

牛肉肉糜类制品加工技术研究进展

孟子晴^{1,2}, 祝超智^{1,2}, 赵改名^{1,2,*}, 田 玮³, 李苗云^{1,2}, 韩明山^{4,5}

(1.河南农业大学食品科学技术学院, 河南 郑州 450002; 2.河南省肉制品加工与质量安全控制重点实验室, 河南 郑州 450002; 3.河南农业大学牧医工程学院, 河南 郑州 450002; 4.通辽综合试验站, 内蒙古 通辽 028000; 5.内蒙古科尔沁牛业股份有限公司, 内蒙古 通辽 028000)

摘要: 随着经济的发展, 人们对物质生活的需求不断提升, 以低胆固醇、高蛋白含量为代表的牛肉产品逐渐受到大众青睐, 牛肉肉糜类产品种类也日益增多, 成为广大消费者日常饮食的重要组成部分。本文概述了当前牛肉肉糜制品的主要种类, 对牛肉肠、牛肉脯、牛肉饼、牛肉馅、牛肉丸、牛肉发酵香肠和牛肉膨化食品等牛肉肉糜产品的生产技术、品质与保鲜技术等进行了比较系统的阐述, 并对其发展前景进行了展望。

关键词: 牛肉; 肉糜类产品; 品质; 氧化; 研究进展

Recent Progress in Processing Technologies for Minced Beef Products

MENG Ziqing^{1,2}, ZHU Chaozhi^{1,2}, ZHAO Gaiming^{1,2,*}, TIAN Wei³, LI Miaoyun^{1,2}, HAN Mingshan^{4,5}

(1.College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2.Henan Key Laboratory of Meat Processing and Quality Safety Control, Zhengzhou 450002, China; 3.College of Pastoral Medicine and Engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 4.Tongliao Comprehensive Experimental Station, Tongliao 028000, China; 5.Inner Mongolia Kerchin Cattle Co. Ltd., Tongliao 028000, China)

Abstract: With the development of economy, people's demand for material life has been continuously increasing. Beef products, with low cholesterol and high protein contents, are increasingly favored by the public, and there currently are a growing variety of minced beef products available in the market, which have become an important part of the daily diet. This article reviews the main types of commercial minced beef products such as beef patties, beef sausage, dried beef slices, beef stuffing, beef balls, puffed beef products and fermented beef sausage with respect to the processing and preservation technologies and quality characteristics. Furthermore, future prospects are discussed.

Keywords: beef; minced meat products; quality; oxidation; progress

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201812010

中图分类号: TS251.52

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2018) 12-0055-07

引文格式:

孟子晴, 祝超智, 赵改名, 等. 牛肉肉糜类制品加工技术研究进展[J]. 肉类研究, 2018, 32(12): 55-61. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201812010. <http://www.rlyj.pub>

MENG Ziqing, ZHU Chaozhi, ZHAO Gaiming, et al. Recent progress in processing technologies for minced beef products[J]. Meat Research, 2018, 32(12): 55-61. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201812010. <http://www.rlyj.pub>

随着我国城乡居民生活水平的显著提高, 以低胆固醇、高蛋白含量为代表的牛肉产品备受青睐^[1-2]。经过20世纪90年代中期以来的快速转型, 我国已成为仅次于美国和巴西的世界第三大牛肉生产国^[3], 牛肉产品的种类也逐渐增多, 尤其是牛肉肉糜类产品的日益增多为改善城乡居民膳食结构、提供动物蛋白等方面做出了巨大贡献。国内外运用不同的加工和保藏手段对不同牛肉肉糜类制品进

行研究, 使得牛肉肉糜类产品工艺技术不断更新, 产品种类不断丰富。本文概述了当前新型牛肉肉糜制品的主要种类、配方、加工技术及保藏保鲜等方面的研究现状。

1 牛肉肠研究现状

牛肉肠是牛肉肉糜类产品最早出现的形式之一, 国

收稿日期: 2018-08-10

基金项目: 国家农业(肉牛牦牛)产业技术体系建设专项(CARS-37)

第一作者简介: 孟子晴(1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉制品加工与质量安全控制。E-mail: China1mzq@163.com

*通信作者简介: 赵改名(1965—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉制品加工与质量安全控制。E-mail: gmzhao@126.com

内外学者在改善牛肉肠质构特性、添加不同辅料获得多样性产品、牛肉肠风味研究以及脂质氧化等方面的研究均有所突破。牛肉肠加工需要经过牛肉的解冻、修整、腌制、斩拌、灌肠及烘制等步骤,参考高晓平^[4]、司俊玲^[5]、王银娜^[6]等的牛肉肠制作方法如图1所示。

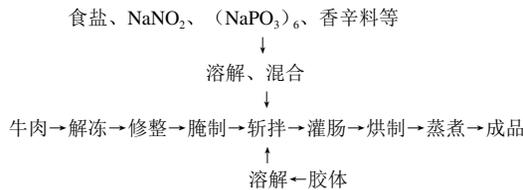


图1 牛肉肠制作方法

Fig. 1 Flow chart of beef sausage processing

近年来,在产品品种多样性方面,学者们不断创新出新形式、新内容、新方法和新产品。王银娜等^[6]用鹰嘴豆制备鹰嘴豆牛肉肠;李华等^[7]研究认为,制作富碘牛肉肠时,与海带干粉法和海带肉汁法相比,海带浸提法是最佳添加方法,可以被广泛推广使用。

随着超高压压强水平(100~600 MPa)的增加,牛肉肠的硬度、弹性、咀嚼性呈先升高后下降趋势^[8-9];在室温、保压时间15 min、压强100~600 MPa条件下处理后,实验组牛肉肠的蒸煮损失率均低于不加压的对照组,呈先下降后上升趋势^[10]。Sikes等^[11]研究表明,在10 °C条件下,经400 MPa高压处理2 min,含盐量1%的牛肉肠硬度和黏性相对于对照组(含盐量2%)有所提高,这个结果与O'Flynn等^[12]关于高压处理对猪肉肠硬度影响的研究结果一致。结合超高压与转谷氨酰胺酶处理能够使保水性和质构特性得到不同程度的改善,促进肌肉凝胶的形成^[10]。O'Flynn等^[13]研究表明,2 °C、真空条件下贮藏可以有效控制熟香肠的脂质氧化,贮藏期间香肠硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substance, TBARs)值的降低可能是由腐败细菌代谢引起的,Sukumaran等^[14]也提出了这一观点。

一般来说,牛肉肠的脂肪含量不能过低,当脂肪含量降低到16%以下时,牛肉肠质地硬、多汁性差、风味不佳,食用品质难以接受^[15];而且,精瘦肉滚揉腌制时要控制温度在4~6 °C,温度过高则不利于盐溶性蛋白的提取,成品易出水出油;温度过低则不利于肉品发色,品质较差^[16]。牛肉自身含有较多的色素蛋白及不饱和脂肪酸,使得牛肉肠容易氧化褪色^[17],可以通过切断油脂自动氧化链反应、调整pH值及螯合金属离子等措施延缓产品的褪色反应。

2 牛肉脯研究现状

牛肉脯是一种常见的牛肉休闲食品,目前,国内外

学者主要从加工工艺参数、添加辅料和保藏保鲜等方面进行研究。我国依然沿用传统加工方法生产牛肉脯,通过切片、腌制、烘烤制作而成,也有人结合西式肉制品的加工方法改造牛肉脯生产工艺,即经过腌制、斩拌、装模、蒸煮、切片、烘烤等过程制成牛肉脯,其制作工艺^[18]为原料肉预处理→腌制→斩拌→装模蒸煮→冷却→切片→烘烤→调味→真空包装→杀菌→成品。

在产品品种方面,张倩等^[19]研究得到土豆、鱼腥草与牛肉复合营养肉脯,采用牛肉泥作为原料,既保留了牛肉较好的韧性,还具有良好的化渣性及不黏牙等特点。楼明等^[20]研究表明,通过对复合磷酸盐组成、蒸煮中心温度和烘烤温度等条件进行优化,得到比传统肉脯出品率高10%左右的果蔬牛肉脯。周悦^[21]研究表明,随着复合磷酸盐添加量的增加,肉脯的水分活度、水分含量及嫩度逐渐增大,但当复合磷酸盐添加量大于0.3%时,肉脯嫩度升高,水分含量增加,组织松软,咀嚼性下降,口感发涩;且随着大豆蛋白添加量的增加,肉脯的水分含量、水分活度及剪切力逐渐升高。

一般而言,货架期的研究不可或缺。卢晓黎^[22]研究表明,牦牛肉脯可于常温下贮藏9个月,主要方法是牦牛肉脯加工后期添加0.04%乳酸链球菌素(Nisin)+0.01%山梨酸钾复配防腐剂,并使用透明复合膜真空包装。黄丹丹^[23]研究表明,发酵温度和亚硒酸钠浓度对富硒牛肉脯的品质有显著影响,在亚硒酸钠添加量9%、接种量16 µg/mL、发酵温度30 °C条件下,富硒牛肉脯贮藏30 d时的过氧化值为2.9 meq/kg;并推测迷迭香酸(0.025%)与硒(0.025%)协同作用时,富硒牛肉脯在20 °C条件下可贮藏256 d,比单独使用VC(0.025%)、VE(0.025%)或叔丁基对苯二酚(tert-butyl hydroquinone, TBHQ)(0.025%)时显著延长货架期,但具体的协同作用机制及各添加物的主导地位还未深入探究。

目前,牛肉脯的生产方式大都采用传统工艺,其缺点是工艺落后,产品肉质干涩,因此对牛肉脯加工过程中应用的辅料进行挖掘,成为提高牛肉脯产品品质的重要途径。复合磷酸盐不仅具有使肌肉中肌球蛋白解离成肌动蛋白和肌球蛋白的能力,多聚磷酸盐还能对肌肉中肌球蛋白的变性起到一定程度的抑制作用,降低肌球蛋白变性程度,提高肌肉保水能力,进而提高肉脯嫩度。大豆蛋白与肉制品反应形成能够改善肉制品组织状态的凝胶结构,使肉脯结构紧实。淀粉颗粒受热过程中吸水、膨润、糊化共同作用增强,使得肉脯的水分含量、水分活度和剪切力逐渐增加,硬度加大,不易咀嚼,品质下降。淀粉添加量应适中,过多的淀粉使肉脯咀嚼性增大,颜色发白,这与王玉田等^[24]的研究结果一致。

3 牛肉饼研究现状

牛肉饼是以牛肉为原料,通过绞肉、腌制、成型等工序加工而成的牛肉类制品。作为一种新型牛肉肉糜类产品,牛肉饼食用前需经过煎、烤、炸等方式熟制,其基本加工工艺^[25]为原料肉解冻→修整→绞肉→腌制→拌料→成型→速冻→包装→成品。

品质与加工特性研究是目前牛肉饼相关研究的主要方向。Tobin等^[25]制作20种不同脂肪含量(30%、40%、50%、60%)和盐含量(0.50%、0.75%、1.00%、1.25%、1.50%)的牛肉饼,其中,最受消费者欢迎的牛肉饼脂肪含量为40%、盐含量为1.00%,与爱尔兰和英国的牛肉饼相比脂肪含量降低20%、盐含量降低50%。Baugreet等^[26]制得预测蛋白质含量为28.7%的蛋白强化牛肉饼。Bilek等^[27]研究用糯米粉作为一种功能性食品添加剂部分代替玉米淀粉、大豆蛋白和三聚磷酸盐,结果表明,添加糯米粉组牛肉饼的烹饪损失率降低,保水率和保油率增加($P < 0.05$)。岳兰昕等^[28]通过比较实验得出:随着小苏打、植物油和嫩肉粉添加量的增大,牛肉饼的剪切力逐渐减小,嫩度增加;植物油添加量超过20%时,牛肉饼肉色变淡,组织疏松,加热时保油性差;添加牛油实验组牛肉饼的营养价值明显低于添加20%植物油组(不饱和脂肪酸含量达87.83%)。

对于牛肉饼贮藏过程中的脂质氧化及货架期研究,徐丽等^[29]研究表明,添加脂肪乳液牛肉饼的TBARs值和挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量增加。朱迎春等^[30]研究表明,反复冻融会引起牛肉肌原纤维蛋白氧化,导致牛肉饼品质下降。Alejandre等^[31]在不同贮藏条件下,即4℃真空、4℃非真空、25℃真空和25℃非真空,根据水分含量、硬度、颜色和脂质氧化率等指标评估牛肉饼的品质稳定性,结果表明,4℃真空条件下品质最优。

烹调方式和烹调器具会影响煎烤牛肉饼中杂环胺的形成,使用铁锅比特富龙锅在高温烹调时更容易生成杂环胺^[32]。在220℃条件下,烹调时间过长时会形成2-氨基-1-甲基-6-苯基-咪唑[4,5-*b*]吡啶(2-amino-1-methyl-6-phenyl-imidazo[4,5-*b*]pyridine, PhIP),而9*H*-吡啶[4,3-*b*]吲哚(9*H*-pyrido[4,3-*b*]indole, Norharman)和2-氨基-9*H*-吡啶[2,3-*b*]吲哚(2-amino-9*H*-pyrido[2,3-*b*]indole, AαC)也会在较短烹调时间内形成,并且烹调时间越长,其含量显著增加。只有使用铁锅煎烤这种与高温金属表面直接接触的烹调方式才会导致大量杂环胺的生成。秦川^[33]在烤牛肉饼中检出PhIP、Norharman等7种杂环胺,PhIP可诱发多种癌症,对人体健康造成极大危害。

近年来,低脂肉制品越来越受到关注,淀粉和蛋白粉作为脂肪代替物,部分降低脂肪添加量成为讨论热

点,营养强化型产品也日益增多;在生产贮藏过程中,为避免反复冻融引起的蛋白质氧化和理化性质变化速率加快,生产贮藏过程要保持低温且温度恒定。

4 牛肉馅研究现状

作为一种常见的牛肉肉糜食用方法,牛肉馅颇受消费者喜爱,但牛肉馅的掺假现象和生产销售中的微生物安全问题是制约牛肉馅产品推广的一大原因。

我国同一产地、同期屠宰、分割标准一致的黄牛肉的肉脂比例比较恒定^[34],但牛肉成本比猪肉和鸡肉要高,并且与猪肉和鸡肉相比,牛肉肉质相对较粗,因此行业内存在少部分牛肉馅掺假现象。针对现有问题,研究人员探索了电子鼻应用于牛肉掺假识别的可行性,发现电子鼻能较好识别掺入不同比例猪前槽肉、鸡胸肉或鸡皮的牛胸肉样品,且线性判别分析(linear discriminant analysis, LDA)法优于主成分分析(principal component analysis, PCA)法;当掺入猪前槽肉、鸡胸肉或鸡皮的比例从0%增加到100%时,LDA图中的数据分布呈现出线性规律^[35]。贾洪峰等^[36]曾应用电子鼻对牦牛肉和牛肉中掺入的猪肉进行识别,周秀丽等^[35]把电子鼻对大块肉的识别研究向肉糜延伸。Rohman等^[37]利用傅里叶变换红外光谱(Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)分析牛肉中的猪肉与猪肉脂肪掺假,利用光谱带扫描、解释和鉴定。

白莉等^[38]利用肉制品中的免疫磁珠富集(immunomagnetic separation, IMS)联合实时荧光定量聚合酶链式反应(quantitative real time polymerase chain reaction, qPCR)技术,快速检测牛肉馅中的产志贺毒素大肠埃希菌(shiga toxin-producing *Escherichia coli*, STEC) O26:H11。使用聚氯乙烯、80% O₂+20% CO₂、30% CO₂+70% N₂、0.4% CO+30% CO₂+69.6% N₂或抽真空5种不同包装形式对牛肉馅进行包装和陈列,结果表明,在陈列期间温度非适宜条件下,无氧包装能够延长牛肉馅货架期,且具有更理想的感官特性。

肉中脂肪氧化形成的醛类、酮类及挥发性羰基化合物等导致肉制品风味劣变,伴随着脂肪氧化,肉中的蛋白质也发生氧化反应,形成羰基化合物,导致蛋白质的功能性降低,如凝胶性、持水性下降,使产品质地变坚硬,口感变粗糙^[39-40]。长期冻藏过程中形成的冰晶,特别是较大冰晶将导致蛋白质严重变性,产品持水性降低,质量下降^[41]。综上所述,牛肉馅的风味保持、脂质氧化及蛋白质变性研究应持续加强,为指导工业生产提供理论依据。

5 牛肉丸研究现状

牛肉丸是将牛肉肉糜加辅料和香辛料制成的一种牛肉制品,深受国人喜爱。多年来,在对现有品种牛肉丸进行品质研究的同时也开发了部分新产品,并且对制作工艺中的斩拌时间、斩拌速率等进行了探究,在抑制牛肉丸脂肪氧化和延长货架期等方面也进行了相关探索。牛肉丸的基本制作工艺为原料牛肉的选择→修整→切条→绞肉→配料→拌馅→成型→煮制→冷却→包装→速冻→冻藏→成品。

在开发新产品方面,各式各样的牛肉丸层出不穷,抹茶牛肉丸^[42]、金针菇牛肉丸^[43]、芹菜牛肉丸^[44]、山药和薏仁药膳牛肉丸^[45]、香菇和胡萝卜汁牛肉丸^[46]及香酥牛肉丸^[47]等在一定程度上丰富了牛肉丸种类,改善了牛肉丸口感。

在工艺和工艺参数优化方面,很多学者为牛肉丸的工业化生产进行不断探究,提供了可行性方案。黄现青等^[48]研究表明,炸制温度越高、炸制时间越短,牛肉丸的水分含量越大,170℃条件下炸制的牛肉丸水分含量在30%以上。苏博等^[49]将卡拉胶、刺槐豆胶和瓜尔胶组成的复配亲水胶体添加入牛肉丸,比较干粉添加和制作凝胶添加2种添加方式对牛肉丸品质特性的改良效果,结果表明,复配胶体以干粉形式添加(添加量0.8%)对牛肉丸的品质特性改良效果最佳。殷俊^[50]在牛肉丸品质标准化、杀菌工艺和配方标准化方面进行了较为系统的研究,得到了具有统计学意义的硬度、弹性、紧密性、多汁性和易嚼性的预测方程($R_{Adj}^2=0.696\sim 0.907$)。

在抑制牛肉丸的脂肪氧化和延长货架期方面,添加一定量的高效抗氧化剂能很好地减缓牛肉丸的氧化速率。李丽等^[51]研究表明,茶多酚添加量在0.5%以上会对牛肉丸起到一定的抗氧化效果,这与杨飞芸等^[52]的研究结果不太一致,原因可能是茶多酚的添加方法不同,将茶多酚添加到牛肉馅中比茶多酚溶液浸泡效果更明显。茶多酚中儿茶素的酚羟基是优良的供氢体,可消耗自由基、螯合金属离子、阻断脂肪氧化链式反应,具有很好的抗氧化活性。Turgut等^[53]通过测定过氧化值和羰基化合物以及进行凝胶电泳等研究水溶性石榴皮提取物对牛肉丸脂质和蛋白质氧化的保护作用,结果表明:石榴皮提取物可以减少脂质氧化,抑制脂质过氧化物和丙二醛的形成;并且通过抑制蛋白质羰基化合物的积累和减缓疏脲和蛋白质溶解度的不利变化,石榴皮提取物对延缓蛋白质的氧化具有效果,推测主要是由于其酚含量较高。陈璐等^[54]研究表明,添加迷迭香、丁香和肉桂提取物能够在一定程度上减缓牛肉丸的脂肪氧化速率,掩盖脂肪氧化酸败味。贾娜^[55]、李超^[56]、Fernández-López^[57]等证实迷迭香提取物、牛蒡根多糖提取物具有抑制牛肉丸氧

化的效果。从上述研究可以看出,多种香辛料提取物可以抑制贮藏牛肉丸的微生物生长,减缓脂肪氧化速率,进而延长产品的货架期。Lu等^[58]研究表明,黑胡椒、大蒜粒、生姜粉、洋葱粉、辣椒粉和施瓦茨红辣椒粉均可以减少牛肉丸和鸡肉丸中总杂环胺的形成,其中生姜粉和黑胡椒的抑制效率最高。总杂环胺和抗氧化能力之间呈现强负相关性,推测香料中的抗氧化剂可能通过氢原子供给和单电子转移干扰杂环胺的形成,以减少或淬灭活性自由基。同时,超声波辅助、真空包装和高温灭菌也逐渐成为牛肉丸贮藏保鲜的研究热点。章斌等^[59]发现,超声波与中草药液协同作用对牛肉丸有较好的保鲜效果,壳聚糖-丁香复合液也对牛肉丸有较好的保鲜效果,可将其保质期从3~6 d延长至15 d左右^[60],初步建立了牛肉丸保鲜的危害分析临界控制点(hazard analysis critical control point, HACCP)质量管理体系^[61]。吴广平^[62]发现,将牛肉丸抽真空软包装后,在1~4℃条件下冷藏时的货架期达50 d。杨胜远等^[63]将牛肉丸用铝箔袋真空包装、121℃灭菌15 min后,在常温(25~35℃)条件下贮藏6个月仍能保持原有风味。

大量研究表明,化学抗氧化剂成本低、抗氧化效果明显,但安全性受到质疑;天然抗氧化剂在保持牛肉丸色泽、减缓油脂氧化等方面效果明显,安全可靠,逐渐成为研究热点。单一天然抗氧化剂的效果不稳定,开发高效、安全的复合天然抗氧化剂成为肉品工业发展的重要趋势。超声波辅助、真空包装和高温灭菌等方法也可用于牛肉丸贮藏保鲜,延长牛肉丸货架期。

6 牛肉发酵香肠研究现状

发酵香肠是将西方国家传统制品与现代生物技术相结合开发的一类高档肉制品。通常,发酵肠大多分为3类:干肠(失水率>30%)、半干肠(失水率>20%)和干肠(失水率<10%)。发酵香肠具有特殊的芳香味和略带柔和的酸味,保存期较长,其制作工艺通常为:把绞碎的肉、动物脂肪、盐、发酵剂和香辛料等混合,灌进肠衣,在自然或人工控制条件下进行微生物发酵,继而产生特殊风味、色泽和质地。

菌种对于牛肉发酵香肠的品质形成发挥着多重作用,如增进营养价值、改善风味、抑制杂菌生长等,因此牛肉发酵香肠生产过程中最主要的是对发酵菌株的筛选与控制。马元婧^[64]研究表明,添加马奶酒中的植物乳杆菌发酵的牛肉香肠的乳酸菌数显著高于木瓜蛋白酶组、乳酸组和空白对照组($P<0.05$),可达 7.1×10^6 CFU/g。于长青等^[65]将植物乳杆菌和啤酒酵母按一定比例混合,生产牛肉发酵香肠,结果表明,牛肉发酵香肠的亚硝酸盐及胆固醇含量均明显下降。

张丽等^[66]指出：制作牛肉发酵香肠时，发酵剂最好选择2种以上菌种的混合发酵剂；球菌与杆菌相配合有助于组织状态和风味的改善，发酵初期，乳杆菌为优势菌，产生大量乳酸，球菌生长缓慢，之后，代谢环境改变，使得球菌生长加快，由于球菌具有蛋白水解酶和脂肪水解酶活性，可将肠体中的蛋白质和脂肪分别水解为氨基酸和脂肪酸，使发酵肠具有良好的风味，pH值回升；后熟阶段，降低温度后，有利于改善牛肉发酵香肠的风味与组织状态。

一些学者也对牛肉发酵香肠的营养风味和关键控制点等进行了研究。张丽等^[66]在斯布牦牛发酵肉和甘南牦牛发酵肉中分别检出18、21种主要风味物质，其主要包括烯、醇、醚和醛类。罗红霞等^[67]将干酪乳杆菌、戊糖片球菌、植物乳杆菌、弯曲乳杆菌及葡萄球菌属进行两两复配，结果表明，选择植物乳杆菌和戊糖片球菌、植物乳杆菌和葡萄球菌作为牛肉发酵香肠发酵剂较好，并确定工艺条件为：第一阶段温度25℃、时间36h、相对湿度>90%；第二阶段温度17℃、时间8h、相对湿度>85%。常建军等^[68]应用栅栏技术延长了牛肉发酵香肠产品的保质期。Arslan等^[69]将牛肉发酵香肠浸入不同浓度的壳聚糖溶液中，发现壳聚糖不仅能够延长牛肉发酵香肠的保质期，而且使它们不会过度干燥，从而产生适当的色泽和味道。壳聚糖对腐败微生物的生长有抑制作用，但不会对天然微生物菌群产生不利影响。

牛肉发酵香肠制作过程中菌种的选择和添加量的选取非常重要，另外温度和湿度等加工条件也非常重要，应控制得当。当温度过高、发酵时间过长时，发酵肠会产生过重的酸味，难以被接受；当湿度不够时，肠体外表面色泽偏淡且发干。不同菌种对牛肉发酵香肠的作用是研究热点，牛肉发酵香肠风味物质如何产生、成分如何变化也是不断探讨的话题。

7 牛肉膨化食品研究现状

挤压膨化技术是把物料送入挤压机中，在高温、高压、高剪切力的条件下，使物料发生变化，形成疏松、多孔、酥脆产品的技术^[70]。挤压膨化技术使得产品多样性增加，具有营养成分损失小、产品消化率高、不易老化、便于贮藏及原料适用性广等特点。直接膨化型休闲食品的制作工艺比较简单，即把原料蒸煮后进行挤压膨化，此时产品疏松多孔，继而进行焙烤或油炸脱水、表面喷涂调味等工艺。膨化产品代表性加工工艺为原、辅料充分混合→挤压熟化处理→膨化→切断→干燥→调味→包装。

我国对挤压膨化牛肉制品的研究较少，目前，肉类挤压膨化制品主要以挤压膨化鸡肉制品为主^[71]。梁文明等^[72]

利用自熟多功能单螺杆食品膨化机制作产品，发现物料的水分含量较低时，得到的产品膨胀度较高；李福泉等^[73]研究发现，牛肉的添加量、进料湿度和进料粒度3个因素中，牛肉的添加量对膨化度的影响最大，其次是进料湿度。Unklesbay^[74]、Giri^[75]等研究表明：产品的水分含量在膨化温度为109℃时比91℃时小，产品密度也较小；挤压膨化条件对导热性没有显著影响，当产品从模口挤出时水分迅速丧失，油脂也在模口处丧失。

Park等^[76-77]使用单螺杆挤压膨化机，用鲜牛肉、脱脂大豆粉和玉米粉混合物制作膨化食品，实验选择3种产品组成：29%牛肉+5.00%脂肪、29%牛肉+2.96%脂肪和20%牛肉+2.96%脂肪，结果表明：添加29%牛肉+2.96%脂肪组产品的感官评定软度比其他2组得分高，剪切力低；29%牛肉+2.96%脂肪组膨化所得产品和20%牛肉+2.96%脂肪膨化所得产品的微观结构中含有大气泡，但产品中蛋白质的黏合程度较好。

挤压膨化过程中，当水分含量过高时，得到的挤压产品表面粗糙，产生的蜂窝结构空隙不均匀，这主要是由于在产品挤出瞬间蒸汽过多，形成多个不能愈合的通路残痕，使得一部分水蒸气不能及时排出，残留后凝结，使得产品膨化率降低；如果挤压机的螺杆转速过小，给物料提供的剪切力不足，会导致膨化率不高，而转速太高则使物料在机筒内的停留时间过短，也不能充分组织化，得不到理想的膨胀率。如何在保证膨化率的同时保证产品的口感和营养成分值得持续关注，并且在分子间作用的基础上对问题进行解释也值得进一步探讨。

8 结语

随着人们生活水平的提高以及对肉食消费观念的转变，品质已经取代价格成为影响消费者购买的主要因素。面对国内外巨大的牛肉消费市场以及与其他肉品种进行对比，牛肉的深加工产品略显单一。

目前国内外对牛肉肉糜类制品的研究中，对牛肉肉糜与辅料之间相互作用的研究日渐增多。在辅料的作用下，肉糜中的蛋白质变性 & 交联等受到影响，进一步影响产品的结构和口感，但由于辅料种类多样性、技术的局限性以及分子间相互作用的复杂性，使得对辅料与牛肉肉糜制品之间相互作用机制的研究进展缓慢，肉糜复合物的制备条件、影响因素以及互作机制仍需深入研究。此外，通过物理、化学及生物方法等对牛肉肉糜类产品的抗氧化进行研究，如何合理改变外在加工条件与生产技术，确保在不破坏食品品质的基础上进行抗氧化研究仍是值得探讨的话题。

参考文献:

- [1] 刘春鹏, 肖海峰. 中国牛肉供求现状及趋势分析[J]. 农业经济与管理, 2016(4): 79-87.
- [2] 王士权, 常倩, 李秉龙, 等. 基于贸易自由化的中国牛肉国际竞争力与出口影响因素的实证分析[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(9): 166-178. DOI:10.11841/j.issn.1007-4333.2016.09.19.
- [3] 王明利, 孟庆翔. 我国肉牛产业发展形势及未来走势分析[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(8): 5-8.
- [4] 高晓平, 付进华, 黄现青, 等. 麦仁营养灌肠的研制[J]. 现代食品科技, 2011, 27(9): 1096-1100. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2011.09.023.
- [5] 司俊玲. 灌肠的加工工艺[J]. 肉类工业, 2008(5): 15-17.
- [6] 王银娜, 安山, 热迪力·阿布拉, 等. 鹰嘴豆牛肉肠的研制[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(12): 144-149. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201612026.
- [7] 李华, 张军. 牛肉肠添加海带的研究[J]. 肉类工业, 2003(5): 18-19.
- [8] 李茂华, 董建国, 潘润淑, 等. 高压处理对牛肉肠质构及微观结构的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(7): 9-12.
- [9] 唐雪燕, 赵雅兰. 超高压处理对牛肉肠质构特性的影响[J]. 农产品加工, 2017(14): 5-8. DOI:10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2017.07.030.
- [10] 董建国. 超高压及谷氨酰胺转氨酶对牛肉肠品质的影响[D]. 新乡: 河南科技学院, 2013: 13-15; 62-68.
- [11] SIKES A L, TOBIN A B, TUME R K. Use of high pressure to reduce cook loss and improve texture of low-salt beef sausage batters[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009, 10(4): 405-412. DOI:10.1016/j.ifset.2009.02.007.
- [12] O'FLYNN C C, CRUZ-ROMERO M C, TROY D J, et al. The application of high-pressure treatment in the reduction of phosphate levels in breakfast sausages[J]. Meat Science, 2014, 96(1): 633-639. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.11.010.
- [13] O'FLYNN C C, CRUZ-ROMERO M C, TROY D, et al. The application of high-pressure treatment in the reduction of phosphate levels in breakfast sausages[J]. Meat Science, 2014, 96(3): 1266-1274. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.11.010.
- [14] SUKUMARAN A T, HOLTCAMP A J, CAMPBELL Y L, et al. Technological characteristics of pre- and post-rigor deboned beef mixtures from Holstein steers and quality attributes of cooked beef sausage[J]. Meat Science, 2018, 145: 71-78. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.06.001.
- [15] LEBEPE S, MOLINS R A, CHAROEN S P, et al. Changes in microflora and other characteristics of vacuum-packaged pork loins irradiated at 3.0 kGy[J]. Journal of Food Science, 1990, 55(4): 918-924. DOI:10.1111/j.1365-2621.1990.tb01565.x.
- [16] 罗欣, 朱燕, 刘志勇, 等. 脂肪含量和牛肉肠品质[J]. 肉类工业, 1998(12): 29-31.
- [17] 王玉芬, 单晓红, 程文新. 牛肉肠褪色反应机制及控制[J]. 食品工业科技, 1997(6): 62-64. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.1997.06.030.
- [18] 刘焱, 马美湖, 易兴建. 新型牛肉脯加工工艺研究[J]. 食品工业, 2001(2): 42-43; 45.
- [19] 张倩, 江萍, 秦利康, 等. 复合营养牛肉脯的研究[J]. 食品科学, 1999, 20(10): 42-44.
- [20] 楼明, 毕丽君, 岑迪. 添加果蔬牛肉肉脯的研制[J]. 肉类工业, 2000(1): 23-26.
- [21] 周悦. 碎牛肉重组制脯的加工研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2013: 21-26.
- [22] 卢晓黎. Nisin在牦牛肉脯常温保藏技术中的应用[C]//2001年肉类科技交流会暨中国畜产品加工研究会第三届肉类科技大会论文集. 北京: 中国畜产品加工研究会, 2001: 2.
- [23] 黄丹丹. 苏麻迷迭香酸对富硒牛肉脯的抗氧化活性研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2016: 50-51.
- [24] 王玉田, 靳胜福, 顾英. 改性淀粉在香肠中的应用效果研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2004(9): 91-92. DOI:10.13881/j.cnki.hljxmsy.2004.09.075.
- [25] TOBIN B D, O'SULLIVAN M G, HAMILL R M, et al. Effect of varying salt and fat levels on the sensory quality of beef patties[J]. Meat Science, 2012, 91(4): 460-465. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.02.032.
- [26] BAUGREET S, KERRY J P, ALLEN P, et al. Optimisation of protein-fortified beef patties targeted to the needs of older adults: a mixture design approach[J]. Meat Science, 2017, 134: 111-118. DOI:10.1016/j.meatsci.2017.07.023.
- [27] BILEK A E, TURHAN S. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour[J]. Meat Science, 2009, 82(4): 472-477. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.03.002.
- [28] 岳兰昕, 郭耀华, 张乃琳, 等. 新型牛肉饼工艺技术研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(22): 64-67. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2015.22.016.
- [29] 徐丽, 许晓琴, 孟培培, 等. 脂肪乳液对牛肉饼冷藏过程中品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(10): 116-120. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2013.010.031.
- [30] 朱迎春, 王水晶, 马丽珍, 等. 不同脂肪添加量的牛肉饼在反复冻融过程中的品质变化[J]. 食品科学, 2017, 38(11): 174-181. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201711028.
- [31] ALEJANDRE M, PASSARINI D, ASTIASARÁN I, et al. The effect of low-fat beef patties formulated with a low-energy fat analogue enriched in long-chain polyunsaturated fatty acids on lipid oxidation and sensory attributes[J]. Meat Science, 2017, 134: 7-13. DOI:10.1016/j.meatsci.2017.07.009.
- [32] 吕美. 香辛料的抗氧化性及其对煎烤牛肉饼中杂环胺形成的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2011: 35.
- [33] 秦川. 膳食类黄酮抑制烤牛肉饼中杂环胺PhIP的形成作用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014: 35.
- [34] 张世俊, 朱红显, 阎冰. 冻牛肉馅质量水层析检验法[J]. 肉品卫生, 1994(3): 22-23.
- [35] 周秀丽, 刘全, 查恩辉. 电子鼻在掺假牛肉馅识别中的应用[J]. 食品工业科技, 2017, 38(4): 73-76; 80. DOI:10.13386/J.ISSN1002-0306.2017.04.005.
- [36] 贾洪锋, 卢一, 何江红, 等. 电子鼻在牦牛肉和牛肉猪肉识别中的应用[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5): 358-363. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2011.05.062.
- [37] ROHMAN A, SISINDARI, ERWANTO Y, et al. Analysis of pork adulteration in beef meatball using Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy[J]. Meat Science, 2011, 88(1): 91-95. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.12.007.
- [38] 白莉, 王伟, 胡豫杰, 等. 免疫磁珠富集联合荧光定量PCR快速检测牛肉馅中产志贺毒素大肠埃希菌O26:H11[J]. 中国食品卫生杂志, 2014, 26(1): 30-35. DOI:10.13590/j.cjfh.2014.01.001.
- [39] XIA Xiufang, KONG Baohua, LIU Qian, et al. Physicochemical change and protein oxidation in porcine *longissimus dorsi* as influenced by different freeze-thaw cycles[J]. Meat Science, 2009, 83(2): 239-245. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.05.003.
- [40] XIA Xiufang, KONG Baohua, XIONG Youling L, et al. Decreased gelling and emulsifying properties of myofibrillar protein from repeatedly frozen-thawed porcine *longissimus* muscle are due to protein denaturation and susceptibility to aggregation[J]. Meat Science, 2010, 85(3): 481-486. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.02.019.
- [41] BHATTACHARYA M, HANNA M A, MANDIGO R W. Effect of frozen storage conditions on yields, shear strength, and colour on ground beef patties[J]. Journal of Food Science, 1988, 53(3): 696-700.



- [42] 周玲玲. 抹茶牛肉丸子的研制[J]. 肉类工业, 2011(1): 16-20. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2011.05.062.
- [43] 高雅文, 李壮, 刘学军. 金针菇牛肉丸生产工艺优化[J]. 食品科学, 2010, 31(6): 302-305.
- [44] 高倩倩, 张海涛. 芹菜牛肉丸的研制[J]. 肉类工业, 2014(4): 12-16.
- [45] 刘哲, 罗爱平, 张飞, 等. 响应曲面法优化山药、薏仁药膳牛肉丸配方条件[J]. 食品工业科技, 2016, 37(13): 127-130; 136. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.13.017.
- [46] 陈红, 崔海月, 李玉扩, 等. 香菇萝卜汁牛肉丸的研制[J]. 食品科技, 2013, 38(3): 116-119. DOI:10.13386/j.issn10020306.2016.13.017.
- [47] 付丽, 吴丽, 胡晓波, 等. 三种天然抗氧化剂复合对冻藏牛肉丸抗氧化效果的研究[J]. 现代食品科技, 2018, 34(3): 159-166. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.03.023.
- [48] 黄现青, 韩娇娇, 海丹, 等. 油炸温度和时间对牛肉丸品质的影响[J]. 肉类工业, 2016(2): 19-21; 26.
- [49] 苏博, 聂乾忠, 石秀清. 复配亲水胶体对牛肉丸品质特性的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 32-37.
- [50] 殷俊. 即食牛肉丸加工技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012: 51.
- [51] 李丽, 辛清武, 朱志明, 等. 天然抗氧化剂在肉制品中的应用研究[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2015, 31(10): 215-216.
- [52] 杨飞芸, 邓瑞, 魏薇, 等. 茶多酚对猪肉的抗氧化作用[J]. 肉类研究, 2011, 25(10): 12-14.
- [53] TURGUT S S, IŞIKÇI F, SOYER A. Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage[J]. Meat Science, 2017, 129: 111-119. DOI:10.1016/j.meatsci.2017.02.019.
- [54] 陈璐, 孔保华, 刘赛, 等. 香辛料提取物对速冻牛肉丸脂肪氧化控制的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 281-285.
- [55] 贾娜, 陈璐, 孔保华. 迷迭香提取物对牛肉丸冻藏过程中脂肪氧化和品质特性的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(9): 117-123. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.020.
- [56] 李超. 牛蒡根活性成分的高速剪切辅助提取及其对牛肉丸储藏稳定性的影响[J]. 中国食品添加剂, 2017(9): 151-159.
- [57] FERNÁNDEZ-LÓPEZ J, ZHI N, ALESON-CARBONELL L, et al. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs[J]. Meat Science, 2005, 69(3): 371-380. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.08.004.
- [58] LU F, KUHNLE G K, CHENG Q F. The effect of common spices and meat type on the formation of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in deep-fried meatballs[J]. Food Control, 2018, 92: 399-411. DOI:10.1016/j.foodcont.2018.05.018.
- [59] 章斌, 周少梅, 林冰钗, 等. 超声波协同中草药提取液对牛肉丸保鲜的研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(3): 91-94. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2013.03.026.
- [60] 章斌, 侯小桢, 黄桂珍, 等. 壳聚糖-丁香复合液对牛肉丸的保鲜效果[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(6): 1406-1409. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2013.06.017.
- [61] 章斌, 侯小桢, 傅力, 等. 牛肉丸安全加工的HACCP质量管理体系建立[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(5): 147-150.
- [62] 吴广平. 一种牛肉丸货架期的预测[J]. 肉类工业, 2016(1): 3; 7. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2016.01.002.
- [63] 杨胜远, 钟晓然, 陈岱雯, 等. 即食潮式牛肉丸的制作[J]. 食品科技, 2013, 38(5): 136-140. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2013.05.056.
- [64] 马元婧. 植物乳杆菌对牛肉发酵香肠嫩度的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014: 29.
- [65] 于长青, 姚笛, 满永刚, 等. 发酵肉制品中生物胺的危害及控制[J]. 肉类研究, 2010, 24(1): 41-45.
- [66] 张丽, 孙宝忠, 魏晋梅, 等. 牦牛肉发酵过程中的品质变化分析[J]. 肉类研究, 2014, 28(5): 20-24.
- [67] 罗红霞, 胡铁军, 武运, 等. 发酵牛肉肠的研究[J]. 肉类研究, 2000, 14(3): 21-23.
- [68] 常建军, 赵静, 张贵花. 牦牛肉发酵香肠制品关键技术研究[J]. 食品研究与开发, 2008(5): 65-69.
- [69] ARSLAN B, SOYER A. Effects of chitosan as a surface fungus inhibitor on microbiological, physicochemical, oxidative and sensory characteristics of dry fermented sausages[J]. Meat Science, 2018, 145: 107-113. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.06.012.
- [70] 王文贤, 刘学文, 谢永洪, 等. 鸡肉-大米膨化食品双螺杆挤压工艺参数的优化研究[J]. 农业工程学报, 2004(6): 223-226.
- [71] 杜江, 黄文祥, 武志霞. 挤压膨化技术在肉制品加工中的应用[J]. 肉类研究, 2006, 20(7): 22-24; 42.
- [72] 梁文明, 徐兴阳, 杨莉莉, 等. 大米-牛肉挤压膨化产品研发及性质研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(3): 83-86. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2016.03.022.
- [73] 李福泉, 陈柯, 杨文, 等. 自熟多功能单螺杆挤压重组牛肉的加工工艺研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(2): 335-338; 366. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2013.02.030.
- [74] UNKLESBAY J, UNKLESBAY K, HSIEH F, et al. Thermophysical properties of extruded beef/corn flour blends[J]. Food Science, 1992, 57(6): 1282-1284. DOI:10.1111/j.1365-2621.1992.tb06837.x.
- [75] GIRI S K, BANDYOPADHYAY S. Effect of extrusion variables on extrudate characteristics of fish muscle-rice flour blend in a single-screw extruder[J]. Journal of Food Processing Preservation, 2000, 24(3): 177-190. DOI:10.1111/j.1745-4549.2000.tb00412.x.
- [76] PARK J, RHEE K S, KIM B K, et al. Single-screw extrusion of defatted soy flour, corn starch and raw beef blends[J]. Food Science, 1993, 58(1): 9-20. DOI:10.1111/j.1365-2621.1993.tb03201.x.
- [77] PARK J, RHEE K S, KIM B K, et al. High-protein texturized products of defatted soy flour, corn starch and beef: shelf-life, physical and sensory properties[J]. Food Science, 1993, 58(1): 21-27. DOI:10.1111/j.1365-2621.1993.tb03202.x.