

籼米淀粉基脂肪替代品在低脂乳化肠中的应用  
Applications of indica rice starch-based fat substitute in  
low-fat emulsified sausages

乔丽娟 刘忠义 夏秋 欧晓宇 王瑋 吴海

QIAO Li-juan LIU Zhong-yi XIA Qiu OU Xiao-yu WANG Dang WU Hai

(湘潭大学化工学院, 湖南 湘潭 411105)

(College of Chemical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan, Hunan 411105, China)

**摘要:**以籼米淀粉为原料通过酶法制备籼米淀粉基脂肪替代品并将其应用到乳化肠中。通过单因素试验研究脂肪替代品与水的比例、替代率及 DE 值(葡萄糖值)对乳化肠的影响。以蒸煮损失、持水性、加热稳定性、变形力、承压力及色差分析等理化性质和感官评价为指标,研究其在乳化肠中的应用效果。结果表明:DE 值为 2.07 的脂肪替代品与水以 1:2 的质量比添加到乳化肠中可替代其中 50% 的脂肪而不影响其口感。

**关键词:**脂肪替代品;乳化肠;理化性质;感官评价

**Abstract:** Indica rice starch was hydrolyzed to prepare fat substitute by high temperature  $\alpha$ -amylase. The product was used as pork backfat replacers in low-fat emulsified sausages. The effect of mass ratio of fat substitute and water, degree of substitution and DE (dextrose equivalent) of starch-based fat substitutes on low-fat emulsified sausages has been investigated by single factor test. The applicability of fat substitute in low-fat emulsified sausages was investigated by comparing the cooking loss, pressing loss, thermal stability, deformation force, carrying power, chromatic aberration and sensory evaluation of low-fat emulsified sausages. The results showed that the physicochemical property and sensory quality was best with the mass ratio of fat substitute and water was 1:2, degree of substitution was 50%, DE of fat substitute was 2.07.

**Keywords:** fat substitute; emulsion-type sausage; physicochemical property; sensory evaluation

随着生活水平逐渐提高,生活节奏不断加快,方便、快捷的熟肉制品深受消费者的喜爱,例如乳化肠、火腿肠等。然

**基金项目:**湖南省重点农业支撑计划(编号:2015NK3034);粮食发酵深加工工艺与技术(江南大学)国家工程实验室科技项目(编号:KH02010)

**作者简介:**乔丽娟,女,湘潭大学在读硕士研究生。  
**通讯作者:**刘忠义(1964—),男,湘潭大学教授、博士。  
E-mail: lzy08@126.com

收稿日期:2016-02-25

而较高的家畜动物脂肪摄入量可能导致血清甘油三脂和血清胆固醇含量增加,致使动脉硬化的患病几率增大。脂肪可提高乳化肠的多汁性和保水性,蒸煮之后不至于过分收缩,使肉制品具有光滑、细腻的口感。因此单纯降低乳化肠等肉糜制品中脂肪含量会使消费者难以接受,需要在降低脂肪含量的同时保证这些肉糜制品的品质,由此刺激了脂肪替代品的研究开发<sup>[1]</sup>。

可作为脂肪替代物的物质有纤维素类<sup>[2]</sup>、蛋白质类<sup>[3]</sup>、淀粉类<sup>[4]</sup>、菊粉<sup>[5]</sup>等,但应用到乳化肠中的以魔芋凝胶<sup>[6]</sup>、无定型纤维凝胶<sup>[7]</sup>及植物油混合物<sup>[8]</sup>居多,以淀粉为基质的脂肪替代品应用较少。近年来中国展开了对大米淀粉及其衍生物的研究<sup>[9-10]</sup>。杨玉玲等<sup>[11]</sup>通过全质构分析和感官评定相结合的方式对大米淀粉代脂物制备低脂火腿肠进行了评价,但未研究低脂火腿肠的理化性质。本研究在杨玉玲等<sup>[11]</sup>研究的基础上,充分研究乳化肠的理化性质和色泽变化,并改变等级制感官评价标准为更具体细致的分值评价标准,从脂肪替代品与水的比例、替代率及不同 DE 值脂肪替代品对乳化肠的影响 3 个方面研究其在乳化肠中的应用效果,旨在为籼米淀粉基脂肪替代品在肉制品中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

籼米淀粉脂肪替代品:DE 值为 2.07~5.07,实验室自制;

耐高温  $\alpha$ -淀粉酶:2 万 U/mL,苏柯汉(潍坊)生物工程有限公司;

新鲜猪肉:食品级,市售。

1.1.2 仪器与设备

电子分析天平:PTX-FA-110 型,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;

质构仪:TA.XTPlus 型,英国马尔文公司。

1.2 试验方法

1.2.1 乳化肠的配方及工艺 乳化肠的基本配方见表 1。乳化肠的制作工艺:

分割肉(将猪肉剔骨、去皮,瘦肉、肥肉、结缔组织分开,肥肉、瘦肉分别切成块称重)→肥瘦肉分别剁成肉糜状→用脱脂大豆粉乳化肥肉→搅拌(肥肉、瘦肉、脂肪替代品、调味料及食品添加剂搅拌均匀)→灌肠(肠衣干净无水,肠体紧密适中无空气)→扎孔→蒸煮(30 min)→冷却→成品

DE 值分别为 2.07,2.96,3.93,5.07 的籼米淀粉脂肪替代品的制作参考文献[12]。

| 表 1 乳化肠基本配方 <sup>†</sup>                           |        |       |       |       |       |       |       |       |  |
|----------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Table 1 The basic formula of emulsified sausages g |        |       |       |       |       |       |       |       |  |
| 瘦肉                                                 | 肥肉     | 淀粉    | 食盐    | 脱脂大豆粉 | 味精    | 胡椒粉   | 复合磷酸盐 | 红曲粉   |  |
| 67.500                                             | 22.500 | 9.000 | 1.800 | 0.450 | 0.270 | 0.360 | 0.315 | 0.018 |  |
| † 对照组按此配方制作。                                       |        |       |       |       |       |       |       |       |  |

1.2.2 脂肪替代品与水的比例 取 DE 值为 2.07 的脂肪替代品与水分别以 1:3,1:2,1:1,2:1 的质量比添加到乳化肠中替代 50%的脂肪,以理化性质和感官评价为指标考察其应用效果。

1.2.3 替代率的选择 将 DE 值为 2.07 的脂肪替代品与水以 1:2 的质量比添加到乳化肠中替代部分脂肪,选取 30%,40%,50%,60%,70% 5 个替代率,以理化性质和感官评价为指标考察其应用效果。

1.2.4 不同 DE 值的脂肪替代品的选择 分别选取 DE 值为 2.07,2.96,3.93,5.07 的脂肪替代品与水以 1:2 的质量比添加到乳化肠中替代 50%脂肪,以理化性质和感官评价为指标比较不同水解度的脂肪替代品的应用效果。

1.2.5 理化性质的测定

(1) 蒸煮损失:蒸煮损失用蒸煮前后水分和脂肪的损失总量占原重的百分比表示。分别称量蒸煮前乳化肠的质量以及蒸煮冷却后拭去肠衣表面水分的乳化肠的质量<sup>[4]</sup>。重复测定 3 次,取平均值。蒸煮损失按式(1)计算:

$$CL = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%,$$

(1)

式中:

CL——蒸煮损失,%;

$m_1$ ——蒸煮前乳化肠的质量,g;

$m_2$ ——蒸煮后乳化肠的质量,g。

(2) 持水性:将乳化肠切成 0.5 cm 厚的片段 3 片,并称其质量,以平面正三角形相对位置叠放在 3 张滤纸上,上面放 3 张滤纸覆盖,然后在正上方施加 2 kg 的重量并保持 3 min,压榨完后取出样品称其质量,按式(2)计算压出水分(SW)(压出水分越多,表示乳化肠的持水性越差)。重复测定 3 次,取平均值。

$$SW = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%,$$

(2)

式中:

SW——压出水分,%;

$m_1$ ——压榨前乳化肠的质量,g;

$m_2$ ——压榨后乳化肠的质量,g。

(3) 加热稳定性测定:将成品乳化肠切成 3 mm 厚的薄片,用保鲜膜包裹,在沸水中蒸煮 10 min,准确称量蒸煮前乳化肠质量及蒸煮后质量,重复测定 3 次,取平均值。加热稳定性用蒸煮前后乳化肠切片重量的变化率来表示,按式(3)计算:

$$TS = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%,$$

(3)

式中:

TS——加热稳定性,%;

$m_1$ ——蒸煮前乳化肠的质量,g;

$m_2$ ——蒸煮后乳化肠的质量,g。

(4) 承压力和变形力测定:将乳化肠切成 0.5 cm 厚的片段 3 片,平放于滤纸上,上盖滤纸,逐渐加重砝码,分别记录乳化肠开始变形时的砝码重量(变形力)以及撤销砝码后乳化肠不能恢复原状时的砝码重量(承压力),重复测定 3 次,取平均值。

(5) 颜色的测定:将乳化肠切成大小一致的正方体(边长为 2~3 cm),用色差计来测定其内部颜色变化。对色差计进行校标和校零后,任选 3 个表面测量和记录乳化肠的 L(亮度)、a(红色)、b(黄色)值。重复测定 3 次,取平均值。

1.2.6 乳化肠全质构分析 使用质构仪对乳化肠进行全质构分析。具体操作参数:P 0.5 型探头,测量前速度 2.0 mm/s,测量速度 5.0 mm/s,测量完成后速度 5.0 mm/s,下压距离 20 mm。每个样品重复测定 3 次取平均值。

1.2.7 感官评价 将乳化肠随机编号,请 15 名评价员采用盲评计分方式通过形状、口感、质地及气味 4 个指标对乳化肠的外观及色泽风味进行评价。具体细则见表 2,每项指标的评价结果以 15 名质感评价员的平均值表述。

| 表 2 感官评价标准                                                     |                           |    |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------|----|
| Table 2 Criteria for sensory evaluation of emulsified sausages |                           |    |
| 项目                                                             | 标准                        | 满分 |
| 形状                                                             | 细腻柔滑,无破损,肠体表面干净,无渗油渗水现象   | 25 |
| 口感                                                             | 不黏口;咀嚼感十足,有嚼劲;细腻,柔滑无颗粒感   | 25 |
| 质地                                                             | 切面整齐,有光泽,致密,松软适中,挤压后能及时弹回 | 25 |
| 气味                                                             | 有肉香味无异味(恶臭味、酸味、霉味等)       | 25 |

1.2.8 数据处理 采用统计软件 SPSS 16.0 对数据进行处理并以平均值±标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 脂肪替代品与水的比例确定

2.1.1 脂肪替代品与水的比例对乳化肠理化性质的影响

由表 3 可知,随着脂肪替代品与水比例的增加,乳化肠

的蒸煮损失逐渐减小,压出水分减小,持水性增加。随着比例的增大,脂肪替代品含量增加,水分含量减小,较多量的脂肪替代品将水截留形成三维网状结构,蒸煮损失减小<sup>[13]</sup>,持水能力增加;将成品乳化肠再次蒸煮之后,脂肪替代品与水的质量比为 1∶2 的乳化肠的加热稳定性最好,且与对照组接近;随着脂肪替代品与水比例的增加,变形力和承压能力逐渐增大,说明乳化肠的弹性和硬度逐渐增大。产品的颜色也发生了变化,一般 *L* 值越大,则表明乳化肠的光泽度越好;*a* 值越大,则乳化肠颜色越红;*b* 值越大,则乳化肠的越黄、越暗。试验组的亮度均低于对照组,可能是脂肪的亮度优于脂肪替代品<sup>[8]</sup>;脂肪替代品与水的质量比为 1∶2 时,*a* 值、*b* 值与对照组相差最小。

表 3 脂肪替代品与水的比例对乳化肠理化性质的影响<sup>†</sup>

| Table 3 The effect of the ratio of fat substitute and water on physicochemical property of emulsion-type sausage |                         |                        |                        |                          |                          |                         |                         |                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 脂肪替代品：<br>水(质量比)                                                                                                 | 蒸煮损<br>失/％              | 压出水<br>分/％             | 加热稳<br>定性/％            | 变形力/<br>g                | 承压力/<br>g                | <i>L</i>                | <i>a</i>                | <i>b</i>                |
| 对照组                                                                                                              | 10.70±0.10 <sup>a</sup> | 0.31±0.04 <sup>a</sup> | 1.09±0.08 <sup>a</sup> | 280.00±3.61 <sup>c</sup> | 500.00±6.81 <sup>d</sup> | 69.93±0.13 <sup>d</sup> | 20.29±0.12 <sup>c</sup> | 15.55±0.12 <sup>d</sup> |
| 1∶3                                                                                                              | 12.98±0.13 <sup>b</sup> | 6.36±0.11 <sup>c</sup> | 3.92±0.09 <sup>c</sup> | 106.00±2.52 <sup>a</sup> | 350.00±5.03 <sup>a</sup> | 66.39±0.12 <sup>c</sup> | 14.98±0.09 <sup>a</sup> | 11.83±0.09 <sup>a</sup> |
| 1∶2                                                                                                              | 7.98±0.15 <sup>c</sup>  | 1.58±0.07 <sup>d</sup> | 1.78±0.11 <sup>b</sup> | 240.00±4.93 <sup>b</sup> | 450.00±5.86 <sup>b</sup> | 65.24±0.16 <sup>b</sup> | 18.05±0.11 <sup>d</sup> | 15.65±0.12 <sup>d</sup> |
| 1∶1                                                                                                              | 6.45±0.12 <sup>d</sup>  | 1.23±0.10 <sup>c</sup> | 2.40±0.12 <sup>c</sup> | 250.00±4.04 <sup>b</sup> | 470.00±4.04 <sup>c</sup> | 65.11±0.12 <sup>b</sup> | 16.67±0.11 <sup>c</sup> | 15.23±0.11 <sup>c</sup> |
| 2∶1                                                                                                              | 5.40±0.09 <sup>e</sup>  | 1.01±0.07 <sup>b</sup> | 3.64±0.08 <sup>d</sup> | 300.00±7.21 <sup>d</sup> | 500.00±3.79 <sup>d</sup> | 64.19±0.07 <sup>a</sup> | 15.32±0.12 <sup>b</sup> | 14.70±0.05 <sup>b</sup> |

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

表 4 脂肪替代品与水的比例对乳化肠感官影响<sup>†</sup>

| Table 4 The effect of the ratio of fat substitute and water on sensory evaluation of emulsion-type sausage |                         |                         |                         |                         |                         |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 脂肪替代品：<br>水(质量比)                                                                                           | 形状                      | 口感                      | 质地                      | 气味                      | 总分数                     |  |
| 对照组                                                                                                        | 23.15±0.22 <sup>e</sup> | 23.63±0.12 <sup>e</sup> | 23.39±0.26 <sup>d</sup> | 22.79±0.32 <sup>e</sup> | 92.96±0.89 <sup>d</sup> |  |
| 1∶3                                                                                                        | 16.54±0.13 <sup>a</sup> | 20.04±0.15 <sup>d</sup> | 17.56±0.18 <sup>a</sup> | 20.76±0.17 <sup>d</sup> | 74.90±0.34 <sup>a</sup> |  |
| 1∶2                                                                                                        | 20.43±0.19 <sup>b</sup> | 17.56±0.09 <sup>c</sup> | 21.95±0.11 <sup>c</sup> | 18.68±0.20 <sup>c</sup> | 78.62±0.22 <sup>c</sup> |  |
| 1∶1                                                                                                        | 21.65±0.22 <sup>c</sup> | 17.10±0.11 <sup>b</sup> | 22.21±0.04 <sup>c</sup> | 17.62±0.08 <sup>b</sup> | 78.58±0.12 <sup>c</sup> |  |
| 2∶1                                                                                                        | 22.07±0.25 <sup>d</sup> | 16.76±0.16 <sup>a</sup> | 20.44±0.23 <sup>b</sup> | 17.25±0.11 <sup>a</sup> | 76.52±0.32 <sup>b</sup> |  |

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

由理化性质及感官评价可知,脂肪替代品与水的质量比为 1∶2 时,加热稳定性最好,*a* 值、*b* 值与对照组相差最小,感官评价的总分数最高,因此选择脂肪替代品与水的质量比为 1∶2。杨玉玲等<sup>[11]</sup>研究表明,DE 值为 3 的脂肪替代品与水的最佳质量比为 1∶3,由此说明,DE 值也影响最佳比例的确定。

## 2.2 脂肪替代品的替代率确定

2.2.1 替代率对乳化肠理化性质的影响 由表 5 可知,随着替代率的增加,乳化肠在制作过程中蒸煮损失增大,冷却后压出水分减小,成品乳化肠的加热稳定性降低。替代率增加后,实际添加到乳化肠中的水分含量增加,蒸煮过程中通过肠衣表面的针孔渗出的水分及油分含量增加,蒸煮损失增大。乳化肠冷却后对其进行压缩,压出的水分随着替代率的增加而略微减小,持水能力稍有增强,这可能是蒸煮过程中

2.1.2 脂肪替代品与水的比例对乳化肠感官的影响 由表 4 可知,随着脂肪替代品与水比例的增加,乳化肠的形状分数逐渐增大,口感、气味分数逐渐减小。脂肪替代品溶于水中形成三维网状结构,比例增大,保水能力增强,硬度、弹性增大,形状及质地更受人们喜爱,但质量比增大到 2∶1 时,替代品黏度过大,质地分数有所下降。当脂肪替代品与水的比例较大时,水分较少,脂肪替代品的溶解性较差,粘性较大,均匀度不高,虽然咀嚼感增加,但整体口感减少。气味分数的减小可能是脂肪替代品在制备过程中经高温糊化使其含有少量淀粉糊的味道,替代肥肉后使乳化肠的气味都劣于对照组,且随着脂肪替代品与水的添加比例的增加,乳化肠中脂肪替代品的干基含量增加,气味分数减小,淀粉返生情况严重。

替代率高的乳化肠损失水分较多,而脂肪替代品与水的比例相同,替代率高的乳化肠有较多的脂肪替代品干基来锁住较少的水分,因而压出水分减少<sup>[14]53—54</sup>。随着替代率的增加,乳化肠的承压能力 & 变形力逐渐减小,说明产品的硬度及弹性减小。由于脂肪的亮度优于脂肪替代品,所以乳化肠的亮度随替代率增加而减小。红色值和黄色值相差不大。

2.2.2 替代率对乳化肠的感官影响 由表 6 可知,乳化肠中脂肪替代品的含量越大,产品的形状、口感及气味分数明显减小,质地分数减小幅度不明显。替代率增加,乳化肠中的水分含量增大,游离于表面的水分及脂肪含量增多,形状分数减小。脂肪替代品与水的比例相同,其混合的均匀度基本相同,但替代率增加之后,较多的水分加入到肉糜中,咀嚼感较差,所以整体口感分数减小。随着替代率增加,水分含量增大,硬度、弹性减小,但脂肪替代品能与肉糜很好地融合,

切面整齐,因而质地分数虽有减小但幅度不大。脂肪对食品风味的影响不仅表现在自身风味上,它还可以缓减其他香料的释放,使香料的风味在口中逐渐释放,风味达到最佳。脂肪替代品的加入破坏了这种缓释功能,且随着添加量的增加,破坏能力增强,气味分数降低。

2.2.3 质构分析 不同脂肪替代率的乳化肠质构数据见表 7。由表 7 可知,随着替代率的增加,乳化肠的硬度、胶性及咀嚼性逐渐减小。乳化肠的弹性、凝聚性相差不大,且乳化肠的凝聚性都优于对照组。替代率大于 40%后,硬度小于对照组,且急剧下降。替代率大于 50%后,胶性与咀嚼性都小于对照组。就黏着性而言,替代率为 60%时,乳化肠与对照组之间差值最大,除此之外,随替代率增加,乳化肠与对照组之间的黏着性的差值越大。

由理化性质、感官评价可知,替代率大于 50%后,蒸煮损失显著增大,加热稳定性、变形力、承压力显著降低;感官评价总分数下降幅度最大,乳化肠的口感已经变差。从质构分

析来看,弹性、凝聚性相差不大,当替代率大于 50%后,胶性与咀嚼性开始小于对照组,为保证乳化肠的口感,因此替代率的最大值应为 50%为宜,此试验结果优于绿豆淀粉<sup>[4]</sup>、小麦淀粉<sup>[14]56</sup>基脂肪替代品在香肠中的最大添加量(最大替代率为 40%)。

2.3 不同 DE 值脂肪替代品的添加效果

2.3.1 添加不同 DE 值脂肪替代品对乳化肠理化性质 由表 8 可知,随着 DE 值的增加,乳化肠的蒸煮损失逐渐增大,压出水分的含量逐渐减小。再次加热后,乳化肠的加热稳定性变差。由脂肪替代品的持水性可知,随着 DE 值的增加,其持水性逐渐减弱,因此蒸煮之后水分及油分损失增加。随 DE 值的增加,蒸煮之后乳化肠中水分含量减小,压出水分逐渐减少。变形力及承压力随 DE 值的增加而逐渐减小,且都低于对照组,说明 DE 值越大,对应乳化肠的弹性和硬度越小。水解程度越大,脂肪替代品的颜色越黄,透明度越大,对应乳化肠的亮度及黄度值越大,红度值随 DE 值的增加而逐渐降低。

表 5 替代率对乳化肠理化性质的影响<sup>†</sup>

Table 5 The effect of substitution rate on physicochemical property of emulsion-type sausage

| 替代率/% | 蒸煮损失/%                  | 压出水分/%                 | 加热稳定性/%                 | 变形力/g                    | 承压力/g                    | <i>L</i>                | <i>a</i>                | <i>b</i>                 |
|-------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 对照组   | 10.70±0.10 <sup>e</sup> | 0.31±0.04 <sup>a</sup> | 1.09±0.08 <sup>a</sup>  | 280.00±3.61 <sup>f</sup> | 500.00±6.81 <sup>f</sup> | 69.93±0.13 <sup>c</sup> | 20.29±0.12 <sup>d</sup> | 15.55±0.12 <sup>b</sup>  |
| 30    | 4.79±0.08 <sup>a</sup>  | 2.15±0.09 <sup>e</sup> | 1.17±0.07 <sup>ab</sup> | 270.00±7.02 <sup>e</sup> | 480.00±6.25 <sup>e</sup> | 68.70±0.14 <sup>d</sup> | 16.90±0.06 <sup>b</sup> | 15.71±0.07 <sup>bc</sup> |
| 40    | 6.57±0.09 <sup>b</sup>  | 1.67±0.09 <sup>d</sup> | 1.29±0.07 <sup>b</sup>  | 260.00±3.21 <sup>d</sup> | 460.00±5.57 <sup>d</sup> | 67.65±0.13 <sup>c</sup> | 16.18±0.12 <sup>a</sup> | 16.25±0.07 <sup>d</sup>  |
| 50    | 7.98±0.15 <sup>c</sup>  | 1.58±0.07 <sup>d</sup> | 1.78±0.11 <sup>c</sup>  | 240.00±4.93 <sup>c</sup> | 450.00±5.86 <sup>c</sup> | 65.24±0.16 <sup>b</sup> | 18.05±0.11 <sup>c</sup> | 15.65±0.12 <sup>bc</sup> |
| 60    | 10.35±0.13 <sup>d</sup> | 1.33±0.12 <sup>c</sup> | 2.40±0.06 <sup>d</sup>  | 190.00±6.51 <sup>b</sup> | 340.00±9.02 <sup>b</sup> | 65.08±0.12 <sup>b</sup> | 16.17±0.09 <sup>a</sup> | 15.31±0.11 <sup>a</sup>  |
| 70    | 13.37±0.11 <sup>f</sup> | 1.15±0.09 <sup>b</sup> | 3.12±0.08 <sup>e</sup>  | 160.00±3.06 <sup>a</sup> | 280.00±6.11 <sup>a</sup> | 63.32±0.09 <sup>a</sup> | 16.09±0.08 <sup>a</sup> | 15.93±0.15 <sup>c</sup>  |

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

表 6 替代率对乳化肠感官影响<sup>†</sup>

Table 6 The effect of substitution rate on sensory evaluation of emulsion-type sausage

| 替代率/% | 形状                      | 口感                      | 质地                      | 气味                      | 总分数                     |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 对照组   | 23.15±0.22 <sup>d</sup> | 23.63±0.12 <sup>f</sup> | 23.39±0.26 <sup>d</sup> | 22.79±0.32 <sup>f</sup> | 92.96±0.89 <sup>f</sup> |
| 30    | 23.80±0.18 <sup>e</sup> | 21.51±0.16 <sup>e</sup> | 22.09±0.21 <sup>c</sup> | 21.14±0.26 <sup>e</sup> | 88.54±0.42 <sup>e</sup> |
| 40    | 23.09±0.03 <sup>d</sup> | 21.04±0.13 <sup>d</sup> | 21.85±0.18 <sup>c</sup> | 19.18±0.18 <sup>d</sup> | 85.16±0.36 <sup>d</sup> |
| 50    | 20.43±0.19 <sup>c</sup> | 17.56±0.09 <sup>c</sup> | 21.95±0.11 <sup>c</sup> | 18.68±0.20 <sup>c</sup> | 78.62±0.22 <sup>c</sup> |
| 60    | 19.26±0.24 <sup>b</sup> | 16.79±0.16 <sup>b</sup> | 19.38±0.11 <sup>b</sup> | 15.15±0.06 <sup>b</sup> | 70.58±0.56 <sup>b</sup> |
| 70    | 17.91±0.12 <sup>a</sup> | 16.05±0.12 <sup>a</sup> | 19.01±0.20 <sup>a</sup> | 13.13±0.12 <sup>a</sup> | 66.10±0.34 <sup>a</sup> |

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

表 7 替代率对乳化肠的质构影响<sup>†</sup>

Table 7 The effect of substitution rate on textural properties of emulsion-type sausage

| 替代率/% | 硬度/g                       | 弹性                      | 凝聚性                     | 黏着性/(g·s)                 | 胶性/g                       | 咀嚼性/g                      |
|-------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 对照组   | 8 100.99±0.22 <sup>f</sup> | 0.73±0.06 <sup>a</sup>  | 0.38±0.03 <sup>a</sup>  | —90.58±0.10 <sup>b</sup>  | 3 070.28±0.10 <sup>c</sup> | 2 253.58±0.12 <sup>c</sup> |
| 30    | 8 753.89±0.17 <sup>e</sup> | 0.82±0.03 <sup>bc</sup> | 0.57±0.06 <sup>b</sup>  | —88.34±0.12 <sup>c</sup>  | 4 980.97±0.12 <sup>e</sup> | 4 099.34±0.14 <sup>f</sup> |
| 40    | 8 605.12±0.15 <sup>d</sup> | 0.72±0.02 <sup>a</sup>  | 0.58±0.05 <sup>bc</sup> | —62.84±0.09 <sup>d</sup>  | 4 999.57±0.12 <sup>f</sup> | 3 584.69±0.14 <sup>d</sup> |
| 50    | 6 637.79±0.20 <sup>c</sup> | 0.86±0.03 <sup>c</sup>  | 0.64±0.06 <sup>bc</sup> | —46.40±0.13 <sup>e</sup>  | 4 234.91±0.11 <sup>d</sup> | 3 650.49±0.17 <sup>e</sup> |
| 60    | 5 275.04±0.13 <sup>b</sup> | 0.75±0.06 <sup>ab</sup> | 0.40±0.02 <sup>a</sup>  | —156.01±0.12 <sup>a</sup> | 2 110.02±0.15 <sup>a</sup> | 1 586.73±0.15 <sup>a</sup> |
| 70    | 4 165.57±0.18 <sup>a</sup> | 0.73±0.05 <sup>a</sup>  | 0.65±0.03 <sup>c</sup>  | —34.42±0.06 <sup>f</sup>  | 2 699.29±0.14 <sup>b</sup> | 1 973.18±0.16 <sup>b</sup> |

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

2.3.2 添加不同 DE 值脂肪替代品对乳化肠的感官影响 由表 9 可知,不同 DE 值的脂肪替代品对乳化肠的影响主要表现在形状和质地上。随着 DE 值的增加,乳化肠表面渗油渗水现象逐渐明显,评分员对形状的喜爱程度逐渐降低;DE 值增大,脂肪替代品的粘度减小,与水混合均匀程度高,添加到乳化肠中均匀度大,但咀嚼感稍有降低,整体口感分数相差不大。切面的紧致性降低,弹性减弱,质地分数下降。由于

水解度的增加,淀粉的糊味逐渐减弱,对应乳化肠的气味有所增加。

由理化性质及感官评价可知,DE 值为 2.07 的脂肪替代品蒸煮损失最小,加热稳定性最好,变形力、承压力、*a* 值、*b* 值与对照组相差最小,且感官评价的总分数最高,所以优选 DE 值为 2.07 的脂肪替代品,这一结论证实了杨玉玲等<sup>[11]</sup>的相关研究结果。

表 8 添加不同 DE 值脂肪替代品对乳化肠理化性质的影响<sup>†</sup>

| Table 8 The effect of different DE value of fat substitute on physicochemical property of emulsion-type sausage |                         |                         |                        |                          |                           |                         |                         |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| DE 值                                                                                                            | 蒸煮损失/%                  | 压出水分/%                  | 加热稳定性/%                | 变形力/g                    | 承压力/g                     | <i>L</i>                | <i>a</i>                | <i>b</i>                 |
| 对照组                                                                                                             | 10.70±0.10 <sup>b</sup> | 0.31±0.04 <sup>a</sup>  | 1.09±0.08 <sup>a</sup> | 280.00±3.61 <sup>d</sup> | 500.00±6.81 <sup>e</sup>  | 69.93±0.13 <sup>e</sup> | 20.29±0.12 <sup>e</sup> | 15.55±0.12 <sup>a</sup>  |
| 2.07                                                                                                            | 7.98±0.15 <sup>a</sup>  | 1.58±0.07 <sup>d</sup>  | 1.78±0.11 <sup>b</sup> | 240.00±4.93 <sup>c</sup> | 450.00±5.86 <sup>d</sup>  | 65.24±0.16 <sup>a</sup> | 18.05±0.11 <sup>d</sup> | 15.65±0.12 <sup>ab</sup> |
| 2.96                                                                                                            | 10.64±0.11 <sup>b</sup> | 1.42±0.10 <sup>cd</sup> | 2.79±0.13 <sup>c</sup> | 191.00±6.56 <sup>b</sup> | 344.00±7.02 <sup>c</sup>  | 65.93±0.10 <sup>b</sup> | 16.44±0.12 <sup>c</sup> | 15.71±0.09 <sup>ab</sup> |
| 3.93                                                                                                            | 12.45±0.13 <sup>c</sup> | 1.36±0.08 <sup>bc</sup> | 3.43±0.10 <sup>d</sup> | 173.00±7.02 <sup>a</sup> | 312.00±10.50 <sup>b</sup> | 67.08±0.12 <sup>c</sup> | 15.23±0.10 <sup>b</sup> | 15.84±0.08 <sup>bc</sup> |
| 5.07                                                                                                            | 14.31±0.14 <sup>d</sup> | 1.24±0.09 <sup>b</sup>  | 3.99±0.13 <sup>e</sup> | 165.00±6.03 <sup>a</sup> | 275.00±9.61 <sup>a</sup>  | 69.32±0.12 <sup>d</sup> | 14.17±0.11 <sup>a</sup> | 15.97±0.12 <sup>c</sup>  |

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

表 9 添加不同 DE 值脂肪替代品对乳化肠感官的影响<sup>†</sup>

| Table 9 The effect of different DE value of fat substitute on sensory evaluation of emulsion-type sausage |                         |                         |                         |                         |                         |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| DE 值                                                                                                      | 形状                      | 口感                      | 质地                      | 气味                      | 总分数                     |  |
| 对照组                                                                                                       | 23.15±0.22 <sup>e</sup> | 23.63±0.12 <sup>c</sup> | 23.39±0.26 <sup>e</sup> | 22.79±0.32 <sup>b</sup> | 92.96±0.89 <sup>e</sup> |  |
| 2.07                                                                                                      | 20.43±0.19 <sup>d</sup> | 17.56±0.09 <sup>a</sup> | 21.95±0.11 <sup>d</sup> | 18.68±0.20 <sup>a</sup> | 78.62±0.22 <sup>d</sup> |  |
| 2.96                                                                                                      | 19.71±0.21 <sup>c</sup> | 17.94±0.06 <sup>b</sup> | 20.08±0.21 <sup>c</sup> | 18.68±0.14 <sup>a</sup> | 76.41±0.34 <sup>c</sup> |  |
| 3.93                                                                                                      | 19.24±0.16 <sup>b</sup> | 17.83±0.12 <sup>b</sup> | 19.05±0.14 <sup>b</sup> | 18.79±0.23 <sup>a</sup> | 74.91±0.41 <sup>b</sup> |  |
| 5.07                                                                                                      | 18.81±0.10 <sup>a</sup> | 17.91±0.11 <sup>b</sup> | 16.88±0.20 <sup>a</sup> | 18.90±0.09 <sup>a</sup> | 72.50±0.53 <sup>a</sup> |  |

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

### 3 结论

本研究表明,糯米淀粉基脂肪替代品在乳化肠中适宜的最大替代量为 50%,最佳应用条件为:脂肪替代品与水的质量比为 1:2,DE 值为 2.07。淀粉基脂肪替代品在肉制品中的替代率可达到 50%,优于文献<sup>[4][14][56]</sup>报道的其他淀粉(40%)的最大替代率。将此研究结果与杨玉玲等<sup>[11]</sup>的相关研究对比,证实了 DE 值为 2 的大米淀粉脂肪替代品添加效果最优,同时也发现不同 DE 值脂肪替代品应用过程中与水的最优比例不同。关于糯米淀粉脂肪替代品与蛋白质之间的相互作用机理及其在肉糜制品成型过程中的作用可作进一步的研究探讨。

#### 参考文献

[1] 孙姣林,夏延斌.中式香肠中肥肉丁替代物的研究[J].食品与机械,2010,26(6):131-134.

[2] SANZ T, FALOMIR M, SALVADOR A. Reversible thermal behaviour of vegetable oil cellulose ether emulsions as fat replacers. Influence of glycerol[J]. Food Hydrocolloids, 2015, 46: 19-27.

[3] 蒋将,王宇,刘元法.改性豌豆蛋白替代脂肪的植脂奶油开发[J].食品与机械,2013,29(6):202-206.

[4] 毛迪锐,岳云蛟.绿豆淀粉模拟脂肪在低脂灌肠中的应用[J].食品与机械,2011,27(4):149-151.

[5] ARANGO O, TRUJILLO A J, CASTILLO M. Predicting coag-

ulation and syneresis parameters of milk gels when inulin is added as fat substitute using infrared light backscatter[J]. Journal of Food Engineering, 2015, 157: 63-69.

[6] JIMÉNEZ-COLMENERO F, COFRADES S, HERRERO A M, et al. Konjac gel fat analogue for use in meat products: Comparison with pork fats[J]. Food Hydrocolloids, 2012, 26(1): 63-72.

[7] CAMPAGNOL P C B, DOS Santos B A, WAGNER R, et al. Amorphous cellulose gel as a fat substitute in fermented sausages[J]. Meat Science, 2012, 90(1): 36-42.

[8] CHOI Y S, CHOI J H, HAN D J, 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.

[9] 易翠平,姚惠源.高纯度大米蛋白与淀粉的分离提取[J].食品与机械,2004,20(6):18-21.

[10] 易翠平,孙庆杰.大米变性淀粉的制备[J].食品与机械,2006,22(3):31-33.

[11] 杨玉玲,许时婴.利用糯米为基质的脂肪替代品制备低脂火腿肠[J].食品科学,2006,27(8):162-166.

[12] 刘忠义,乔丽娟,陈婷,等.糯米淀粉基脂肪替代品的主要理化及质构特性[J].现代食品科技,2016,32(6):[2016-05-06].  
http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1620.TS.20160504.1126.014.html.

[13] 曲超.一种脂肪替代品的制备及其在低脂肉制品中的应用[D].哈尔滨:东北林业大学,2010:38.

[14] 徐玉红.小麦面粉基脂肪替代物的制备与应用研究[D].合肥:合肥工业大学,2013.