

# 非水溶性龙须菜多糖在猪肉肠中保水性的研究

杜佳佳, 刘安军, 郑捷, 宋晓娣, 王子健, 胡颖娜

(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

**摘要:** 本文主要研究脱除酸性多糖的龙须菜粉对猪肉肠保水性能的影响, 分别考察了龙须菜粉和磷酸盐对猪肉肠的蒸煮损失率、离心损失率、质构特性和微观结构的影响。实验表明, 复合磷酸盐(CPP)在各组磷酸盐中保水性最好, 在磷酸盐最大允许添加量(0.5%)下, 添加龙须菜粉使猪肉肠的蒸煮损失率、离心失水率分别下降了 95.27%、71.62%, 相对于 CPP 组分别下降了 37.20%、32.50%, 差异显著 ( $p < 0.05$ ), 且随着龙须菜粉增加保水效果逐渐增强; 猪肉肠的弹性、硬度、粘聚性、咀嚼度和回复性随添加量的增大逐渐改善, 当添加量在 3.5~4%之间时, 各组质构特性较 CPP 组均有不同程度的提高; 观察 200 倍电镜下肠体微观结构, 添加龙须菜粉的猪肉肠形成致密连续的结构且比较均一, 较其他各组更加利于水分的固定。因此实验最终确定了龙须菜粉在 3.5~4%的添加量下较 CPP 能更好的改善肉制品品质。

**关键词:** 龙须菜; 磷酸盐; 保水性; 猪肉肠

文章编号: 1673-9078(2014)4-176-180

## Water Retention of Non-water-soluble *Gracilaria lemaneiformis* Polysaccharides in Pork Sausage

DU Jia-jia, LIU An-jun, ZHENG Jie, SONG Xiao-di, WANG Zi-jian, HU Ying-na

(Faculty of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** The study is mainly to investigate the effect of water holding capacity on *Gracilaria Lemaneiformis* powder which had been removed acidic polysaccharides in pork sausages. The influences of *G. Lemaneiformis* powder and phosphate on water holding capacity, texture characteristics and microscopic structure of pork sausages were compared. The results showed that water holding capacity of composite phosphate (CPP) was the best in all kinds of phosphate with addition amount of 0.5%. Cooking loss rate and centrifugal dehydration rate of *G. Lemaneiformis* powder group decreased by 95.27%, 71.62%, 37.20% and 32.50%, respectively lower than those of CPP group ( $p < 0.05$ ). With the increase of *G. Lemaneiformis* powder, water holding capacity was enhanced, and elasticity, hardness, cohesiveness, chewiness and recoverability of pork sausages were also improved. Texture characteristics of *G. Lemaneiformis* group were better than CPP group when additive amount was 3.5~4%. SEM (200 times) showed the structure of *G. Lemaneiformis* powder group was denser and more homogeneous than other groups. Therefore, with adding 3.5~4% of *G. Lemaneiformis* powder, the quality characteristics of sausages could be improved.

**Key words:** *Gracilaria lemaneiformis*; phosphate; water holding capacity; pork sausage

龙须菜 (*Gracilaria lemaneiformis*) 属于一种重要大型经济海藻, 其藻体含有多糖类、氨基酸、蛋白质和酶、脂肪酸类及矿物质等多种成分, 主要用作水产养殖业饲料和琼脂提取。近些年来研究表明其不利于成胶的酸性多糖具有肿瘤抑制作用<sup>[1]</sup>, 而除去之后剩余部分则因为非水溶性多糖的存在而具有很好的凝胶保水性。

收稿日期: 2013-11-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31271975)

作者简介: 杜佳佳 (1987-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向为食品添加剂

通讯作者: 刘安军 (1963-) 男, 教授, 博士生导师, 主要从事水产品、畜产(副产)品高附加值的开发利用及功能性食品研究等

在肉制品加工中, 肉制品改良剂在肉制品的口感、储藏期起着关键的作用。只有在改良剂的参与下, 肉类的工业才能获得快速的、长足的发展。可以说, 添加剂是推动肉食品工业高速法阵的重要支柱。肉制品保水剂则指的是能够有效改善肉品的持水性能的添加剂, 提高肉品的嫩度和弹性, 减少肉品在加热熟化过程中的失水, 既保证了肉品的口感鲜嫩而富有弹性, 又可减少营养汁液成分和风味物质的流失, 使肉吃起来更为鲜美<sup>[2]</sup>。

而各种磷酸盐是我国常用的保水剂, 在部分原料肉商家添加磷酸盐后肉制品厂家也极易添加, 而过量使用磷酸盐会对食品产生许多不利的作用。当人体摄入的磷酸盐达到最大允许值 (0.5%) 时, 会产生不愉

快的金属涩味和肥皂味,甚至导致产品风味恶化,组织结构粗糙,出现“雪花”和“晶化”的现象,同时还可能对人体健康产生危害<sup>[3]</sup>,当人体摄入的磷酸盐过多时,就会螯合人体中的钙、镁,短时间内会导致腹痛与腹泻,长期将导致机体钙磷比失衡(即影响机体的钙磷代谢)。因此无磷保水剂或者天然的植物类保水剂在食品加工中应用有很大的前景。

本研究拟以去除可溶性多糖的龙须菜粉为保水剂,测定其基本成分,对比在猪肉肠中龙须菜粉与磷酸盐的保水性、质构特性和肠体内部微观结构,探讨这种龙须菜粉代替复合磷酸盐的最佳添加比例。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

龙须菜(市售);鲜猪肉以及等调味料购于天津市塘沽区乐购超市;磷酸三钠(TSP)、三聚磷酸钠(STP)、焦磷酸钠(SPP)、六偏磷酸钠(SHMP)、复合磷酸盐(CPP,其中比例是TSP:STP:SPP:SHMP为1:7:3:6)均为食品级添加剂。

### 1.2 主要仪器设备

FJ-200 高速分散均质机,温州葆春包装机械有限公司;TJS12-H 电动台式绞肉机,广东恒联食品机械有限公司;TGL-16B 台式离心机,上海安亭科学仪器厂;质构测定仪,英国 Stable Micro Systems;JSM6380LV 扫描电镜,JEOL 日本电子;500C 型超微粉碎机,郑州华通机械厂。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 龙须菜粉制备

市购龙须菜(半干品),经过挑拣、清洗沥干、切碎、收集,用 0.3 M 氢氧化钠进行稀碱提取。提取液用尼龙滤布过滤收集,55℃真空浓缩。离心(2000 r/min, 20 min)后收集滤渣进行水洗直至中性(滤液为可溶性多糖可用于抗肿瘤研究),将滤渣于 60℃烘箱烘干至水分小于 5%,经过超微粉碎机粉碎,转速为 2900 r/min 粉碎时间约 15 min,最终在粉碎机的旋风分离器下端收集龙须菜粉,作原料备用。

#### 1.3.2 龙须菜粉成分测定

分别测定水分、灰分、蛋白质、粗脂肪、粗纤维,方法参照 GB/T 5009.3-2003、GB/T 5009.4-2003、GB/T 5009.5-2003、GB/T 5009.6-2003、GB/T 5009.10-2003。

#### 1.3.3 猪肉肠的制备

新鲜猪肉经绞碎、研制,斩拌、调配和加入保水

剂后放入蒸煮袋中进行低温蒸煮后备用。猪肉肠的基本配方(按肉基的质量比)为:猪肉腌制剂(亚硝酸盐 0.015%,异 Vc 0.04%。食盐 2%、红曲红色素 0.03%),原辅料(猪肉肥瘦比 6.5:1,味精 0.08%,姜粉 0.15%,白胡椒 0.3%,十三香 0.3%,香料 0.5%,香油 1%,大豆分离蛋白 2%)。猪肉肠的加工工艺路线如图 1。

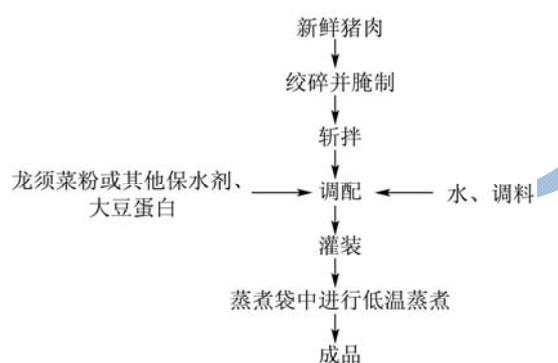


图 1 猪肉肠加工工艺路线

Fig.1 Processing diagram of pork sausage

#### 1.3.4 保水性的测定

##### 1.3.4.1 蒸煮损失率

将灌装好的猪肉肠放入蒸煮袋中于水浴加热 35 min 左右,肠体中心温度达 72℃左右,取出后用流动的水冷却至室温,用滤纸吸干肠体表面和肠衣内侧的水分<sup>[4]</sup>,将肠体和肠衣一起称重,并用下式计算蒸煮损失。

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

注:  $m_1$ 、 $m_2$  分别为蒸煮前后龙须菜猪肉肠的质量,单位是 g

##### 1.3.4.2 离心失水率<sup>[5]</sup>

将煮好的龙须菜猪肉肠剥去肠衣体切 1 cm 见方的小块称重后放入离心管中,室温、4000 r/min 条件下离心 50 min,离心后取出用滤纸吸干表面的水分,准确称量并按照下式进行计算:

$$\text{离心失水率} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

注:  $m_1$ 、 $m_2$  分别为离心前后猪肉肠方块的质量,单位是 g。

#### 1.3.5 质构特性的测定

采用质构测定仪<sup>[6-7]</sup>进行对添加不同保水剂的猪肉肠弹性、硬度、粘聚性、咀嚼度、回复性进行测定。将制备好的猪肉肠剥去肠衣,切成厚度为 1 cm 的小块测定,保证切面平滑整齐。探头型号为 P/36R,测定模式为 TPA,测试参数为测前速度 5 mm/s,测中速度 1 mm/s,测后速度 1 mm/s,测量距离 5 mm,触发力 5.0 g,间隔时间 5 s,压缩比 50%。

### 1.3.6 微观结构观察

将添加复合磷酸盐和龙须菜粉的猪肉肠切成 5 mm 见方的小方块, 选取空白组作对照, 置于-80 °C 冰箱中冷冻 24 h, 取出之后进行冷冻干燥 24 h。分别将各组样品掰出断面, 在断面上采用离子溅射方法镀金, 通过扫描电子显微镜对制备好的样品进行分析、观察, 得到相应的扫描电镜照片。

### 1.3.7 数据分析

应用 EXCEL、Origin 和 SPSS 19 统计软件对实验数据进行分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 成分测定

表 1 龙须菜粉的成分分析表 (%)

水分	灰分	蛋白质	脂肪	粗纤维	总糖
8.20±0.24	25.46±1.17	4.11±0.12	2.74±0.09	4.73±0.21	47.41±1.17

由表 1 可知龙须菜粉总糖约 47.12% 左右, 与范晓等<sup>[8]</sup>报道的山东龙须菜中总糖、粗纤维分别为 42.57%、3.4% 较为接近。可见对于不同产地的龙须菜, 糖类物质均是其最主要的组成成分, 多糖的高分子链上有大量亲水基团羟基而具有亲水能力, 发挥着凝胶保水的作用。

### 2.2 保水性

#### 2.2.1 蒸煮损失的比较

##### 2.2.1.1 不同磷酸盐与龙须菜粉猪肉肠蒸煮损失的比较

图 2 为各组保水剂的添加量均为 0.5% 时的蒸煮损失。

通过分析计算可得, 各个组之间差异显著 ( $P<0.05$ ), 相对于空白组差异显著 ( $P<0.05$ )。其中

表 2 不同龙须菜粉添加量对猪肉肠蒸煮损失影响

名称	CPP				GLP/%					BK
含量	0.5	0.5	3.5	3.75	4	4.25	4.5	4.75	5	
蒸煮损失/%	10.76±0.05	0.81±0.04	0.59±0.02	1.76±0.02	3.52±0.07	3.54±0.03	1.24±0.01	1.00±0.03	0.87±0.01	14±0.14

表 2 可知龙须菜组的添加量即使是在 0.5% 的添加量下其蒸煮损失也比 CPP 组低的多, 为 0.81%, 而 CPP 组为 10.76%, 空白组为 14% 左右, 龙须菜粉的保水能力是十分显著的, 随着龙须菜的添加量增大其蒸煮损失也在逐渐减小, 其优于 CPP 组和空白组。

#### 2.2.2 离心失水率的比较

##### 2.2.2.1 不同磷酸盐与龙须菜粉猪肉肠离心失水率的

蒸煮损失最大的是空白组, 蒸煮损失为 5.71%, 在磷酸盐组中 CPP 组蒸煮损失最小, 在 0.43% 左右, 应进一步讨论龙须菜粉和 CPP 的对比。而龙须菜组的蒸煮损失最小为 0.27%, 相对于 CPP 组蒸煮损失下降了 37.20%。

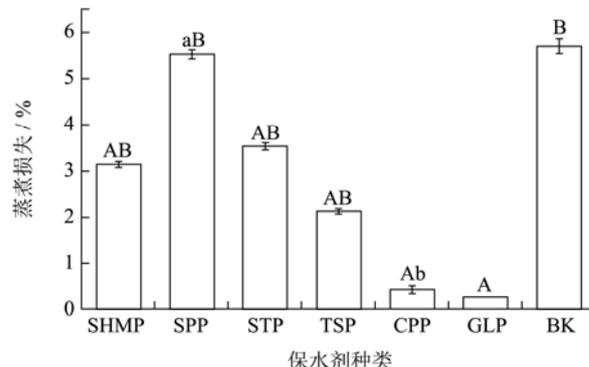


图 2 不同磷酸盐与龙须菜粉对猪肉肠蒸煮损失的影响

Fig.2 Changes in cooking loss of pork sausage with different phosphates and *Gracilaria Lemaneiformis* powder

注: 图 2~图 3 中, a 表示与空白组比较, 差异显著 ( $P<0.05$ ); A 表示与空白组比较, 差异极显著 ( $P<0.01$ ); b 表示与 GLP 组比较, 差异显著 ( $P<0.05$ ); B 表示与 GLP 组比较, 差异极显著 ( $P<0.01$ ); GLP 为龙须菜粉组, BK 为空白组。

磷酸盐能够在蒸煮过程中保持水分是因为添加后可能增加了 pH 值, 使原料肉的 pH 值偏离了等电点, 造成电荷之间相互排斥使蛋白之间产生了更大的空间来包容水。而龙须菜粉保水的原因可能是其中的琼胶成分在加热又冷却的情况下琼胶从热时的无规线团状重新组成三维凝胶网状结构, 以此来达到吸收固定水分的作用, 而肉中的肌原纤维蛋白在加热以及冷却后也能形成网状结构从而结合水。龙须菜粉组是蛋白—琼胶多糖共同作用的结果, 蛋白和胶体相互作用可能与肉蛋白中氨基酸侧链和糖中的羧基基团有关。

##### 2.2.1.2 不同添加量的龙须菜粉猪肉肠蒸煮损失的比较

图 3 为不同种类的磷酸盐和龙须菜粉猪肉肠的离心失水率结果, 各组保水剂的添加量均为 0.5%。通过分析计算可得, 各个组之间差异显著 ( $P<0.05$ ) 且与空白组对比显著 ( $P<0.05$ )。其中失水率最大的是空白组, 失水率为 12.37%, 磷酸盐组中 CPP 组的失水率最小, 在 5.20% 左右, 而龙须菜组的

失水率仅为 3.51%，相对于 CPP 组下降了 32.50%。可知龙须菜粉的持水能力显著优于 CPP 组。

### 2.2.2.2 不同龙须菜粉添加量猪肉肠离心失水率的比较

由表 3 可知龙须菜组的添加量在 0.5% 的添加量下其失水率比 CPP 组低，为 8.3%，而 CPP 组为 8.38%，空白组为 10.78%，随着龙须菜添加量的增大失水率在逐渐降低。龙须菜粉的持水能力比 CPP 好。

## 2.3 质构特性

### 2.3.1 添加不同磷酸盐与龙须菜粉对猪肉肠质构特性的比较

表 4 是各组保水剂的添加量均为 0.5% 时的质构特性结果，运用质构仪测定了猪肉肠的弹性、硬度、粘

聚性、咀嚼度和回复性。

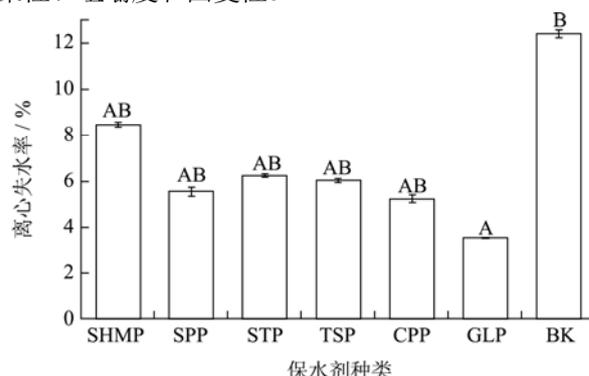


图 3 不同磷酸盐与龙须菜粉对猪肉肠中离心失水率的影响  
Fig.3 Changes in centrifugal water loss rate of pork sausage with different phosphates and *Gracilaria Lemaneiformis* powder

表 3 不同龙须菜粉添加量对猪肉肠离心失水率影响

Table 3 Changes in centrifugal water loss rate of pork sausage with different concentrations of *Gracilaria Lemaneiformis* powder

名称	CPP		GLP/%					BK		
含量	0.5	0.5	3.5	3.75	4	4.25	4.5	4.75	5	
离心失水率/%	8.38±0.10	8.3±0.16	1.19±0.05	0.92±0.07	1.12±0.01	1.09±0.03	2.37±0.02	4.98±0.03	0.96±0.01	10.78±0.04

表 4 不同磷酸盐与龙须菜粉对猪肉肠质构特性的影响

Table 4 Changes in textural properties of pork sausage with different phosphates and *Gracilaria Lemaneiformis* powder

	SHMP	SPP	STP	TSP	CPP	GLP	BK
弹性	0.73±0.01 <sup>Ab</sup>	0.69±0.01 <sup>AB</sup>	0.75±0.01 <sup>A</sup>	0.71±0.01 <sup>Ab</sup>	0.77±0.02 <sup>A</sup>	0.77±0.03 <sup>A</sup>	0.65±0.01 <sup>B</sup>
硬度/g	2710.89±30.83 <sup>A</sup>	4766.71±36.29 <sup>AB</sup>	4244.21±146.31 <sup>AB</sup>	3465.60±16.82 <sup>AB</sup>	3255.63±183.15 <sup>AB</sup>	2690.45±20.10 <sup>A</sup>	2303.01±126.89 <sup>B</sup>
粘聚性	0.28±0.004	0.35±0.001 <sup>AB</sup>	0.27±0.031 <sup>b</sup>	0.27±0.008	0.38±0.001 <sup>AB</sup>	0.29±0.013 <sup>a</sup>	0.26±0.010 <sup>b</sup>
咀嚼度	561.77±0.54	1166.41±31.49 <sup>AB</sup>	845.08±67.77 <sup>ab</sup>	671.34±12.92 <sup>Ab</sup>	1281.25±18.47 <sup>AB</sup>	551.40±42.23 <sup>a</sup>	469.76±27.45 <sup>b</sup>
回复性	0.07±0.002	0.12±0.009 <sup>AB</sup>	0.08±0.012 <sup>ab</sup>	0.07±0.002	0.14±0.001 <sup>AB</sup>	0.07±0.003	0.07±0.004

注：a 表示与空白组比较，差异显著 (P<0.05)；A 表示与空白组比较，差异极显著 (P<0.01)；b 表示与 GLP 组比较，差异显著 (P<0.05)；B 表示与 GLP 组比较，差异极显著 (P<0.01)；GLP 为龙须菜粉组，BK 为空白组。

其中弹性最小的是空白组，为 0.65，CPP 组的弹性在 0.767 左右，比其他各组磷酸盐弹都高。而龙须菜组的弹性为 0.766。各组较空白组均有显著性差异均小于 0.05，CPP 组和龙须菜组没有显著性差异，显著性为 0.94，因此在 0.5% 的相同添加量下的龙须菜粉猪肉肠弹性没有高于 CPP 组，需要进一步寻找其最优添加量来替代 CPP 的作用。

硬度最小的是空白组，为 2303.01 g，CPP 组的硬度在 3255.63 g 左右，而龙须菜组的硬度为 2690.45 g。各组较空白组均有显著性差异，0.5% 的相同添加量下龙须菜组虽相对于空白组有一定的优势但是硬度较 CPP 组较低，因此需增加龙须菜添加量。影响硬度的因素有含水量、蛋白质含量、含盐量、胶类物质种类、淀粉含量和脂肪含量都会对硬度有影响。添加磷酸盐能够提高硬度因为增加了离子强度而使 pH 增大而提取了大量的盐溶蛋白质，在加热的过程中增加肉糜之

间的连接。而添加不同的胶类物质由于不同的极性和分子量会对硬度造成不同的影响。

在粘聚性、咀嚼度以及回复性方面，指标最小的是空白组，各组均相对于空白组有显著性差异。CPP 组的粘聚性、咀嚼度和回复性分别为 0.38、1281.26 和 0.14，高于其他各组。

由以上结果可知在质构特性方面，相同添加量下综合各个指标 CPP 相对其他磷酸盐较好，龙须菜组相对于 CPP 组来说没有显著的优势，不能够很好的改善猪肉肠的质构特性，因此需要增大龙须菜粉的添加量来确定能够代替 CPP 的比例。

### 2.3.2 不同龙须菜粉添加量对猪肉肠质构特性的比较

蒸煮损失和失水率的结果可知龙须菜粉的持水能力明显优于 CPP，但是在改善质构特性不具备优势，则进行了不同添加量的探讨，如表 5 为不同龙须菜粉

添加量对猪肉肠质构特性的比较, 由表可知当龙须菜粉的添加量在 3.5~4% 范围内各个特性优于 CPP 组, 说明龙须菜粉的持水力不仅优于 CPP, 并且当其添加

量达到一定数量时其质构特性也同样优于 CPP, 且这个添加量的范围与之前龙须菜粉凝胶特性的最优范围基本一致。

表 5 不同龙须菜粉添加量对猪肉肠质构特性影响

Table 5 Changes in textural properties of pork sausage with different concentrations of *Gracilaria Lemaneiformis* powder

名称	CPP/%				GLP/%					BK
含量	0.5	0.5	3.5	3.75	4	4.25	4.5	4.75	5	
弹性	0.72±0.01	0.68±0.01	0.68±0.01	0.74±0.01	0.76±0.02	0.80±0.02	0.83±0.01	0.85±0.01	0.99±0.02	0.54±0.03
硬度/g	2713.15±172.13	2418.47±213.66	3136.01±378.04	3436.25±314.07	4306.98±295.73	4466.5±55.6	4703.85±230.77	4457.16±225.41	5252.22±73.83	2356.4±99.01
粘聚性	0.24±0.002	0.20±0.012	0.19±0.001	0.23±0.002	0.25±0.007	0.31±0.007	0.36±0.006	0.54±0.029	0.31±0.013	0.22±0.14
咀嚼度	481.86±18.99	387.85±57.33	431.88±86.90	500.62±75.78	842.46±54.95	901.51±39.93	782.98±56.94	2115.256±39.34	1430.96±18.95	288.43±18.68
回复性	0.06±0.001	0.05±0.001	0.05±0.002	0.06±0.006	0.07±0.007	0.07±0.002	0.06±0.001	0.19±0.005	0.10±0.002	0.05±0.001

### 2.4 微观结构观察

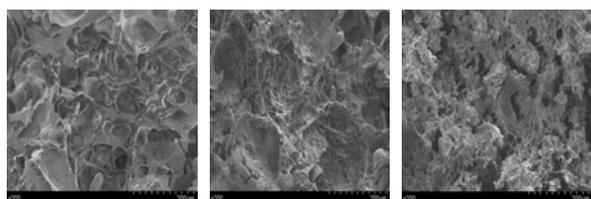


图 4 龙须菜粉、复合磷酸盐、以及空白组猪肉肠电镜扫描图

Fig.4 SEM of pork sausage with different aquasorbs

注: 由左至右依次为龙须菜粉 (3.5%)、复合磷酸盐 (0.5%)、空白组猪肉肠

图 4 依次为龙须菜组 (3.5%)、CPP 组 (0.5%)、空白组猪肉肠在 200 倍电镜下观察的结果。由图可以看出空白组明显表现出结构疏松, 多处有孔洞且大小不一, 蛋白分布松散。CPP 组的表面较空白组结构致密, 表面高低不平但几乎未见大孔洞, 龙须菜组则形成一种致密连续的结构, 表面各个部分结构较均一, 光亮部分可能是油脂类物质存在的原因, 这种致密连续的结构比 CPP 组更加抗变形, 利于水的固定。这与持水力的结果是一致的。

### 3 结论

除去酸性多糖后的龙须菜粉主要成分为多糖, 这种主要由琼胶构成的非可溶糖保证了龙须菜粉具有良好的凝胶保水性。将不同种磷酸盐与龙须菜粉按相同添加量 (0.5%) 加入猪肉肠中, 结果表明添加龙须菜粉更能够提高猪肉肠的持水能力, 但无法改善猪肉肠的质构特性, 其效果没有 CPP 好, CPP 各方面性质优于其他磷酸盐单体; 改变龙须菜粉的添加量, 发现其添加量在 3.5~4% 时, 改善猪肉肠的质构特性的效果超过 CPP, 同时持水力依旧保持优势。微观结构观察结

果也表明了龙须菜粉能够有效地改善肠体的结构, 使表面致密均一。综上所述表明这种龙须菜粉可以作为天然保水剂来替代磷酸盐改善猪肉肠的品质, 减少食品添加剂的使用, 降低食品安全隐患, 同时提高龙须菜的经济利用价值。

### 参考文献

[1] FAN Yan-li, WANG Wen-hang, LIU An-jun, et al. Partial Characterization and Anti-tumor Activity of An Acidic Polysaccharide from *Gracilaria Lemaneiformis* [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 88(4): 1313-1318

[2] 孙健. 亚麻籽胶对肉制品保水性、乳化性、淀粉糊化和老化特性影响及其应用[D]. 南京: 南京农业大学, 2011

SUN Jian. Effects of Flaxseed Gum on Water-holding capacities, Emulsion capacities, Gelatinization and Anti-retrogradation of Starch in Meat Product [D]. Nanjing, Nanjing Agricultural University, 2011

[3] 高艳红. 磷酸盐对速冻鸡肉丸保水性及其功能性影响的研究[D]. 山东, 山东农业大学, 2009

GAO Yan-hong. Effetc of Mixed Phosphates on Water-hoding capability and Fuctional properties of Chicken Meatballs [J]. Shandong: Shandong Agricultural University, 2009

[4] Sun C, Gunasekaran S. Effects of Protein Concentration and Oil-phase Volume Fraction on The Stability and Rheology of Menhaden Oil-in-water Emulsions Stabilized by Whey Protein Isolate With Xanthan Gum [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(1): 165-174

[5] Han-sul Y, Sung-gil C, Jin-tae J, et al. Textural and Sensory Properties of Low Fat Pork Sausages with Added Hydrated Oatmeal and Tofuas Texture-modifying Agents [J]. Meat

- Science, 2007, 75(2): 283-289
- [6] Consuelo González-Fernández, Eva M Santos, Jordi Rovira, et al. The Effect of Sugar Concentration and Starter Culture on Instrumental and Sensory Textural Properties of Chorizo-spanish Dry-cured Sausage [J]. Meat Science, 2006, 74(3): 467-475
- [7] Trespalacios P, Pla R. Simultaneous Application of Transglutaminase and High Pressure to Improve Functional Properties of Chicken Meat Gels [J]. Food Chemistry, 2007, 100(1): 264-272
- [8] 范晓,韩丽君,周天成,等.中国沿海经济海藻化学成分的测定[J].海洋与湖沼,1995,2:199-207
- FAN Xiao, HAN Lijun, ZHOU Tiancheng, et al. Chemical Composition of Economic Sea-weeds from The Coast of China [J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1995, 2: 199-207

现代食品科技