

# 不同食用胶与牛肉糜结合力及凝胶性能的比较

赵改名<sup>1</sup>, 孟子晴<sup>1</sup>, 祝超智<sup>1</sup>, 田玮<sup>2</sup>, 韩明山<sup>3,4</sup>, 于智威<sup>1</sup>

(1. 河南农业大学食品科学技术学院, 河南郑州 450002) (2. 河南农业大学牧医工程学院, 河南郑州 450002)  
(3. 通辽综合试验站, 内蒙古通辽 028000) (4. 内蒙古科尔沁牛业股份有限公司, 内蒙古通辽 028000)

**摘要:** 为解决牛肉糜类产品失水析油、结构疏松的问题, 通过设置空白对照组、3 g/kg 瓜尔豆胶组、3 g/kg 魔芋胶组、3 g/kg 卡拉胶组, 测定蒸煮损失、水分迁移、质构、扫描电镜的微观结构等, 研究胶体结合牛肉糜能力对结构的影响。结果表明, 在蒸煮损失、总汁液流失、水分损失、脂肪损失方面, 瓜儿豆胶组比空白对照组分别下降了 2.44%、5.93%、5.92%、1.42%。三种胶体在结合肉糜能力上表现为瓜儿豆胶组>魔芋胶组=卡拉胶组>空白对照组。空白对照组的硬度为 27286.00 g, 瓜尔豆胶组、魔芋胶组、卡拉胶组硬度分别下降至空白组的 32.33%、55.58%、83.30%。空白对照组、瓜尔豆胶组、魔芋胶组、卡拉胶组的  $a^*$  分别为 8.35、10.17、10.26、9.76; 植物源胶体的  $T_{22}$  均比空白对照组小 ( $p < 0.05$ ), 说明添加胶体后, 对质子运动的束缚程度提高。微观结构上, 瓜尔豆胶组与魔芋胶组脂肪颗粒均匀分布于整个网络中, 几乎没有大空洞。结论: 3 g/kg 瓜尔豆胶组结合牛肉糜能力最高, 对结构影响最大。

**关键词:** 牛肉糜; 胶体; 结合特性; 结构; 凝胶性能

文章编号: 1673-9078(2020)04-185-191

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.4.025

## Comparison of the Binding and Gel Properties between Different Edible Gums and Beef Paste

ZHAO Gai-ming<sup>1</sup>, MENG Zi-qing<sup>1</sup>, ZHU Chao-zhi<sup>1</sup>, TIAN Wei<sup>2</sup>, HAN Ming-shan<sup>3,4</sup>, YU Zhi-wei<sup>1</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

(2. College of Animal Husbandry and Medical Engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China) (3. Tongliao Comprehensive Experimental Station, Tongliao 028000, China)

(4. Inner Mongolia Kerqin Cattle Co., Ltd., Tongliao 028000, China)

**Abstract:** In order to resolve the problems associated with the water loss, oil loss and loose structure of beef meat mince products, the effects of the binding between a gum gel and beef meat mince on the structure of mince products were studied through setting up the blank control group, 3 g/kg guar gum group, 3 g/kg konjac group and 3 g/kg carrageenan group, and measuring the cooking loss, water migration, texture and microstructure (scanning electron microscopy). The results showed that the cooking loss, total juice loss, water loss and fat loss of the guar gum group decreased by 2.44%, 5.93%, 5.92%, and 1.42%, respectively, compared with the blank control. The mince-binding ability of the three gums was in the order of the guar gum group>konjac group = carrageenan group > blank control group. The hardness of the blank control group was 27286.00 g, with that of the guar gum group, konjac group and carrageenan group decreasing to 32.33%, 55.58% and 83.30% of the blank group respectively. The  $a^*$  values of the blank control group, guar gum group, konjac group and carrageenan group were 8.35, 10.17, 10.26 and 9.76, respectively. The  $T_{22}$  values of the plant-derived gums were smaller than that of the blank control group ( $p < 0.05$ ), indicating that the degree of restriction upon proton movements increased after the addition of a plant-derived gum. In terms of microstructure, fat particles of the guar gum group and the konjac gum group were evenly distributed throughout the network, with almost no large voids. In conclusion: The 3 g/kg guar gum group had the highest mince-binding ability and exhibited the greatest impact on the structure.

引文格式:

赵改名, 孟子晴, 祝超智, 等. 不同食用胶与肉糜结合力的比较及对牛肉凝胶性能的影响研究[J]. 现代食品科技, 2020, 36(4): 185-191

ZHAO Gai-ming, MENG Zi-qing, ZHU Chao-zhi, et al. Comparison of the binding between different edible gums and beef mince and its effect on the properties of beef gels [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(4): 185-191

收稿日期: 2019-10-11

基金项目: 国家肉牛牦牛产业技术体系项目 (CARS-37); 河南省重大科技专项 (161100110800)

作者简介: 赵改名 (1965-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 肉制品加工与质量安全控制

通讯作者: 祝超智 (1985-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 肉制品加工与质量安全控制

**Key words:** beef minced meat; gum; binding characteristics; structure; gel properties

牛肉糜制品因蛋白质丰富、脂肪较低等特点备受关注<sup>[1,2]</sup>,但在加工贮藏过程中易出现失水析油、结构疏松等问题<sup>[3]</sup>,因此改善牛肉糜结合特性和结构具有十分重要的意义。目前常用于改变肉制品保水保油的方法有添加胶体或蛋白、调节 pH 等。近年来,已有植物源胶体和动物源粘合剂在肉制品中的应用报道<sup>[4,5]</sup>,主要集中在猪肉制品中<sup>[6-8]</sup>,针对牛肉制品的研究相对较少。牛肉和猪肉原料肉差异会导致添加辅料后作用效果不同,原料肉差异主要表现在成分与肌纤维直径、排列方向、结构松散程度、分子相互作用力等方面<sup>[9]</sup>;另外,擂溃搅拌机与斩拌机的工作方式与工作强度的不同也可能对肉糜体系产生不同的影响。研究“搅拌”情况下不同食用胶与肉糜结合力的比较及对牛肉凝胶性能的影响为研发与改良牛肉糜产品选择使用胶体提供理论依据。

现阶段,已经发现瓜尔豆胶(Guar gum, GG)、魔芋胶(Konjac gum, KG)、卡拉胶(carrageenan, CAR)等植物源胶体具有粘附和保水作用,还具有一定的营养功能与可溶性膳食纤维的基本特性。有报道表明瓜儿豆胶<sup>[10]</sup>、魔芋胶<sup>[11]</sup>、卡拉胶<sup>[12]</sup>会不同程度的改变凝胶体系的流变特性、组织结构等;S.Y.Hsu<sup>[13]</sup>还研究了魔芋胶等在肉丸中的应用,发现魔芋胶可以降低肉丸硬度,增加出品率。不同的胶体对产品品质影响不同,但是不同食用胶与肉糜结合力的比较及对牛肉凝胶性能的影响研究未见报道。因此,通过对比不同胶体对牛肉凝胶性能的作用可以为牛肉糜制品中胶体的应用提供依据,为探究胶体与牛肉糜直接的作用机理提供参考。

为了对比相同添加量下不同胶体结合牛肉糜能力对牛肉糜结构与凝胶性能的影响,本研究设置空白对照组与 3 g/kg 瓜尔豆胶组、3 g/kg 魔芋胶组、3 g/kg 卡拉胶组进行比较,通过测定水分、结合能力、色泽、质构、低场核磁水分迁移、微观结构等进行探究。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

牛肉,为西杂黄牛牛霖部位肉,取样于河南伊赛牛肉股份有限公司;食盐,黑胡椒粉等辅料均购于郑州丹尼斯拜特商超;卡拉胶,青岛德惠海洋生物科技有限公司;魔芋胶,湖北强森魔芋科技有限公司;瓜尔豆胶,河南奥尼斯特食品有限公司。

MM12B 绞肉机,广东省韶关市大金食品机械厂;

BLKJ-20 搅拌擂溃机,中国艾博公司;CR-5 色彩色差计,日本 KONICA 公司;ALLEGRA-64A 高速冷冻离心机,美国 Beckman Coulter 公司;BPG-9156A 精密鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;TA-XT plus 食品质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;PQ001MicroMR 柜式 NMR 成像仪,上海纽迈电子科技有限公司;S-3400N 扫描电镜,日本日立公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 样品配方

添加物的添加量以占牛肉重表示,以 g/kg 计,食盐 20 g/kg,黑胡椒粉 3 g/kg,复合磷酸盐 3 g/kg,异抗坏血酸钠 1.2 g/kg,烟酰胺 0.02 g/kg,嫩肉粉 0.8 g/kg,冰屑 150 g/kg。为研究不同胶体对牛肉糜结合特性与品质的影响,卡拉胶组、瓜尔豆胶组、魔芋胶组选取同一添加量,添加量为 3 g/kg,研究设空白对照组(不加胶体)。

#### 1.2.2 样品处理

挑选符合国家卫生标准的新鲜牛霖肉,去除筋膜部位,清水浸泡冲洗后擦掉表面水分,切小块进行搅肉(10 mm 孔板),称辅料后混合均匀,在 4 °C 下腌制 1 h。然后添加变量辅料、冰水等,使用搅拌擂溃机的搅拌功能搅拌 2 min,取出。将肉糜装于直径 9 cm、深度 1 cm 的圆形模具中,赶出气泡,肉糜于 4 °C 下密封,储存于 -30 °C。将肉糜制作成的肉饼放于 200 °C 烤箱中烤制 10 min(每 5 min 翻一次面)制取熟制样品。

### 1.3 指标测定方法

#### 1.3.1 水分含量的测定

采用 GB 5009.3-2016 第一法直接干燥法测定<sup>[14]</sup>。

#### 1.3.2 结合特性测定

参考 F. Fernández-Martín<sup>[15]</sup>的方法,略作修改。将生肉糜( $W_1$ )放入离心管( $W_0$ )中 5000 r/min 离心 5 min,在 70 °C 水浴中加热 30 min,使肉糜凝胶化。取出离心管,倒置在已恒重的干燥瓶( $W_2$ )中,室温静置 2 h 完全收集渗出液,称重离心管和肉糜总重量( $W_3$ )。将收集到的液体置于 105 °C 下加热 16 h,测定加热后干燥瓶的总重量( $W_4$ ),每组 6 个平行。加热时肉糜损失的液体为蒸煮损失,通常以溢出的液体质量与生肉糜质量比值计。具体计算方法:

$$\text{总汁液流失(TFR)}=(W_0+W_1)-W_3$$

$$\text{总汁液流失百分比(\%)}=\text{TFR}/W_1 \times 100$$

$$\text{水分流失百分数}(\%) = (W_0 + W_1 + W_2 - W_3 - W_4) / W_1$$

$$\text{脂肪流失百分比}(\%) = (W_4 - W_2) / \text{TFR} \times 100$$

式中:  $W_0$  表示螺旋离心管重量, g;  $W_1$  表示生肉糜的重量, g;  $W_2$  表示空干燥瓶的重量, g;  $W_3$  表示静置后离心管和肉糜的总重量, g;  $W_4$  表示加热后干燥瓶的总质量, g。

### 1.3.3 NMR 自旋-自旋弛豫时间 ( $T_2$ ) 测定

参考高雪琴<sup>[16]</sup>的方法略作修改。测试条件为: 质子共振频率为 22 MHz, 测量温度为 32 °C, 称量大约 2 g 样品放入直径 15 mm 的核磁管中, 然后放入机器, 用 CPMG 序列进行测量。使用参数为:  $\eta$ -值 (90° 脉冲和 180° 脉冲之间的时间) 为 250 us, 重复扫描 32 次。每组测试 4 个重复。

### 1.3.4 色差测定

参考张骏龙等<sup>[17]</sup>的方法稍加修改, 具体方法如下: 先对色差仪进行白板校正与黑板校正, 然后选定程序同一点自动测三次进行读数, 通过色差仪测量得 L\* 值、a\* 值和 b\* 值, 每个样品测定 3 个重复, 每个重复 3 个平行。其中 L\* 值为亮度, a\* 值为红度, b\* 值为黄度。

### 1.3.5 凝胶 TPA 测定

质构剖面分析方法 (Texture Profile Analysis, TPA) 测定牛肉糜饼的硬度和弹性等<sup>[18]</sup>, 具体方法如下: 将肉糜放进离心管中, 于 75 °C 加热 20 min 形成凝胶, 用标准取样器取样, 在环境温度 20 °C 条件下测定。质构仪 TPA 参数设置为: 测前速度为 2 mm/s, 测试速度为 1 mm/s, 测后速度为 1 mm/s, 压缩比例 75%, 探头型号 P/50。每个样品测八个平行。

### 1.3.6 微观结构观察

参考 Alvarez 等<sup>[19]</sup>方法稍加改动, 具体方法如下: 从熟制肉饼中取 1×1×1 cm 方块样品放置于含有 2.5% 戊二醛的 0.1 M 磷酸缓冲液中固定 48 h, 样品切成 1 mm 厚的薄片, 用磷酸缓冲液 (pH 7.3) 浸泡 10 min, 用同样的磷酸缓冲液漂洗 3 次, 然后用乙醇梯度脱水, 每个浓度脱水 30 min, 然后浸入丙酮中进行梯度脱水, 每个浓度脱水 20 min, 50 °C 下 15~20 min 烘至干燥, 然后喷金、观察并拍照。

## 1.4 数据处理与统计分析

本研究数据使用 SPSS 13.0 分析, oringin 8 绘图, 多重比较误差使用 Duncan、LSD 法表示, 数据表达方式为平均值±标准差 (MEAN±SD), 显著水平为  $p < 0.05$ 、极其显著水平  $p < 0.01$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物源胶体对牛肉糜水分含量、结合特性的影响

水分含量是影响肉类品质、出品率、安全性和保质期的主要因素之一<sup>[20]</sup>。由表 1 可知, 与空白对照组相比, 添加植物源胶体组的水分含量增多且存在显著性差异 ( $p < 0.05$ ), 3 g/kg 瓜尔豆胶组的水分含量最高为 72.83%, 其次是魔芋胶组、卡拉胶组, 空白对照组为 71.96%。

表 1 植物源胶体对牛肉糜水分含量、结合特性的影响

Table 1 Effects of the colloid that obtained from plants on moisture content and binding properties of beef minced meat

测试项目	空白	瓜尔豆胶	魔芋胶	卡拉胶
水分含量/%	71.96±0.78 <sup>c</sup>	72.83±0.18 <sup>a</sup>	72.51±0.32 <sup>b</sup>	72.31±0.23 <sup>b</sup>
蒸煮损失/%	18.38±0.40 <sup>A</sup>	15.94±0.22 <sup>C</sup>	17.17±0.33 <sup>B</sup>	17.24±0.24 <sup>B</sup>
总汁液流失/%	44.77±0.97 <sup>A</sup>	38.84±0.54 <sup>C</sup>	41.85±0.81 <sup>B</sup>	42.02±0.59 <sup>B</sup>
脂肪损失/%	1.99±0.93 <sup>A</sup>	0.57±0.32 <sup>B</sup>	0.98±0.17 <sup>B</sup>	1.09±0.10 <sup>B</sup>
水分损失/%	44.54±1.86 <sup>A</sup>	38.62±0.57 <sup>C</sup>	41.44±0.80 <sup>B</sup>	41.56±0.55 <sup>B</sup>

注: 表中数据为 M±SD; 对于同一指标, 小写英文字母上标不同表示均值之间存在显著性差异 ( $p < 0.05$ ), 大写英文字母上标不同表示均值之间存在极其显著性差异 ( $p < 0.01$ ), 下同。

由表 1 可以看出, 与空白对照组相比, 添加植物源胶体组的蒸煮损失、总汁液流失、水分流失和脂肪流失存在极其显著差异 ( $p < 0.01$ ), 空白对照组的蒸煮损失为 18.38%, 瓜儿豆胶组、魔芋胶组、卡拉胶组的蒸煮损失分别为 15.94%、17.26%、17.24%, 说明植物源胶体瓜尔豆胶、魔芋胶、卡拉胶都有效地参与了肉糜的油、水截留过程, 在肌原纤维蛋白质本身保水

能力的基础上, 吸附不能被蛋白网络结构保留的水, 从而提升保水能力, 提高肉糜的稳定性。

蒸煮损失主要由肉糜加热过程中的脂肪流失和水分挥发所引起, 肉类保水的经典假设是基于溶液/蛋白质相互作用, 也能通过表面张力和相互作用进行解释<sup>[16,21]</sup>。3 g/kg 瓜尔豆胶组的蒸煮损失、总汁液损失、水分和脂肪损失均为各试验组中最低的试验组, 比空

白对照组分别下降了 2.44%、5.93%、5.92%、1.42%，说明 3 g/kg 瓜尔豆胶结合肉糜能力强，从分子结构上来解释可能是因为瓜尔豆胶是一种非离子型的直链分子，分子间斥力小，分子易于靠近结合形成凝胶。

### 2.2 植物源胶体对牛肉糜水分迁移的影响

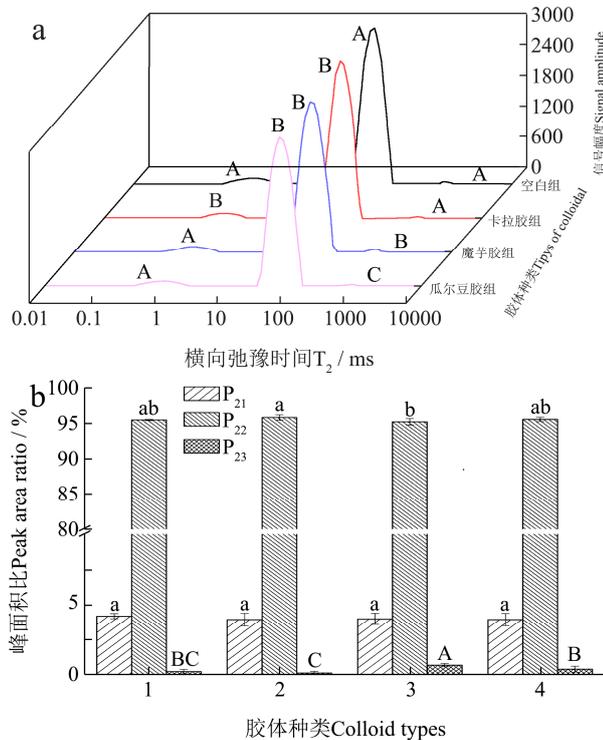


图1 植物源胶体对牛肉糜饼水分迁移的影响

Fig.1 Effect of the colloid that obtained from plants on moisture transfer in beef patties

注: a 植物源胶体对牛肉糜横向弛豫时间  $T_2$  的影响;b 植物源胶体对牛肉糜水分迁移过程中各状态水所占峰面积的影响。图中 1、2、3、4、分别代表空白对照组、3 g/kg 卡拉胶组、3 g/kg 魔芋胶、3 g/kg 瓜尔豆胶的牛肉糜饼组。

目前，国内外食品中关于水分分布的讨论假设理论均基于 Bertram 等<sup>[22]</sup>对肌肉的 LF-NMR 多组分横向弛豫图研究的成果。一般的， $T_2$  可以分为  $T_{21}$ (0~10 ms)、 $T_{22}$ (10~100 ms)、 $T_{23}$ (100 ms 以上)，分别对应结合水、不易流动水、自由水。 $T_2$  越短，说明水分与底物结合的越紧密， $T_2$  各个区间的积分面积可以表示组织中氢质子的含量<sup>[23]</sup>。

空白对照组与添加不同植物源胶体组之间  $T_{21}$ 、 $T_{22}$ 、 $T_{23}$  均存在极其显著性差异( $p < 0.01$ )。与空白对照组相比，卡拉胶组  $T_{21}$  小于空白对照组  $T_{21}$ ；植物源胶体的  $T_{22}$  均缩短，说明添加胶体后，对质子运动的束缚程度提高，使蛋白与水分、脂肪等结合更为紧密，但添加不同胶体对牛肉糜饼的  $T_{22}$  不显著；加热后蛋白质变性导致析出部分在低温溶胶状态时吸附的水

分，还使脂肪融化析出<sup>[24]</sup>，3 g/kg 瓜尔豆胶组  $T_{23} < 3$  g/kg 魔芋胶组  $T_{23} < 3$  g/kg 卡拉胶组  $T_{23}$  = 空白对照组  $T_{23}$ ，可以说明添加 3 g/kg 瓜尔豆胶对质子运动的束缚程度大于添加 3 g/kg 魔芋胶与 3 g/kg 卡拉胶质子运动的束缚程度，这可以进一步解释上文中瓜尔豆胶结合肉糜能力较强，尤其是保持水能力较强的原因。

### 2.3 植物源胶体对牛肉糜色泽的影响

肉的颜色主要由肌肉中肌红蛋白和血红蛋白的含量与变化状态所决定，也会受水分含量、辅料等影响。肌红蛋白中铁离子状态变化时，肌肉颜色也随之发生变化。从图 2 可以看出，添加不同植物源胶体与空白对照组  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )，与空白相比，添加植物源胶体组的  $L^*$  值降低， $a^*$ 、 $b^*$  值升高。空白对照组的亮度值、红度值、黄度值分别为 45.62、8.35、15.48。卡拉胶组在各胶体试验组中  $a^*$  最低为 9.76。高雪琴<sup>[25]</sup>研究表明添加卡拉胶、大豆分离蛋白等会使猪肉饼  $L^*$  和  $b^*$  值存在差异，但对  $a^*$  值没有影响，这可能与原料肉或加工方式不同有关。在三种胶体中，瓜尔豆胶卡拉胶组亮度最低为 41.14，红度和黄度最高分别为 10.17、18.29，与赵光辉<sup>[26]</sup>研究猪肉熏煮香肠中添加瓜儿豆胶亮度值下降的结果一致。

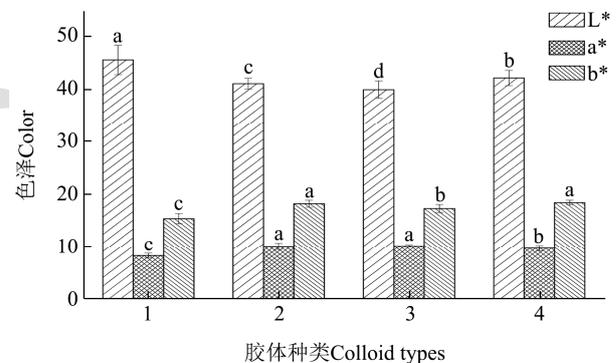


图2 植物源胶体对牛肉饼色泽的影响

Fig.2 Effect of the colloid that obtained from plants on the color of beef patties

注: 图中 1、2、3、4、分别代表空白对照组、3 g/kg 瓜尔豆胶、3 g/kg 魔芋胶、3 g/kg 卡拉胶组的牛肉糜饼组。

### 2.4 植物源胶体对牛肉糜饼质构特性的影响

从表 2 可以看出，与空白对照组相比，添加植物源胶体的牛肉糜饼在硬度、弹性、粘聚性、黏性、咀嚼性和回复力上存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。与空白对照组比，卡拉胶组的硬度、粘聚性、粘性、咀嚼性略有降低，瓜尔豆胶组、魔芋胶组的硬度、咀嚼性大幅度降低。空白对照组的硬度为 27286.00 g，瓜尔豆

胶组硬度下降至空白组的 32.33% 为 8823.60 g, 魔芋胶组硬度下降至空白对照组的 55.58% 为 15165.00 g, 卡拉胶组硬度下降至空白对照组的 83.30% 为 22731.00 g, 说明相同添加量的三种植物源胶体, 瓜尔豆胶对结构的影响最为显著。上文中胶体结合牛肉糜能力显示为空白对照组>卡拉胶组=魔芋胶组>瓜尔豆

胶组, 与质构硬度的结果: 空白对照组>卡拉胶组>魔芋胶组>瓜尔豆胶组。相比较可以发现, 与肉糜的结合性越好, 保水保油性越好, 质构硬度越小。与赵光辉等<sup>[26]</sup>研究瓜儿豆胶对猪肉熏煮香肠品质影响时发现, 瓜儿豆胶会降低产品的硬度、咀嚼性结果一致。

表 2 植物源胶体对牛肉糜凝胶质构特性的影响

Table 2 Effect of the colloid that obtained from plants on textural of beef minced meat

测试项目	空白对照	瓜尔豆胶	魔芋胶	卡拉胶
硬度	27286.00±3382.77 <sup>a</sup>	8823.60±402.48 <sup>d</sup>	15168.00±194.32 <sup>c</sup>	22731.00±2045.44 <sup>b</sup>
弹性	0.76±0.01 <sup>a</sup>	0.44±0.03 <sup>b</sup>	0.67±0.10 <sup>a</sup>	0.76±0.02 <sup>a</sup>
粘聚性	0.54±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.03 <sup>cd</sup>	0.26±0.01 <sup>c</sup>	0.40±0.02 <sup>b</sup>
黏性	14816.00±2235.94 <sup>a</sup>	1961.10±314.08 <sup>c</sup>	3926.40±216.78 <sup>c</sup>	9067.40±472.54 <sup>b</sup>
咀嚼性	11193.00±1724.99 <sup>a</sup>	858.27±87.72 <sup>d</sup>	2647.40±535.25 <sup>c</sup>	6887.00±560.92 <sup>b</sup>
回复力	0.20±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>d</sup>	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.13±0.00 <sup>b</sup>

## 2.5 添加植物源胶体的牛肉糜与熟制牛肉糜

### 饼微观结构观察

图 3 为添加不同植物源胶体的牛肉糜饼(a、b、c、d)、牛肉糜(e、f、g、h)放大 500 倍的扫描电镜图。圆点部分为脂肪被洗脱后遗留下来的痕迹, 或者是水通道。研究表明, 凝胶基质中的孔隙可能是脂肪洗脱的痕迹或水通道, 并对凝胶产生负面影响, 导致凝胶基质失水<sup>[27,28]</sup>。图 3 中熟制牛肉糜饼电镜图(a、b、c、d)可以看出, 与对照组相比, 3 g/kg 卡拉胶组与 3 g/kg 瓜尔豆胶组中未见大的脂肪球聚集, 凝胶结构细腻, 结构致密; 魔芋胶组呈现出规则网络结构, 结构疏松、絮状结构和空洞较多, 未形成均匀连续的蛋白-脂肪基质。

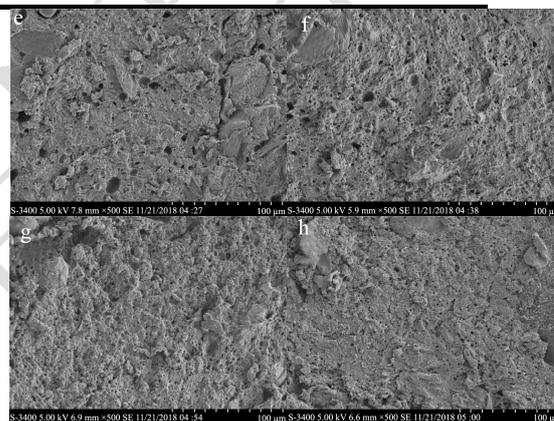
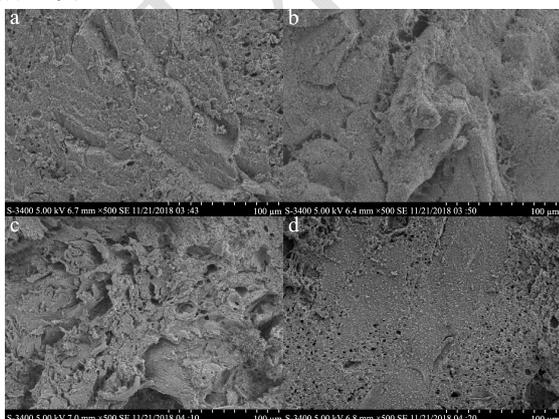


图 3 植物源胶体对牛肉糜饼与牛肉糜微观结构的影响

Fig.3 Effect of the colloid that obtained from plants on the microstructure of beef patties and beef minced meat

注: 图 a、b、c、d 分别代表空白对照组、3 g/kg 卡拉胶组、3 g/kg 魔芋胶、3 g/kg 瓜尔豆胶的牛肉糜饼组; 图 e、f、g、h 分别代表空白对照组、3 g/kg 卡拉胶组、3 g/kg 魔芋胶、3 g/kg 瓜尔豆胶的牛肉糜组。

图 3 中生牛肉糜电镜图的 e、f、g、h 可以看出, 3 g/kg 卡拉胶组有脂肪空洞, 大小不均一, 3 g/kg 魔芋胶组与 3 g/kg 瓜尔豆胶组脂肪颗粒均匀分布于整个网络中, 基质中几乎没有大空洞, 结构致密细腻。说明瓜尔豆胶组对结构的影响最大, 更加均匀、致密。微观结构可以反应胶体结合牛肉糜的情况, 微观结构的差异可部分解释样品在硬度、咀嚼性等质构参数产生差异的原因。



### 3 结论

3.1 与空白对照相比, 3 g/kg 瓜尔豆胶、3 g/kg 魔芋胶、3 g/kg 卡拉胶的结合特性均存在显著性差异 ( $p<0.05$ ), 都有效地参与了肉糜的油、水截留过程, 提高了肉糜的稳定性, 瓜尔豆胶效果最显著, 其次是卡拉胶、魔芋胶。与空白对照组相比, 添加植物源胶体的试验组  $L^*$  值降低,  $a^*$ 、 $b^*$  值升高, 在三种胶体中, 瓜尔豆胶卡拉胶组亮度最低, 红度和黄度最高。生瓜尔豆胶组与生卡拉胶组未见大的脂肪球聚集, 结构致密; 熟瓜尔豆胶组与熟魔芋胶组脂肪颗粒均匀分布于整个网络中, 基质中几乎没有大空洞。试验组中, 胶体与肉糜的结合性越好, 保水保油性越好, 质构硬度越小, 咀嚼性越低。

3.2 三种植物源胶体中 3 g/kg 添加量下, 瓜尔豆胶对牛肉糜结合特性影响最好, 对结构影响最大。下一步可研究在不同添加量、不同胶体复配情况下对牛肉糜结合特性的影响, 探究结合肉糜能力对结构影响的作用机理, 为牛肉糜类产品的研究与改良提供理论依据。

### 参考文献

- [1] Baugreet Sephora, Kerry Joseph P, Allen Paul, et al. Optimisation of protein-fortified beef patties targeted to the needs of older adults: a mixture design approach [J]. *Meat Science*, 2017, 134: 111-118
- [2] 徐恩峰. 牛肉微波方便食品、速冻方便食品的研究与开发 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2003  
XU En-feng. Research and development of beef microwave convenient food and quick-frozen convenience food [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2003
- [3] 孟子晴, 祝超智, 赵改名, 等. 牛肉糜类制品加工技术研究进展 [J]. *肉类研究*, 2018, 32(12): 55-61  
MENG Zi-qing, ZHU Chao-zhi, ZHAO Gai-ming, et al. Recent progress in processing technologies for minced beef products [J]. *Meat Research*, 2018, 32(12): 55-61
- [4] Pietrasik Z. Binding and textural properties of beef gels processed with kappa-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase [J]. *Meat Sci*, 2003, 63(3): 317-324
- [5] Colle M C, Richard R P, Smith D M, et al. Dry potato extracts improve water holding capacity, shelf life, and sensory characteristics of fresh and precooked beef patties [J]. *Meat Science*, 2019, 149: 156-162
- [6] Şen Murat, Erboz Esra Nazan. Determination of critical gelation conditions of  $\kappa$ -carrageenan by viscosimetric and FT-IR analyses [J]. *Food Research International*, 2010, 43(5): 1361-1364
- [7] Jimenez-Colmenero F, Cofrades S, Herrero A M, et al. Konjac gel for use as potential fat analogue for healthier meat product development: Effect of chilled and frozen storage [J]. *Food Hydrocolloids*, 2013, 30(1): 351-357
- [8] Rather Sajad A, Masoodi F A, Akhter Rehana, et al. Effects of guar gum as fat replacer on some quality parameters of mutton goshtaba, a traditional Indian meat product [J]. *Small Ruminant Research*, 2016, 137: 169-176
- [9] 王亮, 张宝善, 李林强, 等. 猪牛羊肌肉组织质构特性差异比较及肌纤维分析 [J]. *中国牛业科学*, 2016, 42(3): 34-38  
WANG Liang, ZHANG Bao-shan, LI Lin-qiang, et al. Comparison of texture characteristics of muscle tissues in pigs, beef and sheep and analysis of muscle fibers [J]. *China Bulletin Science*, 2016, 42(3): 34-38
- [10] Nidhi Dangi, Baljeet S, Yadav, et al. Pasting, rheological, thermal and gel textural properties of pearl millet starch as modified by guar gum and its acid hydrolysate [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 139: 387-396
- [11] Tom Brenner, Zheng Wang, Piyada Achayuthakan, et al. Rheology and synergy of  $\kappa$ -carrageenan/locust bean gum/konjac glucomannan gels [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 98(1): 754-760
- [12] Meng-xue Tang, Ying-dan Zhu, Dong Li, et al. Rheological, thermal and microstructural properties of casein/ $\kappa$ -carrageenan mixed systems [J]. *LWT* 2019, 113(10): 108296
- [13] S Y Hsu, H -Y, Chung. Interactions of konjac, agar, curdlan gum, carrageenan and reheating treatment in emulsified meatballs [J]. *Journal of Food Engineering*, 2000, 44(4): 199-204
- [14] GB 5009.238-2016, 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品水分活度的测定 [S]  
GB 5009.238-2016, National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National Food Safety Standards Determination of Food Water Activity [S]
- [15] F Fernández-martín, I López-lópez, S Cofrades, et al. Influence of adding sea spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association [J]. *Meat Science*, 2009, 83(2): 209-217
- [16] 高雪琴. 大豆分离蛋白和卡拉胶复配对调理猪肉制品品质

- 的影响及机理研究[D].南京:南京农业大学,2015
- GAO Xue-qin. Effects and mechanisms of soy protein isolate and carrageenan on the quality of pork products [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015
- [17] 张骏龙,周纷,邵俊花,等.低场核磁共振技术研究淀粉添加量对肉糜保水性和质构特性的影响[J].食品工业科技,2016, 21:66-69
- ZHANG Jun-long, ZHOU Fen, SHAO Jun-hua, et al. Effect of starch addition on water retention and texture characteristics of meat emulsion by low field nuclear magnetic resonance technique [J]. Food Science and Technology, 2016, 21: 66-69
- [18] 王浩田,马俪珍,柴丽园.牛肉饼中不同油脂复配比例的优化[J].安徽农业科学,2011,25:15762-15764
- WANG Hao-tian, MA Li-zhen, CHAI Li-yuan. Optimization of the proportion of different oils in beef patties [J]. Anhui Agricultural Sciences, 2011, 25: 15762-15764
- [19] Álvarez D, Xiong Y L, Castillo M, et al. Textural and viscoelastic properties of pork frankfurters containing canola-olive oils, rice bran, and walnut [J]. Meat Science, 2012, 92(1): 8-15
- [20] Ojha K Shikha, Kerry Joseph P, Tiwari Brijesh K. Investigating the influence of ultrasound pre-treatment on drying kinetics and moisture migration measurement in *Lactobacillus sakei* cultured and uncultured beef jerky [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017,81: 42-49
- [21] Puolanne E, Halonen Marjo. Theoretical aspects of water-holding in meat [J]. Meat Science, 2010, 86(1): 151-165
- [22] Bertram Hanne Christine, Kohler Achim, Bcker Ulrike, et al. Heat-induced changes in myofibrillar protein structures and myowater of two pork qualities. A combined FT-IR spectroscopy and low-field NMR relaxometry study [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(5): 1740-1746
- [23] Sun Yanan, Zhang Min, Bhandari Bhesh, et al. Intelligent detection of flavor changes in ginger during microwave vacuum drying based on LF-NMR [J]. Food Research International, 2019, 119: 417-425
- [24] Youssef M K, Barbut S. Physicochemical effects of the lipid phase and protein level on meat emulsion stability, texture, and microstructure [J]. Journal of Food Science, 2010, 75(2): S108-S114
- [25] Gao X, Zhang W, Zhou G. Effects of glutinous rice flour on the physicochemical and sensory qualities of ground pork patties [J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 58: 135-141
- [26] 赵光辉.食用胶对熏煮香肠品质的影响研究[D].郑州:河南农业大学,2014,29-31
- ZHAO Guang-hui. Study on the effect of edible gum on the quality of smoked sausage [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2014, 29-31
- [27] Zhao Yinyu, Zhou Guanghong, Zhang Wangang. Effects of regenerated cellulose fiber on the characteristics of myofibrillar protein gels [J]. Carbohydrate Polymers, 2019, 209: 276-281
- [28] Zhuang Xin-bo, Han Min-yi, Bai Yun, et al. Insight into the mechanism of myofibrillar protein gel improved by insoluble dietary fiber [J]. Food Hydrocolloids, 2018, 74: 219-22