



超高压杀菌对酱卤肉制品的影响研究进展

刘杨铭, 卢士玲, 王庆玲, 李宝坤, 董娟*
(石河子大学食品学院, 新疆 石河子 832000)

摘要: 近年来, 随着生活水平的不断提高, 人们对健康、营养的饮食需求日益增长。酱卤肉制品属于低温肉制品, 是我国的传统特色肉制品, 因其保留了原材料的营养及风味而深受消费者喜爱, 具有广阔的市场前景, 但是较低的加工温度使酱卤肉制品杀菌不彻底, 在后续的加工过程中可能受到二次污染, 使得酱卤肉制品的货架期普遍较短, 其发展也受到制约。本文介绍了酱卤肉制品的超高压杀菌技术及贮藏过程中的品质变化情况, 对影响酱卤肉制品品质指标(感官品质、微生物生长、蛋白质结构、脂肪氧化、pH值变化、总挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)含量)的关键因素进行探讨, 并详尽阐述了国内外在该领域的研究方向和最新研究进展。

关键词: 超高压杀菌; 酱卤肉制品; 生化指标; 品质特性

Progress in Research on the Effect of Ultrahigh Pressure Sterilization on Soy Sauce and Pot-Roast Meat Products

LIU Yangming, LU Shiling, WANG Qingling, LI Baokun, DONG Juan*
(College of Food, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract: In recent years, with the rapid development of people's living standards, there is growing consumer demand for a healthy and nutritious diet. Soy sauce and pot-roast meat products, low-temperature meat products, are traditional Chinese meat products that are popular among consumers and have a promising market for they retain the original nutrients and flavor of raw materials. Because soy sauce and pot-roast meat products are not completely sterilized, potentially leading to secondary contamination during subsequent processing steps, the shelf life of soy sauce and pot-roast meat products is often short, restricting the development of this industry. This article presents a review of the application of ultrahigh pressure for the sterilization of soy sauce and pot-roast meat products and its effect on the quality changes of soy sauce and pot-roast meat products during storage. Moreover, the crucial factors affecting quality attributes such as sensory quality, microbial growth, protein structure, lipid oxidation, pH and total volatile base nitrogen (TVB-N) are discussed, and the future research directions and the latest progress in this field are elaborated.

Key words: ultra high pressure sterilization; soy sauce and pot-roast meat products; biochemical indicators; quality characteristics

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201708011

中图分类号: TS251.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 08-0055-05

引文格式:

刘杨铭, 卢士玲, 王庆玲, 等. 超高压杀菌对酱卤肉制品的影响研究进展[J]. 肉类研究, 2017, 31(8): 55-59. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201708011. <http://www.rlyj.pub>

LIU Yangming, LU Shiling, WANG Qingling, et al. Progress in research on the effect of ultrahigh pressure sterilization on soy sauce and pot-roast meat products[J]. Meat Research, 2017, 31(8): 55-59. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201708011. <http://www.rlyj.pub>

酱卤肉制品是将原料肉进行预煮后, 再添加香辛料及调味料等卤制而成, 最早起源于清朝, 是我国的传统特色肉制品, 色、香、味俱佳、肉质鲜嫩, 可直接食用, 令人回味无穷^[1]。酱卤肉制品的加工生产几乎遍布我国各地, 但因不同地域消费习惯、加工配料和技术的不同, 最终形

成了具有地方特色风味的多个品种。北方的酱卤肉制品佐料较多, 因而咸味较重, 如道口烧鸡; 而南方的酱卤肉制品则品种较多、口味偏甜, 如苏州酱汁肉、镇江肴肉和南京板鸭。另外, 由于加工季节的不同, 酱卤肉制品的风味也不尽相同, 如夏季口味偏咸, 冬季口味偏淡。

收稿日期: 2017-03-15

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目 (31660480)

作者简介: 刘杨铭 (1992—), 女, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工。E-mail: 1025546434@qq.com

*通信作者: 董娟 (1981—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为畜产品加工。E-mail: dongjuanvv@126.com

我国是畜牧业大国,目前的肉类产量居世界第一并在逐年增加,我国新疆地区地域辽阔、自然环境多样,相比内陆地区具有发展特色畜产品得天独厚的条件。随着生活水平的不断提高,我国人民的饮食已不单满足于饱腹,更多的是追求有营养、有特色的健康饮食。传统酱卤肉制品富含脂肪、蛋白质等营养物质,在满足消费者营养和口味需求的同时,也使其极易受到微生物的污染,且酱卤肉制品风味不稳定,有的带有卤汁,不易包装和贮藏,仅适于当地生产、就地销售^[2]。目前市场上销售的熟肉制品主要为干制品(肉干、肉松和肉脯)、灌肠和罐头等,小包装的方便肉制品很少,我国在畜禽副产品的开发和利用方面仍处于起步阶段。

酱卤肉制品属于低温肉制品,长期以来一直沿用传统的作坊式加工工艺,无论在生产、加工还是贮藏、销售等环节均存在较多问题,如产品保鲜及包装技术落后,即使在冷藏条件下产品的货架期也很短;大多以散装方式出售,难以控制产品的品质及卫生安全。这些问题极大地限制了对酱卤肉制品的开发及利用,是制约该类产品销售市场的瓶颈。因此,最大程度地保持酱卤肉制品的品质和安全性对于促进酱卤肉制品的开发及推广具有重大的现实意义。

1 超高压杀菌技术

酱卤肉制品是我国传统特色肉制品,拥有广阔的市场,但其加工温度较低,导致杀菌不彻底,加之可能会受到二次污染,因此产品的货架期普遍较短,发展也受到制约。随着生活水平的不断提高,人们开始更加关注食品的营养、品质及安全性。

传统的热杀菌技术可能造成食品中活性营养成分的损失和感官品质的下降,因此国内外已开发出多种食品保鲜技术,如低温冷藏、低温冻藏、超高压杀菌、栅栏技术和生物保鲜技术等^[3-4]。其中,超高压杀菌技术操作简单、耗能较低,能较好地保持食品的原有品质,已引起国内外的广泛关注,成为食品加工领域的研究热点之一。

食品的超高压杀菌就是把包装好的食物放入某种液体介质中(如水、甘油、油-水混合物),在100~1 000 MPa压力下处理一段时间,从而达到灭菌要求^[5-6]。其基本原理是利用压力破坏微生物的细胞膜和细胞壁,室温下就可以使蛋白质变性、酶失活、微生物死亡,实现延长食品保质期的目的。超高压杀菌技术能均匀、快速地将压力传递至样品,不因样品形状和大小的不同而有所差异,这遵循帕斯卡定律,由于高压只对形成蛋白质等高分子物质的非共价键产生作用,食品的新鲜度、感官特性和营养价值几乎不受影响^[7-9],因此超高压杀菌在肉类行业中的应用具有很大潜力^[10]。

超高压的最早研究始于19世纪末期,利用超高压来测定固、液相的变化^[6]。最早将超高压应用于食品中是美国化学家Hite,他的研究表明常温下超高压(600 MPa)处理1 h可将牛乳的保质期延长4 d,这表明超高压可以抑制微生物的生长^[11]。20世纪70年代,澳洲科学家开始研究超高压肉类食品^[12],自此超高压技术开始被广泛应用于食品加工中。1990年,日本Meidi-Ya食品公司生产的高压果酱、高压果味酸乳、高压果冻及高压色拉等一系列产品备受消费者的青睐^[13],日本也是对超高压技术研究比较全面的国家。

叶怀义^[14]、励建荣^[15]、李汴生^[16]等是我国最早开始研究食品超高压技术的学者,但他们的研究主要针对一些基本理论,不能满足工业化生产。近20年来,随着经济的发展和科技的进步,我国越来越多的科研人员在前人基础上对不同食品中超高压技术的应用进行了大量研究,如果汁^[17-19]、酒^[20-22]、水产品^[23-25]、粮油^[26-28]等,有关肉类制品的报道也越来越多^[29-32]。谢晶等^[33]对超高压结合不同气调包装对冷藏带鱼的保鲜效果进行研究,发现超高压处理结合60% CO₂+7% O₂+33% N₂的气调包装不仅能够显著延长产品的货架期,还能较好地保持冷藏带鱼原有的新鲜度。这些研究都推进了超高压技术的工业化应用,但与发达国家仍存在较大差距。目前,国内外有关食品超高压处理技术的研究及应用主要集中在食品保藏和修饰及食品品质特性的改良方面。

2 超高压杀菌技术对酱卤肉制品贮藏期间品质的影响

超高压处理鲜肉可以极大程度地延长产品的保质期,同时改善产品嫩度,但也可能导致产品颜色、蒸煮风味、pH值、脂肪和蛋白质氧化等理化性质发生改变^[34-35]。然而,超高压技术应用于熟肉制品中的研究较少,现对超高压技术对酱卤肉制品品质影响的研究现状进行分析和总结,主要从感官品质、微生物生长、蛋白质结构、脂肪氧化、pH值变化及总挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)含量六方面进行探讨。

2.1 感官品质

评定食品感官品质较为普遍、科学的方法是感官评价,该方法能够直接发现食品感官性状的异常,甚至是食品品质的微观变化。在我国,食品感官品质评价主要由评价员通过视觉、嗅觉、味觉及触觉等对食品进行综合评价。

肉及肉制品会因腐败而发生色泽及肌肉组织结构的变化,而肌肉组织结构的变化会最终改变产品的质地。王梓昂^[36]将酱牛肉于4℃和25℃2个温度条件下贮藏,发现2组样品的感官评分均有所下降,酱牛肉的感官品质会随着贮藏时间的延长而逐渐降低,并且贮藏温度越高,腐败越快,感官品质下降也越快,常温组酱牛肉的



感官品质降低速率远高于低温组；邱春强等^[29]分别采用常压（0.1 MPa）和超高压（200~600 MPa）处理真空包装酱卤鸡肉15 min，发现超高压作用会使鸡肉发生严重的汁液流失，导致硬度增加，还会使蛋白质凝胶加剧，可以有效改善鸡肉的咀嚼性。

尽管感官评价可以比较直观地检测到产品腐败的发生，但是评价结果受评价员主观因素影响较大，因此应结合理化 and 微生物等指标判定肉及肉制品的货架期。

2.2 微生物生长

从理论上来说，刚卤制的肉制品是无菌的，但加工环境和加工方法等均会使其受到微生物的污染，微生物能够侵入酱卤肉制品内部，分解脂肪、蛋白质和糖类，从而导致产品腐败；而微生物的细胞膜会因超高压处理而被破坏，通透性发生改变，进而导致细胞质流失，微生物死亡^[-37-38]，因此可以通过测定细菌总数来评定酱卤肉制品的新鲜度。

韩衍青等^[39]分别以400 MPa和600 MPa的压力对切片烟熏火腿进行超高压处理，并于4℃条件下贮藏，与未经超高压处理的样品进行对比，发现超高压处理可有效抑制烟熏火腿中优势菌的生长，并且初始污染菌数量相对较少时，600 MPa、12℃、10 min的超高压处理可将产品货架期延长至10周。贾飞等^[40]对酱卤鸡腿分别进行超高压处理（200、400、600 MPa分别处理10 min和15 min）和二次热杀菌处理（80℃，30 min），发现超高压处理能够使产品的货架期延长30 d；超高压处理时间越长、压力越大，抑制腐败菌的效果越明显，相同时间或相同压力条件下，样品中的菌落总数随压力或时间的增加而下降，且二次热杀菌和600 MPa超高压处理的抑菌效果相当。Garriga等^[10]对切片熟火腿（pH=6.25，水分活度（water activity, a_w ）0.978）、切片干腌火腿（pH=5.81, a_w =0.890）和切片生腌牛肉（pH=5.88, a_w =0.985）的微生物生长情况进行研究，结果表明，31℃、600 MPa、6 min的超高压处理是延缓切片真空包装肉制品中腐败微生物生长的最有效方法，同时食品的组成成分可能是影响超高压防腐效果的关键因素之一。

2.3 蛋白质结构

肉及肉制品中的蛋白质会随着贮藏时间的延长而变性或分解，最终导致产品品质下降。郭丽萍等^[41]研究超高压结合热杀菌处理猪肉时发现，随着压力和温度的增加，猪肉肌原纤维蛋白中的羰基含量极显著增加（ $P<0.01$ ），从25℃、0.1 MPa时的1.432 nmol/mg蛋白增加到55℃、600 MPa时的9.965 nmol/mg pro；疏水性与压力和温度呈正相关，当压力高于200 MPa时，疏水性极显著增大（ $P<0.01$ ）；45℃条件下，随着压力的升高，无规卷曲和 α -螺旋含量缓慢增加， β -折叠含量极显著减少（ $P<0.01$ ）， β -转角含量极显著增加（ $P<0.01$ ）

（由26.23%增加到30.79%）；55℃条件下， α -螺旋和 β -折叠含量分别由44.72%和14.76%减少到29.88%和13.31%，无规卷曲和 β -转角含量极显著增加（ $P<0.01$ ），分别由19.17%和21.36%增加到24.92%和31.85%。曹莹莹^[42]研究发现，超高压处理使肌球蛋白中 β -折叠等有序结构减少， β -转角等无序结构增加。Cava等^[43]则发现经超高压处理（200~300 MPa）的肉中，羰基化蛋白含量没有增加。

2.4 脂肪氧化

随着贮藏时间的延长，在微生物和氧气的作用下，脂肪发生分解氧化，进而影响产品品质，这是肉及肉制品品质下降的一个重要原因。硫代巴比妥酸反应物质（thiobarbituric acid reactive substances, TBARs）值与肉类的脂肪氧化程度呈正相关，TBARs值越大，脂肪的氧化程度越高，酸败也越严重，因此常把TBARs值作为肉及肉制品脂肪氧化的一个重要指标。

孙新生等^[44]研究发现，贮藏期间经超高压处理的真空包装烟熏火腿中游离脂肪酸的组成及产品色泽均无显著变化，样品未因超高压处理而发生氧化酸败；朱晓红等^[30]采用超高压（600 MPa，5、10、15 min）和加热（85~90℃，10 min）2种不同方式对真空包装酱牛肉进行二次杀菌处理，发现超高压处理对酱牛肉TBARs值的影响与热处理类似，但热处理组未出现贮藏末期的褪色现象。Cava等^[43]认为超高压导致各处理组样品TBARs值显著增加（ $P<0.05$ ），压力水平和保压时间对样品TBARs值无影响。

2.5 pH值变化

pH值是影响细菌繁殖的一个极为重要的因素。在贮藏与销售过程中，食品的pH值主要发生两方面的变化：1）蛋白质被分解成氨基酸，导致产品pH值下降；2）碳水化合物被微生物分解，生成有机酸，导致产品pH值下降^[45]。因此控制pH值对于防止酱卤肉制品发生腐败变质具有重要意义。

解华东等^[46]研究超高压处理卤制鹅胗时发现，在9 d的贮藏期中，对照组和100 MPa处理组样品的pH值下降幅度较大，分别下降了11.85%和13.51%；当处理压力增加到600 MPa时，样品pH值的下降幅度仅为6.14%。韩衍青^[47]在对超高压处理烟熏切片火腿的研究中发现，经超高压处理样品的pH值显著上升（ $P<0.05$ ）；Marcos^[48]、Ruiz-Capillas^[49]等认为超高压处理使牛肉的pH值显著下降；Schubring^[50]、Cruz-Romero^[51]、Souza^[52]等认为超高压处理后牛肉、猪肉和鱼肉的pH值显著上升；Rubio等^[53]则认为超高压（500 MPa、5 min）处理的高油酸组、高亚油酸组和未处理组样品贮藏期间的pH值未发生显著变化（pH值变化范围分别为5.10~5.13、5.14~5.21及5.08~5.15），这是由于在发酵过程中碳水化合物分解成有机物和乳酸，使得产品的最终pH值均小于5.3。

2.6 TVB-N含量

TVB-N是反应肉制品新鲜程度的重要指标, TVB-N的含量与食品的新鲜度呈负相关。我国国家标准规定可食猪肉的TVB-N值 $\leq 20 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ^[54]。

韩衍青^[47]研究经超高压(400、600 MPa, 10 min)处理的烟熏切片火腿的TVB-N值时发现, 超高压处理前后, 对照组与处理组样品的TVB-N值变化不显著($P>0.05$); 贮藏期间各处理组样品的TVB-N值变化趋势一致, 贮藏前期, 样品的TVB-N值会因微生物的繁殖而上升, 但贮藏后期又因糖类和蛋白质的分解而开始下降。朱晓红等^[30]对超高压(600 MPa, 5、10、15 min)处理真空包装酱牛肉进行研究后也得到相同的结论。

3 结 语

超高压灭菌技术作为一种食品加工高新技术, 在现代食品工业中应用广泛, 其不仅可以保证食品的安全性, 还能较好地保留食品原有的营养与风味, 成为当前食品加工领域的研究热点和发展方向。近年来, 超高压灭菌技术在肉及肉制品加工中已得到一些应用, 如生鲜调理鸡肉、烟熏火腿、冷却牛肉、牛肚等, 但在酱卤肉制品加工中的应用报道较少, 酱卤肉制品加工中的二次灭菌仍较多地采用热杀菌, 因此, 研究超高压处理对酱卤肉制品品质的影响对于超高压技术的商业化具有关键性作用。但超高压处理也可能导致酱卤肉制品的颜色、蒸煮风味、pH值、脂肪和蛋白质氧化等理化性质发生改变。

目前, 国外已将超高压灭菌技术投入到产业化生产中, 而我国对该技术的研究仍处于相对滞后的阶段。随着国内外对超高压技术研究与应用的深入, 此项技术将会得到更加广泛的应用, 我国与发达国家的差距也会逐渐缩小, 这将会进一步推进我国食品加工业的发展, 满足更多消费者对高品质食品的需求。我国低温酱卤肉制品一直沿用传统的作坊式加工工艺, 面临产品保鲜及包装技术落后等问题, 如何应用短时、简便、低耗能的加工技术最大限度地保留食品原有的色、香、味及营养价值已成为食品加工领域的研究热点, 将超高压灭菌技术应用与酱卤肉制品中具有较大的发展前景。

参考文献:

[1] 张勉, 唐道邦, 刘忠义, 等. 酱卤肉制品的研究进展[J]. 肉类工业, 2010(9): 47-50. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2010.09.017.
[2] 魏文平, 梁成云, 金春香. 中国、韩国、日本酱牛肉风味的比较与分析[J]. 肉类研究, 2008, 22(11): 56-61.
[3] 鲍建民. 鲑鱼的营养价值及组胺中毒的预防[J]. 中国食物与营养, 2006(3): 55. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2006.03.019.
[4] 郑永华. 食品储存保鲜[M]. 北京: 中国计量出版社, 2006: 84-85.

[5] 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. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.01.027.
[6] 李沛生, 阮征. 非热杀菌技术与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 121.
[7] TORRES J A, VELAZQUEZ G. Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 67(1/2): 95-112. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2004.05.066.
[8] BUCKOW R, SIKES A, TUME R. Effect of high pressure on physicochemical properties of meat[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2013, 53(7): 770-786. DOI:10.1080/10408398.2011.560296.
[9] HEINZ V, BUCKOW R. Food preservation by high pressure[J]. Journal for Consumer Protection and Food Safety, 2010, 5(1): 73-81. DOI:10.1007/s00003-009-0311-x.
[10] GARRIGA M, GREBOL N, AYMERICH M T, et al. Microbial inactivation after high-pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2004, 5(4): 451-457. DOI:10.1016/j.ifset.2004.07.001.
[11] HITE B H. The effect of pressure in preservation of milk[J]. West Virginia Agricultural Experimental Station, 1989, 58: 15-35.
[12] MACFARLANE J J. Pre-rigor pressurization of muscle: effects on pH, shear value and taste panel assessment[J]. Journal of Food Science, 1973, 38(2): 294-298. DOI:10.1111/j.1365-2621.1973.tb01409.x.
[13] 夏文水, 钟秋平. 食品冷杀菌技术研究进展[J]. 中国食品卫生杂志, 2003, 15(6): 539-544. DOI:10.3969/j.issn.1004-8456.2003.06.022.
[14] 叶怀义, 徐倩, 李艳华. 超高压对过氧化物酶的影响[J]. 食品科学, 1995, 16(10): 29-31.
[15] 励建荣, 傅月华, 顾振宇, 等. 高压技术在食品工业中的应用研究[J]. 食品与发酵工业, 1997, 23(6): 9-15. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.1997.06.003.
[16] 李沛生, 曾庆孝, 彭志英, 等. 超高压杀菌及其反应动力学[J]. 食品科学, 1997, 18(9): 3-9.
[17] 王孝荣, 罗佳丽, 潘年龙, 等. 超高压处理对鲜榨橙汁品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(23): 144-147. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.23.089.
[18] 杨晓苗. 超高压(UHP)技术在苹果汁生产中的应用研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2013: 1-11.
[19] 刘凤霞. 基于超高压技术芒果汁加工工艺与品质研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014: 1-18.
[20] 李聪丽. 超高压处理对白酒催陈的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2014: 1-20.
[21] 谢婷婷. 超高压处理对红曲黄酒品质的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2014: 1-9.
[22] 孟飞龙. 浑浊型生啤酒超高压保鲜工艺研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2015: 1-8.
[23] 雒莎莎, 童彦, JAHANGIR M M, 等. 超高压处理对鳙鱼质构特性的影响[J]. 中国食品学报, 2012, 12(5): 182-187. DOI:10.16429/j.1009-7848.2012.05.031.
[24] 邱春江. 超高压对鲢鱼中关键酶与结构蛋白质构影响的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014: 1-7.
[25] 马海建. 超高压处理对草鱼鱼肉和鱼糜制品品质的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016: 1-10.
[26] 赵仲凯. 超高压和热处理对甘薯抗性淀粉生成的影响[D]. 石河子: 新疆农业大学, 2015: 1-10.
[27] 徐金凤. 超高压对陈粮米饭食味的改良研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2015: 1-8.



- [28] 葛凌燕. 超高压对糙米主要理化特性的影响研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2016: 1-9.
- [29] 邱春强, 张坤生, 任云霞. 超高压灭菌技术对酱卤鸡肉品质影响的研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(11): 79-83.
- [30] 朱晓红, 姚中峰, 贾琛, 等. 超高压技术在酱牛肉保鲜中的应用[J]. 食品工业科技, 2012, 33(2): 80-84. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.02.100.
- [31] 郭向莹, 李伟群, 孙仪, 等. 超高压处理对低温鸡肉早餐肠在冷藏期间脂肪氧化的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(16): 316-320. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201316065.
- [32] 赵菲, 刘敬斌, 关文强, 等. 超高压处理对冰温保鲜牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 238-241. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201502046.
- [33] 谢晶, 杨茜, 张新林, 等. 超高压技术结合气调包装保持冷藏带鱼品质[J]. 农业工程学报, 2015, 31(12): 246-252. DOI:10.11975/j.issn.1002-6819.2015.12.033.
- [34] 常江. 超高压保压时间对冷鲜肉品质的影响[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2015, 31(3): 338-340. DOI:10.3969/j.issn.1672-0946.2015.03.021.
- [35] 奚秀秀, 徐宝才, 许世闯, 等. 超高压对肉制品的杀菌效果及杀菌机制的研究进展[J]. 肉类研究, 2016, 30(8): 39-43. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.08.008.
- [36] 王梓昂. 酱牛肉货架期预测模型及延长方法的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016: 1-10.
- [37] SHIMADA S, ANDOU M, NAITO N, et al. Effects of hydrostatic-pressure on the ultrastructure and leakage of internal substances in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 1993, 40(1): 123-131. DOI:10.1007/BF00170440.
- [38] SMELT J P P M. Recent advances in the microbiology of high pressure processing[J]. Trends in Food Science and Technology, 1998, 9(4): 152-158. DOI:10.1016/S0924-2244(98)00030-2.
- [39] 韩衍青, 孙新生, 刘登勇, 等. 应用超高压手段延长低温烟熏火腿的货架期[J]. 食品科学, 2011, 32(15): 99-102.
- [40] 贾飞, 苗旺, 闫文杰, 等. 超高压处理对酱卤鸡腿品质及货架期的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(1): 19-24. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201701004.
- [41] 郭丽萍, 熊双丽, 黄业传. 超高压结合热处理对猪肉蛋白质相互作用力及结构的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(2): 196-204. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.2.030.
- [42] 曹莹莹. 超高压结合热处理对肌球蛋白凝胶特性的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 1-18. DOI:10.7666/d.Y2360438.
- [43] CAVA R, LADERO L, GONZÁLEZ S, et al. Effect of pressure and holding time on colour, protein and lipid oxidation of sliced dry-cured Iberian ham and loin during refrigerated storage[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009, 10(1): 76-81. DOI:10.1016/j.ifset.2008.09.005.
- [44] 孙新生, 韩衍青, 徐幸莲, 等. 超高压处理对烟熏火腿色泽、游离脂肪酸及脂肪氧化指标的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(7): 122-125. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2011.07.072.
- [45] 白艳红. 低温熏煮香肠腐败机理及生物抑菌研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005: 1-26.
- [46] 解华东, 布丽君, 葛良鹏, 等. 超高压处理对卤制鹅肝灭菌保鲜与品质的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊2): 247-252.
- [47] 韩衍青. 应用超高压技术延长低温火腿的货架期[D]. 南京: 南京农业大学, 2011: 1-23.
- [48] MARCOS B, AYMERICH T, GUARDIA M D, et al. Assessment of high hydrostatic pressure and starter culture on the quality properties of low-acid fermented sausages[J]. Meat Science, 2007, 76(1): 46-53. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.09.020.
- [49] RUIZ-CAPILLAS C, CARBALLO J, JIMENEZ-COLMENERO F. Consequences of high-pressure processing of vacuum-packaged frankfurters on the formation of polyamines: effect of chilled storage[J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 202-208. DOI:10.1016/j.foodchem.2006.11.024.
- [50] SCHUBRING R, MEYER C, SCHLUTER O, et al. Impact of high pressure assisted thawing on the quality of fillets from various fish species[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2003, 4(3): 257-267. DOI:10.1016/S1466-8564(03)00036-5.
- [51] CRUZ-ROMERO M, KELLY A L, KERRY J P. Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*)[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2007, 8(1): 30-38. DOI:10.1016/j.ifset.2006.05.002.
- [52] SOUZA C M, BOLER D D, CLARK D L, et al. The effects of high pressure processing on pork quality, palatability, and further processed products[J]. Meat Science, 2011, 87(4): 419-427. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.11.023.
- [53] RUBIO B, MARTÍNEZ B, GARCÍA-CACHÁN M D, et al. The effects of high pressure treatment and of storage periods on the quality of vacuum-packed "salchichón" made of raw material enriched in monounsaturated and polyunsaturated fatty acids[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2007, 8(2): 180-187. DOI:10.1016/j.ifset.2006.09.005.
- [54] 李苗云, 孙灵霞, 周光宏, 等. 冷却猪肉不同贮藏温度的货架期预测模型[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 235-239. DOI:10.3321/j.issn:1002-6819.2008.04.046.