等[3]。烹饪加工过程（如图 1 所示）会对其产生一定的影响，例如维生素、矿物质这样的微量营养素和酶的含量和占比虽然很少，但在维持人体的正常运转以及人体健康的动态平衡方面至关重要。

维生素是一组有机化合物，在维持、保护和生长生物方面起着至关重要的生物活性化合物作用[4]。维生素的发现可以追溯到 20 世纪初，迄今为止，已经确定了 13 种维生素。1915 年，McCollum 和 Davis 根据其溶解度将这些维生素进一步分为脂溶性（A，D，E 和 K）和水溶性（B1，B2，B3，B5，B6，B7，B9，B12，C）维生素[5]。脂溶性维生素对光、高温、氧气等环境敏感容易分解，水溶性维生素则容易在浸泡、清洗、蒸煮等过程中发生损失。

矿物质可以分为常量矿物质（钙、镁、钾、钠、氯化物、磷和硫）和微量矿物质（碘、锌、硒、铁、锰、铜、钴、钼、氟化物、铬和硼）。矿物质在我们的身体中起着关键作用，从建立强壮的骨骼到传递神经冲动、维持身体稳态。现在社会普遍存在矿物质缺乏的问题，矿物质的吸收利用与食物原料、烹饪加工息息相关。

酶是存在于几乎所有类别的食品系统中的蛋白质分子或化合物，是用于加速特定的化学反应。根据应用要求的不同，酶促反应可以是有利的或有害的。比如在烘焙和酿造中使用淀粉酶水解淀粉，将不同的蛋白酶用于肉类嫩化等就是有利的，但还有一些需要灭活许多酶以保持或保持食品的质量，例如原料奶中的热稳定酶（包括碱性磷酸酶和乳糖过氧化物酶）可能会产生牛奶风味变化，因此可以作为巴氏杀菌结果的重要指标。因此烹饪加工中酶的变化也十分重要。

本文将详细叙述维生素、矿物质和酶在烹饪加工中主要环节以及一些常见加工方式中变化的研究进展。

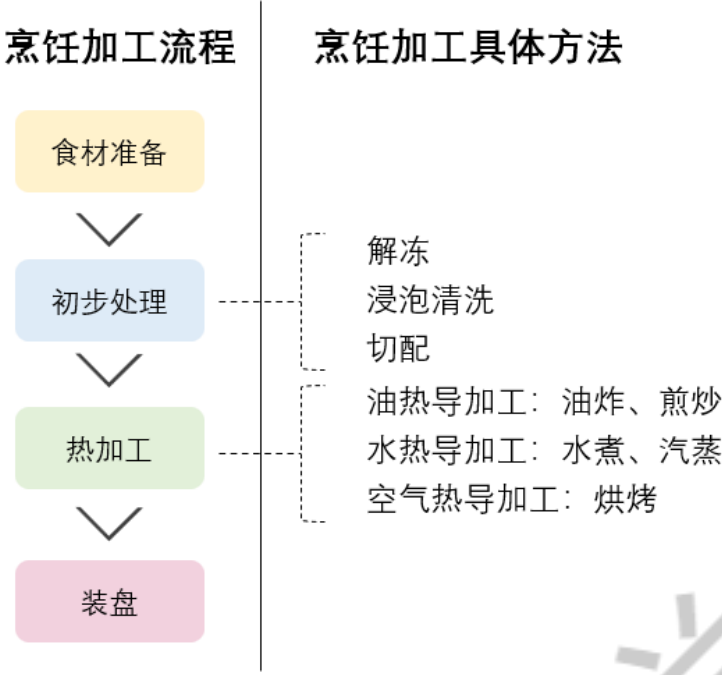


图 1 烹饪加工及方法

1 初加工的影响

1.1 解冻

冷冻一直是长期食品保存的最成功方法之一。然而，解冻食物比冷冻需要相对较长的时间，因为水的导热系数（ 0.6 W / m K ）明显低于冰的导热系数（ 2.25 W / m K ）。在解冻过程中，冷冻食品的表面解冻，然后水作为隔热体来延缓解冻过程。与冷冻相比，长时间的解冻过程会对冷冻食品产生不利影响[6]。传统解冻食物所需的大量时间会增加表面微生物生长，由于浸出的可溶性蛋白质和维生素而降低营养价值。

冷冻是被认为是保存高水分含量食品的有效方法，例如水果以及在人们饮食中有着重要地位的肉及肉制品，因为它能够保持食物的新鲜度，在这个过程中，冰晶从细胞间隙中的水形成，然后是细胞壁的水，最后是细胞质和原生质中的结合水[7]。但解冻时，随着自由水的溶解，维生素、矿物质、蛋白质会随之流逝，这种现象在水解冻的方式中尤为明显，同时冷冻时冰晶会刺破细胞增加营养的流失，这种损伤并不可逆。[8]

欧姆加热解冻是一种新型的直接加热的解冻方法，与传统加热相比，它可以产生均匀，快速的加热，并在更短的持续时间和更低的温度下加快食物中细菌和酶的灭活。Doan 等人考察了欧姆加热解冻过程中频率和电场强度对柚子汁化学参数和生物活性化合物含量的影响，包括抗坏血酸（AA）、柠檬酸（CA）等，发现低频率可以显著降低 AA 的降解，从而

提高柚子汁的抗氧化活性。[9]

1.2 浸泡清洗

浸泡本身并不会对食材的营养产生过多的影响，但传统烹饪加工中，蔬菜往往在浸泡前要经过摘择、切开这些工序再进行浸泡清洗，这就会导致大量的水溶性维生素的流失。[10]陈云等人[11]探究不同浸泡温度、时间、碱浓度对柠檬中维生素 C 的影响，其目的是为了科学指导人们食用的方法，但也可以从侧面反映出，维 C 因从食材中浸出的情况。研究表明，在一定温度条件下，浸泡柠檬时维生素 C 含量随时间延长呈明显下降趋势。

2 几种常见加工方式的影响

2.1 以油介导的加热烹调方式

2.1.1 油炸

油炸是一种古老而流行的烹饪方法，通常需要大约 5-10 分钟或更长时间，具体取决于正在加工的食品，并且涉及 150-200℃等高温[12]。它使食物形成酥脆的外壳，增加了食物的适口性，产生令人愉悦的感官特性（风味，颜色和气味）。油充当传热介质。由于微生物和酶的破坏以及食品的水分活性降低，提高食品的保藏性能[13]。此外，油炸脂肪成为最终产品的一部分，大大有助于味道和风味，但也可能向产品提供生物活性物质[15]。反之亦然，生物活性物质可以迁移到煎炸油中。

油炸的效果并不总是有益的。高加工温度会促进脂质氧化，导致食品酸败。同样，亲脂性维生素由于其低热稳定性而被破坏，与一些不稳定的生物活性化合物相同。食物和油的这些变化取决于诸如所用油的性质，表面/体积比，氧气可用性，温度，加热过程和食物浸泡水平等因素[13]。然而，油使用的时间越长，可能发生的不良反应就越大，这可能导致可能的有毒物质释放到煎炸油和食物中。重要的是要注意，在油炸过程中，食物内的温度分布是异质的。在食物的外围观察到最高温度，而含有相对较高水量的食物中心显示出较低的温度（100-105℃），使营养物质和生物活性物质在外围分解得更强烈。

2.1.2 烹炒

炒菜是一种起源于中国的烹饪方法。传统的圆底铸铁或碳钢锅称为炒锅，锅体可以加热到高温。原料在少量热油中翻拌以快速熟制，是一种高温短时的烹饪方式。长时间爆炒会导致水溶性维生素大量流失，但是其他营养素均可以保持稳定[14]。周[18]等人研究了烹饪前后红烧肉的营养变化，研究发现烹饪前后均含有相对丰富的维生素 A，一定量的维生

素 D3、维生素 B12、烟酸等，维生素 A 和维生素 D3 分别上升了 143.71% 和 3.78%，而易受高温烹制影响的水溶性维生素 B1 和维生素 B12 分别保留了 74.51% 和 41.70%；矿物质方面，磷、铁、镁、硒含量显著上升，但矿物质的变化（高于或低于生原料含量）主要取决于动物或植物种类、矿物类型以及烹饪方法[16][17]。

2.1.3 煎炸

与炒菜类似，煎炸的特点是使用非常少量的油。这种油在这里仅用作润滑剂[19]。在这里，食物至少翻转一次，以确保双方都正确烹饪。它需要较低的热量以避免食物外围燃烧。Barakat 等[20]研究了煎炸对蛋素食饮食的营养和生物活性化合物的影响，并注意由各种蔬菜配制的所有六种饮食的抗坏血酸和总酚含量，例如花椰菜，豌豆，绿色西葫芦，芋头球茎，绿豆和绿菠菜在油炸过程中显著减少（在 3-5°C 下 180-190 分钟）。抗坏血酸的减少量超过 70%，而总酚类化合物的减少量仅为 5-10%。Han 等[21]研究了一些家庭烹饪技术对苋菜生物活性的影响，表明在 232°C 下煎 4 分钟对花青素（生产品和油炸产品分别为 50.9 和 6.15 μg/g）和抗坏血酸含量（生产品和油炸产品分别为 1.23 和 1.02 mg/g）显著降低。抗坏血酸和花青素含量的损失可能是由于高温产生损耗。

2.2 以水介导的烹调方式

使用水作为传热介质的热烹饪方法，包括煮沸和蒸煮。煮沸是一种湿热烹饪技术，通过将食物浸入沸水（100°C）中来烹饪相对较长的时间。蒸是所有烹饪食物的传统方法的自然和健康方法之一[22]。水煮会导致水溶性维生素和钙、磷等无机盐溶于水中[23]。Liu 等人[24]研究了常规蒸煮、高压蒸煮和微波蒸煮对稻米中硫胺、核黄素、植酸(PA)和矿物质(镁、钙、锰、锌、铁)含量的影响。研究发现蒸煮还降低了维生素 B 和 PA 的含量，且高压蒸煮的效果比普通蒸煮和微波蒸煮效果更显著。此外，洗涤和浸泡提高了锌和钙的生物可及性，而烹调提高了镁、铁和钙的生物可及性，但降低了锌和锰的生物可及性。可能归因于烹饪使食物基质变软，从而释放出以可溶性蛋白质复合体形式存在的铁、镁、钙[25]。而锌和锰的减少则是因为烹饪可能会导致锌、锰与蛋白质和其他大米成分的潜在相互作用，从而阻碍其释放和吸收[25]。陈蔚辉 等人[26]研究了不同烹饪方式对番薯营养成分的影响，其中煮番薯具有番薯原有的清新味，且组织基质疏松柔软，便于老年人食用；蒸番薯是以水蒸气作为传热媒介，利用高热将番薯蒸熟，温度在 100 °C 以上。但由于蒸番薯和煮番薯的加热时间都较长，维 C 的含量分别损失了 80% 和 75%。

2.3 以空气介导的烹调方式

2.3.1 烘烤

烘烤是指在物料的燃点下通过干热使物料脱水、干燥、硬化的过程，通常在烘箱中应用。烘焙产品（尤其是面包）是一种常见且重要的主食。由于 100°C 至 400-500°C 以上的高温和水分的损失，烘焙对食品中生物活性物质和营养物质的含量和结构有巨大影响。这种技术所需的高温会影响食物中存在的营养和生物活性物质。

Alvarez-Jubete 等人[27]报告了基于苋菜、藜麦和荞麦的无麸质面包的生育酚保留率在 90%至 200%之间。Buddrick 等人[28]研究了棕榈油作为在面包中获得更高水平的生育酚和生育三烯酚的成分。他们发现黑麦面包的保留率较低（约 60%），而小麦面包的保留率超过 80%。Piironen 等人[29]研究了烘烤对生育酚部分保留的个体影响。他们还观察到小麦和黑麦面包之间的差异，小麦面包中 α 和 β 生育酚的保留率分别为 75%和 88%，黑麦面包中 α 生育酚的保留率仅为 50%。Hwang 等人[30]发现，在 20°C 烘烤 2012 分钟西红柿中生育酚含量甚至增加。对于这一系列相似的研究结果，他们分析可能的原因是因为超高温长时间的烘烤，使得细胞壁分解，增加了生育酚的释放，从而提高了含量。

Falowo 等人[31]在研究低温烘烤时发现在 85 摄氏度烹调的肝脏中，钾和镁含量较高，而在 65 摄氏度时，钙、钾和镁含量较低。由于水分降低，营养物质被保留在肝脏中，而其他传统技术，如煮沸、烧烤等，则具有更大的矿物质损失。

2.3.2 微波

食品加热的常用频率是食品制造的 896 MHz 和 915 MHz，以及用于制造和家用烤箱的 2450 MHz[32]。这些波可以被反射、透射或吸收到食品材料中。电磁波由垂直于波传播方向的平面中的交替磁场和电场组成。由于食品材料不受磁场的影响，电场提供了加热效应[33]。

Akdas 和 Bakkalbasi[34]报告说，无水微波处理适用于烹饪羽衣甘蓝，因为羽衣甘蓝的抗坏血酸，总类胡萝卜素和总叶绿素的保留率分别为 89.4%，99.8%，44.7%。Xu 等人[35]报道，微波加热后红甘蓝总酚含量变化可忽略不计，维生素 C 损失不明显，而炒菜和煮沸后的损失则有明显变化。微波加工蔬菜的生物活性成分保留率高于其他烹饪方法加工的蔬菜，因为加热时间较短，并且没有浸泡的预处理。因此，微波烹饪应在没有水或少量水的情况下进行，以保留抗氧化活性和生物活性成分。然而，当在微波加热过程中向食物中添加大量水时，营养物质的保留会大大降低。此外，Liu 等人[36]研究了蒸煮、高压蒸煮和微波蒸煮对不同品种水稻硫胺素、核黄素、植酸（PA）和矿物质含量（Mg、Ca、Mn、Zn 和

Fe) 的影响。蒸煮降低了维生素 B 和 PA 含量, 高压蒸煮比蒸煮和微波蒸煮效果更显著。此外, 烹饪提高了 Mg、Fe 和 Ca 的生物利用度, 但降低了 Zn 和 Mn 的生物利用度。

3 结论

本文综合了多篇家庭烹饪方式(煎炸烹炒蒸煮等)对食物的理化和营养品质影响的文章, 总结了不同烹饪方式对食物中维生素、矿物质、酶的影响。合理的烹饪方式能有效保留食材中的这些营养成分, 能消灭食品中的有害因子。因此, 人们在烹饪的过程中, 要对烹饪方式有详细的了解, 如对肉类、蔬菜分别采取不同的烹饪方式。在烹饪的过程中要控制好不同食材的烹饪温度, 从而防止食物的营养元素流失, 满足人体健康的需求。

参考文献:

- [1] 王晓燕. 烹饪方法对食物营养成分的影响及保护措施分析[J]. 食品安全导刊, 2022.
- [2] 乔学彬. 烹饪方法对食物营养成分的影响探讨[J]. 现代食品, 2019(13):109-110.
- [3] Ifie I, Marshall L J. Food processing and its impact on phenolic constituents in food[J]. Cogent Food & Agriculture, 2018, 4(1): 1507782
- [4] Michalak M, Pierzak M, Kręcis B, et al. Bioactive compounds for skin health: A review[J]. Nutrients, 2021, 13(1): 203.
- [5] Dhakal S P, He J. Microencapsulation of vitamins in food applications to prevent losses in processing and storage: A review[J]. Food Research International, 2020, 137: 109326.
- [6] Park, S. H., Ryu, H. S., Hong, G. P., & Min, S. G. (2006). Physical properties of frozen pork thawed by high pressure assisted thawing process. Food Science and Technology International, 12(4), 347–352.
- [7] Istianah N, Hasna T, Wazihiroh E. The effects of pineapple juice multistage evaporation on the freezing rate of frozen pineapple brownie cake[C]//AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC, 2019, 2114(1): 050016.
- [8] Jan N, Gani G, Bashir O, et al. Fundamentals of thawing processes for frozen foods[M]//High-Temperature Processing of Food Products. Woodhead Publishing, 2023: 153-174.
- [9] Doan N K, Lai Q D, Le T K P, et al. Influences of AC frequency and electric field strength on changes in bioactive compounds in Ohmic heating of pomelo juice[J]. Innovative Food

Science & Emerging Technologies, 2021, 72: 102754.

- [10] 乔学彬. 烹饪方法对食物营养成分的影响探讨[J]. 现代食品, 2019(13):109-110. DOI:10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2019.13.034.
- [11] 陈云, 黄维妮, 游嘉悦, 等. 不同浸泡方式对柠檬中维生素 C 含量的影响[J]. 海峡预防医学杂志, 2019 (1): 14-16.
- [12] Combe N, Rossignol-Castera A. Vegetable oils and frying[J]. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 2010, 45.
- [13] Bordin K, Tomihe Kunitake M, Kazue Aracava K, et al. Changes in food caused by deep fat frying-A review[J]. Archivos latinoamericanos de nutricion, 2013, 63(1): 5-13.
- [14] 白雪, 庄永亮, 孙丽平, 等. 不同烹调方式对植物源食物营养成分及抗氧化活性的影响[J]. 食品工业科技, 2011 (8): 445-448.
- [15] Chiou A, Kalogeropoulos N, Boskou G, et al. Migration of health promoting microconstituents from frying vegetable oils to French fries[J]. Food Chemistry, 2012, 133(4): 1255-1263.
- [16] Karimian- Khosroshahi N, Hosseini H, Rezaei M, et al. Effect of different cooking methods on minerals, vitamins, and nutritional quality indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J] . International Journal of Food Properties, 2016, 19(11) :2471- 2480.
- [17] Lin J X, Qi M M, Peng X Y, et al. Effects of cooking methods on the amino acid and mineral contents in the buds of *Aralia elata* [J]. Cyta-Journal of Food, 2018, 16 (1) :1089-1094.
- [18] 周仁客, 袁继红, 童文烽, 苍剑, 李铎. 烹饪前后红烧肉的营养成分变化[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(08):37-43. DOI:10.19870/j.cnki.11-3716/ts.20200717.001.
- [19] McGinnis S M. Field Guide to Freshwater Fishes of California: Revised Edition[M]. Univ of California Press, 2006.
- [20] ALI A M. Effect of food processing methods on the bioactive compound of cauliflower[J]. Egyptian Journal of Agricultural Research, 2015, 93(1): 117-131.
- [21] Han S, Xu B. Bioactive components of leafy vegetable edible amaranth (*Amaranthus mangostanus* L.
- [22] Saikia S, Mahanta C L. Effect of Steaming, Boiling and Microwave Cooking on The Total Phenolics, Flavonoids and Antioxidant Properties of Different Vegetable of Assam, India[J].

Int. J. Food Nutr. Sci, 2013, 2(3).

- [23] 詹珂.烹饪方法对食物性能影响的营养学解释[C]//第十三届中国西部营养与健康高峰论坛论文集. 2018.
- [24] Liu, K., Zheng, J., & Wang, X. et al. Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice[J]. Food Chemistry, 2019, 280: 59-64.
- [25] Hemalatha S, Platel K, Srinivasan K. Influence of heat processing on the bioaccessibility of zinc and iron from cereals and pulses consumed in India[J]. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2007, 21(1): 1-7.
- [26] 陈蔚辉, 黄玲玲. 不同烹饪方法对番薯营养成分的影响[J]. 食品科技, 2013 (1): 88-91.
- [27] Alvarez-Jubete L, Holse M, Hansen Å, et al. Impact of baking on vitamin E content of pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat[J]. Cereal chemistry, 2009, 86(5): 511-515.
- [28] Buddrick O, Jones O A H, Morrison P D, et al. Effect of fermentation and oil incorporation on the retention of E vitamers during breadmaking[J]. Cereal Chemistry, 2015, 92(3): 327-331.
- [29] Pillronen V. Stability of tocopherols and tocotrienols in food preparation procedure[J]. J. Food Anal., 1987, 1: 53-58.
- [30] Hwang E S, Stacewicz-Sapuntzakis M, Bowen P E. Effects of heat treatment on the carotenoid and tocopherol composition of tomato[J]. Journal of food science, 2012, 77(10): C1109-C1114.
- [31] Falowo A B, Muchenje V, Hugo A. Effect of sous-vide technique on fatty acid and mineral compositions of beef and liver from Bonsmara and non-descript cattle[J]. Annals of Animal Science, 2017, 17(2): 565-580.
- [32] Ahmed J, Ramaswamy H S. Microwave pasteurization and sterilization of foods[M]//Handbook of food preservation. CRC Press, 2007: 709-730.
- [33] Stuchly M A, Stuchly S S. Industrial, scientific, medical and domestic applications of microwaves[J]. IEE Proceedings A (Physical Science, Measurement and Instrumentation, Management and Education, Reviews), 1983, 130(8): 467-503.
- [34] Akdaş Z Z, Bakkalbaşı E. Influence of different cooking methods on color, bioactive compounds, and antioxidant activity of kale[J]. International Journal of Food Properties,

2017, 20(4): 877-887.

- [35] Xu F, Zheng Y, Yang Z, et al. Domestic cooking methods affect the nutritional quality of red cabbage[J]. Food Chemistry, 2014, 161: 162-167.
- [36] Liu H, Liu J, Lv Z, et al. Effect of dehydration techniques on bioactive compounds in hawthorn slices and their correlations with antioxidant properties[J]. Journal of food science and technology, 2019, 56: 2446-2457.
- [37] Tincheva, P. A. The effect of heating on the vitamin C content of selected vegetables[J]. World Journal of Advanced Research and Reviews, 2019, 3(3): 027-032.
- [38] 范玲, 马森, 朱晓路, 等. 不同加热处理对花生维生素含量的影响研究[J]. 粮食与油脂, 2022.
- [39] 姜欣, 李阿敏, 陈东坡. 面向食品解冻和制熟过程的射频加热技术研究进展[J]. 家电科技, 2022 (4): 58-65.
- [40] 周盛敏, 刘焕燕, 姜元荣. “营养强化维生素 AE” 菜籽油中 VA, VE 的稳定性研究[J]. 粮食科技与经济, 2020.
- [41] Ogori, A. F., Kurazheva, M., & Demidov, A. et al. Degradation kinetics of vitamin C and β -carotene in mango juice[J]. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences, 2020, 9(4): 861-864.
- [42] 侯娟, 秦礼康, 王玉珠, 等. 两种制粉方式对紫粒小麦营养成分成分的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(4): 173-177.
- [43] 周仁客, 袁继红, 童文烽, 等. 烹饪前后红烧肉的营养评价及其营养成分变化[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(8): 37-43.
- [44] 唐晓姝, 范大明, 胡博, 等. 微波加热对不同钙源强化牛乳的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(12): 161-165.
- [45] 侯晓燕, 李永芳. 微波消解-原子吸收测定强化食品中钙, 铁, 锌[J]. 中国卫生检验杂志, 2009 (12): 2801-2802.
- [46] Salari, S., & Jafari, S. M. The influence of ohmic heating on degradation of food bioactive ingredients[J]. Food Engineering Reviews, 2020, 12: 191-208.
- [47] Irakli, M., Lazaridou, A., & Biliaderis, C. G. Comparative evaluation of the nutritional, antinutritional, functional, and bioactivity attributes of rice bran stabilized by different heat treatments[J]. Foods, 2020, 10(1): 57.

- [48] Suleman, R., Wang, Z., & Aadil, R. M. et al. Effect of cooking on the nutritive quality, sensory properties and safety of lamb meat: Current challenges and future prospects[J]. Meat Science, 2020, 167: 108172.
- [49] 乔学彬.烹饪方法对食物营养成分的影响探讨[J].现代食品,2019(13):109-110.
- [50] 王凤丽, 方芮, 覃丽明, 等. 烹饪方式对蔬菜营养, 抗氧化能力及色泽影响的研究进展[J]. 食品工业科技, 2022.
- [51] Xiong, Q., Zhang, M., & Wang, T. et al. Lipid oxidation induced by heating in chicken meat and the relationship with oxidants and antioxidant enzymes activities[J]. Poultry Science, 2020, 99(3): 1761-1767.
- [52] Zheng, W., Wang, W., & Fu, D. et al. Microwave bag cooking affects the quality, glucosinolates content and hydrolysate production of broccoli florets[J]. Food Research International, 2023, 164: 112401.
- [53] Giuberti, G., Rocchetti, G., & Lucini, L. Interactions between phenolic compounds, amylolytic enzymes and starch: An updated overview[J]. Current Opinion in Food Science, 2020, 31: 102-113.
- [54] Vaskoska, R., Ha, M., & Naqvi, Z. B. et al. Muscle, ageing and temperature influence the changes in texture, cooking loss and shrinkage of cooked beef[J]. Foods, 2020, 9(9): 1289.
- [55] Ayub, H., & Ahmad, A. Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat[J]. International journal of gastronomy and food science, 2019, 17: 100145.
- [56] 包洪亮, 马永杰, 王瑞杰, 等. 超高压对西瓜汁香气相关酶的活性影响研究[J]. 中国果菜, 2021.
- [57] 仲秋冬, 邵舒彦, 胡静, 等. 热处理与非热处理对牛乳中活性物质影响的研究进展[J]. 中国乳业, 2022 (1): 94-98.
- [58] 熊添, 吴燕燕, 陈胜军, 等. 不同热加工方式对卵形鲳鲹肌肉蛋白及品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(12): 179-185.
- [59] 赖灯妮, 彭佩, 李涛, 等. 烹饪方式对马铃薯营养成分和生物活性物质影响的研究进展[J]. 食品科学, 2017, 38(21): 294-301.
- [60] 方从容, 高洁, 崔明, 等. 烹饪方式对牛肝样品中 VB₁₂ 摄食率的影响研究[J]. 中国食品添加剂, 2013 (5): 76-80.
- [61] 卢旭, 马绍英, 李胜, 等. 不同烹饪方式下烹饪时间对西兰花中萝卜硫苷和萝卜硫素的影响

响[J]. 食品科学, 2020, 1.

- [62] 刘欣睿, 孔保华, 夏秀芳, 等. 低温慢煮对肉制品食用品质及货架期影响的研究进展[J]. 肉类研究, 36(12): 49-56.

中国仪器仪表杂志