

# 结冷胶对猪肉糜凝胶特性的影响

张雪花,李艳萍,鲁飞,康壮丽\*,马汉军,赵圣明,朱明明  
(河南科技学院食品学院,河南新乡 453003)

**摘要:**结冷胶作为脂肪替代物可有效降低猪肉糜中的脂肪含量,对增强低脂肉糜制品品质具有良好作用。本试验将结冷胶与水混合制备结冷胶胶体,研究结冷胶胶体替代猪背膘对猪肉糜凝胶特性及品质的影响。结果表明:添加结冷胶胶体显著影响( $p < 0.05$ )猪肉糜的蒸煮得率、色泽、质构、流变性和感官特性。结冷胶胶体添加量为0.0.3%和0.5% (质量分数)时,猪肉糜的蒸煮得率和质构差异不显著( $p > 0.05$ ),0.7%时,蒸煮得率、 $L^*$ 值、硬度、弹性、内聚性和咀嚼性显著降低( $p < 0.05$ )。初始储能模量( $G'$ )随着结冷胶胶体添加量的增加而降低;结冷胶胶体添加量为0.0.3%和0.5%猪肉糜80℃时的 $G'$ 差异不显著( $p > 0.05$ ),结冷胶胶体添加量为0.7%时, $G'$ 显著下降( $p < 0.05$ )。综上所述,结冷胶胶体添加量为0.3%、0.5%时可降低猪肉糜中猪背膘的添加量。

**关键词:**结冷胶,猪肉糜,凝胶特性,质构,流变特性,色差

## Effect of Gellan Gum on Gel Properties of Pork Batters

ZHANG Xue-hua, LI Yan-ping, LU Fei, KANG Zhaung-li\*, MA Han-jun, ZHAO Sheng-ming, ZHU Ming-ming

(School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

**Abstract:** As a fat substitute, gellan gum can effectively reduce the fat contents in pork batters and plays a good role in enhancing the quality of low-fat meat products. In this experiment, gellan gum was mixed with water to prepare gellan gum colloid, and then investigated the effects on properties and quality of pork gel when replacing pig backfat with the gellan gum colloid. The results showed that the addition of gellan gum significantly affected ( $p < 0.05$ ) the cooking yield, color, texture, rheology and sensory characteristics of pork batters. When the substitution of gellan gum colloid was 0, 0.3% and 0.5%, there was no significant difference in the cooking yield and texture of pork meat batters ( $p > 0.05$ ), and when the amount of gellan gum colloid was 0.7%, the cooking yield,  $L^*$  value, hardness, elasticity, cohesion and chewing were significantly reduced ( $p < 0.05$ ). The initial energy storage modulus ( $G'$ ) decreased with the increasing of gellan gum colloid, the  $G'$  difference of 0, 0.3% and 0.5% of pork meat batters at 80℃ was not significantly different ( $p > 0.05$ ), but the  $G'$  decreased significantly ( $p < 0.05$ ) when the pork batters with 0.7% gellan gum colloid. In conclusion, when the amount of gellan gum colloid was 0.3% and 0.5%, the back-fat in pork meat batters could be effectively reduced.

**Key words:** gellan gum; pork batters; gel properties; texture; rheology properties; color

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)14-0222-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.14.034

引文格式: 张雪花, 李艳萍, 鲁飞, 等. 结冷胶对猪肉糜凝胶特性的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(14): 222-226.

乳化肉制品具有品种繁多、感官性质独特、营养丰富等特点,深受消费者的喜爱。脂肪在乳化肉制品中扮演着重要的角色,它影响着肉品的蒸煮损失、质地、颜色、风味和感官特性等<sup>[1]</sup>。传统乳化肉制品中脂肪含量在20%~30%之间<sup>[2]</sup>。过量的脂肪摄入与肥胖、高血压、呼吸道疾病和心血管疾病等密切相关<sup>[3-4]</sup>,随着营养与健康膳食观念的提升,人们对低脂肉制品的追求日益增加<sup>[5]</sup>。猪肉及其制品又是我国生产和消费量最大的肉类,因而如何降低猪肉制品中的脂肪含量是生产低脂肉制品中的重要组成部分。目前研究多采用高新技术或某些代脂物质(如

膳食纤维、蛋白类物质、淀粉等)来降低乳化猪肉制品中脂肪的添加量<sup>[6]</sup>。Akesowan<sup>[7]</sup>研究表明,使用魔芋胶和结冷胶混合物替代猪背膘可以将猪肉汉堡中的脂肪含量降低到原来的66.47%。Mendezzamora<sup>[8]</sup>等报道了使用牛血清和果胶替代猪肉脂肪生产低脂法兰克福香肠。

结冷胶(gellan gum)是一种高分子线性多糖<sup>[9]</sup>,通常被使用的主要有两种,高酰基结冷胶和低酰基结冷胶<sup>[10]</sup>。其中低酰基结冷胶(又称脱酰基结冷胶)是由高酰基结冷胶经过碱处理得到的<sup>[11]</sup>,具有良好的胶凝性、韧性和脆性<sup>[12-13]</sup>。结冷胶在水中搅拌加热

收稿日期: 2018-11-26

作者简介: 张雪花(1995-),女,硕士研究生,研究方向:肉制品加工与质量控制,E-mail:15237337751@163.com。

\*通讯作者: 康壮丽(1980-),男,博士,副教授,研究方向:肉制品加工与质量控制,E-mail:kzlnj1988@163.com。

基金项目: 河南省重大科技专项(161100110800和161100110600);中国博士后科学基金(2016M602237)。

后冷却即可形成透明、坚实的凝胶形态<sup>[14]</sup>,且结冷胶具有无毒无害、无特殊气味的良好特点,相较于黄原胶、槐豆胶、琼脂等,能赋予制品以良好的口感<sup>[15]</sup>,被广泛应用于糖果、乳制品、面制品等中。范选娇等<sup>[16]</sup>报道了添加结冷胶能够提高鱼糜凝胶劣化的凝胶强度,Totosaus等<sup>[17]</sup>研究了添加结冷胶和镁盐以提高低脂低钠肉糜的品质,结果发现使用氯化镁与结冷胶能有效地补偿脂肪和钠的减少对肉结构的影响。目前虽然已有将结冷胶应用于肉制品中的不少报道,但是鲜有应用于生产低脂猪肉糜制品中的研究。

因此本文主要应用结冷胶胶体替代猪背膘,研究猪肉糜蒸煮得率、色泽、质构、流变性及其感官品质的变化,为结冷胶在低脂猪肉糜制品加工中的应用提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

猪后腿肉(宰后冷却24~48 h, pH5.76) 购于河南众品食品有限公司;新鲜猪背膘 购于众品集团;低酰基结冷胶 购于阜丰集团;食品级食盐、白胡椒粉 购于本地华联超市(新乡)。

Stephan UMC-5C 斩拌机 德国 Stephan 机械有限公司; CR-400 色差计 日本美能达公司; Shimadzu AUY120 电子天平 日本岛津公司; Hanna pH 计 意大利 Hanna 公司; T25 高速匀浆器 德国 IKA 公司; HH-42 水浴锅 常州国华电器有限公司; 质构仪 英国 Stable Microsystem 公司; 流变仪 HAAKE MARS, Thermo scientific; 离心机 美国 Beckman L-80-XP Ultracentrifuge; PQ001 台式 NMR 分析仪 上海纽迈电子有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 猪肉糜的制备 结冷胶充分溶于自身质量50倍的水中,使用匀浆机3000 r/min 匀浆2~3 min 使其充分溶解。猪肉糜的配方如表1所示。

表1 添加不同比例的猪背膘和结冷胶的猪肉糜配方  
Table 1 Formulations of pork batters made with various amounts of pork back-fat and gellan gum

组别	猪后腿肉 (g)	猪背膘 (g)	结冷胶 (g)	冰水 (mL)
T <sub>0</sub>	1000	180	0	220
T <sub>3</sub>	1000	150	3	247
T <sub>5</sub>	1000	130	5	265
T <sub>7</sub>	1000	110	7	283

注:所有的组中均添加食盐25 g,三聚磷酸钠4 g,白胡椒粉1.8 g。

猪肉糜的制备工艺参考康壮丽等<sup>[18]</sup>的方法制备如下:将鲜猪肉去除可见的筋腱和结缔组织,切块冷却至-4℃。猪肉和猪背膘分别使用绞肉机(6 mm 孔板)绞碎。将猪后腿肉、食盐、三聚磷酸钠放入真空斩拌机中1500 r/min 斩拌30 s,并缓慢加入1/3质量的冰水;加入猪背膘和结冷胶、白胡椒粉1500 r/min 斩拌30 s,并缓慢加入1/3的冰水;在3000 r/min 斩拌60 s,缓慢加入1/3的冰水。将30 g 猪肉糜装入

50 mL 离心管中,500 × g 离心3 min 至去除猪肉糜中的气泡,然后80℃水浴加热20 min(中心温度72℃)。冷却至中心温度20℃后使用真空袋(尼龙/PE)真空包装,放入0~4℃的冷库中12 h 冷却待用。

1.2.2 蒸煮得率测定 参考Zhu<sup>[19]</sup>等的测定方法,蒸煮得率计算公式如下:

$$\text{蒸煮得率}(\%) = (m_2/m_1) \times 100$$

式中: $m_1$ 为猪肉糜蒸煮之前的重量(g); $m_2$ 为蒸煮之后的猪肉糜重量(g)。

1.2.3 色差的测定 使用CR-400 色差计对猪肉糜中心部位进行测定,标准白色比色板为 $L^* = 96.86$ , $a^* = -0.15$ , $b^* = 1.87$ 。其中 $L^*$ 代表亮度值, $a^*$ 代表红度值, $b^*$ 代表黄度值。

1.2.4 质构的测定 参考康壮丽等<sup>[18]</sup>的测定方法并稍作修改。测试前将蒸煮猪肉糜放置在20℃环境中回温2 h,将猪肉糜切成直径15 mm,高度15 mm 的圆柱体,使用物性仪对猪肉糜进行质构测定。参数如下:测试前速度5.0 mm/s,测试速度2.0 mm/s,测试后速度2.0 mm/s;压缩比50%;时间5 s。使用P/36 测试探头进行测定,得到的相关质构参数为硬度、弹性、内聚性和咀嚼性。

1.2.5 流变特性测定 不同配方猪肉糜的热动态流变特性按照Kang等<sup>[21]</sup>的方法进行测定。采用流变仪进行测定,用50 mm 不锈钢圆形平板探头,间隙为0.5 mm,肉糜均匀涂抹在两个平板之间,外周涂一层薄薄的硅油,防止水分蒸发。测定方法为20℃保温10 min,然后从20℃到80℃,加热速率为2℃/min。在加热过程中,在一个振荡模式和一个固定的频率为0.1 Hz 下对样品进行连续剪切。在此过程中,测量储能模量( $G'$ )的变化。

1.2.6 感官评定 根据赵改名等<sup>[22]</sup>的方法对蒸煮猪肉糜进行感官评定。感官评定小组由30人组成,采用双盲法进行检验并评价。评定时由感官评定成员单独进行,相互不接触交流,评定每个样品前用清水漱口。使用9分嗜好评分方法(9,非常满意;1,非常不满意)对煮制后的肉糜根据色泽、弹性、硬度、多汁性和整体接受性等方面进行评定。

### 1.3 数据处理

应用软件SPSS v.18.0(SPSS Inc, USA)进行统计分析,使用单因素方差分析(ANOVA)的方法对数据进行分析。本试验所有处理均重复4次,结果平均值±SD表示。各个组平均值差异采用Duncan's s 多重极差检验进行多重比较,当 $p < 0.05$ 时为组间存在显著差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 蒸煮得率测定结果

由图1可知,随着结冷胶胶体添加量的增加猪肉糜蒸煮得率先增大后减少。其中T<sub>0</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>5</sub>组猪肉糜的蒸煮得率差异不显著( $p > 0.05$ ),其中T<sub>3</sub>组的蒸煮得率最高,这主要是由于结冷胶具有良好的凝胶特性和持水能力。这与范选娇等<sup>[16]</sup>报道的鱼糜中添加结冷胶可结合鱼糜蛋白分子之间的氢键,促进鱼糜蛋白形成紧密的蛋白质网状结构,提高鱼糜凝胶

的持水能力相一致。Ahmad 等<sup>[23]</sup>也报道了在鸡肉糜中添加结冷胶,加热后可与鸡肉中的肌原纤维蛋白形成稳定的凝胶体系,增加了肉糜体系中的持水能力。 $T_7$ 组蒸煮得率显著低于 $T_0$ 和 $T_3$ 组( $p < 0.05$ ),这主要由于添加的外源水(表1)超出了凝胶体系中的保水能力,造成了水分的流失,蒸煮得率下降<sup>[22]</sup>。这个结果与 Felisberto 等<sup>[25]</sup>报道大豆蛋白中添加魔芋胶和结冷胶混合胶的结果相似。

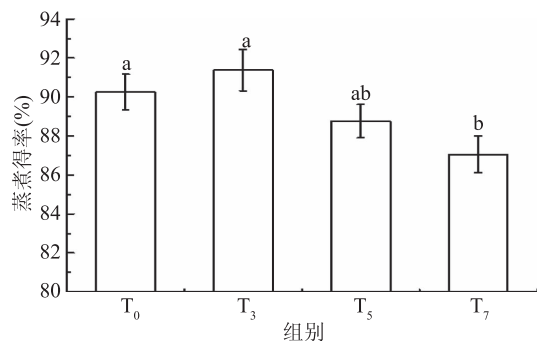


图1 添加不同比例的猪背膘和结冷胶胶体对猪肉糜蒸煮得率的影响

Fig.1 Effect of cooking yield on pork meat batters made with various amounts of pork back-fat and gellan gum colloid  
注:a~b 不同字母表示存在显著差异( $p < 0.05$ );表2~3 同。

## 2.2 色差测定结果

由表2可知,不同添加量的结冷胶胶体对猪肉糜凝胶色泽影响显著( $p < 0.05$ )。随着结冷胶胶体添加量的增加 $L^*$ 值呈下降趋势, $a^*$ 和 $b^*$ 值呈升高趋势。 $T_3$ 与 $T_0$ 组相比, $L^*$ 值差异不显著( $p > 0.05$ ), $a^*$ 和 $b^*$ 值显著升高( $p < 0.05$ ),在 Akesowan<sup>[7]</sup>使用魔芋胶和结冷胶混合物替代猪背膘降低猪肉汉堡中脂肪的研究中也发现,结冷胶和魔芋胶的混合物使得猪肉糜中的 $a^*$ 值升高。与 $T_0$ 组相比, $T_5$ 和 $T_7$ 组 $L^*$ 显著降低, $a^*$ 和 $b^*$ 值显著升高( $p < 0.05$ )。造成这种现象的主要原因可能是结冷胶胶体和猪背膘的色泽差异<sup>[24]</sup>。Zhuang 等<sup>[27]</sup>研究发现猪肉糜中的 $L^*$ 值与凝胶结构和结冷胶的配方密切相关,由于配方中的水分逐渐增加,猪肉糜中的凝胶结构受到破坏,造成游离水分的增加, $L^*$ 值下降。

## 2.3 质构测定结果

由表3可知,添加不同比例的结冷胶胶体显著影响( $p < 0.05$ )猪肉凝胶的硬度、弹性、内聚性和咀嚼性。与对照组( $T_0$ )相比, $T_3$ 、 $T_5$ 组质构差异不显著( $p > 0.05$ )。这可能是因为猪肉糜中结冷胶胶体和水分含量的增加,能够促进因添加食盐溶解出的蛋白质与水结合<sup>[26]</sup>,肌原纤维中的蛋白质分子之间相互

表3 添加不同比例的猪背膘和结冷胶胶体对猪肉糜质构的影响

Table 3 Effect of texture on pork meat batters made with various amounts of pork back-fat and gellan gum colloid

组别	硬度(N)	弹性	内聚性	咀嚼性(N·mm)
$T_0$	57.45 ± 1.32 <sup>a</sup>	0.912 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.670 ± 0.006 <sup>a</sup>	31.06 ± 1.25 <sup>a</sup>
$T_3$	56.18 ± 1.26 <sup>a</sup>	0.920 ± 0.007 <sup>a</sup>	0.673 ± 0.007 <sup>a</sup>	32.31 ± 1.31 <sup>a</sup>
$T_5$	54.87 ± 1.30 <sup>ab</sup>	0.908 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.664 ± 0.005 <sup>a</sup>	30.25 ± 1.30 <sup>a</sup>
$T_7$	51.30 ± 1.21 <sup>c</sup>	0.892 ± 0.008 <sup>b</sup>	0.643 ± 0.007 <sup>b</sup>	27.61 ± 1.27 <sup>b</sup>

表2 添加不同比例的猪背膘和结冷胶胶体对猪肉糜色差的影响

Table 2 Effect of cooking yield and color on pork meat batters made with various amounts of pork back-fat and gellan gum colloid

组别	$L^*$ 值	$a^*$ 值	$b^*$ 值
$T_0$	66.27 ± 0.72 <sup>a</sup>	10.29 ± 0.44 <sup>c</sup>	11.33 ± 0.31 <sup>c</sup>
$T_3$	65.80 ± 0.61 <sup>a</sup>	11.75 ± 0.40 <sup>b</sup>	13.05 ± 0.29 <sup>b</sup>
$T_5$	63.62 ± 0.67 <sup>b</sup>	13.45 ± 0.47 <sup>a</sup>	13.40 ± 0.32 <sup>b</sup>
$T_7$	62.87 ± 0.70 <sup>b</sup>	14.06 ± 0.51 <sup>a</sup>	14.44 ± 0.27 <sup>a</sup>

结合形成致密的网状结构,形成较强的凝胶结构,从而提升了猪肉糜中的凝胶特性和持水能力<sup>[27-28]</sup>。 $T_7$ 组各指标显著下降( $p < 0.05$ )可能是过多的外源水造成结冷胶持水能力的减弱和凝胶结构劣化<sup>[29]</sup>,猪肉糜的硬度、弹性、内聚性和咀嚼性显著降低( $p < 0.05$ )。

## 2.4 流变特性测定结果

图2给出了添加不同比例的猪背膘和结冷胶胶体引起猪肉糜在加热过程中(20~80℃)G'的变化。在此过程中,猪肉糜的G'变化都呈现出三个阶段。随着结冷胶胶体添加量增大,脂肪含量降低,猪肉糜中水分含量升高,蛋白质-脂肪之间的结合能力下降<sup>[30]</sup>,初始G'值逐渐降低,因此, $T_7$ 组初始G'值最低。在第一阶段,由于猪背膘和/或结冷胶受热溶化,对照组( $T_0$ )在20~44℃之间呈下降趋势, $T_3$ 、 $T_5$ 和 $T_7$ 组在20~45℃之间呈下降趋势,但 $T_7$ 的G'最小。随着温度升高,肌球蛋白的头部与头部之间发生聚集<sup>[31]</sup>,对照组( $T_0$ )在45~50℃之间缓慢升高, $T_3$ 、 $T_5$ 和 $T_7$ 组在46~52℃之间缓慢升高。肌球蛋白的尾部与尾部之间的交联,破坏已形成的凝胶结构,造成对照组在51~56℃之间缓慢下降, $T_3$ 、 $T_5$ 和 $T_7$ 的组分在53~57℃之间缓慢下降<sup>[32]</sup>。随后进入第三阶段,所有处理组的G'快速升高,表明猪肉糜由溶胶状态向凝胶状态转变,在80℃,对照组( $T_0$ )、 $T_3$ 、 $T_5$ 和 $T_7$ 的G'值分别为(15031 ± 568)、(15255 ± 672)、(14955 ± 592)和(12876 ± 625) Pa,对照组( $T_0$ )、 $T_3$ 和 $T_5$ 差异不显著( $p > 0.05$ ), $T_7$ 显著低于 $T_0$ 、 $T_3$ 和 $T_5$ ,因此 $T_7$ 组的质构最差,这与猪肉糜的质构的结果一致(表3)。由G'的变化可知,结冷胶能提升猪肉糜肌球蛋白头部和尾部变性的温度<sup>[33]</sup>。

## 2.5 感官评定结果

质地、多汁性等是肉糜类制品的重要特性,是评价产品质量好坏的重要参考依据<sup>[20]</sup>。由表4可以看出, $T_0$ 和 $T_3$ 组猪肉糜的表观、多汁性和整体接受度



表4 添加不同比例的猪背膘和结冷胶胶体对猪肉糜感官评定的影响(分)

Table 4 Comparisons of sensory quality indices of pork meat batters made with various amounts of pork back-fat and gellan gum colloid(scores)

组别	表观	硬度	弹性	多汁性	整体接受度
T <sub>0</sub>	6.89 ± 0.26 <sup>a</sup>	7.23 ± 0.19 <sup>b</sup>	6.82 ± 0.23 <sup>b</sup>	6.83 ± 0.30 <sup>a</sup>	6.92 ± 0.42 <sup>a</sup>
T <sub>3</sub>	6.95 ± 0.33 <sup>a</sup>	7.56 ± 0.23 <sup>a</sup>	7.35 ± 0.25 <sup>a</sup>	6.73 ± 0.28 <sup>a</sup>	7.20 ± 0.36 <sup>a</sup>
T <sub>5</sub>	6.83 ± 0.35 <sup>a</sup>	7.16 ± 0.22 <sup>b</sup>	6.75 ± 0.19 <sup>b</sup>	6.32 ± 0.25 <sup>b</sup>	6.25 ± 0.37 <sup>b</sup>
T <sub>7</sub>	6.22 ± 0.29 <sup>b</sup>	6.39 ± 0.20 <sup>c</sup>	6.24 ± 0.21 <sup>c</sup>	5.71 ± 0.27 <sup>c</sup>	5.49 ± 0.40 <sup>c</sup>

注:a~c 不同字母表示纵列存在显著差异( $p < 0.05$ )。

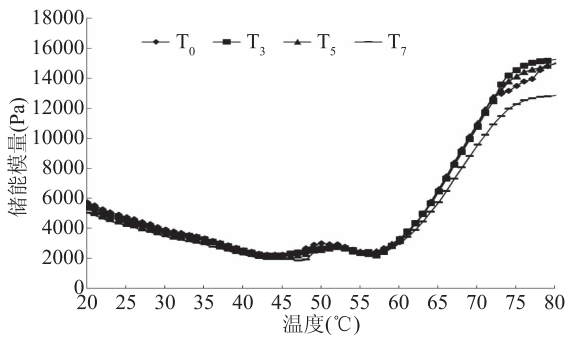


图2 添加不同比例的猪背膘和结冷胶胶体对猪肉糜在不同温度下( $T, ^\circ\text{C}$ )的储能模量( $G', \text{kPa}$ )

Fig.2 Changes in dynamic storage modulus( $G', \text{kPa}$ ) with temperature( $T, ^\circ\text{C}$ ) for pork meat batters made with various amounts of pork back-fat and gellan gum colloid

差异不显著( $p > 0.05$ ),而硬度和弹性差异显著( $p < 0.05$ ),这可能是由于适量添加结冷胶增加了肉糜的质构特性,且此时的脂肪含量适中对于猪肉糜的质感和色泽及多汁性无明显影响<sup>[34]</sup>。这个结果和康壮丽等<sup>[35]</sup>报道的结果一致。与其它组相比,T<sub>1</sub>组猪肉糜的表观、硬度、弹性、多汁性和整体接受度均显著下降( $p < 0.05$ ),这可能是由于脂肪的含量减低,结冷胶含量增加造成硬度的降低,从而影响肉糜制品的口感<sup>[15]</sup>。结果看出,T<sub>3</sub>组的感官评定结果最好,最能被人们接受。

### 3 结论

研究表明,使用不同比例的结冷胶胶体替代猪背膘显著影响猪肉糜的品质( $p < 0.05$ )。与对照组相比,结冷胶胶体添加量为0.3%和0.5%时,猪肉糜凝胶的蒸煮得率、色差、硬度、弹性、内聚性和咀嚼性均差异不显著( $p > 0.05$ ),说明此添加量的结冷胶胶体能够很好地替代猪背膘;而添加量在0.7%时,猪肉糜的蒸煮得率、色泽、硬度、弹性、内聚性、咀嚼性以及猪肉糜在80 °C时的 $G'$ 显著下降( $p < 0.05$ ),说明此替代比例效果不佳。因此选择合适比例的结冷胶胶体替代猪背膘,能在不影响凝胶结构以及各种感官指标的基础上降低猪肉糜制品中的脂肪含量,为结冷胶在低脂猪肉糜制品的应用提供了理论指导。

### 参考文献

- [1] Tobin B D, O' Sullivan M G, Hamill R M, et al. Effect of varying salt and fat levels on the sensory and physiochemical quality of frankfurters[J]. Meat Science, 2012, 92(4): 659-666.
- [2] Brewer M S. Reducing the fat content in ground beef without

sacrificing quality: A review [J]. Meat Science, 2012, 91(4): 385-395.

[3] Kang Z, Chen F, Ma H, et al. Effect of pre-emulsified soy oil with soy protein isolate in frankfurters: A physical-chemical and Raman spectroscopy study [J]. LWT - Food Science and Technology, 2016, 74: 465-471.

[4] Almeida, Cássia Mara, Wagner R, Mascarin L G, et al. Production of low-fat emulsified cooked sausages using amorphous cellulose gel [J]. Journal of Food Quality, 2014, 37(6): 437-443.

[5] 张慧旻, 陈从贵, 聂兴龙. 结冷胶与海藻酸钠对低脂猪肉凝胶改性的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 80-83.

[6] 高雪琴, 付丽, 吴丽, 等. 脂肪替代物在凝胶类调理肉制品中的应用[J]. 食品工业科技, 2018, 39(11): 319-326.

[7] Akesowan A. Effect of konjac/gellan blend and fat content on physical and textural properties of low-fat pork burgers: A response surface analysis [J]. Australian Journal of Basic & Applied Sciences, 2011, 5(3): 219-228.

[8] Méndezzamora G, Garcíamacías J A, Santellanoestrada E, et al. Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. [J]. Food Science & Technology, 2015, 35(1): 25-31.

[9] Tomasz Osmałek, Froelich A, Tasarek S. Application of gellan gum in pharmacy and medicine [J]. International Journal of Pharmaceutics, 2014, 466(1-2): 328-340.

[10] Xu X J, Fang S, Li Y H, et al. Effects of low acyl and high acyl gellan gum on the thermal stability of purple sweet potato anthocyanins in the presence of ascorbic acid [J]. Food Hydrocolloids, 2018.

[11] Chen Q, Ma H, Yuan Y, et al. Rheological behavior of high acyl gellan gum solution at gel point [J]. International Journal of Food Properties, 2017, 20(sup3), S2332-S2341.

[12] 陈青, 谭力, 马慧婷, 等. 低酰基结冷胶酸性凝胶的凝胶特性[J]. 食品科学, 2017(15): 51-57.

[13] Oliveira J T, Martins L, Picciochi R, et al. Gellan gum: A new biomaterial for cartilage tissue engineering applications [J]. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 2010, 93A(3): 852-863.

[14] Zia K M, Tabasum S, Khan M F, et al. Recent trends on gellan gum blends with natural and synthetic polymers: A review [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 109.

[15] 刘忠义, 徐晓飞. 低温调理中式鲜肉糜制品的研制[J]. 肉类研究, 2002(3): 15-17.

[16] 范选娇, 黄卓, 林琳, 等. 结冷胶对白鲑鱼糜凝胶劣化的

