

酪蛋白酸钠-葵花籽油协同对乳化肠品质特性的影响

王晓娟, 李伟锋, 唐长波, 韩敏义, 王 鹏, 徐幸莲, 周光宏*

(南京农业大学 肉品加工与控制教育部重点实验室, 食品安全与营养协同创新中心, 江苏高校肉类生产与加工质量安全控制协同创新中心, 江苏 南京 210095)

摘 要: 以猪后腿肉为原料肉, 酪蛋白酸钠、葵花籽油预乳化液替代猪背膘制备乳化肠, 研究不同比例 (0、25%、50%、75%、100%) 预乳化液替代对乳化肠蒸煮损失率、物理化学组成、色泽、质构、脂肪酸组成及硫代巴比妥酸值的影响。结果显示: 随着预乳化液替代比例增加, 乳化肠中蛋白质、水分的含量显著增加 ($P < 0.05$), 灰分含量变化差异不显著, 脂肪含量显著下降 ($P < 0.05$), 从18.58%降低到10.17%; 蒸煮损失率降低; 乳化肠的亮度值随预乳化液代替猪背膘比例的增加呈上升趋势, 红度值和黄度值呈下降趋势; 预乳化液替代组乳化肠的质构特性优于对照组; 预乳化液替代猪背膘制备乳化肠还可以改变乳化肠的脂肪酸组成, 随替代比例的增大, 乳化肠中必需脂肪酸亚油酸在总脂肪酸中所占的比例显著增加 ($P < 0.05$), 多不饱和脂肪酸所占的比例增加, 高达55.92%, 饱和脂肪酸从39.72%降低到13.52%, 满足消费者对低脂多不饱和脂肪酸肉制品的需求; 随替代比例的增大, 乳化肠的TBARS值逐渐减小, 用预乳化液替代猪背膘可增强乳化肠的氧化稳定性。因此, 酪蛋白酸钠、葵花籽油预乳化液替代猪背膘可显著改善乳化肠的品质及营养特性。

关键词: 葵花籽油; 酪蛋白酸钠; 乳化肠; 乳化液; 氧化稳定性; 品质

Synergistic Effect of Sodium Caseinate and Sunflower Oil on Characteristics of Emulsified Sausages

WANG Xiaojuan, LI Weifeng, TANG Changbo, HAN Minyi, WANG Peng, XU Xinglian, ZHOU Guanghong*

(Jiangsu Innovation Center of Meat Production and Processing, Synergetic Innovation Center of Food Safety and Nutrition, Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Ministry of Education, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The effect of replacing pork backfat (0, 25%, 50%, 75% and 100%) with sodium caseinate-sunflower oil emulsion on cooking loss, proximate composition, color, texture, fatty acid composition and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value of emulsified pork sausages was investigated. The results showed that increasing sodium caseinate-sunflower oil emulsion from 25% to 100% increased protein content, moisture content, lightness value and springiness, reduced cooking loss, fat content, redness and TBARS value, and enhanced oxidative stability. The treatments which contained pre-emulsified sunflower oil had better texture. Replacing pork backfat with the pre-emulsion at total fat content of 25% to 100% reduced the content of total saturated fatty acid (SFA) from 39.72% to 13.52%, and increased the content of polyunsaturated fatty acid (PUFA) from 14.08% to 55.92%. In conclusion, replacement of pork backfat with sodium caseinate-sunflower oil emulsion improved the quality and nutritional aspects of emulsified pork sausage evidently.

Key words: sunflower seed oil; sodium caseinate; emulsified sausage; emulsion; oxidative stability; quality

中图分类号: TS251.5.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 03-0051-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201503010

传统肉制品脂肪含量很高, 一般在20%~30%, 一定量的脂肪有助于肉制品在常温下保持特定的形状, 赋予香肠润滑鲜嫩的口感, 是形成肉制品良好质地和特殊

风味的重要物质, 同时提供人体必需的脂肪酸^[1-2]。但是, 现代医学认为, 过多地摄入饱和脂肪, 会增加心血管疾病、高血脂及癌症等慢性疾病的发病率, 危害人体

收稿日期: 2014-09-23

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-42); “十二五”农村领域国家科技计划项目 (2012BAD28B01-03); 农业科技成果转化资金项目 (SQ2012ECC300112); 国家自然科学基金面上项目 (31371795)

作者简介: 王晓娟 (1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉品质量安全控制。E-mail: 2013808113@njau.edu.cn

*通信作者: 周光宏 (1960—), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品加工与质量控制。E-mail: ghzhou@njau.edu.cn

健康。近几年,低脂健康食品越来越受消费者青睐。饮食及营养调查表明,人体摄入的饱和脂肪26%来源于肉及肉制品^[3]。为了满足消费者对低脂肉制品的需求,肉类工业以及营养界的专家学者们展开对低脂肉制品的研究、开发应用及生产加工。为了降低肉制品中脂肪及饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)的含量,用脂肪类似物替代加工过程中的动物脂肪是目前广泛研究的一种方法。

大量研究表明,单纯减少背膘用量以降低饱和脂肪酸的绝对数量,会使香肠变硬、粗糙及带有较强的橡胶口感,并且保持水分的能力也会降低^[3-6]。有学者认为这是因为肉糜中肌原纤维蛋白含量本身不足,而游离的脂肪粒和水含量较高,乳化脂肪需消耗一部分肌原纤维蛋白,这使得形成网络结构的肌原纤维蛋白的量更为不足,形成的凝胶体系不稳定,从而导致肉制品出现组织粗劣、弹性差、脂肪和水析出的现象^[7]。酪蛋白酸钠(sodium caseinate, SC)是一种被联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)和世界卫生组织(World Health Organization, WHO)食品添加剂委员会确定为无限量使用的食品添加剂,它既有亲水基团,又有疏水基团,是一种良好的表面活性剂,具有很强的乳化性能,可以分别与水和脂类物质相吸附,在水油乳化界面充分乳化油脂,使其均匀地分散在肉制品中,阻止油脂与其中的淀粉等物质分离、分层而导致产品变硬、变干^[8],酪蛋白酸钠和大豆分离蛋白虽均具有良好的乳化和保水性能,但在加热过程中,酪蛋白酸钠乳化液的热稳定性要优于大豆蛋白形成的乳化体系^[9]。葵花籽油(sunflower oil)富含油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acid, USFA),USFA含量高达87%,可有效预防心血管疾病,葵花籽油中还含有VE(α -生育酚),有延缓USFA氧化的功效,且香气浓郁、风味独特,是一种健康食用油,深受国内消费者的欢迎^[10]。Yilmaz等^[11]的研究表明,低脂法兰克福香肠中未经预乳化,直接添加葵花籽油后,对产品的感官风味并未产生不良影响,并且由于具有较高含量的不饱和脂肪酸更有利于人体健康。预乳化液作为脂肪替代物,降低饱和脂肪酸含量的同时,还能改善肉糜的稳定性,产品有较好的保油保水性、弹性和良好的咀嚼性,用蛋白质稳定的O/W(油/水, oil/water)型预乳化液替代背膘还可以增加产品的蛋白质含量。相关研究表明,大豆分离蛋白葵花籽油预乳化液替代背膘制备英式香肠,可显著降低硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid reactive substances assay, TBARS)值^[3],但关于酪蛋白酸钠为预乳化介质对加工过程中香肠氧化稳定性影响的研究尚未见报道。

本实验旨在用酪蛋白酸钠-葵花籽油配制预乳化液替代猪背膘制备乳化香肠,探究不同比例预乳化液替代猪背膘在加工过程中对乳化肠组成、品质、脂肪酸组成及抗氧化性能的影响,以期得到满足人们需求的低脂、富含多不饱和脂肪酸、健康营养的高品质乳化肠。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪后腿肉、猪背膘,购于南京苏食配送中心;金龙鱼牌葵花籽油(饱和脂肪酸13%,单不饱和脂肪酸26%,多不饱和脂肪酸61%),购于南京苏果超市。

酪蛋白酸钠(蛋白含量88.2%) 蒙牛乳业有限公司;脂肪酸标样 美国Supelco公司;其他试剂均为市售分析纯。

1.2 仪器与设备

TA-XT plus质构仪 英国Stable Micro Systems公司;UV-2450紫外分光光度计 日本岛津公司;FOSS 2300凯氏定氮仪 瑞士FOSS公司;Ultra TurraxT25 BASIS高速匀浆机 德国IKA公司;TRACE GC Ultra气相色谱仪 美国Thermo公司;BZBJ-40斩拌机 杭州艾博科技工程有限公司;Re-52AA旋转蒸发仪 上海亚荣生化仪器厂;CR-400色差仪 日本Konica Minolta公司;MF010P马弗炉 华港通科技(北京)有限公司;Avanti J-E离心机 美国Beckman Coulter公司。

1.3 方法

1.3.1 预乳化液制备

预乳化液配方: m (酪蛋白酸钠): m (葵花籽油): m (水)=1:10:8。

预乳化液制备工艺:将酪蛋白酸钠溶于水,0~4℃条件下静置过夜,加入葵花籽油,冰浴条件下,以15 000 r/min匀浆1 min,间隔5 min,共匀浆4次,配制好的预乳化液于0~4℃条件下贮存备用。

1.3.2 乳化肠加工

本实验共制作5组乳化肠。对照组:猪后腿肉与猪背膘的质量比为3:7,预乳化液替代比例为0%;预乳化液替代组:猪后腿肉比例保持不变,酪蛋白酸钠预乳化液替代猪背膘的比例分别为25%、50%、75%、100%;其中氯化钠的添加量为猪后腿肉与猪背膘总质量的2.2%,三聚磷酸盐的添加量为猪后腿肉与猪背膘总质量的0.3%,配方如表1所示。

表1 乳化肠配方表
Table 1 Formulations of emulsified sausage

配料	对照组	预乳化液替代比例			
		25%	50%	75%	100%
猪后腿肉	350	350	350	350	350
猪背膘	150	112.5	75	37.5	—
冰水	150	150	150	150	150
乳化液	—	37.5	75	112.5	150
NaCl	11	11	11	11	11
三聚磷酸盐	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
总质量	662.5	662.5	662.5	662.5	662.5

注:—,无添加。

乳化肠制备工艺流程：以猪后腿肉为原料肉，去除结缔组织，经绞肉机绞碎，在原料肉中加入盐和1/3冰水总体积的冰水，以3 000 r/min的速率斩拌1 min，停2 min，便于盐溶性蛋白的溶出，然后加入猪背膘/预乳化液及1/3冰水总体积的冰水，以3 000 r/min的速率斩拌1 min，再加入剩余1/3冰水总体积的冰水，以3 000 r/min的速率斩拌1 min，灌肠后80 ℃煮制20 min，冷却，于0~4 ℃贮存备用。

1.3.3 蒸煮损失率测定

测定样品蒸煮前与蒸煮后质量的变化率，计算公式如下。

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

式中： m_1 为蒸煮前样品质量/g； m_2 为蒸煮后样品质量/g。

1.3.4 乳化肠化学组成测定

水分含量测定参照GB/T 5009.3—2010《食品中水分的测定》^[12]；灰分含量测定参照GB/T 9695.18—2008《肉与肉制品 总灰分测定》^[13]；蛋白质含量采用凯氏定氮法测定；脂肪含量测定参考Maxwell等^[14]的方法，分别称取不同比例替代组乳化香肠各3 g，加入20 mL氯仿-甲醇混合液（2:1，V/V），再加入生理盐水4.4 mL，充分匀浆，静置30 min，3 000×g离心15 min。取下层氯仿相，旋转蒸发除去氯仿，通过称质量计算样品中脂肪的比例。

1.3.5 色差测定

用切片刀将样品切成长2 cm，直径2.5 cm的圆柱体，每批样选取6段用色差仪测定其 L^* 、 a^* 、 b^* 值，每段样品重复测定3次，记录数据。

1.3.6 质构测定

质构测定参考Martinez等^[15]的方法，用切片刀将样品切成长2 cm，直径2.5 cm的圆柱体，每组样品选取6段于TA-XT plus质构仪上测定其硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性、回复性。测定参数为：探头为P/50，测前速率为1 mm/s，测中速率为5.0 mm/s，测后速率为5.0 mm/s，压缩比为50%，触发力为5 g。

1.3.7 脂肪酸组成的测定

脂肪酸组成的测定采用气相色谱（gas chromatography, GC）法，准确称取Folch法提取出的油脂20~30 mg，加入体积分数4%硫酸-甲醇溶液2 mL，60 ℃水浴加热30 min，反应后静置冷却，再加入正己烷和蒸馏水各1 mL，振荡摇匀，静置分层后完全吸取上层有机层，用氮吹仪挥干溶剂，用正庚烷定容，以备色谱分析。气相色谱分析条件：分流比：10:1，毛细管柱：DB-23（60 m×0.25 mm，0.25 μm），氢火焰离子（flame ionization detector, FID）检测器，程序升温：90 ℃保持2 min，以4 ℃/min升温至180 ℃保持6 min，以

5 ℃/min升温至240 ℃保持12 min，载气：氮气，流速：1 mL/min。用一种含37种饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸的混合标样做标准物。

1.3.8 TBARS值测定

参考Tarladgis等^[16]的方法，并略作修改。准确称取样品5 g，用GM200绞肉机绞碎，放入80 mL离心管内，加入35 mL 7.5%的三氯乙酸溶液（含0.1%乙二胺四乙酸（ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA）），充分匀浆后，3 000×g离心2 min，吸取5 mL上清液和5 mL硫代巴比妥酸溶液（0.02 mol/L）于25 mL比色管内，混匀，加塞，置于90 ℃水浴锅中加热40 min，取出冷却，紫外分光光度计测定其在532 nm波长处的光密度值（OD_{532 nm}），每个样品做两个平行。

$$\text{TBARS值}/(\text{mg丙二醛}/\text{kg}) = \text{OD}_{532 \text{ nm}} \times 7.8^{[2]} \quad (2)$$

式中：7.8为转换系数/（mg丙二醛/kg）。

1.4 数据分析

实验重复进行3次，数据处理采用SPSS 20.0软件（SPSS Inc., Chicago, USA）进行单因素方差分析（One-way ANOVA），并通过Duncan法进行多重比较，显著性水平 $P \leq 0.05$ ；数据结果表示为 $\bar{x} \pm s$ 。

2 结果与分析

2.1 酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘对乳化肠物化组成的影响

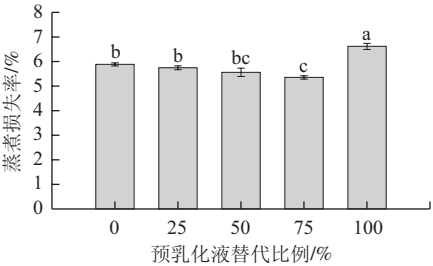
表2 不同比例预乳化液替代猪背膘对乳化肠化学组成的影响
Table 2 Proximate analysis of emulsified sausages with different proportions of pre-emulsion

指标	对照组	预乳化液替代比例			
		25%	50%	75%	100%
水分含量/%	59.55±0.30 ^d	63.51±0.07 ^c	65.85±1.0 ^b	67.34±0.31 ^a	65.89±0.02 ^b
脂肪含量/%	18.58±0.15 ^a	14.15±0.52 ^b	12.73±0.03 ^c	12.02±0.05 ^c	10.17±0.13 ^d
蛋白质含量/%	11.20±0.02 ^d	11.33±0.03 ^d	12.58±0.12 ^c	13.22±0.12 ^b	13.80±0.01 ^a
灰分含量/%	2.26±0.58 ^a	2.40±0.02 ^a	2.45±0.05 ^a	2.46±0.01 ^a	2.48±0.23 ^a

注：同行小写字母不同表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。下同。

由表2可知，随酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代比例的增加，乳化肠中蛋白质含量显著增加（ $P < 0.05$ ），灰分含量变化差异不显著，脂肪含量从18.58%降低到10.17%。预乳化液替代生肉糜中的脂肪，从而得到低脂肪含量的乳化肠，Beriaín等^[17]用橄榄油预乳化液替代背膘制备乳化肠，增加预乳化液的替代比例，乳化肠的脂肪含量降低，与本实验的变化趋势相同。水分含量先增加后降低，预乳化液替代比例为100%时，蒸煮损失增大，导致乳化肠中的水分含量降低，但仍高于对照组，酪蛋白酸钠预乳化液替代猪背膘制备乳化肠降低了乳化肠的蒸煮损失，使得乳化肠的水分含量增加。

2.2 酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘对乳化肠蒸煮损失率的影响



小写字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)。下同。

图1 不同比例预乳化液替代猪背膘对乳化肠蒸煮损失的影响

Fig.1 Cooking loss analysis of emulsified sausages with different proportions of pre-emulsion

由图1可知, 不同比例酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘制备乳化肠对其蒸煮损失率总体上有显著影响 ($P<0.05$)。增加酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代比例 (0%~75%), 乳化肠的蒸煮损失率逐渐下降, 且均低于对照组, 当替代比例为75%时, 蒸煮损失率最低 (5.37%), 当替代比例达到100%时, 蒸煮损失率高于对照组。Huang Yanping等^[18]的研究表明, 大豆蛋白、酪蛋白酸钠预乳化液替代背膘以梅花鹿肉为原料肉制备乳化肠, 可以降低乳化肠的蒸煮损失率, 从11.78%降低到6.5%。酪蛋白可被脂肪、水界面强烈吸引, 在肉糜中, 酪蛋白优先于肌原纤维蛋白覆盖在游离脂肪颗粒上形成蛋白膜, 使肌原纤维蛋白被节省下来, 更好地形成网络组织, 脂肪则可形成更细的颗粒, 填充在溶胀的肉纤维间, 加热时形成稳定的凝胶体系, 减少水分和油滴的析出, 从而降低蒸煮损失^[7]。当预乳化液替代比例为100%时, 肌原纤维间所能容纳的预乳化液已达饱和, 多余的乳化液就会在蒸煮过程中流失, 使乳化肠的蒸煮损失率增大。

2.3 酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘对乳化肠色泽的影响

表3 不同比例预乳化液替代猪背膘对乳化肠色泽的影响

Table 3 Color analysis of emulsified sausages with different proportions of pre-emulsion

指标	对照组	预乳化液替代比例			
		25%	50%	75%	100%
L^*	72.71±0.03 ^c	73.45±0.04 ^d	73.74±0.03 ^c	75.09±0.05 ^b	76.14±0.05 ^a
a^*	9.05±0.02 ^a	8.70±0.02 ^b	8.50±0.01 ^c	8.23±0.02 ^d	8.03±0.04 ^e
b^*	5.86±0.02 ^a	5.34±0.04 ^b	5.31±0.04 ^{bc}	5.23±0.03 ^{cd}	5.17±0.02 ^d

由表3可知, 不同比例酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘对乳化肠色泽有显著影响, 随着替代比例的增加, 乳化肠的 L^* 值显著增加 ($P<0.05$), a^* 、 b^* 值

显著减小 ($P<0.05$), 这与Youssef等^[19]的研究结论一致。斩拌过程中油相在蛋白质乳化液中的分布会影响产品蒸煮后的色泽, 以菜籽油与牛油为原料分别配制乳化液, 与牛肉一起斩拌所得的肉糜, 添加菜籽油乳化液的肉糜亮度显著高于添加牛油乳化液肉糜的亮度^[19]。在斩拌过程中, 葵花籽油分散成小油滴, 增加反射光的面积, 使产品的 L^* 值增强, 乳化肠的红色值降低可能与添加非肉蛋白酪蛋白酸钠的加入有关^[20]。

2.4 酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘对乳化肠质构特性的影响

表4 不同比例预乳化液替代猪背膘对乳化肠质构特性的影响

Table 4 Texture profile analysis of emulsified sausages with different proportions of pre-emulsion

指标	对照组	预乳化液替代比例			
		25%	50%	75%	100%
硬度/N	2 518.74±123.79 ^{ab}	2 320.41±53.37 ^{bc}	2 274.24±314.42 ^c	2 412.88±87.57 ^{abc}	2 619.66±58.65 ^a
弹性	0.91±0.01 ^c	0.91±0.00 ^{bc}	0.93±0.01 ^{ab}	0.94±0.00 ^a	0.94±0.01 ^a
凝聚性	0.71±0.01 ^{ab}	0.69±0.00 ^c	0.70±0.01 ^{bc}	0.71±0.02 ^a	0.69±0.01 ^{bc}
咀嚼性	1 612.86±60.79 ^a	1 464.69±34.23 ^b	1 465.75±24.73 ^b	1 610.60±43.82 ^a	1 703.84±37.85 ^a
回复性	0.33±0.01 ^{ab}	0.31±0.02 ^c	0.33±0.05 ^{bc}	0.34±0.06 ^a	0.33±0.06 ^{ab}

由表4可知, 酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘制备乳化肠对其硬度、弹性、咀嚼性等均有显著影响 ($P<0.05$)。预乳化液替代比例增加, 乳化肠的弹性增强, 且替代比例超过50%时, 替代组的弹性显著高于对照组 ($P<0.05$)。硬度和咀嚼性随替代比例的增加呈先下降后上升趋势, 替代比例为100%时, 硬度最大。Luisa等^[21]用膳食纤维替代背膘制备西班牙腊肠, 添加酪蛋白酸钠之后, 香肠的硬度降低, 与本实验的变化趋势相反, 这是由酪蛋白酸钠的添加方式不同引起的, 预乳化后的酪蛋白酸钠容易形成稳定的凝胶体系, 从而可以使乳化肠的硬度增强, 有效改善乳化肠的质地特性。预乳化液替代比例增加, 对乳化肠凝聚性、回复性的影响不显著。预乳化液替代后乳化肠的质地特性得以改善, 与酪蛋白酸钠的存在及添加方式有密切关系, 酪蛋白酸钠既含有亲水基团有含有疏水基团, 作为乳化剂形成的乳化液黏着性强, 在与肉糜一起斩拌的过程中, 可以与肌原纤维蛋白紧密结合, 从而可以改善乳化肠的质构特性, 尤其在弹性和硬度方面^[19]。

2.5 酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘对乳化肠脂肪酸组成的影响

由表5可知, 预乳化液替代比例对乳化肠脂肪酸组成有显著影响 ($P<0.05$)。对照组香肠中, 油酸在总脂肪酸组成中占得比例最高, 为41.14%, 随预乳化液替代比例的增加, 乳化肠中油酸在总脂肪酸组成中所占的比例逐渐降低, 而亚油酸在总脂肪酸组成中所占的比例逐渐升高, 当预乳化液替代比例达到75%时, 香肠中最丰富

的脂肪酸由油酸变为亚油酸,当替代比例达100%时,香肠中亚油酸在总脂肪酸组成中所占的比例高达55.58%,可为人体提供丰富的必需脂肪酸,由此可见,植物油预乳化液替代猪背膘制备乳化肠可以调节乳化肠的脂肪酸组成,得到低脂、高多不饱和脂肪酸、必需脂肪酸含量丰富的乳化肠。Utrilla等^[22]对鹿肉干香肠的研究中,利用橄榄油、大豆蛋白预乳化液替代背膘制备干香肠,随预乳化液替代比例的增加,亚油酸的比例逐渐降低,油酸的比例逐渐升高。油酸、亚油酸随预乳化液替代比例增加的变化趋势与本实验虽相反,但均有调整香肠脂肪酸组成的功效,变化趋势相反是因为葵花籽油富含的脂肪酸为亚油酸,橄榄油富含的脂肪酸为油酸,这也是本实验选用葵花籽油制备预乳化液的主要因素。另外,随预乳化液替代比例的增加,饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)的比例逐渐降低,多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)的比例显著升高($P<0.05$),Asuming-Bediako等^[3]以蓖麻籽油预乳化液替代背膘制备英式香肠,预乳化液替代组香肠含有丰富的不饱和脂肪酸,较低比例的饱和脂肪酸,使得产品更有利于人体健康。

表5 不同比例预乳化液替代猪背膘对乳化肠脂肪酸组成的影响
Table 5 Fatty acid composition analysis of emulsified sausages with different proportions of pre-emulsion

指标	对照组	预乳化液替代比例			
		25%	50%	75%	100%
葵酸(C _{10:0})	0.07±0.02 ^a	0.05±0.00 ^b	0.04±0.01 ^c	0.04±0.00 ^c	0.04±0.01 ^c
月桂酸(C _{12:0})	0.07±0.02 ^a	0.06±0.01 ^b	0.05±0.00 ^c	0.03±0.01 ^d	0.00±0.00 ^c
肉豆蔻酸(C _{14:0})	1.12±0.06 ^a	0.97±0.01 ^b	0.77±0.01 ^c	0.54±0.01 ^d	0.17±0.01 ^c
十五烷酸(C _{15:0})	0.06±0.00 ^d	0.07±0.01 ^c	0.08±0.02 ^b	0.08±0.01 ^b	0.09±0.03 ^a
棕榈酸(C _{16:0})	24.70±0.07 ^a	22.28±0.13 ^b	18.30±0.12 ^c	13.56±0.13 ^d	8.59±0.17 ^e
棕榈油酸(C _{16:1})	1.71±0.07 ^a	1.37±0.09 ^b	1.08±0.03 ^c	0.80±0.02 ^d	0.36±0.02 ^e
十七烷酸(C _{17:0})	0.35±0.02 ^a	0.24±0.01 ^b	0.20±0.01 ^c	0.14±0.03 ^d	0.06±0.01 ^e
十七碳一烯酸(C _{17:1})	0.36±0.05 ^a	0.27±0.01 ^b	0.20±0.00 ^{bc}	0.17±0.01 ^c	0.08±0.01 ^d
硬脂酸(C _{18:0})	12.37±0.04 ^a	11.35±0.06 ^b	9.34±0.06 ^c	6.73±0.09 ^d	4.23±0.11 ^e
油酸(C _{18:1})	41.14±0.63 ^a	40.48±0.18 ^b	33.37±0.08 ^c	33.44±0.08 ^d	28.16±0.08 ^e
亚油酸(C _{18:2})	12.80±0.10 ^a	19.55±0.14 ^b	30.37±0.06 ^c	41.58±0.27 ^d	55.58±0.40 ^e
亚麻酸(C _{18:3})	0.41±0.01 ^a	0.36±0.00 ^b	0.28±0.01 ^c	0.20±0.01 ^d	0.09±0.01 ^e
花生酸(C _{20:0})	0.18±0.01 ^b	0.19±0.01 ^c	0.20±0.02 ^c	0.21±0.03 ^c	0.20±0.01 ^c
二十碳一烯酸(C _{20:1})	0.81±0.01 ^a	0.70±0.03 ^b	0.53±0.03 ^c	0.38±0.02 ^d	0.19±0.01 ^e
二十碳二烯酸(C _{20:2})	0.49±0.03 ^a	0.42±0.01 ^b	0.32±0.02 ^c	0.19±0.01 ^d	0.05±0.03 ^e
二十碳三烯酸(C _{20:3})	0.08±0.01 ^a	0.07±0.03 ^a	0.06±0.01 ^b	0.04±0.01 ^c	0.00±0.00 ^d
二十碳四烯酸(C _{20:4})	0.30±0.01 ^a	0.28±0.01 ^a	0.25±0.02 ^b	0.21±0.02 ^c	0.19±0.01 ^d
二十四烷酸(C _{24:0})	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.05±0.01 ^c	0.09±0.03 ^b	0.15±0.01 ^a
二十四碳一烯酸(C _{24:1})	0.12±0.01 ^a	0.09±0.01 ^b	0.08±0.01 ^b	0.05±0.02 ^c	0.03±0.01 ^d
SFA	39.72±0.35 ^a	35.21±0.19 ^b	29.02±0.17 ^c	21.41±0.18 ^d	13.52±0.23 ^e
MUFA	44.14±0.18 ^a	42.90±0.30 ^b	39.26±0.06 ^c	34.84±0.11 ^d	28.92±0.10 ^e
PUFA	14.08±0.09 ^a	20.68±0.14 ^b	31.28±0.06 ^c	42.22±0.30 ^d	55.92±0.41 ^e
SFA/MUFA	0.68±0.01 ^a	0.55±0.01 ^b	0.41±0.02 ^c	0.28±0.02 ^d	0.16±0.03 ^e

2.6 酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘对乳化肠TBARS值的影响

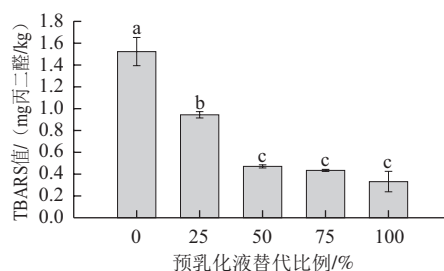


图2 不同比例预乳化液替代猪背膘对乳化肠TBARS值的影响

Fig.2 TBARS analysis of emulsified sausages with different proportions of pre-emulsion

由图2可知,随着预乳化液替代比例增大,替代组乳化肠的TBARS值逐渐降低,且均显著低于($P<0.05$)对照组。尽管预乳化替代组中的多不饱和脂肪酸比例高于对照组,但TBARS值显著低于对照组($P<0.05$),这是由于预乳化液替代猪背膘制备乳化肠可延缓乳化肠因氧化而引起的腐败变质。Berasategi等^[23]的研究中,利用亚麻籽油预乳化液替代背膘制备腊肠,替代组的TBARS值低于对照组且差异显著,与本研究结果一致,预乳化液替代可增强产品在加工过程中的抗氧化性能。Asuming-Bediako等^[3]的研究表明,尽管葵花籽油中含有较多的多不饱和脂肪酸,葵花籽油预乳化液替代组的香肠要比纯背膘组香肠的氧化稳定性好,这可能是因为葵花籽油中含有丰富的VE,约54.60 mg/100 g,VE是重要的抗氧化剂,有较好的抗氧化性能,从而可以增加香肠的氧化稳定性。

3 结论

酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘制备乳化肠,可以降低乳化肠在加工过程中的蒸煮损失,替代比例为75%时,蒸煮损失率最低;同时乳化肠中脂肪含量从18.58%降低到10.17%,水分、蛋白质含量增加,灰分含量变化不显著。

预乳化液替代组乳化肠的弹性强于对照组,咀嚼性良好;随预乳化液替代比例增加乳化肠的亮度值增加,红度值降低。

酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘制备乳化肠,脂肪酸组成中多不饱和脂肪酸比例增加,高达55.92%,饱和脂肪酸从39.72%降低到13.52%,可以满足消费者对低脂多不饱和脂肪酸肉制品的需求。

酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代比例超过50%时,可显著降低加工过程中乳化肠的TBARS值,从而延缓乳化肠在加工过程中的脂肪氧化。

参考文献:

- [1] HERRERO A M, CARMONA P, PINTADO T, et al. Lipid and protein structure analysis of frankfurters formulated with olive oil-in-water emulsion as animal fat replacer[J]. Food Chemistry, 2012, 135(1): 133-139.
- [2] FENG Tao, YE Ran, ZHUANG Haining, et al. Physicochemical properties and sensory evaluation of *Mesona Blumes* gum/rice starch mixed gels as fat-substitutes in Chinese Cantonese-style sausage[J]. Food Research International, 2013, 50(1): 85-97.
- [3] ASUMING-BEDIAKO N, JASPAL M H, HALLETT K, et al. Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages[J]. Meat Science, 2013, 96(1): 187-194.
- [4] BAER A A, DILGER A C. Effect of fat quality on sausage processing, texture, and sensory characteristics[J]. Meat Science, 2014, 96(3): 1242-1249.
- [5] JIMENEZ-COLMENERO F, COFRADES S, LOPEZ-LOPEZ I, et al. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed[J]. Meat Science, 2010, 84(3): 356-363.
- [6] CHOI Y S, PARK K S, KIM H W, et al. Quality characteristics of reduced-fat frankfurters with pork fat replaced by sunflower seed oils and dietary fiber extracted from makgeolli lees[J]. Meat Science, 2013, 93(3): 652-658.
- [7] MILANOVIC J, PETROVIC L, SOVILJ V, et al. Complex coacervation in gelatin/sodium caseinate mixtures[J]. Food Hydrocolloids, 2014, 37: 196-202.
- [8] 华晓楠. 酪蛋白酸钠预乳化对低饱和脂肪-蛋白质体系乳化凝胶特性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [9] 徐志宏, 魏振承, 张雁, 等. 几种蛋白质功能性质的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 249-252.
- [10] 周萍萍, 黄健花, 宋志华, 等. 浓香葵花籽油挥发性风味成分的鉴定[J]. 食品工业科技, 2012, 33(14): 128-131.
- [11] YILMAZ I, SIMSEK O, ISKILI M. Fatty acid composition and quality characteristics of low-fat cooked sausages made with beef and chicken meat, tomato juice and sunflower oil[J]. Meat Science, 2002, 62(2): 253-258.
- [12] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.3—2010 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 9695.18—2008 肉与肉制品总灰分测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [14] MAXWELL R J, MARMER W N, ZUBILLAGA M P, et al. Determination of total fat in meat and meat products by a rapid, dry column method[J]. Journal-Association of Official Analytical Chemists, 1980, 63(3): 600-603.
- [15] MARTINEZ O, SALMERON J, GUILLEN M D, et al. Texture profile analysis of meat products treated with commercial liquid smoke flavourings[J]. Food Control, 2003, 15(6): 457-461.
- [16] TARLADGIS B G, WATTS B M, YOUNATHAN M T. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods[J]. Journal of American Oil Chemical Society, 1960, 37(1): 44-48.
- [17] BERIAIN M J, GOMEZ 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.
- [18] HUANG Yanping, GAO Leng, GAO Xiaochen. Influence of pre-emulsified sunflower oil used for pork backfat replacement in sika deer frankfurter[J]. Food Science and Technology Research, 2013, 19(5): 773-780.
- [19] YOUSSEF M K, BARBUT S. Effects of pre-emulsifying fat oil on meat batter stability, texture and microstructure[J]. Meat Science, 2009, 82(2): 228-233.
- [20] BEILOUNE F, BOLUMAR T, TOEPFL S, et al. Fat reduction and replacement by olive oil in bologna type cooked sausage: quality and nutritional aspects[J]. Food and Nutrition Sciences, 2014, 5(7): 645-657.
- [21] LUISA G M, GACERES E, DOLORES S M. Utilisation of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-meat sausages[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87(4): 624-631.
- [22] UTRILLA M C, RUIZ GARCIA A, SORIANO A. Effect of partial replacement of pork meat with an olive oil organogel on the physicochemical and sensory quality of dry-ripened venison sausages[J]. Meat Science, 2014, 97(4): 575-582.
- [23] BERSATEGI 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, 2013, 94(4): 744-751.