

几种豆类蛋白在肉制品中的应用

杨秀丽¹, 刘文营², 严湘军¹, 曹毛毛¹, 张拓^{3*}

(1. 96951 部队, 北京 100085; 2. 中国肉类食品综合研究中心, 北京 100068;
3. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘要: 我国有丰富的豆类资源, 这些豆类是廉价、优质的天然植物蛋白质来源。豆类蛋白具有良好的营养价值和功能特性, 越来越多地被应用于肉制品加工中, 不仅能提高产品的出品率, 改善产品的口感, 而且能够大大地降低肉制品的生产成本。本文对大豆蛋白的特点、分类以及几种大豆蛋白在肉制品中的应用研究进行了综述、同时也简单介绍了豌豆蛋白、芸豆蛋白、鹰嘴豆分离蛋白、黑豆蛋白和绿豆蛋白等几种不同豆类蛋白在肉制品中的应用研究进展, 为豆类加工和肉制品产业发展提供参考。

关键词: 豆类蛋白; 肉制品; 质构特性; 感官特性

Application of several legume proteins in meat products

YANG Xiu-Li¹, LIU Wen-Ying², YAN Xiang-Jun¹, CAO Mao-Mao¹, ZHANG Tuo^{3*}

(1. Unit 96951, Beijing 100085, China; 2. China Meat Research Center, Beijing 100068, China; 3. College of Food Science & Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: There are abundant legumes in China, which are cheap and high quality natural plant protein sources. Legume protein has good nutritional value and functional characteristics, which is more and more used in meat processing. It can not only improve the yield and taste of products, but also greatly reduce the production cost of meat products. This paper reviewed the characteristics and classification of soybean protein and the application of several kinds of soybean protein in meat products, and also briefly introduced the application research progress of pea protein, kidney bean protein, chickpea isolate protein, black bean protein and mung bean protein in meat products, in order to provide reference for the development of bean processing and meat products industry.

KEY WORDS: legume proteins; meat product; texture characteristics; sensory properties

1 引言

植物蛋白能够改善肠道微生态, 从而通过改善肠道菌群和代谢产物达到调节宿主脂质代谢的作用^[1]。与动物蛋白相比, 植物蛋白尽管在氨基酸组成、营养价值方面不能与动物蛋白相提并论, 但植物蛋白更容易获取, 具有较高的经济性^[2]。随着现代营养学的不断发展与人们生活水

平的不断提高, 人们对食物的营养提出了更多的要求, 鉴于畜禽肉含有较高的脂肪, 而动物脂肪又是消费者较为敏感的物质, 植物蛋白越来越受到人们的重视^[3]。

我国有丰富的豆类资源, 包括大豆、蚕豆、绿豆、黑豆、豌豆、芸豆和鹰嘴豆等均在我国有大量分布, 这些豆类是廉价、优质的天然植物蛋白质来源, 其中以大豆蛋白为多^[4]。豆类蛋白具有良好的营养价值, 其氨基酸组成与

基金项目: 国家自然科学基金项目(31901638)

Fund: Supported by National Natural Science Foundation of China (31901638)

*通讯作者: 张拓, 副教授, 主要研究方向为蛋白质化学。E-mail: zhangtuo@cau.edu.cn

*Corresponding author: ZHANG Tuo, Associate Professor, College of Food Science & Nutritional Engineering China Agricultural University, Beijing 100083, China. E-mail: zhangtuo@cau.edu.cn

牛奶蛋白质相近, 除蛋氨酸略低外, 其余必需氨基酸含量均较丰富, 氨基酸构成比例合理, 是完全优质蛋白质^[5]。豆类蛋白还具有溶解性、乳化性、起泡性、胶凝性等优越的功能特性, 在食品加工领域中的应用十分广阔^[6]。

近年来, 我国肉类工业蓬勃发展, 目前已经成为世界上最有影响力的肉类生产大国。肉制品加工业的迅猛发展, 带动了食品辅料、食品添加剂、食品包装等行业的进步^[7]。豆类蛋白是肉制品生产中重要的功能性食品添加剂, 其具有吸水吸油性、质构形成能力、加热成型性, 不仅能提高产品的出品率, 改善产品的口感, 而且能够大大降低肉制品的生产成本。尤其是近年来, “人造肉”热度的增加, 以植物蛋白为主要原料开展模拟肉制品的加工, 成为目前最为热门的话题^[8]。本研究主要概述了大豆蛋白在肉制品中的应用, 同时介绍了豌豆蛋白、芸豆蛋白、鹰嘴豆分离蛋白、黑豆蛋白和绿豆蛋白等几种不同豆类蛋白在肉制品中的应用研究进展, 以期对豆类蛋白在肉制品中的应用提供参考。

2 大豆蛋白的特点及应用

2.1 大豆蛋白特点及分类

在豆类蛋白中, 大豆蛋白应用的范围最为广泛。其主要优势在于具有较小的异味、较低的价格、较高的营养价值(大豆蛋白富含人体必需氨基酸, 在人体的消化吸收率较高)、优良的加工性能(较好的水合性、凝胶性和乳化性)和能够提高和改善肉制品产品的外观和适口性^[9]。

大豆蛋白产品按蛋白质含量分为大豆分离蛋白(蛋白质含量 90%)、大豆浓缩蛋白(蛋白质含量(蛋白质含量 65%~70%)、脱脂大豆粉(蛋白质含量 50%)等 3 大类。市场上还有全脂或半脱脂大豆粉, 以及利用分离蛋白和浓缩蛋白开发出来的组织蛋白, 采用改性醇法制备的大豆浓缩蛋白、氧化大豆分离蛋白、预乳化大豆分离蛋白等^[10]。

鉴于不同植物蛋白有不同的制备工艺加工, 且具有不同的功能特性, 其在肉制品的应用也不同, 如大豆分离蛋白和浓缩蛋白主要应用在一些乳化型香肠中, 大豆分离蛋白与大豆浓缩蛋白相比, 后者富含棉子糖和水苏糖等寡聚糖, 容易导致胀气。在肉丸和馅饼加工中, 往往使用组织蛋白, 在一些注射型肉制品中, 也往往使用大豆分离蛋白和浓缩蛋白, 以此来提高产品的硬度、切片性和出品率等特性。大豆全粉豆腥味较重, 口感粗糙, 而大豆分离蛋白和浓缩蛋白加工特性和口感都优于全粉^[9,11-13]。

2.2 大豆蛋白在肉制品的应用

2.2.1 大豆分离蛋白

大豆分离蛋白(soybean protein isolated, SPI)具有稳定的乳化能力, 在适当的温度和浓度条件下表现出一定的黏性, 并且会在水中形成凝胶, 因此在灌肠制品、乳化肉制

品和低脂肉制品中具有较高的使用率。而在一些肉制品加工过程中, SPI 可以在高温、短时加热处理原料时, 结合较多的脂肪, 减少脂肪的损失。在乳化肉糜制品中, 添加一定比例的 SPI 还可以起到稳定乳液的作用。在生产上, SPI 在肉制品中的添加量为 2%(g/100 g)左右时, 可以提高肉制品的出品率、增加物料的持水和持油能力, 从而达到降低成本、获得更高经济效益的效果^[14]; 在肉丸中添加 SPI, 加热煮制(70 °C, 30 min)后, 产品的穿透力、硬度和韧性均有所增加^[15]。

朱秀娟等^[16]研究发现, 在制备泡椒牛肉火腿时, 随着大豆蛋白添加量的增加, 牛肉火腿感官评分逐渐上升, 且当大豆蛋白添加量为 3.5%时, 感官得分为最大值。但当继续增加添加量时, 感官得分开始下降, 可能是因为大豆蛋白的加入促进了脂肪的吸收并防止了肉汁的离析, 凝胶作用也随之增强, 从而掩盖牛肉独特的香味, 使得牛肉火腿的口感不纯正。

简华君等^[17]在对大豆蛋白可溶性水解物、可溶/不溶性聚集体对乳化香肠品质的影响研究时, 发现与不添加任何 SPI 的香肠相比, 添加 native SPI、SPI 的可溶性水解物和可溶/不溶性聚集体均显著提高了乳化香肠的蒸煮得率。native SPI 较明显地降低了肉糜的弹性模量, 但对香肠的质构没有明显影响。SPI 的可溶性水解物显著地破坏了香肠的质构和凝胶网络结构; SPI 的可溶性聚集体对乳化肉糜的弹性模量和香肠质构没有明显影响, 但在一定程度上改善了香肠的微观结构; SPI 的不溶性聚集体很显著地提高了肉糜弹性模量和香肠质构, 并诱导形成了较连续紧密的香肠结构。在熏煮香肠加工中, 添加大豆分离蛋白可以明显提高产品的得率, 提高制品的持水性和持油性, 改善香肠的质构特性, 当其添加量为 2%~3%时, 香肠的硬度、弹性和内聚性均较好^[18]。

邓秀蝶等^[19]使用 SPI 替代部分脂肪用于速冻中式肉饼的生产, 发现 SPI 总体上能够提高肉饼的营养价值和加工性能, 但是替代率过大也会对肉饼品质产生不良影响。李龙祥等^[20]在分析大豆分离蛋白添加量对调理重组牛肉制品品质特性的影响时, 发现以碎牛肉为实验原料, 不同的大豆分离蛋白添加量对调理重组牛肉制品品质特性具有显著影响($P < 0.05$), 且随着大豆分离蛋白添加量的增加, 调理重组牛肉制品的解冻损失显著降低, 出品率显著提高, 色泽变暗, 黏结强度显著增强, 产品的质构特性得到改善, 产品的保水性和持水能力增强, 当大豆分离蛋白添加量为 2.0%时, 各项感官评分均达到最高, 产品品质最好, 总体可接受性最高。柳艳霞等^[21]研究表明, 添加 6%大豆分离蛋白猪肉糜的解冻损失、蒸煮损失、离心损失率最低, 保水性最好, 证明 SPI 可提高肉制品的出品率。

此外, 大豆分离蛋白除了能改善肉制品的出品率、质构特性、感官特性等品质特性外, 还会给肉制品中的其他

成分带来一定影响,如 SPI 和淀粉的添加对烤猪肉体系中多数杂环胺的形成具有低剂量促进,且随着剂量的增多促进效果逐渐减弱^[22]。

2.2.2 改性大豆分离蛋白

改性大豆蛋白指人为地对大豆蛋白的结构进行修饰,从而改善其的理化性质。在肉制品实际生产中,大量使用 SPI 会出现乳化香肠产品持水性下降、质构软烂、贮藏过程析水等问题^[23-25]。因此,有必要对大豆蛋白进行改性或改良添加方法,以增强大豆蛋白与肉蛋白的乳化和凝胶性能,改善 SPI 在肉制品中的应用。

(1)氧化大豆分离蛋白

李艳青等^[26]将经羟自由基氧化系统氧化 5 h 后的氧化大豆分离蛋白添加到法兰克福香肠中,明显提高了香肠的保水性,且 SPI 对香肠的亮度值影响不大,红色度呈降低趋势,黄色度增加,硬度逐渐增加,弹性,胶着性、咀嚼性和恢复性普遍高于对照组。但是过量添加,反而导致水分含量,弹性下降。最终得出在法兰克福香肠中添加 4% 的氧化大豆分离蛋白整体接受度较高。

(2)预乳化大豆分离蛋白

预乳化是一种可提升蛋白凝胶性质的加工处理方法。肌原纤维蛋白、乳清蛋白等蛋白经过添加油脂乳化,可以有效提高产物凝胶性质^[27,28]。为改善 SPI 在肉制品的应用效果,何志勇等^[29]将经过超高温瞬时热处理和预乳化的 SPI 应用于乳化香肠的制作,并研究其对产品蒸煮损失、质构特性和颜色的影响,结果显示添加预乳化 SPI 可明显降低乳化香肠的蒸煮损失,改善产品质构品质;康壮丽等^[30]研究表明与添加大豆分离蛋白相比,添加大豆分离蛋白乳化猪背膘显著提高($P < 0.05$)猪肉肉糜的蒸煮得率和乳化稳定性,提高凝胶的 L^* 值和 b^* 值,以及硬度、弹性、内聚性和咀嚼性,保水性等;郭永等^[31]利用特制改性大豆分离蛋白添加在配料中制作乳化型碎肉制品,发现添加特制大豆分离蛋白后的乳化型碎肉制品的各项性能均有很大提高。

(3)酶法改性大豆分离蛋白

酶水解作为一种高效的蛋白质结构修饰方法,可以有效打开蛋白的结构,降低其分子量,暴露出更多的带电基团与疏水性基团,为 SPI 与肌肉蛋白间更好的相互作用提供了可能^[32,33]。但是酶水解 SPI 仍然存在一些潜在的问题,如水解度太低则不能有效地打开蛋白的结构,而水解度太高则容易产生苦味肽,影响风味,蛋白的乳化性也会降低,不利于持水持油。谷氨酰胺转氨酶(transglutaminase, TGase)作为一种连接酶,可以有效提高蛋白的分子量,经 TGase 交联的蛋白具有良好的乳化性、持水性和凝胶性^[34]。金牧等^[35]采用碱性蛋白酶水解 SPI 至水解度 4 后停止水解、再用 TGase 交联 2 h 获得的改性蛋白,以 2% 的量添加到法兰克福香肠中,其防止香肠蒸煮损失和抗氧化效果显著。

2.2.3 大豆浓缩蛋白

大豆浓缩蛋白(soy protein concentrate, SPC)中含有 70%(湿重)的蛋白质,在肉糜制品中应用更为广泛,其优点是品质稳定,蛋白质含量高,而且价格远低于大豆分离蛋白。在香肠中,添加适量 SPC 可以得到风味和品质更佳的产品,在碎肉制品(如肉饼)中添加 SPC 的量在 6%~10%,加水量为总重的 2.5~3 倍,可以明显降低脂肪含量并降低成本^[14]。王刘刘^[36]在火腿罐头加工中添加 1% 大豆浓缩蛋白粉,与未添加大豆浓缩蛋白粉的罐头相比,具有更好的弹性、持水性、吸油性和切片性,并且罐头的感官和理化指标都达到了部颁标准。

2.2.4 改性醇法大豆浓缩蛋白

采用乙醇浸提法提取的大豆浓缩蛋白溶解度较低,影响其在食品中的应用,因此可通过改性来提高醇法大豆浓缩蛋白溶解性、乳化性、凝胶性、吸油性、吸水性与保水性、附着性及其他功能特性^[37]。

改性醇法大豆浓缩蛋白添加于肉制品中,能够与肉蛋白形成蛋白质互补作用,提高蛋白质的营养价值,提高肉制品的弹性、硬度、吸油性、持水性和切片性等,并使肉制品的结构致密、肉感更强、口感更好。改性的醇法大豆浓缩蛋白的加入还能防止肉制品中脂肪的离析,减少蒸煮损失和收缩率,从而提高产品的出品率^[38-43]。

娄巍等^[44]通过在火腿肠配方中添加不同量的改性醇法大豆浓缩蛋白、未改性的醇法大豆浓缩蛋白和大豆分离蛋白考察改性醇法大豆浓缩蛋白在肉制品中的添加效果,经实验得出添加改性醇法大豆浓缩蛋白的火腿肠表现出良好的蒸煮率、持水性以及硬度、弹性、内聚性和咀嚼性的结论。添加效果与加入大豆分离蛋白相似,效果比添加未改性的醇法大豆浓缩蛋白有大幅度提高。

宋宏哲等^[45]对醇法功能性大豆浓缩蛋白和大豆分离蛋白在肉制品中的应用进行了对比实验,结果发现,醇法功能性大豆浓缩蛋白具有优良的持水持油性、乳化性以及凝胶性,可以提高肉制品的组织结构特性,并降低生产成本,且价格低廉,说明改性醇法大豆浓缩蛋白是一种性价比很高的大豆蛋白产品。

2.2.5 大豆组织蛋白

大豆组织蛋白(textured soybean protein, TSP)主要用于肉类灌肠制品^[46],如西式肉制品和干腌香肠中。添加 TSP 的产品在干腌过程中,仅有 2.0%~2.6% 的质量损失,与对照组相比具有更低的脂肪含量、pH 值和更好的外观,在风味上与对照组相比没有显著的差异,从市场经济的角度考虑, TSP 在肉制品中的应用使得干腌香肠的成本降低了约 3%,同时也将质量损失降低了约 2%,生产周期缩短了约 1~2 d^[47]。张秋会等^[48]研究表明大豆组织蛋白能够显著改善重组肉制品的感官品质,添加量在 10% 以内便可以显著提高出品率,且随着大豆组织蛋白添加量的增大,产

品切片微观结构显得更致密和细腻。尽管如此, TSP 在肉制品中的作用并非有利无害, Hardeep 等^[15]研究发现 TSP 对生肉制品和熟肉制品的作用表现在显著提高凝结对力、穿刺力、回挤力和硬度, 但 20% 的 TSP 添加量会使熟肉制品的感官总体可接受性大大降低^[14]。

3 其他豆类蛋白

3.1 豌豆蛋白

豌豆蛋白是生产豌豆淀粉的副产物, 其氨基酸组成均衡, 与联合国粮农组织/世界卫生组织推荐的标准模式较为接近, 营养价值高于大豆蛋白。同时, 豌豆蛋白不存在致敏源问题, 还具有降低肥胖、动脉粥样硬化以及恶性肿瘤等发病率的功效^[49], 近些年来不断有人探索豌豆蛋白在肉制品加工中的应用。

白一凡等^[50]认为豌豆蛋白的持水性、持油性和凝胶性等加工性能不及大豆分离蛋白, 同时, 由于豌豆蛋白的凝胶性较差, 添加豌豆蛋白会导致乳化香肠的硬度、弹性、内聚性等质构特性下降, 对产品品质产生了不利影响。此外, 由于豌豆蛋白的豆腥味较大, 添加豌豆蛋白会使得产品带有豆腥味。但是, 豌豆蛋白并非不可在肉制品加工中应用。杨震等^[51]研究表明, 豌豆组织蛋白添加量为 4% 时, 香肠颜色、质构和感官品质比较理想。同时, 还可通过挤压膨化技术将豌豆蛋白在应用前进行组织化, 可有效克服其自身凝胶性差、豆腥味大的缺陷, 为其在肉制品加工中大量应用提供支持。Su 等^[52]发现添加豌豆蛋白的法兰克福香肠热稳定性和剪切硬度较好。最新研究显示在鸡肉糜中添加豌豆蛋白, 可提高鸡肉糜凝胶形成能力, 使鸡肉糜凝胶品质得到明显改善, 添加量为 8% 时, 保水性, 弹性与恢复性为最大, 形成的凝胶网络结构致密均匀、高度有序, 品质最好^[53]。此外, 鉴于豌豆蛋白在构造模拟动物肉上的独特优势, 近年来成为市场的宠儿^[54,55]。

3.2 芸豆蛋白

芸豆蛋白是一种优质的蛋白质资源, 其氨基酸总量达 85.3%。王雪娇等^[56]将芸豆蛋白加入香肠中时, 随着芸豆蛋白添加量的增大, 香肠 pH 值呈上升趋势, 光泽度、硬度、弹性、内聚性、咀嚼性和回复性都呈现先增强后减弱的趋势, 感官评定分数也呈现先增大后减小的趋势, 最终确定芸豆蛋白添加量在 2%~3% 时, 香肠的综合指标最佳, 更容易被接受。紫花芸豆是芸豆的一个品种, 黄艳玲等^[57]将紫花芸豆添加到香肠中, 发现香肠出品率, 水分含量与紫花芸豆蛋白添加量呈显著正相关, 添加量为 4% 时香肠的质构特性达到最优。一些研究者将芸豆蛋白进行了糖基化改性后加入到香肠中, 香肠的得率提高, pH 值、亮度变化不大, 在改性芸豆蛋白添加量为 2% 时, 香肠的硬度、弹性、咀嚼性均达到最佳^[58]。

3.3 鹰嘴豆分离蛋白

鹰嘴豆分离蛋白(chickpea protein isolate, CPI)是从鹰嘴豆中提取的一种植物蛋白质, 富含多种人体所需氨基酸以及生物活性物质, 食用和药用价值高, 并具有良好的乳化和凝胶、保水和流变学特性, 已经开始在肉制品加工中应用^[59]。Ghribi 等^[60]发现鹰嘴豆浓缩蛋白能够改善香肠等肉糜凝胶类产品的质构特性。将鹰嘴豆分离蛋白添加到低盐肉制品中时, 鹰嘴豆分离蛋白的添加能够在降低食盐用量的同时提升猪肉糜的凝胶品质, 显著改善猪肉糜凝胶的色泽, 并且提高产品质构特性和乳化稳定性^[57]。

3.4 黑豆蛋白

黑豆富含蛋白质, 尤其是粗蛋白质, 其含量可达 34%。邱艳娜等^[61]在香肠中添加黑豆蛋白, 可以增强产品的保水性、提高品质、改进口感, 黑豆蛋白还可促进脂肪吸收及脂肪结合, 减少蒸煮时脂肪的损失, 有助于维持外形稳定, 同时可以提高植物蛋白的含量, 并确定 8% 为最佳添加量。

3.5 绿豆蛋白

虽然绿豆蛋白质含量低于大豆蛋白质含量, 绿豆蛋白也可作为一种潜在植物蛋白添加到香肠中, 从而提高香肠的出品率和水分含量, 并对香肠的硬度、弹性、咀嚼度及回复性产生显著影响, 研究发现当添加量达到 6% 时, 香肠品质达到最优^[62]。

4 结 论

本研究对大豆蛋白等几种豆类蛋白在肉制品中的应用进行了综述。不同豆类蛋白质含量、氨基酸组分均不相同, 导致它们在营养价值和功能特性存在不同差异, 使得不同蛋白质添加到肉制品中会产生不同的影响。但总体来说, 豆类蛋白作为一种优质蛋白, 以其丰富的营养价值、优良的功能特性, 以及低廉的价格等优势被广泛的应用在肉制品加工中。此外, 豆类蛋白除了在传统肉制品中的应用, 还可以制造多种仿真肉制品, 这样不仅可以解决原料肉不足的问题以及满足消费者对营养健康新的需求, 也可为豆类的深加工利用开辟一条新的途径。

参考文献

- [1] 梁婷婷. 基于肠道微生态改善的植物蛋白脂质代谢调节机制[D]. 西安: 陕西科技大学, 2018.
Liang TT. The regulatory mechanism of lipid metabolism in plant proteins based on improvement of intestinal microorganism [D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2018.
- [2] 胡苗苗, 杨海霞, 曹炜, 等. 植物蛋白质资源的开发利用[J]. 食品与发酵工业, 2012, (8): 137-140.
Hu MM, Yang HX, Cao W, et al. The development and current situation of plant protein utilization [J]. Food Ferment Ind, 2012, (8): 137-140.

- [3] Juan COE, Benjamin R, Oscar O, *et al.* Development of frankfurter-type sausages with healthy lipid formulation and their nutritional, sensory and stability properties [J]. *Eur J Lipid Sci Technol*, 2015, (117): 122–131.
- [4] 刘斌. 植物蛋白之王—大豆[J]. *中国检验检疫*, 2000, (10): 44.
Liu B. King of plant protein-Soy [J]. *China Inspect Quar*, 2000, (10): 44.
- [5] 郭玉华, 李钰金. 植物蛋白与乳蛋白在肉制品加工中的应用[J]. *肉类研究*, 2011, 25(5): 28–32.
Guo YH, Li YJ. Application of vegetable protein and milk protein in meat industry: A review [J]. *Meat Res*, 2011, 25(5): 28–32.
- [6] Chin K, Keeton J, Longnecker M, *et al.* Utilization of soy protein isolate and konjac blends in a low-fat bologna (model system) [J]. *Meat Sci*, 1999, 53(1): 45–57.
- [7] 张春江, 杨君娜, 张红芬, 等. 肉制品中大豆蛋白的应用与检测研究进展[J]. *中国食物与营养*, 2010, (1): 30–33.
Zhang CJ, Yang JN, Zhang HF, *et al.* Applications of soybean proteins in meat products and its detection [J]. *Food Nutr China*, 2010, (1): 30–33.
- [8] 搜狐网智研所. “人造肉”热背后: 从资源匮乏到资本角力[EB/OL]. [2019-06-01]. https://www.sohu.com/a/317723979_115565?_f=index_pagerecom_7.
Sohu Intelligence Research Institute. Behind the "artificial meat" craze: From resource shortage to capital struggle [EB/OL]. [2019-06-01]. https://www.sohu.com/a/317723979_115565?_f=index_pagerecom_7.
- [9] 刘孝沾, 吕广英, 李丹. 大豆蛋白在肉制品加工中应用[J]. *肉类工业*, 2017, (4): 54–56.
Liu XZ, Lv GY, Li D. Application of the soybean protein in meat products [J]. *Meat Ind*, 2017, (4): 54–56.
- [10] 陈春佳, 张宝琴. 大豆蛋白功能性调整及其他产品的开发利用[J]. *食品科技*, 2000, (4): 22–23.
Chen CJ, Zhang BQ. Function adjustment of soy protein and development of other soy products [J]. *Food Sci Technol*, 2000, (4): 22–23.
- [11] Lusas EW, Riaz MN. Soy protein products: Processing and use [J]. *J Nutr*, 1995, (125): 573–580.
- [12] Kinsella JE. Functional properties of proteins in foods: A survey [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 1976, (8): 219–280.
- [13] 黄友如, 华欲飞, 裘爱泳. 醇洗豆粕对大豆分离蛋白功能性质的影响(I)-凝胶性能[J]. *中国油脂*, 2003, 28(11): 35–38.
Huang YR, Hua YF, Qiu AY. Study on the functional properties of soybean protein isolates with alcohol washing soybean meals (I): Gelling property [J]. *Chin Oil Fat*, 2003, 28(11): 35–38.
- [14] 周杰, 陈韬. 大豆蛋白的功能特性及其在肉制品中的应用[J]. *肉类工业*, 2009, (11): 46–49.
Zhou J, Chen T. Functional properties of soyproteins and application in meat product [J]. *Meat Ind*, 2009, (11): 46–49.
- [15] Herrero AM, Carmona P, Cofrades S, *et al.* Raman spectroscopic determination of structural changes in meat batters upon soy protein addition and heat treatment [J]. *Food Res Int*, 2008, (41): 765–722.
- [16] 朱秀娟, 陈文东, 孙娜, 等. 不同改良剂对泡椒牛肉火腿品质的影响[J]. *宁夏师范学院学报*, 2019, 40(7): 54–60.
Zhu XJ, Chen WD, Su N, *et al.* The effect of different modifying agent on quality of pickle beef ham with capsicum [J]. *J Ningxia Norm Univ*, 2019, 40(7): 54–60.
- [17] 简华君, 李鹏鹏, 黄小林, 等. 大豆蛋白的可溶性水解物、可溶/不溶性聚集体对乳化香肠品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(11): 8–13.
Jian HJ, Li PP, Huang XL, *et al.* Effects of soluble hydrolysate and soluble/insoluble aggregates of soy protein isolate on the quality of emulsified sausage [J]. *Food Ferment Ind*, 2014, 40(11): 8–13.
- [18] 孙明霞, 王富刚. 大豆分离蛋白在熏煮香肠加工中的应用[J]. *肉类工业*, 2019, (12): 5–7.
Sun MX, Wang FG. Application of soybean protein isolate on the process of smoked-and-cooked sausage [J]. *Meat Ind*, 2019, (12): 5–7.
- [19] 邓秀蝶, 滕建文, 王勤志, 等. 大豆分离蛋白对速冻肉饼理化和质构特性的影响[J]. *食品科学*, 2015, 36(15): 70–74.
Deng XD, Teng JW, Wang QZ, *et al.* Effect of soy protein isolate on physicochemical properties and structural characteristics of quick-frozen patty [J]. *Food Sci*, 2015, 36(15): 70–74.
- [20] 李龙祥, 赵欣欣, 孔保华. 大豆分离蛋白对调理重组牛肉品质特性的影响[J]. *肉类研究*, 2016, 30(10): 7–12.
Li LX, Zhao XX, Kong BH. Effect of soy protein isolate on quality characteristics of ready-to-eat restructured beef products [J]. *Meat Res*, 2016, 30(10): 7–12.
- [21] 柳艳霞, 赵改名, 高晓平, 等. 大豆分离蛋白和变性淀粉对猪肉糜保水性的影响[J]. *西北农业学报*, 2009, 18(4): 48–51.
Liu YX, Zhao GM, Gao XP, *et al.* Effects of isolated soybean protein and modified starch on ground pork meat water holding capacity [J]. *Acta Agric Boreali-occidentalis Sin*, 2009, 18(4): 48–51.
- [22] 鄢娜, 曾茂茂, 陈洁, 等. 不同添加量的大豆分离蛋白和淀粉对烤猪肉中杂环胺形成的影响[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(22): 324–328.
Yan Y, Zeng MM, Chen J, *et al.* Effects of soy protein isolation and starch with different addition levels on the formation of heterocyclic aromatic amines in roasted pork [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(22): 324–328.
- [23] Feng J, Xiong YL. Interaction of myofibril and preheated soy proteins [J]. *J Food Sci*, 2002, 67(8): 2851–2856.
- [24] 马霞, 关凤霞, 魏述众, 等. 提高国产大豆分离蛋白应用性能的研究[J]. *江苏食品与发酵*, 2001, (3): 34–36.
Ma X, Guang FX, Wei SZ, *et al.* Study on improving the application performance of domestic soybean protein isolate [J]. *Jiangsu Food Ferment*, 2001, (3): 34–36.
- [25] 马宇翔, 周瑞宝, 黄贤校, 等. 脂肪、盐和大豆分离蛋白对肉糜的影响[J]. *肉类工业*, 2004, (8): 12–15.
Ma XY, Zhou RB, Huang XX, *et al.* Effects of fat, salt and soy protein isolate on surimi [J]. *Meat Ind*, 2004, (8): 12–15.
- [26] 李艳青, 陈洪生, 俞龙浩. 氧化大豆分离蛋白对法兰克福香肠品质的影响[J]. *肉类工业*, 2018, (3): 38–40.
Li YQ, Chen HS, Yu LH. Effect of oxidized soy protein isolate on the quality of Frankfurter sausage [J]. *Meat Ind*, 2018, (3): 38–40.
- [27] Wu MG, Xiong YL, Chen J. Rheological and microstructural properties of porcine myofibrillar protein-lipid emulsion composite gels [J]. *J Food Sci*, 2009, 72(4): 207–217.
- [28] Xiong YL, Kinsella JE. Influence of fat globule membrane composition and fat type on the rheological properties of milk-based composite gels [J]. *Milchwissenschaft-milk Sci Int*, 1991, (46): 207–212.
- [29] 何志勇, 安丰富, 曾茂茂, 等. 预乳化大豆分离蛋白对乳化香肠品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(6): 179–182.
He ZY, An FF, Zeng MM, *et al.* Effect of pre-emulsified soy protein isolate on quality of emulsified sausage product [J]. *Food Ferment Ind*,

- 2014, 40(6): 179–182.
- [30] 康壮丽, 李斌, 马汉军, 等. 大豆分离蛋白添加方式对猪肉凝胶特性的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(6): 220–224.
- Kang ZL, Li P, Ma HJ, *et al.* Effect of soybean protein isolate addition method on gel properties of pork [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2016, 32(6): 220–224.
- [31] 郭永, 魏家红, 申森, 等. 特制改性大豆分离蛋白在肉制品中的应用研究[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2006, 18(3): 52–54.
- Guo Y, Wei JH, Shen S, *et al.* Application of specially modified soy protein isolate in meat products [J]. *J Yellow River Conserv Technol Inst*, 2006, 18(3): 52–54.
- [32] Adler-Nissen J. Limited enzymic degradation of proteins: A new approach in the industrial application of hydrolases [J]. *J Chem Technol Biotechnol*, 1982, 32(1): 138–156.
- [33] Lamkey J. Non-meat ingredients for meat processing [J]. *Meat Sci*, 1998, (12): 48–52.
- [34] 王森, 吴小平. 转谷氨酰胺酶在肉制品中的应用[J]. 食品与机械, 2001, (3): 33–35.
- Wang M, Wu XP. The application of transglutaminase in meat products [J]. *Food Mach*, 2001, (3): 33–35.
- [35] 金牧, 何志勇, 熊幼翎, 等. 改性大豆分离蛋白对法兰克福香肠品质的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(1): 1–4.
- Jin M, He ZY, Xiong YL, *et al.* Effects of enzyme modified SPI on texture and antioxidant activity of frankfurters [J]. *Food Mach*, 2010, 26(1): 1–4.
- [36] 王刘刘. 西式火腿罐头中添加大豆蛋白工艺技术研究[J]. 肉类研究, 2006, 20(3): 37–41.
- Wang LL. A research on the technology of adding concentrated soybean albumen powder to style hams [J]. *Meat Res*, 2006, 20(3): 37–41.
- [37] 樊永华. 醇法大豆浓缩蛋白改性及在肉制品中的应用[J]. 肉类研究, 2018, 28(2): 34–36.
- Fan YH. Modification of alcohol-extracted soy protein concentrate and application in meat products: A review [J]. *Meat Res*, 2018, 28(2): 34–36.
- [38] 华欲飞, 顾玉兴, 黄友如. 醇法大豆浓缩蛋白的加工、性能与应用[J]. 中国油脂, 2004, 29(1): 65–66.
- Hua YF, Gu YX, Huang YR. Processing, properties and uses of alcohol washed soybean protein concentrate [J]. *Chin Oil Fat*, 2004, 29(1): 65–66.
- [39] 张梅, 周瑞宝, 米宏伟, 等. 醇法大豆浓缩蛋白物理改性[J]. 粮食与油脂, 2003, (8): 3–5.
- Zhang M, Zhou RB, Mi HW, *et al.* Physical modification of alcohol leaching soy protein concentrate [J]. *J Cere Oil*, 2003, (8): 3–5.
- [40] 张梅, 周瑞宝, 马智刚. 功能性大豆浓缩蛋白性能测定及应用研究[J]. 粮食与油脂, 2004, (4): 21.
- Zhang M, Zhou RB, Ma ZG. Properties and application of functional soy protein concentrate [J]. *J Cere Oil*, 2004, (4): 21.
- [41] 刘景顺, 黄纪念, 谭本刚. 大豆分离蛋白的改性研究(一)[J]. 郑州粮食学院学报, 1997, 18(4): 2–9.
- Liu JS, Huang JN, Tan BG. Study on the modification of soybean protein isolate(I) [J]. *J Zhengzhou Grain Coll*, 1997, 18(4): 2–9.
- [42] 杨凯, 童正明. 大豆分离蛋白的性质测定与改性研究[J]. 化学与生物工程, 2006, 23(6): 36–37.
- Yang K, Tong ZM. The extraction of lycopene with saponification method and its crystal characteristics [J]. *Chem Bioeng*, 2006, 23(6): 36–37.
- [43] 孟橘, 石珊珊, 张骊. 醇法大豆浓缩蛋白改性工艺条件的研究[J]. 中国油脂, 2006, 31(11): 72–74.
- Meng J, Shi SS, Zhang L. Modification of alcohol leached soy protein concentrate [J]. *Chin Oils Fats*, 2006, 31(11): 72–74.
- [44] 娄巍, 江连洲, 田娟娟, 等. 改性醇法大豆浓缩蛋白在火腿肠中的应用[J]. 食品工业科技, 2011, 32(5): 120–122.
- Lou W, Jiang LZ, Tian JJ, *et al.* Application of modified alcohol leaching soy protein concentrate in sausage [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2011, 32(5): 120–122.
- [45] 宋宏哲, 金瑞, 赵勇. 肉制品中性价比高的醇法功能性大豆浓缩蛋白[J]. 肉类工业, 2008, (6): 26–29.
- Song HZ, Jin R, Zhao Y. High cost-performance alcohol functional soybean protein concentrate used in meat products [J]. *Meat Ind*, 2008, (6): 26–29.
- [46] 迟科林, 肖继红. 组织化大豆蛋白在肉类灌肠制品中的应用[J]. 肉类工业, 1995, (11): 22–23.
- Chi KL, Xiao JH. Application of textured soy protein in meat sausage products [J]. *Meat Ind*, 1995, (11): 22–23.
- [47] Petar M. From concept to market with a meat soy protein in dry sausage [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 1979, 56(3): 414.
- [48] 张秋会, 岳喜庆, 李苗云, 等. 大豆组织蛋白在重组肉糜制品中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(1): 101–105.
- Zhang QH, Yue XQ, Li MY, *et al.* Application of soybean protein in recombinant chicken batter [J]. *Food Ferment Ind*, 2015, 41(1): 101–105.
- [49] 柳春光. 豌豆制品的研究与应用[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- Liu CG. Research and application of pea products [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.
- [50] 白一凡, 王辉, 杨震, 等. 豌豆蛋白加工特性及在乳化香肠中的应用[J]. 肉类研究, 2014, 28(12): 14–16.
- Bai YF, Wang H, Yang Z, *et al.* Processing characteristics of pea protein and its application in emulsified sausage [J]. *Meat Res*, 2014, 28(12): 14–16.
- [51] 杨震, 曲超, 贡慧, 等. 豌豆蛋白组织化挤压工艺参数优化及其在肉制品中的应用[J]. 延边大学农学学报, 2016, 38(4): 317–324.
- Yang Z, Qv C, Gong H, *et al.* Process optimization of pea protein or ganized extrusion parameters and application in meat products [J]. *Agric Sci J Yanbian Univ*, 2016, 38(4): 317–324.
- [52] Su YK, Bowers JA, Zayas JF. Physical characteristics and microstructure of reduced-fat frankfurters as affected by salt and emulsified fats stabilized with nonmeat proteins [J]. *J Food Sci*, 2000, 65(1): 123–128.
- [53] 计红芳, 李莎莎, 张令文, 等. 豌豆蛋白对鸡肉糜热诱导凝胶品质特性与微观结构的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(4): 74–79.
- Ji HF, Li SS, Zhang LW, *et al.* Effect of pea protein on quality properties and microstructure of heat-induced gel of chicken batter [J]. *Food Sci*, 2020, 41(4): 74–79.
- [54] 双塔食品. 实现向 Beyond Meat 销售豌豆蛋白直通车[EB/OL]. [2020-02-26]. <http://www.shuangtafood.com/news/232.html>.
- Shuangta food. Realize the sales of pea protein through train to Beyond Meat [EB/OL]. [2020-02-26]. <http://www.shuangtafood.com/news/232.html>.
- [55] 双塔食品. 双塔食品成功研发出组织蛋白、拉丝蛋白新产品[EB/OL]. [2020-06-10]. <http://www.shuangtafood.com/news/162.html>.
- Shuangta food. Shuangta food has successfully developed new products of tissue protein and silk fibroin [EB/OL]. [2020-06-10]. <http://www.shuangtafood.com/news/162.html>.

- [56] 王雪娇, 王长远, 鹿保鑫. 芸豆蛋白添加量对香肠品质的影响[J]. 农产品加工, 2016, (8): 29-32.
Wang XJ, Wang CY, Lu BX. Effect of kidney bean adding amount on the sausage quality [J]. *Farm Prod Proc*, 2016, (8): 29-32.
- [57] 黄艳玲, 杨楠, 杨冬. 真空搅拌及紫花芸豆蛋白添加量对香肠品质特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(14): 109-114.
Huang YL, Yang N, Yang D. Effect of vacuum stirring and addition of purple kidney bean protein on quality characteristics of sausage [J]. *Food Res Dev*, 2019, 40(14): 109-114.
- [58] 吴海涛, 富天昕, 张舒. 改性芸豆蛋白添加量对香肠品质影响的研究[J]. 农产品加工, 2019, (17): 10-15.
Wu HT, Fu TX, Zhang S. Study on the effect of modified kidney bean protein addition on sausage quality [J]. *Farm Prod Proc*, 2019, (17): 10-15.
- [59] 栗俊广, 陈宇豪, 王登顺, 等. 鹰嘴豆分离蛋白对减盐猪肉糜凝胶品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(1): 143-148.
Li JG, Chen YH, Wang DS, *et al.* Effects of chickpea protein isolate on gelation quality of pork meat batters with reduced salt concentrations [J]. *Food Ferment Ind*, 2020, 46(1): 143-148.
- [60] Ghribi AM, Amira AB, Gafsi IM, *et al.* Toward the enhancement of sensory profile of sausage "Merguez" with chickpea protein concentrate [J]. *Meat Sci*, 2018, (143): 74-80.
- [61] 邱艳娜, 周晶, 王霞, 等. 黑豆蛋白香肠的配方研究[J]. 肉类工业, 2015, (9): 23-26.
Qiu YN, Zhou J, Wang X, *et al.* Study on formula of black soybean protein sausage [J]. *Meat Ind*, 2015, (9): 23-26.
- [62] 李朝阳, 程天赋, 郭增旺, 等. 搅拌方式及绿豆蛋白添加量对香肠品质特性的影响[J]. 农产品加工, 2019, (5): 9-12.
Li CY, Chen TB, Guo ZW, *et al.* Effect of stirring method and mung bean protein addition on quality characteristics of sausage [J]. *Farm Prod Proc*, 2019, (5): 9-12.

(责任编辑: 李磅礴)

作者简介

杨秀丽, 硕士, 主要研究方向为食品加工分析及新型食品加工技术。
E-mail: 1319322090@qq.com

张拓, 副教授, 主要研究方向为蛋白质化学。
E-mail: zhangtuo@cau.edu.cn