

油炸风味鱼浆猪肉复合香肠的配方优化

秦瑞珂¹ 刘曼曼¹ 熊善柏^{1,2} 尹 涛^{1,2} 杜红英^{1,2} 刘 茹^{1,2}

1. 华中农业大学食品科学技术学院, 武汉 430070;
2. 国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉), 武汉 430070

摘要 以猪肉和全鱼浆为原料, 大豆分离蛋白、马铃薯淀粉等为辅料, 通过空气炸锅来制备具有油炸风味的鱼浆猪肉复合香肠, 并对其配方进行了优化。结果发现: 全鱼浆中的鱼骨在高温热空气的作用下形成了一定的骨香味, 但添加过多, 产品会出现沙粒感, 且其凝胶性能随着鱼浆添加量的增加呈现先上升后下降的趋势; 适量添加猪肥肉可明显改善产品口感, 使复合香肠产生油炸制品的风味; 大豆分离蛋白和马铃薯淀粉可以提高复合香肠的破断强度和凹陷深度, 但添加过多会使感官品质下降; 复合磷酸盐的加入可显著提高香肠的破断强度, 使产品质地更加均匀; 考虑到产品的凝胶性能和口感, 加水量不宜过多。在按配料占猪瘦肉质量百分比计量的情况下, 鱼浆、猪肥肉、大豆分离蛋白、马铃薯淀粉、复合磷酸盐和水分的添加量分别为 20%、20%、10%、14%、0.5%、60%时, 油炸风味鱼浆猪肉复合香肠的品质能达到最佳。

关键词 鱼浆; 猪肉; 复合香肠; 配方; 空气炸制; 油炸风味; 凝胶性能; 感官品质

中图分类号 TS 254.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2019)06-0033-08

油炸是一种常用的热处理方式, 其产品因表面金黄、口感酥嫩、香气扑鼻而备受国内外消费者青睐。然而高温油炸会产生大量油烟污染环境, 且油炸制品的含油量和热量都很高, 经常食用易导致肥胖或一些相关疾病, 不利于人体健康^[1]。空气炸制作为一种新型的热处理技术, 以空气为热交换介质, 利用食品本身的油脂或者涂抹少量油进行炸制, 赋予油炸食品的外观和口感^[2-3]。该技术能有效降低产品的含油量, 降脂量高达 80%, 有利于消费者的健康^[4]。同时, 该炸制方式方便省时、干净卫生、无油烟味。

营养均衡、风味口感独特的复合型产品是肉制品未来的发展方向。全鱼浆是指“三去”后的鱼体经漂洗、切块、斩拌等工序制成的含骨鱼浆^[5]。鱼骨含钙量高达 175 g/kg, 并且钙磷比与人体较接近, 易被消化吸收, 是良好的天然钙源^[6-7], 将其开发利用, 不仅可以提高鱼的附加值, 还有利于建设资源节约、环境友好型社会。

本研究针对油炸肉制品含油量高、油烟污染较大的缺陷, 利用空气炸锅生产出同传统油炸外观口

感相似的低油肉制品, 同时针对我国链副产物不能有效利用的问题, 将全鱼浆应用于肉制品中。以猪肉和全鱼浆为主要原料, 大豆分离蛋白和马铃薯淀粉等为辅料, 采用空气炸制来制备复合香肠, 研究其凝胶性能和感官品质, 最终确定复合香肠的最佳配方。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

猪里脊肉(湖北白猪), 华中农业大学中百超市; 鳕(*Hypothalmichthyx molitrix*), 华中农业大学菜市场, 个体质量约 1 500 g; 复合磷酸盐, 湖北兴发化工集团股份有限公司; 大豆分离蛋白, 临沂山松生物制品有限公司; 马铃薯淀粉, 杭州普罗星变性淀粉有限公司; 其他辅料均购自华中农业大学中百超市。

K600 食品调理机, 德国博朗电器; 高速分散均质机 FJ-200 型, 上海标本模型厂; HH-6 恒温水浴锅, 金坛市精达仪器制造厂; HD9232 空气炸锅, 飞利浦(中国)投资有限公司; TA-XT Plus 型物性测试仪, 英国 Stable Micro System 公司。

收稿日期: 2019-07-26

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0901005); 湖北省技术创新专项(重大项目)(2017ABA141); 现代农业产业技术体系专项(CARS-45-27)

秦瑞珂, 硕士研究生。研究方向: 水产品加工与贮藏。E-mail: rkqin@webmail.hzau.edu.cn

通信作者: 刘 茹, 博士, 教授。研究方向: 水产品加工与贮藏。E-mail: liuru@mail.hzau.edu.cn

1.2 试验方法

1)全鱼浆的制作工序: 鲢→去头、去内脏、去皮→清洗→切块→漂洗→沥干→-18℃冷冻处理24 h→绞肉→加入30%的冰水→微粒化处理(转速1 500 r/min, 磨盘间隙1 mm)→全鱼浆。

2)猪肥肉的乳化工序。将猪肥肉在高速分散均质机中破碎0.5 min, 向其加入混合均匀的大豆分离蛋白和冰水, 均质2 min, 要求乳化彻底, 均匀度好。

3)鱼浆猪肉复合香肠的制作工序: 猪瘦肉糜、全鱼浆及乳化均匀的肥肉、大豆分离蛋白、冰水的混合液→空斩(转速1 500 r/min, 时间1 min)→盐斩(转速1 500 r/min, 时间0.5 min)→加入混合均匀的冰水、马铃薯淀粉、复合磷酸盐及调味料→斩拌(转速1 500 r/min, 时间2 min)→抽真空→灌肠→水煮成型(90℃, 30 min)→流水冷却→储藏→空气炸锅复热(200℃, 6 min)→成品。

4)鱼浆猪肉复合香肠配方的试验设计。以配方中6种原辅料(鱼浆、肥肉、大豆分离蛋白、马铃薯淀粉、复合磷酸盐、冰水)为对象, 分别研究各因素添加

量对复合香肠品质(凝胶性能、感官评分)的影响。通过查阅相关资料及前期预试验确定了单因素试验的基本条件: 按其他配料占猪瘦肉质量百分比计, 鱼浆25%、肥肉26%、大豆分离蛋白10%、马铃薯淀粉13%、复合磷酸盐0.5%、冰水72.5%。保持其中5个因素不变, 对另一个因素进行单因素试验。

5)鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能的测定。参考刘茹^[8]的方法。在室温下用TA-XTPlus物性测试仪测定样品的凝胶性能。将复合香肠切成2 cm高的小圆柱体, 置于探头正下方的样品台上。采用P/0.25S球型探头, 模式为return to start。测前速度5 mm/s, 测试速度1 mm/s, 测后速度5 mm/s, 压缩距离15 mm, 间隔时间5 s。测试过程中最大应力为破断强度, 对应的压缩距离为凹陷深度。破断强度和凹陷深度分别体现凝胶的硬度和弹性。

6)鱼浆猪肉复合香肠的感官评定。选10名有感官鉴评经验的研究生组成评定小组(男女比例1:1), 对复合香肠的感官品质进行评分, 评分标准见表1。

表1 油炸风味鱼浆猪肉复合香肠的感官评价标准

Table 1 Sensory scoring criteria of fish paste-pork composite sausage with frying flavour

指标/权重 Index/proportion	评分标准 Score criteria	分值 Score
色泽/20% Color	具有油炸食品的金黄色泽, 色度均匀 Golden yellow color as fried food, uniform	9~10
	具有油炸食品的金黄色泽, 色度较均匀, 有小块白斑 Golden yellow color as fried food, slightly uniform, small white spots	7~8
	略有油炸食品的金黄色泽, 色度不够均匀, 有大块白斑 Slightly golden yellow color as fried food, not uniform enough, large white spots	4~6
	无油炸食品的金黄色泽 Without golden yellow color as fried food	0~3
气味/20% Odor	具有油炸食品的香气, 香气协调、柔和 With fried food fragrance, harmony and soft	9~10
	具有油炸食品的香气, 香气较柔和, 稍淡 With fried food fragrance, slightly harmony and light	7~8
	具有油炸食品的香气, 香气不够柔和, 过淡 With fried food fragrance, not harmony and too light	4~6
	无油炸食品的香气 Without fried food fragrance	0~3
滋味/20% Taste	滋味饱满, 回味鲜美 Strong mellow taste, delicious aftertaste	9~10
	滋味较饱满, 有回味 Slightly mellow taste, moderate aftertaste	7~8
	滋味单薄, 略有回味 Thin taste, slightly aftertaste	4~6
	滋味偏离可接受范围, 无回味 Deviate from the acceptable range, no aftertaste	0~3
形态/20% Tissue	质地均匀、无气泡、形态规则、断面颜色一致 Uniform texture, no bubbles, regular shape, consistent color	9~10
	质地较均匀、气泡较少、形态较规则、断面有较少杂色 Slightly uniform texture, few bubbles, slightly regular shape, little variegated color	7~8
	质地较均匀、气泡较多、形态较规则、断面有较多杂色 Slightly uniform texture, many bubbles, slightly regular shape, much variegated color	4~6
	质地不均匀、气泡较多、形态不规则、断面有较多杂色 Not uniform texture, many bubbles, not regular shape, much variegated color	0~3
口感/20% Mouth feel	具有油炸食品的口感, 酥脆感强 With fried food taste, strong crispy	9~10
	具有油炸食品的口感, 酥脆感较强 With fried food taste, slightly crispy	7~8
	具有油炸食品的口感, 无酥脆感 With fried food taste, not crispy	4~6
	无油炸食品的口感, 无酥脆感 Without fried food taste, not crispy	0~3

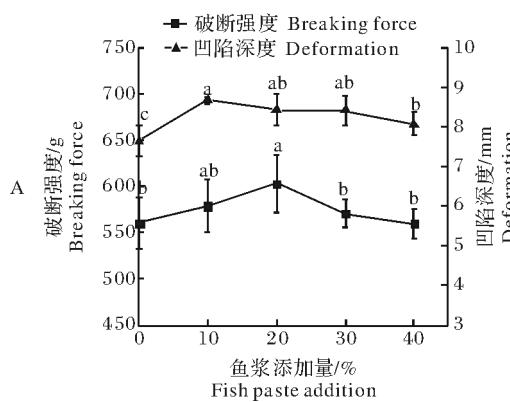
1.3 数据处理

试验数据以“平均值±标准差”表示,采用Origin 8.0 软件作图,SAS 8.0 统计软件进行方差分析和显著性分析($P<0.05$ 表示存在显著性差异)。

2 结果与分析

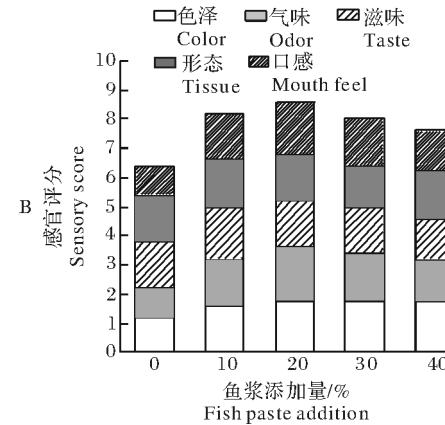
2.1 鱼浆添加量对鱼浆猪肉复合香肠品质的影响

1) 鱼浆添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能的影响。由图 1A 可知,随着鱼浆添加量的增加,鱼浆猪肉复合香肠的破断强度和凹陷深度均呈现先上升后下降的趋势。这可能是由于鱼肉经微粒化处理,显著降低了鱼骨粒径,有利于钙从结晶态的羟基磷酸钙($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)转化为可溶性钙,再经高温加热,更有利于 Ca、P 的释放^[9]。同时,鱼骨中所含的 Ca^{2+} 可激活内源性转谷氨酰胺酶(TGase),催化蛋白质分子之间形成更多非二硫共价键,提高产品的凝胶特性^[10]。前期研究发现,鱼肉与猪肉以一定比例复配时会产生明显的蛋白质间协同增效作用,进一步增强疏水相互作用,从而加强网络结



构^[11-12]。然而全鱼浆中的蛋白含量低于猪肉,添加过多鱼浆则会降低蛋白质浓度,不易形成凝胶网状结构,导致产品的凝胶特性变差。同时添加过多的全鱼浆也会导致鱼香肠凝胶强度的下降^[13]。

2) 鱼浆添加量对鱼浆猪肉复合香肠感官品质的影响。由图 1B 可知,与对照组相比,鱼浆的添加使复合香肠的感官品质明显提高,尤其是色泽、气味和口感。在空气炸锅的作用下,复合香肠表皮具有油炸食品的金黄色泽,产品散发出柔和且具有油炸食品的香气。同时,全鱼浆中的鱼骨在高温的作用下也形成一定的骨香味,使得复合香肠既有猪肉的香味又有鱼肉的鲜味。从图 1A 中也可看出,加入全鱼浆后产品的硬度和弹性显著提高,使复合香肠产生外脆内弹的口感。但鱼浆添加量超过 20% 时,除色泽外,产品的其他品质都有所下降。这是因为鱼肉本身带有鱼腥味,且过多的鱼骨会产生一定的沙粒感,在一定程度上破坏了油炸食品的香气以及酥脆的口感。因此,鱼浆的最适添加量为猪瘦肉质量的 20%。



不同字母表示组内存在显著性差异($P<0.05$),下同。Different letters indicate significant differences between each other within group ($P<0.05$). The same as below.

图 1 鱼浆添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能和感官品质的影响

Fig.1 Effects of fish paste addition on the gel properties and sensory quality of fish paste-pork composite sausage

2.2 肥肉添加量对鱼浆猪肉复合香肠品质的影响

1) 肥肉添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能的影响。由图 2A 所示,随着肥肉添加量的增加,产品的硬度和弹性都有所降低,这是因为肥肉可作为润滑剂和连接剂使肉质变软,在一定程度上可以改善产品品质^[14]。但肥肉加入量过多会降低形成凝胶的蛋白质有效浓度,导致网络节点下降,不利于肌原纤维蛋白产生密集且稳定的网状结构,使得产品的凝胶性能变差;且肥肉添加量越多,脂肪析出现象越

明显。从图 2A 中可以看出,添加量在 20% 以内,产品的凹陷深度从 8.89 mm 降至 8.31 mm,下降趋势并不明显,但添加量达到 30% 时,产品的硬度和弹性都显著下降,分别降低了 19% 和 12%。

2) 肥肉添加量对鱼浆猪肉复合香肠感官品质的影响。图 2B 表明,添加肥肉后,产品的可接受度显著提高,随着添加量的增加,复合香肠的感官评分呈现先上升后下降的趋势,于 30% 时达到最佳水平。若肥肉添加量低于 20%,复合香肠硬度较大,滑润

感不足,且肉香不易挥发。有研究显示,低脂产品的多汁性、质地和风味等级都较低^[15-16]。这是因为肥肉中含有大量短链脂肪酸,且脂肪和肉中的其他组分存在交互作用,适量添加可改善产品的风味和口感^[17]。但当添加量超过30%时,过量的肥肉一方面会使产品质地过软,弹性差,另一方面经高温热空气加热后,产品出油现象较明显,口感油腻,可接受度有所下降。综合复合香肠的凝胶性能分析,最佳肥肉添加量为猪瘦肉质量的20%。

2.3 大豆分离蛋白添加量对鱼浆猪肉复合香肠品质的影响

1)大豆分离蛋白添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能的影响。从图3A可知,随着大豆分离蛋白添加量的增加,产品的破断强度和凹陷深度均呈现上升趋势。其中大豆分离蛋白添加10%时,复合香肠的破断强度达到595.9 g,与添加适量鱼浆、肥肉

时的产品硬度相当。这可能是因为前期的乳化工序使大豆分离蛋白、水、脂肪充分混合,将其加入肉糜中,有利于提高复合香肠的凝胶性能。另一方面,大豆分离蛋白能够抑制导致凝胶劣化的内源性蛋白酶活性,降低蛋白降解程度^[18];高温处理也有利于大豆分离蛋白结构的展开和活性基团的暴露,促进其与肌原纤维蛋白之间的相互作用,进而改善凝胶结构^[19]。

2)大豆分离蛋白添加量对鱼浆猪肉复合香肠感官品质的影响。由图3B可知,与空白对照相比,除色泽外,其他感官品质均有所提高,总体评分呈先上升后下降的趋势。其中在添加量为10%时,复合香肠的感官评分最高。这可能是由于大豆分离蛋白具有乳化性,能够有效地结合脂肪和水,使得产品质地均匀、形态规则^[20];后经高温加热处理,散发出自身独特的豆香气,进而提高产品的感官品质。但添加

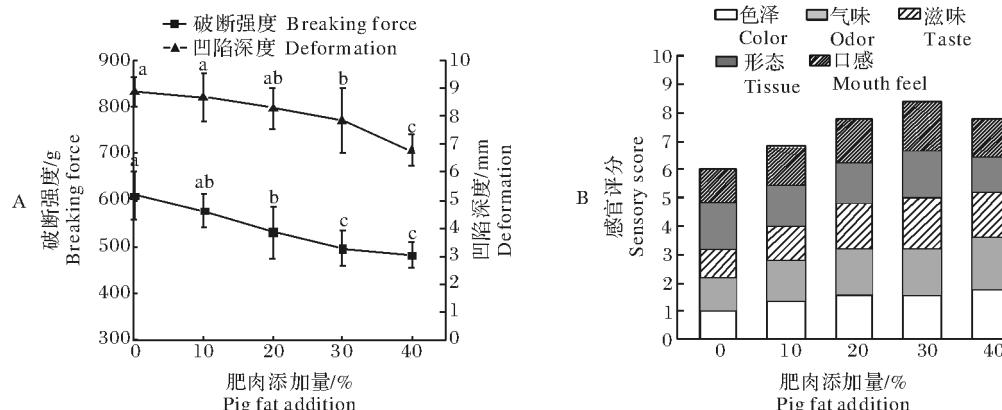


图2 肥肉添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能和感官品质的影响

Fig.2 Effects of pig fat addition on the gel properties and sensory quality of fish paste-pork composite sausage

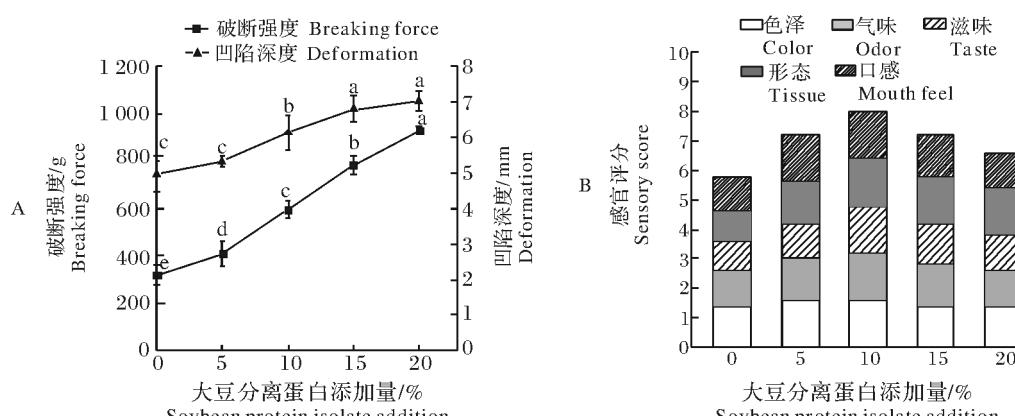


图3 大豆分离蛋白添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能和感官品质的影响

Fig.3 Effects of soybean protein isolate addition on the gel properties and sensory quality of fish paste-pork composite sausage

量过多会产生豆腥味、口感变差等不良现象。综合分析,大豆分离蛋白的适宜添加量为猪瘦肉质量的10%。

2.4 马铃薯淀粉添加量对鱼浆猪肉复合香肠品质的影响

1)马铃薯淀粉添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能的影响。由图4A可知,复合香肠的破断强度和凹陷深度随着马铃薯淀粉添加量的增加而增加,其中破断强度在添加量为14%时已高达708 g,而产品的凹陷深度总体变化不大。这是因为淀粉在高温条件下吸水膨胀,以颗粒的形式填充于肌原纤维蛋白形成的三维网络结构中,使得产品的凝胶结构更加紧实^[21],提高了产品的硬度。此外,淀粉的添加可以吸收产品中部分游离水,在加热条件下形成

淀粉凝胶体系,这也可能是凝胶性能提升的原因之一^[22]。

2)马铃薯淀粉添加量对鱼浆猪肉复合香肠感官品质的影响。由图4B可知,随着马铃薯淀粉添加量的增加,感官品质呈现先上升后下降的趋势。适量添加可产生细腻口感,产品的质地也更加均匀、无气泡产生,形态较规则。这是因为颗粒较大的马铃薯淀粉膨胀性好,且支链淀粉比例较高,使得体系凝胶结构更加坚固^[23]。但当淀粉添加量超过14%时,产品会产生明显淀粉味,掩盖了油炸食品特有的香气,滋味较单薄。同时高温热空气加热不利于水分的快速散失,从而使复合香肠的感官评分有所下降。因此,马铃薯淀粉的添加量为猪瘦肉质量的14%时最佳。

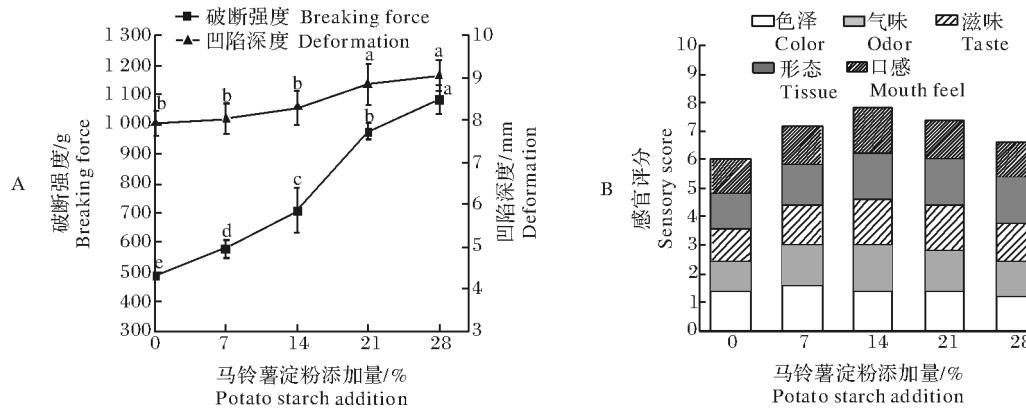


图4 马铃薯淀粉添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能和感官品质的影响

Fig.4 Effects of potato starch addition on the gel properties and sensory quality of fish paste-pork composite sausage

2.5 复合磷酸盐添加量对鱼浆猪肉复合香肠品质的影响

1)复合磷酸盐添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能的影响。由图5A可知,复合磷酸盐对复合香肠的凝胶性能有很大影响。当复合磷酸盐添加量为猪瘦肉质量的0.5%时,其破断强度和凹陷深度都达到最大值,分别为689.22 g和7.22 mm。当pH值接近肌原纤维蛋白的pI时,蛋白发生聚集且处于不溶状态,分子间的静电吸引会阻碍蛋白凝胶的形成,保水性较差,而复合磷酸盐的加入可以提高体系的pH,使其偏离等电点,利于凝胶网状结构的形成^[24]。有研究表明磷酸盐能够引起肌动球蛋白构象和分子质量大小的改变,增加肌原纤维蛋白的溶解性,促使蛋白分子链伸展,α-螺旋部分展开^[25]。这也可能是本产品凝胶性能提升的原因之一。此

外,磷酸盐能够螯合内源性TGase诱导交联所需的钙离子,过量添加磷酸盐则会导致产品的凝胶性能下降。

2)复合磷酸盐添加量对鱼浆猪肉复合香肠感官品质的影响。由图5B可知,与空白对照相比,复合磷酸盐的加入显著提高了产品的感官品质。这是因为磷酸盐可提高离子强度,通过蛋白质基团上负电荷间的相互排斥,增加水结合位点来提高产品的保水性,从而表现出较好的感官品质^[26]。Julavittay-anukul等^[27]发现添加磷酸盐可提高鱼糜制品的致密性和有序性,从而使复合香肠变得爽嫩可口。但添加量超过0.5%时,复合香肠的气味、滋味和口感都有一定程度的下降。这可能是因为磷酸盐呈碱性,而油脂在碱性条件下会发生皂化反应,使产品出现令人不愉快的肥皂味及金属涩味,同时口感变得

滑腻。因此,复合磷酸盐的最适添加量为猪瘦肉质量的0.5%,符合国家标准GB 2760—2014中规定的最大使用量5 g/kg。

2.6 水分添加量对鱼浆猪肉复合香肠品质的影响

1)水分添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能的影响。由图6A可知,随着水分添加量的增加,鱼浆猪肉复合香肠的破断强度呈下降趋势,凹陷深度总体变化幅度较小,且添加量在60%~80%内,产品的凝胶性能无显著差异($P>0.05$)。若水分添加量较少,复合香肠不能在凝胶基质中嵌入并保持足够量的水分,这导致添加50%水分的复合香肠获得较小的凹陷距离。而过量的水分(>80%)通常作为蛋白浓度的稀释因子起作用,导致参与凝胶网络结构形成的蛋白浓度降低,最终削弱产品的破断强度和凹陷深度。

2)水分添加量对鱼浆猪肉复合香肠感官品质的影响。由图6B可知,水分添加量为猪瘦肉质量的60%时,感官评分较高,若继续添加,产品的气味、滋味、形态和口感均显著下降。高温热空气可使产品表面水分快速汽化,产品色泽变好,更加具有油炸食品的金黄色。但水分添加过多会使鱼浆猪肉复合香肠的口感变差,肉香味变淡,形态不致密,出现部分气泡。综合分析,水分添加量为猪瘦肉质量的60%时最佳。

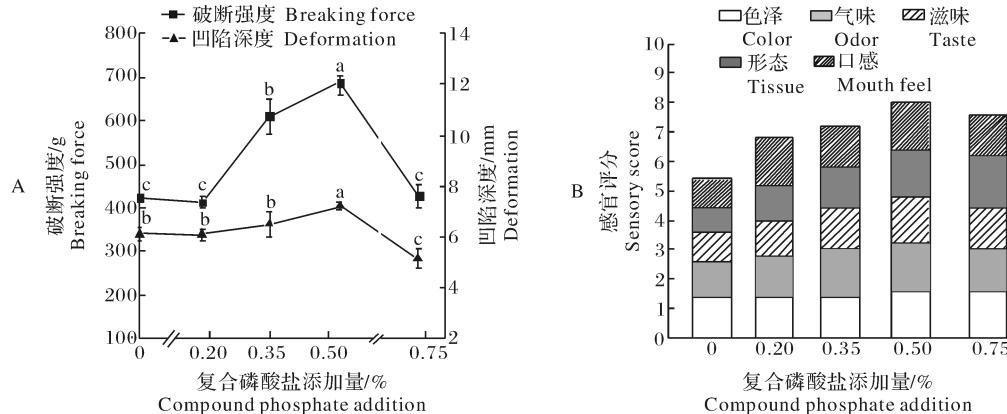


图5 复合磷酸盐添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能和感官品质的影响

Fig.5 Effects of compound phosphate addition on the gel properties and sensory quality of fish paste-pork composite sausage

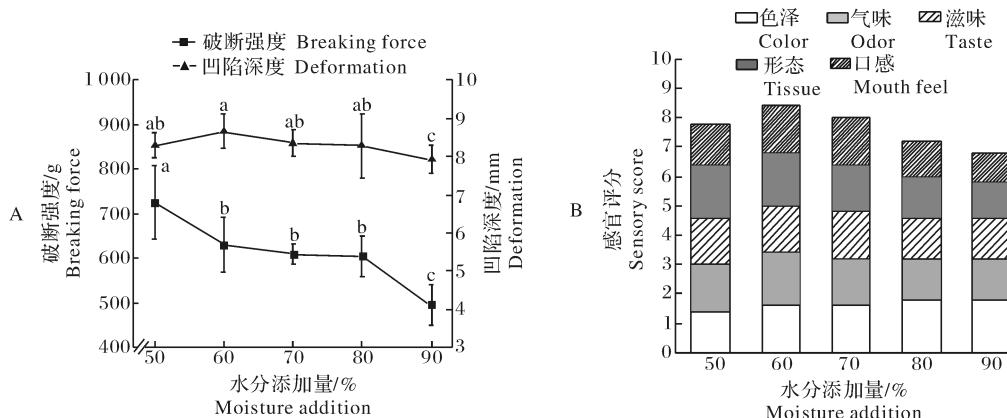


图6 水分添加量对鱼浆猪肉复合香肠凝胶性能和感官品质的影响

Fig.6 Effects of moisture addition on the gel properties and sensory quality of fish paste-pork composite sausage

3 讨论

鱼浆中所含的鱼骨在高温热空气作用下挥发出一定的骨香味,使口感和风味变好,但鱼浆添加量超过20%时,感官评分和凝胶性能均呈下降趋势。适量添加肥肉可以改善产品的口感和风味,且添加量

在10%~20%内,产品的破断强度没有显著性差异,若继续添加会使产品变得油腻,同时凝胶性能有所降低。适量的马铃薯淀粉和大豆分离蛋白可以增强产品的硬度和弹性。复合磷酸盐可以改善产品的凝胶特性,其最适添加量为猪瘦肉质量的0.5%。水分添加过多,产品的凝胶结构会变差,综合考虑生产成本和经济效益,最适加水量为猪瘦肉质量的60%。

参 考 文 献

- [1] MELLEMA M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods[J]. Trends in food science & technology, 2003, 14(9): 364-373.
- [2] ANDRES A, ANGEL A, CASTELLO M L, et al. Mass transfer and volume changes in French fries during air frying[J]. Food & bioprocess technology, 2013, 6(8): 1917-1924.
- [3] TERUEL M D R, GORDON M, LINARES M B, et al. A comparative study of the characteristics of French fries produced by deep fat frying and air frying[J/OL]. Journal of food science, 2015, 80(2): E349-E358 [2019-07-26]. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12753>.
- [4] ARASH G, ARASH K, MOHEBBAT M, et al. Effect of deep fat and hot air frying on doughnuts physical properties and kinetic of crust formation[J/OL]. Journal of cereal science, 2018, 83: 25-81 [2019-07-26]. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.006>.
- [5] 雷跃磊.微粒化鱼浆的制备及其应用研究[D].武汉:华中农业大学,2011.
- [6] 张峯,朱志伟,曾庆孝.鱼骨利用的研究现状[J].食品研究与开发,2007,28(9):182-185.
- [7] 尹涛,石柳,张晋,等.加工方式对微粒化鱼骨泥营养品质的影响[J].华中农业大学学报,2016,35(6):124-128.
- [8] 刘茹.鱼肉和猪肉凝胶的差异及其机制[D].武汉:华中农业大学,2008.
- [9] 张梦玲.纳米鱼骨的钙赋存形态和小尺寸效应对鲢鱼肌球蛋白胶凝特性的影响[D].武汉:华中农业大学,2017.
- [10] LIU R, ZHAO S M, XIE B J, et al. Contribution of protein conformation and intermolecular bonds to fish and pork gelation properties[J]. Food hydrocolloids, 2011, 25(5): 898-906.
- [11] LIU R, ZHAO S M, XIONG S B, et al. Studies on fish and pork paste gelation by dynamic rheology and circular dichroism[J/OL]. Journal of food science, 2007, 72(7): E399-E403 [2019-07-26]. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00470.x>.
- [12] LIU R, ZHAO M, REGENSTEIN J M, et al. Gelling properties of fish/pork mince mixtures[J/OL]. Journal of food science, 2016, 81(2): C301-C307 [2019-07-26]. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13188>.
- [13] 李俊杰,熊善柏,曾俊,等.鲢鱼鱼浆对鱼糜凝胶品质的影响[J].食品科学,2013,34(1):53-56.
- [14] AHMED P O, MILLER M F, LYON C E, et al. Physical and sensory characteristics of low-fat fresh pork sausage processed with various levels of added water[J]. Journal of food science, 1990, 55(3): 625-628.
- [15] MELTEM S, OZLEM D. Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte)[J]. Meat science, 2004, 68(2): 291-296.
- [16] DAS A K, RAJKUMAR V. Effect of different fat level on microwave cooking properties of goat meat patties[J]. Journal of food science and technology-mysore, 2013, 50(6): 1206-1211.
- [17] TOBIN B D, O'SULLIVAN M G, HAMILL R M, et al. The impact of salt and fat level variation on the physicochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages[J]. Meat science, 2013, 93(2): 145-152.
- [18] 王冬妮.鱿鱼鱼糜凝胶特性改良研究[D].大连:大连工业大学,2016.
- [19] NIU H L, XIA X F, WANG C, et al. Thermal stability and gel quality of myofibrillar protein as affected by soy protein isolates subjected to an acidic pH and mild heating[J/OL]. Food chemistry, 2018, 242: 188-195 [2019-07-26]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.055>.
- [20] GAO X Q, KANG Z L, ZHANG W G, et al. Combination of κ-carrageenan and soy protein isolate effects on functional properties of chopped low-fat pork batters during heat-induced gelation[J]. Food and bioprocess technology, 2015, 8(7): 1524-1531.
- [21] 翟小波,李洪军,贺稚非.薯类淀粉对兔肉肉糜流变性质和凝胶特性的影响[J].食品与发酵工业,2016,42(12):49-56.
- [22] 周阳,胥伟,陈季旺,等.小麦淀粉和马铃薯淀粉对鱼丸品质的影响[J].肉类研究,2018,32(2):29-33,10.
- [23] ZHANG F H, FANG L, WANG C J, et al. Effects of starches on the textural, rheological, and color properties of surimi-beef gels with microbial transglutaminase[J]. Meat science, 2013, 93(3): 533-537.
- [24] SUN X D, HOLLEY R A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods[J]. Comprehensive reviews in food science and food safety, 2011, 10(1): 33-51.
- [25] 曾淑薇,李吉,熊善柏,等.磷酸盐对草鱼肌原纤维蛋白结构的影响[J].食品科学,2014,35(23):48-51.
- [26] XIONG Y L. Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats[J]. Food research international, 2005, 38(3): 281-287.
- [27] JULAVIT TAYANUKUL O, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W. Effect of phosphate compounds on gel-forming ability of surimi from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*)[J]. Food hydrocolloids, 2006, 20(8): 1153-1163.

Formula optimization of fish paste-pork composite sausage with frying flavor

QIN Ruike¹ LIU Manman¹ XIONG Shanbai^{1,2}
YIN Tao^{1,2} DU Hongying^{1,2} LIU Ru^{1,2}

1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University,
Wuhan 430070, China;

2. National R&D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Wuhan),
Wuhan 430070, China

Abstract The fish paste-pork composite sausage with frying flavor was prepared by air frying and its formula was optimized, in which pork and fish paste were used as raw materials, soy protein isolate and potato starch were used as excipients. The results showed that fish bone in the whole fish paste formed a certain bone fragrance under the hot air. But excessive addition of fish paste caused grittiness. The gel properties of the product exhibited an increasing trend followed by declining with increasing fish paste addition. Appropriate addition of fat could significantly improve the taste of the product, and promote the formation of frying flavor of the composite sausage. Soy protein isolate and potato starch could improve the breaking force and deformation of the composite sausage, but excessive addition would reduce the sensory quality of the product. Adding compound phosphate could improve the breaking force and help to obtain a more uniform texture. Taking the gel properties and taste into consideration, water should not be added too much. The optimized formula of fish paste-pork composite sausage with frying flavor was as following: 20% fish paste, 20% fat, 10% soy protein isolate, 14% potato starch, 0.5% compound phosphate and 60% water.

Keywords fish paste; pork; composite sausage; formula; air frying; frying flavor; gel properties; sensory quality

(责任编辑:赵琳琳)