

路索,刘曼曼,秦瑞珂,等.油炸风味鱼浆猪肉复合凝胶制品复热方式的研究[J].华中农业大学学报,2020,39(6):82-87.

DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2020.06.012

油炸风味鱼浆猪肉复合凝胶制品复热方式的研究

路索,刘曼曼,秦瑞珂,胡杨,尤娟,熊善柏,刘茹

华中农业大学食品科学技术学院/国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉)/
长江经济带大宗水生生物产业绿色发展教育部工程研究中心,武汉 430070

摘要 以全鱼浆和猪肉为原料制备鱼浆猪肉复合凝胶,采用蒸汽、微波、油炸、空气炸制 4 种方式进行复热,研究 4 种不同复热方式对鱼浆猪肉凝胶的感官品质、凝胶性能和脂肪含量的影响,探寻一种能获得油炸风味且更健康的复热方式。结果表明,相比空白组样品而言,4 种复热方式均可以提高鱼浆猪肉复合凝胶的破断强度、凹陷深度和持水性,降低鱼浆猪肉复合凝胶的含水量,其中空气炸制提升凹陷深度和持水性的效果最好;空气炸制和油炸会明显降低凝胶制品的 L^* 值,提高 a^* 值和 b^* 值,使产品具有明亮的金黄色,二者色泽较为相似;同时空气炸制得到的鱼浆猪肉凝胶的风味和油炸也最接近,且含油量仅为油炸样品的 50% 左右。由此表明,空气炸制复热是生产油炸风味鱼浆猪肉复合凝胶制品的最适复热方式。

关键词 鱼浆;猪肉;复合凝胶;复热方式;空气炸制;凝胶性能;油炸风味;油炸口感

中图分类号 TS 254.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2020)06-0082-06

油炸制品因其特有的油炸风味和较好的感官体验(酥脆性、色泽等)深受消费者喜爱,然而,油炸制品含油量高,且油脂煎炸过程会产生一些有害物质,例如丙烯酰胺^[1]、5-羟甲基糠醛^[2]、丙二醛、杂环胺和糖基化终末产物^[3]等,影响人体健康。如何在减少和控制油脂含量的同时保持油炸的风味和质地已经成为目前油炸制品研究的热点。

常见的复热方式有蒸汽、微波、油炸和空气炸制等,其中空气炸制技术具有耗油少、方便省时、易于清洁等特点,备受研究者的关注。空气炸制技术是利用空气炸锅,将食材置于网状食物篮中,以高温热气流作为热交换介质,快速带走食品表面的水分以达到熟制的目的,食品中部分组分在高温下发生分解或裂解,释放出风味物质,并且在外表面形成金黄酥脆的表层。同时蛋白质和脂肪自动氧化产生的羰基化合物发生美拉德反应,产生醛、酮、酸以及呋喃等化合物,最终使食品达到类似油炸的口感和风味^[4]。已有研究表明,在 150 °C 条件下空气炸制 12 min 的甘薯样品相比传统油炸可以降低油脂含量 90%^[5],在 180 °C 条件下,空气炸制可比油炸降低土

豆中丙烯酰胺含量 90%^[6],明显体现了空气炸制相比于油炸在降油和安全方面的优越性,故而考虑使用空气炸制技术代替油炸。凝胶性能是鱼糜制品的重要指标,目前,主要关注的是肉糜的凝胶形成过程,而对于已形成凝胶再进行复热后凝胶特性变化的研究较少。

本研究主要分析了不同复热方式对煮制成型的鱼浆猪肉凝胶的感官性能、凝胶品质和油脂含量等的影响,以获得一种合适的复热方式,使产品具有油炸食品的风味和口感,同时含油率低,为健康的油炸风味肉糜制品的开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料和设备

猪肉采自湖北白猪;鲢,每尾体质量约 1.5 kg,从华中农业大学农贸市场采购;复合磷酸盐、大豆分离蛋白、马铃薯淀粉分别来自湖北兴发化工集团股份有限公司、临沂山松生物制品有限公司和杭州普罗星变性淀粉有限公司,其他辅料购自华中农业大学校内中百超市。

收稿日期:2020-09-01

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0901005);现代农业产业技术体系专项(CARS-45-28);湖北省技术创新专项(重大项目)(2017ABA141)

路索,硕士研究生.研究方向:水产品加工与贮藏. E-mail: 1018476938@qq.com

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

HD空气炸锅,飞利浦(中国)投资有限公司;色度测定仪,美国 Hunter Lab 公司;TA-XT Plus 型物性测试仪,英国 Stable Micro System 公司;骨泥机,日本 MASUKO SANGYO 公司;K600 食品调理机,德国博朗电器;HH-6 恒温水浴锅,金坛市精达仪器制造厂;高速分散均质机 FJ-200 型,上海标本模型厂;DF-6L 电炸炉,广东杰冠有限公司;电子鼻 FOX4000,法国 Alpha M.O.S 公司;P70D20P-TD 型微波炉,广东格兰仕有限公司。

1.2 试验方法

1)鱼浆猪肉复合凝胶的制作。参照秦瑞珂等^[7]的方法,以猪肉和全鱼浆为主要原料,添加配料斩拌均匀后灌肠,于 90 °C 水浴加热 30 min,随后流水冷却。冷却后的鱼浆猪肉复合凝胶剥去肠衣后分别采用 4 种方式进行复热,具体条件如下:分别(1)于蒸汽中加热 10 min;(2)于微波(功率 500 W)中加热 1 min;(3)于空气炸锅中 200 °C 加热 6 min;(4)于 180 °C 下油炸 1.5 min,得到产品。

2)穿刺性能的测定。参考刘茹^[8]的方法,使用 TA-XTPlus 物性测试仪测定鱼浆猪肉复合凝胶的

穿刺性能。基本参数:压缩距离 15 mm,测前速度 5 mm/s,测试速度 1 mm/s,测后速度 5 mm/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。

3)持水性和含水量的测定。含水量测定参照 GB 5009.3 — 2010,于 105 °C 干燥至恒质量进行测定。持水性测定:将样品切成厚 5 mm 的均匀薄片并称质量 m_1 ,下面放 3 张滤纸,上面放 3 张滤纸,采用硬度计施以 5 kg 力维持 1 min,去掉滤纸,再将样品称质量 m_2 ,每组样品做 5~9 个平行。持水性 = $m_2/m_1 \times 100\%$ 。

4)色度的测定。将样品在室温下切成厚 10 mm 的圆片,用 CR-400 型色差仪测定样品的色度,可得 L^* 、 a^* 、 b^* 值, L^* 为样品的明度, a^* 表示样品的红绿度, b^* 为样品的黄蓝度。

5)感官评定。邀请 6 名有感官评定经验的研究生组成感官评定小组(男女比例为 1:1),对鱼浆猪肉复合凝胶进行感官评分,感官评分标准见表 1。

表 1 油炸风味鱼浆猪肉复合凝胶的感官评价标准

Table 1 Sensory quality of fish paste/pork composite gel with frying flavour

指标 Index	评分标准 Score criteria	评分 Score
色泽 Color 20%	表皮具有油炸食品的金黄色泽,色度均匀 Golden color of fried foods, uniform	9~10
	表皮具有油炸食品的金黄色泽,色度较均一,有小块白斑 Golden color of fried foods, moderately uniform, small white spots	7~8
	表皮略有油炸食品的金黄色泽,色度不够均匀,有大块白斑 Slightly golden color of fried foods, slightly uniform, large white spots	4~6
	表皮无油炸食品的金黄色泽 No golden color of fried foods	0~3
气味 Odor 20%	具有油炸食品的香气,香气协调、柔和 Aroma of fried foods, harmony and soft	9~10
	具有油炸食品的香气,香气较柔和,稍淡 Aroma of fried foods, moderately harmony and slightly soft	7~8
	具有油炸食品的香气,香气不够柔和,过淡 Aroma of fried foods, slightly harmony	4~6
	无油炸食品的香气 No aroma of fried foods	0~3
滋味 Taste 20%	滋味饱满,丰厚悠长,回味鲜美 Strong mellow taste, delicious aftertaste	9~10
	滋味较饱满,风味好,有回味 Moderately mellow taste, moderate aftertaste	7~8
	滋味单薄,略有回味 Slightly taste and aftertaste	4~6
	滋味偏离可接受范围,无回味 Unacceptable taste, no aftertaste	0~3
形态 Tissue 20%	质地均匀、无气泡、形态规则、断面颜色一致 Uniform texture, no pores, regular shape, uniform cut surface	9~10
	质地较均匀、气泡较少、形态较规则、断面有较少杂色 Moderately uniform texture, few pores, medium regular shape, slightly variegated cut surface	7~8
	质地不够均匀、气泡较多、形态欠规则、断面有较多杂色 Slightly uniform texture, many pores, slightly regular shape, moderately variegated cut surface	4~6
	质地不均匀、气泡多、形态不规则、断面有较多杂色 No uniform texture, full pores, no regular shape, variegated cut surface	0~3
口感 Mouth feel 20%	具有油炸食品的口感,外酥内弹 Strongly crispy and elastic taste of fried foods	9~10
	具有油炸食品的口感,外壳酥脆感较强,内部弹性较好 Moderately crispy and elastic taste of fried foods	7~8
	具有油炸食品的口感,外壳酥脆感较差,内部弹性较差 Slightly crispy and elastic taste of fried foods	4~6
	无油炸食品的口感,外壳无酥脆感,内部弹性很差 No crispy and elastic taste	0~3

6)粗脂肪含量的测定。参照 GB 5009.6 — 2016 中脂肪含量测定方法,取不同复热方式下的鱼浆猪肉复合凝胶进行测定,每种样品做 5 次,取平均值。

7)气味特征分析(电子鼻)。采用气味分析仪(FOX4000 电子鼻)测定,将凝胶切成 2 mm×2 mm 小块,准确称取 2 g 置于 10 mL 电子鼻进样瓶,进行气味分析检测。每种样品做 4~6 个平行。

1.3 数据处理

采用 Excel 软件进行数据分析,用 Origin9.0 软件作图,采用 Duncan's 法和 SAS 8.0 软件进行显著性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同复热方式下鱼浆猪肉复合凝胶的感官品质

由图 1 可见,与 90 °C 水浴加热 30 min(空白)相比,蒸汽和微波复热后的产品色泽、气味和口感均无明显变化,而空气炸制和油炸复热后的鱼浆猪肉复合凝胶的感官品质明显提高,表皮呈金黄色,且具有油炸食品的气味和口感,外酥内弹。这说明空气炸制复热可赋予产品类似油炸食品的外观和口感。

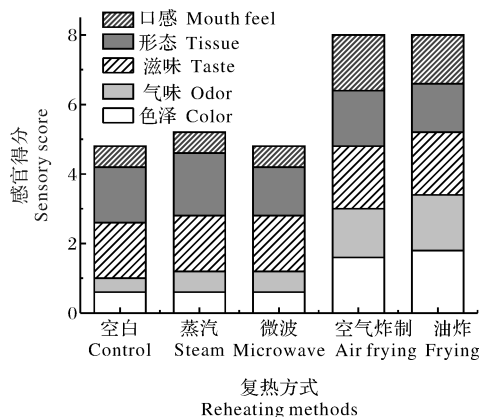


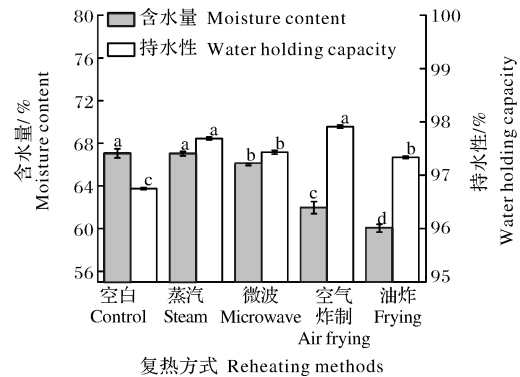
图 1 复热方式对鱼浆猪肉复合凝胶感官品质的影响

Fig.1 Effect of reheating methods on sensory quality of fish paste/pork composite gel

2.2 不同复热方式下鱼浆猪肉复合凝胶的含水量和持水性

由图 2 可以看出,复热方式对鱼浆猪肉复合凝胶的含水量和持水性的影响有显著差异($P < 0.05$)。与空白组(未复热的样品)相比,蒸汽复热样品的含水量无显著变化,而微波、空气炸制、油炸复热显著降低了产品的含水量,在微波复热过程中,微波作用下内部水分子剧烈运动,产生热量,该升温过

程于内外同时进行,但是样品外表面与温度较低的外界环境接触,故而升温速度低于内表面,同时,表面水分汽化蒸发,样品内部水分向外转移并蒸发,降低了含水量。在油炸过程中,水分从食品表面迅速蒸发,本试验中空气炸制温度(200 °C)略高于油炸温度(180 °C),在空气炸制过程中,凝胶表面会形成一层致密的薄膜,降低了水分的蒸发速度,因而其水分含量高于油炸样品的。4 种复热方式均可以提升样品的持水性,其中蒸汽和空气炸制提升效果更为明显,空气炸制效果最优,油炸和微波样品的持水性相近。



同一系列不同字母即存在显著性差异($P < 0.05$),下同。Different lowercases in the same species indicate significant differences ($P < 0.05$), the same as below.

图 2 复热方式对鱼浆猪肉复合凝胶含水量和持水性的影响

Fig.2 Effect of reheating methods on moisture content and water holding capacity of fish paste/pork composite gel

2.3 不同复热方式下鱼浆猪肉复合凝胶的穿刺性能

由表 2 可见,与未复热样品(空白)相比,4 种复热方式均能显著提高鱼浆猪肉复合凝胶的破断强度,蒸汽、微波、空气炸制复热还可显著提高产品的凹陷深度,其中空气炸制样品的凹陷深度达到最大

表 2 复热方式对鱼浆猪肉复合凝胶穿刺性能的影响

Table 2 Effect of reheating methods on puncture properties of fish paste/pork composite gel

复热方式 Reheating methods	破断力/g Breaking force	凹陷深度/mm Deformation	凝胶强度/ (g·mm) Gel strength
空白 Control	508.1±65.6c	6.3±0.5c	3 325.7±345.1b
蒸汽 Steam	636.9±30.9a	6.9±0.3b	4 416.1±106.9a
微波 Microwave	590.0±37.2ab	6.8±0.5b	4 026.5±237.2a
空气炸制 Air frying	575.0±52.9ab	7.4±0.7a	4 284.0±208.9a
油炸 Frying	543.5±47.9b	6.3±0.6c	3 475.5±307.5b

值 7.4 mm,说明其弹性最好,而油炸后产品的凹陷深度与空白样无显著差异。综上可知,与空白样相比,4 种复热方式均可提高复合凝胶的穿刺性能,其中空气炸制样品的弹性最好。

2.4 不同复热方式下鱼浆猪肉复合凝胶的色度

由表 3 可见,与空白组相比,4 种复热方式对鱼浆猪肉复合凝胶内部色度的影响较小;对表皮而言,空气炸制和油炸复热会显著降低其 L^* 值,从 74.67

分别下降到 61.35 和 63.62,显著提升样品的 a^* 值和 b^* 值,表明样品的亮度会有一定程度的下降,外表较红且偏黄。这是因为在高温条件下,发生了美拉德反应和焦糖化反应,生成了黑色素和棕色的焦糖色,从而使得产品颜色加深,产品的 a^* 值、 b^* 值提升。这也说明空气炸制可以使复热后的产品具有和油炸相似的外观,与感官品质中得到的色泽结果一致。

表 3 复热方式对鱼浆猪肉复合凝胶色度的影响

Table 3 Effect of reheating methods on color of fish paste/pork composite gel

复热方式 Reheating methods	内部 Internal			表面 Surface		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
空白 Control	77.99±0.58a	0.75±0.13a	13.21±0.18b	74.67±0.99b	0.93±0.12b	15.04±0.47b
蒸汽 Steam	77.65±0.43ab	0.69±0.12a	13.26±0.19b	75.88±0.57b	1.04±0.07b	17.01±2.02b
微波 Microwave	77.85±0.52a	0.82±0.10a	13.23±0.10b	75.35±0.82b	1.04±0.11b	17.11±0.45b
空气炸制 Air frying	77.00±0.67b	0.71±0.14a	14.07±0.28b	61.35±3.30a	9.24±1.89a	35.43±3.39a
油炸 Frying	77.60±0.66ab	0.64±0.21a	13.12±0.21b	63.62±0.99a	7.40±0.65a	37.16±1.00a

2.5 不同复热方式下鱼浆猪肉复合凝胶的脂肪含量

由图 3 可见,与空白组相比,蒸汽、微波、空气炸制复热后的鱼浆猪肉复合凝胶的脂肪含量无显著性变化,约为 10%,但油炸后的鱼浆猪肉复合凝胶的脂肪含量高达 20%,显著高于其他样品。因此,采用空气炸制复热后产品的油脂仅为传统油炸产品含油量的 50%,说明空气炸制相比油炸可以显著降低产品的含油率。

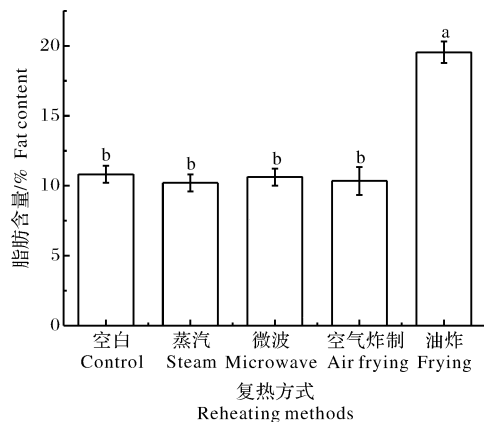


图 3 复热方式对鱼浆猪肉复合凝胶脂肪含量的影响

Fig.3 Effect of reheating methods on fat content of fish paste/pork composite gel

2.6 复热方式对鱼浆猪肉复合凝胶挥发性气味特性的影响

由图 4 可见,第 1 主成分(PC1)的贡献率为 77.66%,第 2 主成分(PC2)的贡献率为 9.93%,累积贡献率为 87.59%;其中 PC1 是影响鱼浆猪肉复

合凝胶气味特性的主要成分。与仅 90 °C 水浴加热 30 min(空白)相比,蒸汽、微波、空气炸制和油炸复热后的产品的主成分分析图都往左移,表明 4 种复热方式使产品气味产生了变化,其中空气炸制和油炸复热产品的气味相近,这与感官评价中的气味结果一致。因此,电子鼻的测试结果进一步说明了空气炸制复热后的产品的气味与油炸制品最为接近。

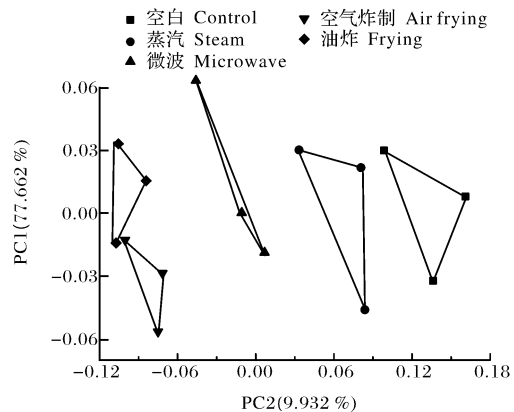


图 4 不同复热方式下鱼浆猪肉复合凝胶挥发性气味的主成分分析

Fig.4 Principal component analysis of volatile odor of fish paste/pork composite gel under different reheating conditions

经过不同复热后鱼浆猪肉凝胶对传感器的相应雷达图如图 5 所示,经过不同方式复热后样品的气味轮廓基本相似,只有个别传感器的响应值存在明显差异,变化比较大的几个传感器依次是:T30/1(极性化合物、丙醇)、T70/2(芳香族化合物)、P30/1

(氨基、醇类)和 PA/2(酮类、醇类、氨水、胺类化合物、含硫化合物)。样品对这几个传感器响应值的大小顺序均为油炸>空气炸制>微波>蒸汽>未复热,说明在复热过程中生成了一些极性化合物、芳香族化合物、醇类、酮类等物质,这些物质的产生量随复热方式不同而异,导致风味的差异,空气炸制样品

的响应值最接近油炸,说明空气炸制与油炸风味最接近。而油炸共性香味物质主要是一些醛酮类和杂环类物质,由此推测 T30/1 和 T70/2 对油炸香气物质较敏感,空气炸制样品对这 2 个传感器的响应值与油炸相似($P>0.05$),但显著高于其他复热方式的,这也与感官评价结果一致。

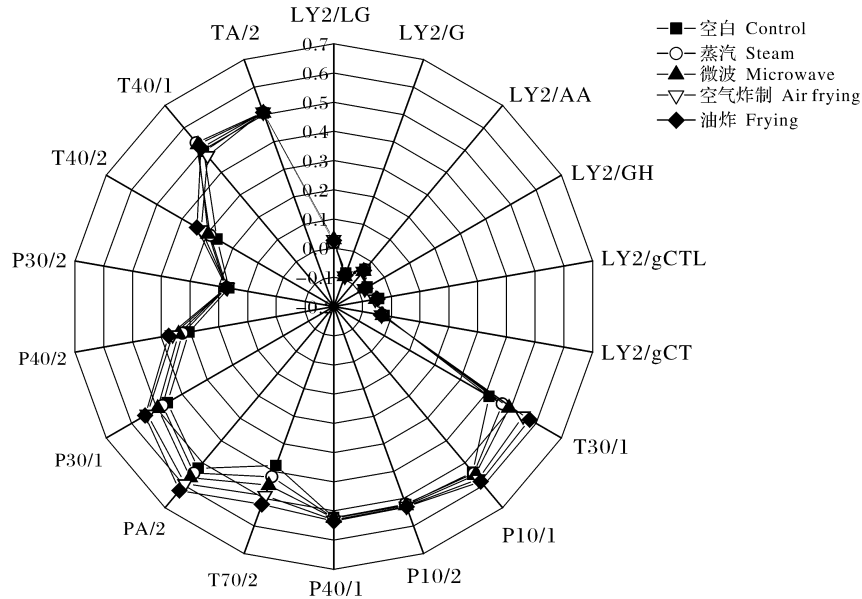


图 5 不同复热方式下鱼浆猪肉复合凝胶的电子鼻雷达图谱

Fig.5 Electronic nose radar mapping of fish paste/pork composite gel under different reheating conditions

3 讨论

4 种复热方式(油炸、空气炸制、蒸汽和微波)均可提高鱼浆猪肉复合凝胶的破断强度、凹陷深度和持水性,相对其他 3 种复热方式而言,空气炸制对样品的破断强度和持水性提升更加显著。原因是空气炸制的高温改变了复合凝胶的水分组成,表现为自由水蒸发和结合水比例升高^[9],另一方面使肉制品中的肌原纤维结合更加紧密,内部空间距离更小^[10]。同时空气炸制样品的颜色、感官和气味特征与油炸样品最相近,且含油量仅为油炸样品的 50% 左右。有研究报道,油炸风味和色泽主要来源于美拉德反应、焦糖化反应、氨基酸降解和脂肪氧化降解反应^[4],其中和肉类风味相关的主要为含硫化合物,这些化合物是通过半胱氨酸和核糖经过美拉德反应所得^[11],同时内酯、丙酮醛、甘油醛和乙二醛等化合物也会对产品风味产生积极作用(主要是通过焦糖化反应所得),还有一些对产品风味有影响的小分子挥发性物质如噻唑、噻吩、吡嗪、吡啶、吡咯等主要是通过氨基酸降解反应得到^[4]。这几种反应都需要高

温条件,空气炸制可以提供发生上述反应的高温环境,同时样品中含有合适的底物(油脂、蛋白质等),使得样品中可以发生上述反应,形成了油炸风味和色泽。同时,不和热油直接接触降低了样品的含油量。综上所述,空气炸制和油炸这 2 种不同的复热方式在很多指标上具有相似的特征,但空气炸制样品的含油率明显低于油炸样品。

本研究表明空气炸制可以使鱼浆猪肉复合凝胶形成油炸风味、色泽和口感,同时含油率比较低,这对于我们开发具有油炸风味和质地的产品具有一定的指导意义。但是仍然存在一些问题,如目前对油炸风味的判别主要通过感官评价和电子鼻来实现,没有鉴定出对复合凝胶油炸风味起主要贡献的具体物质,因此,为进一步阐明不同复热方式下鱼浆猪肉复合凝胶风味的异同,后期还需采用 GC-MS 来检测。

参考文献 References

- [1] 郭红英, 阚旭辉, 谭兴和, 等. 食品中丙烯酰胺的研究进展[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(3): 33-36. GUO H Y, KAN X H, TAN X H, et al. Research progress on acrylamide in food[J]. Cereals and oils, 2017, 30(3): 33-36 (in Chinese with English abstract).

- [2] KAVOUSI P, MIRHOSSEINI H, GHAZALI H, et al. Formation and reduction of 5-hydroxymethylfurfural at frying temperature in model system as a function of amino acid and sugar composition[J]. *Food chemistry*, 2015, 182(9):164-170.
- [3] LU F, KUHNLE G K, CHENG Q. 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(10):399-411.
- [4] 张聪, 陈德慰. 油炸食品风味的研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(10):3085-3091. ZHANG C, CHEN D W. Advance in flavor study of the deep-fried food[J]. *Journal of food safety and quality*, 2014, 5(10):3085-3091 (in Chinese with English abstract).
- [5] VIEIRA E C S, MARSICO E T, CONTE-JUNIOR C A, et al. Effects of different frying techniques on the color, fatty acid profile, and lipid oxidation of *Arapaima gigas*[J/OL]. *Journal of food processing and preservation*, 2018, 42(11): e13820.1-e13820.8[2020-09-01]. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13820>.
- [6] SANSANO M, JUAN-BORRAS M, ESCRICHE I, et al. Effect of pretreatments and air-frying, a novel technology, on acrylamide generation in fried potatoes[J]. *Journal of food science*, 2015, 80(4/5/6):T1120-T1128.
- [7] 秦瑞珂, 刘曼曼, 熊善柏, 等. 油炸风味鱼浆猪肉复合香肠的配方优化[J]. *华中农业大学学报*, 2019, 38(6):33-40. QIN R K, LIU M M, XIONG S B, et al. The formula optimization of fish paste-pork composite sausage with frying flavor[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2019, 38(6):33-40 (in Chinese with English abstract).
- [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. LIU R. Difference and mechanism of gel properties between fish and pork[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008 (in Chinese with English abstract).
- [9] ZIELBAUER B I, FRANZ J, VIEZENS B. Physical aspects of meat cooking: time dependent thermal protein denaturation and water loss[J]. *Food biophysics*, 2016, 11(1):34-42.
- [10] 史培磊. 风鹅腌制工艺改进及其品质变化规律的研究[D]. 南京:南京农业大学, 2011. SHI P L. Studies on the processing improvement of dry-cured goose and their quality variations [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011 (in Chinese with English abstract).
- [11] 谢凡. 烤鸭中美拉德反应的研究[D]. 上海:上海应用技术学院, 2015. XIE F. Study of Maillard reaction in roast duck[D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2015 (in Chinese with English abstract).

Reheating methods of fried-flavor fish paste/pork composite gel

LU Suo, LIU Manman, QIN Ruike, HU Yang, YOU Juan, XIONG Shanbai, LIU Ru

*College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University/
National R&D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Wuhan)/
Engineering Research Center of Green Development for Conventional Aquatic Biological
Industry in the Yangtze River Economic Belt, Ministry of Education, Wuhan 430070, China*

Abstract With pork and whole fish paste as raw materials to make fish paste/pork composite gel, steam, microwave, frying and air frying were used for reheating. The effect of reheating methods on the sensory qualities, gel properties and fat contents of fish paste/pork composite gel was investigated. The aim was to explore a healthy reheating method for fish paste/pork composite gel with fried flavor. Compared with the control sample, all of the four reheating methods improved the breaking force, deformation and water holding capacity of the fish paste/pork composite gel, and reduced the water content. Among these, air frying had the best improving effect on the deformation and water holding capacity. Frying and air frying obviously reduced the L^* value, increased the a^* and b^* values of the gel. The product after air frying owned a bright golden yellow color, similar to the product after frying. The flavor of the air fried sample was the closest to that of the fried sample. In addition, the oil content of the air fried sample was about 50% of the fried sample. In summary, the fish paste/pork composite gel with low fat content can be produced by air frying and reheating. Air frying was the optimal reheating methods for producing fish paste/pork composite gel with fried flavor.

Keywords fish paste; pork; composite gel; reheating methods; air frying; gel properties; frying flavor; frying mouth feel

(责任编辑:赵琳琳)