

预乳化鸡皮对鸡肉香肠品质的影响

陈景鑫

(齐齐哈尔工程学院管理工程系, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

摘要: 以添加鸡皮为对照组 (C0, 鸡皮添加量30% (质量分数, 下同)), 添加预乳化鸡皮为处理组, 即T1组 (鸡皮20%+预乳化鸡皮10%)、T2组 (鸡皮15%+预乳化鸡皮15%)、T3组 (鸡皮10%+预乳化鸡皮20%) 和T4组 (预乳化鸡皮30%), 研究预乳化鸡皮对鸡肉香肠品质特性的影响。测定的品质特性指标包括近似组成、蒸煮损失、乳化稳定性、pH值、表观黏度、色泽、质构特性和感官特性。结果表明: 随着鸡皮与预乳化鸡皮添加比例的变化, 鸡肉香肠的水分含量、脂肪含量、蒸煮损失、乳化稳定性、亮度、质构特性、表观黏度和整体可接受性等指标均有所改变。T2组的水分含量最高 ($P<0.05$), C0和T4组的水分含量最低 ($P<0.05$); C0组的脂肪含量高于各处理组 ($P<0.05$); T2组的蒸煮损失、总可表达流体和脂肪分离比例、硬度、弹性和黏聚性具有最低值 ($P<0.05$); 各处理组的总体可接受性评分均显著高于对照组 ($P<0.05$)。预乳化鸡皮的添加可改善鸡肉香肠的品质特性, 其中鸡皮与预乳化鸡皮的最适宜添加比例为1:1。

关键词: 鸡胸肉; 鸡皮; 预乳化; 鸡肉香肠

Effect of Pre-Emulsified Chicken Skin on the Quality of Chicken Sausage

CHEN Jingxin

(Department of Management Engineering, Qiqihar Institute of Engineering, Qiqihar 161005, China)

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effect of pre-emulsified chicken skin on the quality of chicken sausage. Sausage with 30% raw chicken skin (*m/m*) was used as a control group (C0), and four treatment groups were set up: T1 (20% raw + 10% pre-emulsified chicken skin), T2 (15% raw + 15% pre-emulsified chicken skin), T3 (10% raw + 20% pre-emulsified chicken skin), and T4 (30% pre-emulsified chicken skin). The following quality characteristics were measured proximate composition, cooking loss, emulsion stability, pH value, apparent viscosity, color, texture and organoleptic properties. It was found that changes in the moisture content, fat content, cooking loss, emulsion stability, brightness, texture, apparent viscosity and overall acceptability of sausages occurred with changes in the ratio of raw to pre-emulsified chicken skin. The moisture content of T2 was the highest ($P<0.05$), while the lowest was found in both C0 and T4 ($P<0.05$). The fat content of C0 was higher than that of each treatment group ($P<0.05$). T2 had the lowest cooking loss, total expressible fluid ratio, fat separation ratio, hardness, elasticity and cohesiveness ($P<0.05$). The overall acceptability scores of the treatment groups were significantly higher than that of the control group ($P<0.05$). Therefore, addition of pre-emulsified chicken skin can improve the quality characteristics of chicken sausage, and the optimum ratio of chicken skin to pre-emulsified chicken skin is 1:1.

Keywords: chicken breast; chicken skin; pre-emulsified; chicken sausage

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190617-129

中图分类号: TS251.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2019) 08-0048-05

引文格式:

陈景鑫. 预乳化鸡皮对鸡肉香肠品质的影响[J]. 肉类研究, 2019, 33(8): 48-52. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190617-129. <http://www.rlyj.net.cn>

CHEN Jingxin. Effect of pre-emulsified chicken skin on the quality of chicken sausage[J]. Meat Research, 2019, 33(8): 48-52. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190617-129. <http://www.rlyj.net.cn>

经济增长增加了全球肉类消费和肉类生产量。肉不仅是蛋白质的主要来源, 而且还含有丰富的微量营养

素, 如维生素和矿物质。全球鸡肉需求持续上升, 肉鸡养殖相对环保节能, 饲料转化率高以及鸡肉的高蛋白优

收稿日期: 2019-06-17

作者简介: 陈景鑫 (1982—) (ORCID: 0000-0002-9705-048X), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为食品科学。E-mail: 413964269@qq.com



势推动鸡肉的生产和消费,使更多的消费者选择鸡肉^[1]。因此,开发新产品和改进鸡肉制品工艺至关重要。改善肉制品品质特性的方法很多,如添加品质改良剂等配料或改善加工工艺。已有研究表明,脂肪在改善肉制品乳化稳定性、蒸煮损失、风味和质地方面起着重要作用,在掺入混合前对脂肪进行预乳化处理可以改善其乳化稳定性、持水能力并减少肉制品的蒸煮损失^[2-3]。关于肉制品稳定乳化体系的研究已经报道了较小粒径的脂肪可以更容易地被盐溶蛋白包围^[4-5]。Beriaín等^[6]研究发现,使用海藻酸钠的预乳化液可以改善低脂香肠的质量特性,预乳化过程可以增加肉制品的持水能力和脂肪的均匀分布。此外, Kim等^[7]发现,利用鸭皮代替猪背脂肪后,鸭肉火腿的乳化稳定性和蒸煮损失随着鸭皮比例的增加而降低。

将鸡皮经过海藻酸钠预乳化后添加到鸡肉香肠中,其对鸡肉香肠的品质特性是否可以起到积极作用仍未可知,本研究的目的是探究预乳化鸡皮对鸡肉香肠品质特性的影响,并确定其在鸡肉香肠中的适宜添加比例。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

冷鲜鸡胸肉和鸡皮(正规商业屠宰,宰后48 h)正大食品;食盐、玉米淀粉、白糖、红曲、味精、香辛料本地新玛特超市;海藻酸钠(纯度99.5%)青岛聚大洋藻业集团有限公司;亚硝酸钠、D-异抗坏血酸钠、复合磷酸盐(均为食品级)郑州拓洋实业有限公司。

1.2 仪器与设备

Kjeltec 8400全自动凯氏定氮仪 丹麦福斯集团公司; HE83/02水分测定仪、Fe20-K pH计 梅特勒-托利多(上海)有限公司; SOX606全自动脂肪测定仪 济南海能仪器股份有限公司; TA-XT2i质构分析仪 英国Smsta公司; DV3THB流变仪 美国Brookfield公司; MQ5045WH手持切割机 博朗(上海)有限公司; MEW713绞肉机、BVBJ-500真空搅拌机浙江艾博机械工程有限公司; KK500灌肠机 德国Frey公司; CR-400色差计 日本Konica-Minolta公司; 5417R离心机 德国Eppendorf公司。

1.3 方法

1.3.1 鸡肉香肠的制备及分组

原料预处理:对鲜鸡胸肉进行近似组成测定,测得其水分含量为72.48%,蛋白质含量21.94%,脂肪含量5.12%;对鸡皮进行近似组成测定,测得其水分含量为33.31%,蛋白质含量8.94%,脂肪含量58.06%。

预乳化鸡皮制备:使用MQ5045WH手持切割机在12 000 r/min条件下将鸡皮在海藻酸钠和冰水预混液中切割1 min。

鸡肉香肠制备工艺:鸡胸肉和鸡皮预处理→绞肉(4 mm)→掺料(鸡皮、预乳化鸡皮及其他辅料)→搅拌(10 min)→灌装(直径25 mm纤维素肠衣)→煮制(85 ℃, 30 min)→冷却(至室温20 ℃)

鸡肉香肠的配方及分组如表1所示。

表1 不同预乳化鸡皮添加量的鸡肉香肠配方
Table 1 Formulations of chicken sausage with pre-emulsified chicken skin

成分	对照组 (C0)	处理组			
		T1	T2	T3	T4
鸡胸肉/%	70	70	70	70	70
鸡皮/%	30	20	15	10	0
预乳化鸡皮/%	0	10	15	20	30
小计/g	100	100	100	100	100
玉米淀粉/%	4	4	4	4	4
冰水/%	15	15	15	15	15
海藻酸钠/%	1	1	1	1	1
食盐/%	2	2	2	2	2
白糖/%	1	1	1	1	1
味精/%	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
香辛料/%	1	1	1	1	1
D-异抗坏血酸钠/%	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
亚硝酸钠/%	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
复合磷酸盐/%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
总计/g	124.22	124.22	124.22	124.22	124.22

1.3.2 近似组成测定

使用HE83/02水分测定仪测定各组香肠的水分含量;使用Kjeltec 8400全自动凯氏定氮仪测定各组香肠的蛋白质含量;使用SOX606全自动脂肪测定仪测定各组香肠的脂肪含量。

1.3.3 蒸煮损失测定

参照Choi等^[8]的方法,并稍作修改。称取各组肉馅20~30 g(记为 m_1),分别置于50 mL离心管中,在20 ℃、500×g条件下离心5 min后置于75 ℃水浴中加热30 min;取出在25 ℃条件下冷却1 h,冷却后称质量(记为 m_2),煮制前后质量差与煮制前的质量比即为蒸煮损失,按照下式计算。

$$\text{蒸煮损失}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

1.3.4 乳化稳定性测定

参照Bloukas等^[9]的方法,并稍作修改。将25 g各组肉馅分别置于带刻度的玻璃管中后,将其在75 ℃条件下加热30 min;在室温(25 ℃)条件下冷却4 h后,在玻璃管底部测定从鸡肉香肠中分离出的总可表达流体和脂肪,计算总可表达流体和脂肪的比例。

1.3.5 表观黏度测定

使用DV3THB流变仪测定鸡肉香肠的表观黏度。将5 mL肉馅置于金属杯中,使用SC4-29标准转子测量肉馅的表观黏度。测试速率为10 r/min,测试时间为30 s^[10]。表观黏度的单位为Pa·s。

1.3.6 pH值测定

将5 g样品和20 mL蒸馏水置于50 mL离心管中, 用均质机6 000 r/min均质15 s后, 使用Fe20-K型pH计(用pH值为4、7、10的缓冲溶液校准)测定各组鸡肉香肠的pH值。

1.3.7 色泽测定

使用CR-400色差计测定各组鸡肉香肠的亮度值(L^*)、红度值(a^*)和黄度值(b^*)。

1.3.8 质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)

使用TA-XT2i质构仪在室温下进行TPA。从各组香肠的中心部分切取2.5 cm长的样品(去除肠衣)进行测定。测前速率2.0 mm/s, 测定速率2.0 mm/s, 测后速率5.0 mm/s, 最大负荷2.0 kg, 测定距离8.0 mm, 触发力5.0 g。测定指标包括硬度、弹性、黏聚性、胶着度和咀嚼度。

1.3.9 感官评定

感官评定小组由20名食品专业的成员组成。感官评价标准包括外观、颜色、风味、嫩度、多汁性和整体可接受性。将冷却样品的中心部分切成长2.5 cm的圆柱体, 除去肠衣后, 分2次送给小组成员进行评定。小组成员2次品尝样品的时间间隔需超过30 s, 中间用温水漱口。每项标准均采用“9点”制等级(1=非常不合需要, 9=非常合意)进行评估。

1.4 数据处理

各项指标均设9个平行样进行测定。所有数据均采用SPSS 18软件中的单因素方差分析和邓肯多重范围测试来分析差异性($P<0.05$ 为显著)。

2 结果与分析

2.1 预乳化鸡皮对鸡肉香肠近似组成的影响

表2 鸡肉香肠的近似组成
Table 2 Proximate composition of chicken sausages

组别	水分含量/%	蛋白质含量/%	脂肪含量/%
C0	64.15±0.34 ^c	14.84±0.63 ^a	11.72±0.08 ^a
T1	67.03±0.29 ^b	14.52±0.55 ^a	10.02±0.11 ^b
T2	69.41±0.65 ^a	15.09±0.72 ^a	9.68±0.23 ^b
T3	66.85±0.40 ^b	13.99±0.86 ^a	10.00±0.19 ^b
T4	64.43±0.67 ^c	15.10±0.48 ^a	9.81±0.19 ^b

注: 同列小写字母不同, 表示各组间差异显著($P<0.05$)。下同。

由表2可知, 当预乳化鸡皮的添加量增加至15%时, 鸡肉香肠的水分含量随之显著增加($P<0.05$), T2组鸡肉香肠具有最高的水分含量($P<0.05$), 这可能是由于此时的香肠具有更好的持水能力^[11]。相比之下, 添加30%鸡皮的对照组与添加30%预乳化鸡皮的T4组均具有最低的水分含量($P<0.05$)。一般来说, 由于脂肪颗粒的均匀分布, 预乳化过程中的脂肪影响了肉制品的乳化

稳定性和持水能力^[2]。尽管预乳化过程可能对鸡肉的水分含量产生积极影响, 但在本研究中, 加入过量的鸡皮会抑制海藻酸钠预乳化的胶凝能力。对照组鸡肉香肠的脂肪含量高于所有处理组($P<0.05$)。蛋白质和灰分含量在对照组和处理组之间没有显著差异($P>0.05$), 这可能是由于各组添加的成分相同, 如鸡胸肉、鸡皮和海藻酸钠等。根据Yunsang等^[12]的研究, 肉制品的蛋白质、脂肪和灰分组成受添加成分影响, 在本研究中, 添加的成分没有差异。

2.2 预乳化鸡皮对鸡肉香肠蒸煮损失和乳化稳定性的影响

表3 鸡肉香肠的蒸煮损失和乳化稳定性
Table 3 Cooking loss and emulsifying stability of chicken sausages

组别	蒸煮损失/%	乳化稳定性	
		可表达流体分离比例/%	可表达脂肪分离比例/%
C0	21.70±0.34 ^a	14.74±1.02 ^a	5.06±0.28 ^a
T1	17.63±0.26 ^b	10.53±0.48 ^c	3.11±0.18 ^b
T2	13.12±0.61 ^d	8.14±0.37 ^d	0.97±0.11 ^d
T3	15.35±0.29 ^c	9.82±0.55 ^c	2.03±0.41 ^c
T4	18.69±0.40 ^b	13.79±0.49 ^{ab}	3.75±0.37 ^b

当肉制品加热时, 蛋白质发生热变性, 降低了肉制品的保水能力和乳化稳定性, 这会导致肉制品中水分和脂肪的流失^[13-14]。由表3可知, 处理组鸡肉香肠的蒸煮损失受预乳化鸡皮添加量的显著影响($P<0.05$), 且所有处理组的蒸煮损失均显著低于对照组($P<0.05$)。此外, T4组的蒸煮损失显著高于T2、T3处理组($P<0.05$), 而T2组具有最低的蒸煮损失($P<0.05$)。Andersson等^[15]观察到, 含有乳化脂肪的乳化香肠脂肪损失低于由松散脂肪组成的牛肉汉堡。Pintado等^[16]报道, 与未添加乳化凝胶的法兰克福香肠相比, 添加预乳化脂肪与藻酸盐的法兰克福香肠具有较低的蒸煮损失。

各组鸡肉香肠的总可表达流体分离比例类似于蒸煮损失。对照组鸡肉香肠的总可表达流体分离比例最高($P<0.05$), T2组的总可表达流体和脂肪分离比例均最低($P<0.05$), 这可能是由于鸡皮乳化液的稳定性较高^[17-18]。肉制品的乳化稳定性可作为鸡肉香肠品质的重要指标。水分含量的增加和总可表达流体分离比例与蒸煮损失的减少表明, 预乳化液可维系鸡肉香肠中一定量的水分和脂肪。T4组鸡肉香肠具有比其他处理组更低的乳化稳定性($P<0.05$), 这种较低的乳化稳定性可能是由于预乳化鸡皮对水分和脂肪的保持能力有限^[6]。

2.3 预乳化鸡皮对肉馅表观黏度的影响

肉制品的表观黏度与肉制品分子特性和质量特性间的相互作用有关, 如水分、蛋白质、脂肪含量以及乳化稳定性和持水能力^[19-20]。所有鸡肉香肠样品的流变学特征显示出触变行为, 这与时间有关^[21]。

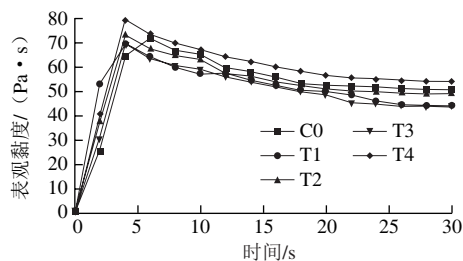


图1 鸡肉香肠的表观黏度变化

Fig. 1 Changes in apparent viscosity of chicken sausages

由图1可知, 各组鸡肉香肠的表观黏度均随时间的延长而降低, 并且T4组在所有时间点均具有最高的表观黏度 ($P<0.05$)。这一结果表明, 预乳化鸡皮影响鸡肉香肠的表观黏度, 并且增加了可以用水和盐溶性蛋白乳化的脂肪颗粒的量^[22]。

2.4 预乳化鸡皮对鸡肉香肠pH值与色泽的影响

表4 鸡肉香肠的pH值与色泽

Table 4 pH values and color parameters of chicken sausages

组别	pH	L^*	a^*	b^*
C0	6.37±0.10 ^a	72.48±1.14 ^b	3.94±0.15 ^a	18.12±1.04 ^a
T1	6.36±0.08 ^a	73.15±0.86 ^b	3.48±0.19 ^a	17.80±0.88 ^a
T2	6.37±0.11 ^a	75.98±0.90 ^{ab}	3.73±0.08 ^a	18.03±0.87 ^a
T3	6.37±0.07 ^a	77.47±0.49 ^a	3.91±0.10 ^a	17.99±0.98 ^a
T4	6.38±0.09 ^a	78.11±1.01 ^a	3.57±0.14 ^a	17.84±1.31 ^a

由表4可知, T3和T4组鸡肉香肠的 L^* 最高 ($P<0.05$), 对照组和T1组鸡肉香肠的 L^* 最低 ($P<0.05$), T2组鸡肉香肠的 L^* 与对照组和其他处理组相比无显著差异 ($P>0.05$)。Berasategi等^[23]报道, 由于乳化脂肪的均匀分布, 预乳化脂肪增加了肉制品的亮度。因此, 鸡皮的均匀分布影响鸡肉香肠的亮度。在本研究中, 随着预乳化鸡皮添加量的提高, 处理组鸡肉香肠的 L^* 增加。各处理组鸡肉香肠的 a^* 和 b^* 并无显著差异 ($P>0.05$)。Kang^[24]、Naveen^[25]等的研究表明, 鸭皮对鸭肉香肠的 a^* 和 b^* 无影响, 这与本研究结果类似。

2.5 预乳化鸡皮对鸡肉香肠质构特性的影响

表5 鸡肉香肠的质构特性

Table 5 Texture characteristics of chicken sausages

组别	硬度/kg	弹性	胶着度/kg	黏聚性	咀嚼度/kg
C0	0.82±0.07 ^a	0.78±0.05 ^a	0.80±0.09 ^a	0.67±0.05 ^a	0.68±0.10 ^a
T1	0.68±0.06 ^b	0.66±0.08 ^b	0.47±0.01 ^b	0.55±0.06 ^b	0.24±0.03 ^b
T2	0.35±0.02 ^d	0.52±0.04 ^c	0.38±0.02 ^d	0.40±0.03 ^c	0.11±0.02 ^c
T3	0.43±0.04 ^c	0.57±0.02 ^{bc}	0.41±0.02 ^c	0.48±0.03 ^b	0.21±0.01 ^b
T4	0.46±0.03 ^c	0.58±0.01 ^b	0.44±0.03 ^{bc}	0.50±0.04 ^b	0.22±0.03 ^b

由表5可知, 处理组鸡肉香肠的硬度、弹性、黏聚性、胶着度和咀嚼性均显著低于对照组 ($P<0.05$), T2组表现出最低的硬度、弹性和黏聚性 ($P<0.05$)。这可能是由于水分含量影响鸡肉香肠的质构特性, 随

着水分含量的增加, 鸡肉的硬度下降, 这与Bishop^[26]、Câmara^[27]等早期的研究结果一致。Herrero等^[28]对熟肉制品的拉伸性能进行比较, 并确定了质构特性与水分含量之间的相关性, 不管肉制品种类如何, 熟肉制品的硬度受其水分含量的影响。鸡肉的水分含量受预乳化处理方法的影响, 预乳化处理可增加肉制品的持水能力^[29]。Afoakwa等^[30]研究发现, 乳化液中的脂肪粒径较小时其产品硬度较低, 这一趋势在本研究中同样能够观察到。因此, 需要调控预乳化鸡皮比例来制备具有最佳质地的鸡肉香肠。

2.6 预乳化鸡皮对鸡肉香肠感官评价的影响

表6 鸡肉香肠的感官评分

Table 6 Sensory evaluation scores of chicken sausages

组别	外观	颜色	风味	嫩度	多汁性	总体可接受度
C0	5.87±0.36 ^c	7.81±0.13 ^a	7.18±0.11 ^a	5.13±0.93 ^c	4.83±0.52 ^c	5.20±0.33 ^c
T1	6.94±0.58 ^{ab}	7.79±0.20 ^a	7.25±0.10 ^a	6.45±0.16 ^b	5.66±0.43 ^{bc}	6.35±0.29 ^b
T2	8.12±0.63 ^a	7.85±0.23 ^a	7.19±0.13 ^a	8.21±0.32 ^a	7.34±0.46 ^a	7.21±0.30 ^a
T3	7.05±0.40 ^{ab}	7.80±0.19 ^a	7.22±0.13 ^a	7.86±0.28 ^a	6.27±0.33 ^b	6.61±0.41 ^{ab}
T4	6.85±0.53 ^b	7.83±0.09 ^a	7.23±0.11 ^a	6.52±0.26 ^b	6.03±0.57 ^b	6.28±0.19 ^b

由表6可知: 除T1组鸡肉香肠的多汁性得分与对照组差异不显著外, 处理组鸡肉香肠的外观、嫩度、多汁性和总体可接受性得分均显著高于对照组 ($P<0.05$); 除了颜色和风味以外, 对照组鸡肉香肠在所有感官评分项目中的得分均最低 ($P<0.05$); 各处理组间的颜色与风味无显著差异 ($P>0.05$), T2组的外观、嫩度、多汁性及总体可接受性得分均最高。

3 结论

预乳化鸡皮的不同添加水平影响鸡肉香肠的品质特性, 如水分含量、脂肪含量、蒸煮损失、总可表达流体和脂肪分离比例、 L^* 、质构特性及总体可接受性等。结果表明, 鸡皮和预乳化鸡皮的最佳添加比例为1:1 (添加量均为15%), 该条件下鸡肉香肠的蒸煮损失最低, 乳化稳定性更好, 整体可接受性得分最高。因此, 添加适量的预乳化鸡皮是改善鸡肉香肠品质特性的新途径。

参考文献:

- [1] WU Zhongqiang, YU Danqing, KANG Xiaohua. Application of improved chicken swarm optimization for MPPT in photovoltaic system[J]. Optimal Control Applications and Methods, 2018, 39(2): 1029-1042. DOI:10.1002/oca.2394.
- [2] ZAVAS J F. Structural and water binding properties of meat emulsions prepared with emulsified and unemulsified fat[J]. Journal of Food Science, 1985, 50(3): 689-692. DOI:10.1111/j.1365-2621.1985.tb13773.x.
- [3] SALTER A M. Improving the sustainability of global meat and milk production[J]. Proceedings of the Nutrition Society, 2017, 76(1): 22-27. DOI:10.1017/s0029665116000276.

- [4] DICKINSON E. Proteins at interfaces and in emulsions stability, rheology and interactions[J]. *Journal of the Chemical Society Faraday Transactions*, 1998, 94(12): 1657-1669. DOI:10.1039/A801167B.
- [5] SALMINEN H, HERRMANN K, WEISS J. Oil-in-water emulsions as a delivery system for *n*-3 fatty acids in meat products[J]. *Meat Science*, 2013, 93(3): 659-667. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.11.035.
- [6] BERIAIN M J, GÓMEZ I, PETRI E, et al. The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages[J]. *Meat Science*, 2011, 88(1): 189-197. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.12.024.
- [7] KIM D H, KIM T K, KIM Y B, et al. Effect of the duck skin on quality characteristics of duck sausages[J]. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2017, 37(3): 360-367.
- [8] CHOI Y S, KIM Y B, HWANG K E, et al. Effect of apple pomace fiber and pork fat levels on quality characteristics of uncured, reduced-fat chicken sausages[J]. *Poultry Science*, 2016, 95(6): 1465-1471. DOI:10.3382/ps/pew096.
- [9] BLOUKAS I, HONIKEL K O. The influence of additives on the oxidation of pork back fat and its effect on water and fat binding in finely comminuted batters[J]. *Meat Science*, 1992, 32(1): 31-43. DOI:10.1016/0309-1740(92)90015-v.
- [10] CHOI Y S, CHOI J H, HAN D J, et al. Effects of rice bran fiber on heat-induced gel prepared with pork salt-soluble meat proteins in model system[J]. *Meat Science*, 2011, 88(1): 59-66. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.12.003.
- [11] NI Na, WANG Zhenyu, WANG Linchen, et al. Reduction of sodium chloride levels in emulsified lamb sausages: the effect of lamb plasma protein on the gel properties, sensory characteristics, and microstructure[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2014, 23(4): 1137-1143. DOI:10.1007/s10068-014-0155-8.
- [12] YUNSANG C, JIHUM C, DOOJEONG H, et al. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber[J]. *Meat Science*, 2009, 82(2): 266-271. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.01.019.
- [13] YUNSANG C, JIHUN C, DOOJEONG H, et al. Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters[J]. *Meat Science*, 2010, 84(3): 557-563. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.10.012.
- [14] CHOI M S, CHOI Y S, KIM H W, et al. Effects of replacing pork back fat with brewer's spent grain dietary fiber on quality characteristics of reduced-fat chicken sausages[J]. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2014, 34(2): 158-165. DOI:10.5851/kosfa.2014.34.2.158.
- [15] ANDERSSON A, ANDERSSON K, TORNBERG E. A comparison of fat-holding between beef burgers and emulsion sausages[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 80(5): 555-560. DOI:10.1002/(sici)1097-0010(200004)80:5<555::aid-jsfa573>3.0.co;2-1.
- [16] PINTADO T, HERRERO A, RUIZ-CAPILLAS C, et al. Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological, and structural properties of frankfurters[J]. *Food Science and Technology International*, 2015, 22(2): 132-145. DOI:10.1177/1082013215577033.
- [17] OSBURN W N, KEETON J T. Evaluation of low-fat sausage containing desinewed lamb and konjac gel[J]. *Meat Science*, 2004, 68(2): 221-233. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.03.001.
- [18] RUIZCAPILLAS C, TRIKI M, HERRERO A M, et al. Konjac gel as pork backfat replacer in dry fermented sausages: processing and quality characteristics[J]. *Meat Science*, 2012, 92(2): 144-150. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.04.028.
- [19] SATO Y, NAKAYAMA T. Discussion of the binding quality of minced meats based on their rheological properties before and after heating[J]. *Journal of Texture Studies*, 1970, 1(3): 309-326. DOI:10.1111/j.1745-4603.1970.tb00732.x.
- [20] SHELEF L A, JAY J M. Relationship between meat swelling, viscosity, extract-release volume, and water-holding capacity in evaluating beef microbial quality[J]. *Journal of Food Science*, 1969, 34(6): 532-535. DOI:10.1111/j.1365-2621.1969.tb12080.x.
- [21] HSIA H Y, SMITH D M, STEFFE J F. Rheological properties and adhesion characteristics of flour-based batters for chicken nuggets as affected by three hydrocolloids[J]. *Journal of Food Science*, 1992, 57(1): 16-18. DOI:10.1111/j.1365-2621.1992.tb05414.x.
- [22] 赵颖颖, 邹玉峰, 王鹏, 等. 预乳化液超声处理对低脂法兰克福香肠品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2014, 47(13): 2634-2642. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2014.13.015.
- [23] BERASATEGI I, GARCÍA-ÍÑIGUEZ DE CIRIANO M, NAVARRO-BLASCO Í, et al. Reduced-fat bologna sausages with improved lipid fraction[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94(4): 744-751. DOI:10.1002/jsfa.6409.
- [24] KANG G H, SEONG P N, CHO S H, et al. Effect of addition duck skin on quality characteristics of duck meat sausages[J]. *Korean Journal of Poultry Science*, 2014, 41: 45-52.
- [25] NAVEEN Z, NAIK B R, SUBRAMANYAM B V, et al. Studies on the quality of duck meat sausages during refrigeration[J]. *Springer Plus*, 2016, 5(1): 2061. DOI:10.1186/s40064-016-3743-7.
- [26] BISHOP D J, OLSON D G, KNIPE C L. Pre-emulsified corn oil, pork fat, or added moisture affect quality of reduced fat bologna quality[J]. *Journal of Food Science*, 1993, 58(3): 484-487. DOI:10.1111/j.1365-2621.1993.tb04306.x.
- [27] CÂMARA A K F I, POLLONIO M A R. Reducing animal fat in bologna sausage using pre-emulsified linseed oil: technological and sensory properties[J]. *Journal of Food Quality*, 2015, 38(3): 201-212. DOI:10.1111/jfq.12136.
- [28] HERRERO A M, DE LA HOZ L, ORDÓÑEZ J A, et al. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics[J]. *Meat Science*, 2008, 80(3): 690-696. DOI:10.1016/j.meatsci.2008.03.008.
- [29] SANTHI D, KALAIKANNAN A, SURESHKUMAR S. Factors influencing meat emulsion properties and product texture: a review[J]. *Critical Reviews Food Science Nutrition*, 2015, 57(10): 2021-2027. DOI:10.1080/10408398.2013.858027.
- [30] AFOAKWA E O, PARERSON A, FOWLER M, et al. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates[J]. *Journal of Food Engineering*, 2008, 87(2): 181-190. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2007.11.025.