

刺麒麟菜对鸡胸肉糜凝胶特性和流变特性的影响

王希希¹, 李康¹, 黄群^{1,2,*}, 何丹¹, 安凤平¹, 许正金², 傅凌韵²

(1.福建农林大学食品科学学院, 福建 福州 350001; 2.福建正大食品有限公司, 福建 龙岩 364000)

摘要: 为了探究刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜凝胶特性和流变特性的影响, 测定其不同添加量时肉糜的色泽、持水性、质构、凝胶强度及储能模量 G' 的变化规律。结果表明: 随着刺麒麟菜添加量的增加, 肉糜色泽发生显著变化($P<0.05$), L^* 值和 W 值降低, 0.4%添加量可显著增加鸡胸肉糜 a^* 值和持水性。添加刺麒麟菜可增加肉糜硬度、弹性、胶黏性、凝聚性和咀嚼性, 降低黏性, 对凝胶强度存在显著影响。升温过程中, 肉糜储能模量 G' 经历3个阶段: 20~46 °C 储能模量 G' 缓慢降低; 46~56 °C 迅速降低; 56 °C 之后急剧升高。降温过程中, 储能模量 G' 显著升高, 且添加量越大, 终点储能模量值越高。研究表明, 添加刺麒麟菜可有效改善鸡胸肉糜凝胶和流变特性, 提高鸡肉制品品质。

关键词: 刺麒麟菜; 鸡胸肉糜; 凝胶特性; 流变特性

Effect of *Eucheuma spinosum* on Gelation and Rheological Properties of Chicken Breast Batters

WANG Xixi¹, LI Kang¹, HUANG Qun^{1,2,*}, HE Dan¹, AN Fengping¹, XU Zhengjin², FU Lingyun²

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350001, China;

2. Fujian Zhengda Food Co. Ltd., Longyan 364000, China)

Abstract: The gelation and rheological properties of chicken breast batters as affected by the addition of *Eucheuma spinosum* were evaluated with respect to changes in color, water-holding capacity, texture characteristics, gel strength and storage modulus (G'). The results showed that L^* and W values of chicken breast batters significantly decreased with increasing addition level ($P < 0.05$), while 0.4% *Eucheuma spinosum* added improved a^* value and water-holding capacity significantly. Moreover, addition of *Eucheuma spinosum* increased hardness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness value, and decreased adhesiveness value, as well as enhanced gel strength. Dynamic rheological measurements indicated that G' value of chicken breast batters initially slowly, then rapidly decreased, and finally steeply increased with increasing temperature from 20 to 46 °C, then to 56 °C and finally to above, respectively. G' value significantly increased during cooling. The final G' value increased with increasing addition level. This study showed that addition of *Eucheuma spinosum* could increase the gelation and rheological properties of chicken breast batters and consequently improve product quality.

Keywords: *Eucheuma spinosum*; chicken breast batters; gelation property; rheological property

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201805012

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2018) 05-0076-05

引文格式:

王希希, 李康, 黄群, 等. 刺麒麟菜对鸡胸肉糜凝胶特性和流变特性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(5): 76-80.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201805012. <http://www.spkx.net.cn>

WANG Xixi, LI Kang, HUANG Qun, et al. Effect of *Eucheuma spinosum* on gelation and rheological properties of chicken breast batters[J]. Food Science, 2018, 39(5): 76-80. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201805012. <http://www.spkx.net.cn>

近年来低脂肉制品深受消费者喜爱, 因其可以降低肥胖以及慢性病的危险^[1]。鸡胸肉是鸡肉中蛋白质含量较高的部位, 且因其本身含有对人体生长发育有重要

作用的磷脂类, 是中国人膳食结构中磷脂的重要来源。鸡胸肉肌原纤维蛋白对肉制品凝胶特性和流变特性起重要作用, 但由于鸡肉蛋白质功能的特殊性, 鸡胸肉中肌

收稿日期: 2017-07-06

基金项目: 福建农林大学高水平大学建设项目 (612014042)

第一作者简介: 王希希 (1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品加工理论与应用。E-mail: 1277150404@qq.com

*通信作者简介: 黄群 (1977—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为畜产食品与食品生物技术。E-mail: huangqunlaoshi@126.com

原纤维蛋白所形成凝胶的弹性较差,导致其制品的持水性、切片性和口感不能达到人们的满意度;因此,改善这些特性成为生产和开发新肉制品的关键^[2-4]。刺麒麟菜(*Eucheuma spinosum*),又称鸡脚菜、鹿角菜,其主要成分为多糖和矿物质,属于高膳食纤维食物,具有防治胃溃疡、抗凝血、降血脂、促进骨胶原生长等作用,对预防肥胖也有一定作用。目前,国内在改善鸡肉制品品质领域研究多为添加其他成分^[5-6],如磷酸盐^[7]、海藻酸钠^[8]、水溶性胶体^[9]、大豆分离蛋白^[10]以及变性淀粉^[11]等,或是通过改变肉糜加工工艺如高压处理^[12]对其品质进行改善。对刺麒麟菜的应用也是从中提取卡拉胶后添加到各类肉糜制品中,鲜有直接将刺麒麟菜进行烘干粉碎后直接添加到鸡胸肉糜中并对其凝胶及流变特性进行研究的报道。本实验以刺麒麟菜为原料,进行烘干粉碎后添加到鸡胸肉糜中,研究不同添加量刺麒麟菜对鸡胸肉糜凝胶特性和流变特性的影响,以期为提高鸡肉制品品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鸡胸肉(冷冻)、食盐购于福州永辉超市;刺麒麟菜由绿新(福建)食品有限公司提供。

三聚磷酸钠 上海泰坦化学有限公司。

1.2 仪器与设备

全自动肉丸机 佛山市顺德区陈村镇俊凌厨具电器厂; ADCI全自动色差计 北京辰泰克仪器技术有限公司; TGL-16高速台式冷冻离心机 长沙湘仪离心机仪器有限公司; MCR 301流变仪 奥地利安东帕(中国)有限公司; TA.XT Plus质构仪 英国Stable Micro Systems有限公司; TE612-L电子天平 德国赛多利斯集团。

1.3 方法

1.3.1 刺麒麟菜预处理

取适量刺麒麟菜进行清洗,去除所含杂质,剪为1 cm左右长度后于105℃下烘干,粉碎过200目筛,即得刺麒麟菜粉末,待用。

1.3.2 鸡胸肉糜凝胶制备工艺

取3 000 g鸡胸肉(冷冻)于0~4℃下解冻12 h,剔除多余脂肪和结缔组织,分割成块状,清洗擦干表面水分后平均分装成6份,添加占肉质量2.5%的食盐和0.4%三聚磷酸钠后混匀腌制10 h。将腌制好的鸡胸肉打浆3 min,打浆过程中加入占肉质量0.0%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%的刺麒麟菜粉和占肉质量20%的冰水,继续打浆5 min。将一部分肉糜填充至直径22 mm的胶原蛋白肠衣中,真空包装,于75℃恒温水浴锅中水浴

30 min,流水冷却至室温,置于4℃冰箱内过夜,用于肉糜凝胶特性的测定。另一部分肉糜冷冻藏于4℃,用于肉糜流变特性的测定。

1.3.3 鸡胸肉糜制品色泽测定

将样品切成5 mm厚的薄片,利用色差仪测定样品 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值,其中 L^* 值表示亮度, a^* 值表示红度, b^* 值表示黄度。白度(W)按式(1)计算^[12]。

$$W=100-\sqrt{(100-L^*)^2+a^{*2}+b^{*2}} \quad (1)$$

每个样品设6个平行,结果取平均值。

1.3.4 鸡胸肉糜制品持水性测定

将样品切成5 mm厚的薄片,准确称质量记为 m_1 ,用3层滤纸包裹后,放入离心管,4℃、5 000×g离心15 min,除去滤纸,再次称质量记为 m_2 ,持水性根据式(2)计算。

$$\text{持水性}/\%=\frac{m_2}{m_1}\times 100 \quad (2)$$

每个样品做6个平行样,结果取平均值。

1.3.5 鸡胸肉糜制品质构分析和凝胶强度测定

参照邱志敏等^[13]的方法并稍作修改。将经过水浴并静置过夜的样品从4℃冰箱拿出,平衡至室温,剥去肠衣,切成 ϕ 2.2 cm×10 mm圆柱状。质构测定参数:采用TPA模式,探头型号为P36,压缩比40%,测前速率5 mm/s,测中速率1 mm/s,测后速率10 mm/s,触发类型为自动,触发力5 g,间隔时间2 s,数据获取速率200 pps,测定样品的硬度、黏性、弹性、凝聚性、胶黏性、咀嚼性和恢复性。凝胶强度测定参数:采用Return To Start模式,探头型号为P0.5,测前速率1 mm/s,测中速率1 mm/s,测后速率5 mm/s,触发类型为自动,触发力5 g,穿透比30%,数据获取速率200 pps。每组样品6个平行,取其平均值。

1.3.6 鸡胸肉糜流变性质测定

参照翟小波等^[14]的方法并稍作修改,对鸡胸肉糜流变性质进行测定。不同刺麒麟菜添加量的肉糜热动态流变性质使用MCR 301型流变仪进行测定。硅油密封,防止加热过程中水分挥发流失,探头为50 mm不锈钢圆形平板探头,间隙为1.00 mm,在振荡模式及1%应变的线性黏弹性线性区域内分别进行动态频率扫描和动态温度扫描。

动态频率扫描条件:动态频率扫描范围为0.1~20.0 Hz,应变1%,记录动态扫描期间储能模量 G' 的变化。动态温度扫描条件:样品于20℃平衡10 min;先升温程序:20~75℃,变温速率为2℃/min,于75℃保温10 min;再降温程序:75~20℃,变温速率为2℃/min。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,并记录动态扫描期间储能模量 G' 的变化。每组样品测量3次,结果取平均值。

1.4 数据处理

采用DPS 7.05和Origin 8.5软件对测定指标进行数据处理,使用单因素试验统计分析,当 $P<0.05$ 时判定组间存在显著差异。实验结果以 $\bar{x}\pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜色泽的影响

表1 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜色泽的影响

Table 1 Effect of *Eucheuma spinosum* on L^* , a^* and W values of chicken breast batters

指标	0.0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	1.0%
L^*	80.28±0.04 ^a	79.89±0.07 ^b	78.68±0.04 ^c	78.57±0.02 ^c	78.35±0.02 ^d	78.32±0.12 ^d
a^*	1.73±0.09 ^a	2.66±0.13 ^b	3.41±0.06 ^c	2.55±0.22 ^b	2.45±0.13 ^{bc}	2.14±0.06 ^c
W	75.54±0.06 ^a	75.31±0.05 ^b	74.22±0.03 ^c	74.05±0.02 ^c	73.44±0.05 ^d	73.29±0.15 ^d

注:同行肩标字母不同表示差异显著($P<0.05$),下同。

肉的色泽是肉制品外观评价的重要指标。由表1可知,随着刺麒麟菜添加量的增加,鸡胸肉糜凝胶的 L^* 值和 W 值显著下降($P<0.05$), a^* 值先上升后下降,0.4%添加量时达最大值。有研究表明,加入胶体类物质会使肉糜色泽发生变化,可能是由于刺麒麟菜全粉中含有色素类物质,加水后呈淡黄色,从而使 L^* 值和 W 值降低^[15-16]。同时,鸡肉在绞碎期间,肌红蛋白与氧气充分接触,生成鲜红色的氧合肌红蛋白, a^* 值上升,随着时间延长,肉糜表面的肌红蛋白逐渐被氧化成褐色的高铁肌红蛋白, a^* 值也随之下降,这与陈景宜等^[17]的研究结果一致。

2.2 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜持水性的影响

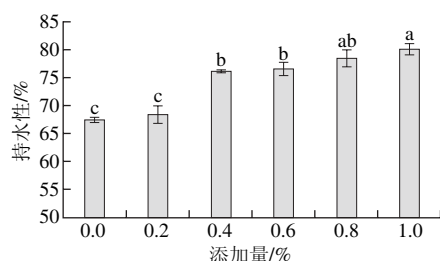


图1 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜持水性的影响

Fig. 1 Effect of *Eucheuma spinosum* on water-holding capacity of chicken breast batters

肉的持水性是判断肉制品好坏的重要指标,反映了肉类蛋白与水结合的能力,持水性越高,肉类蛋白与水结合的能力越强,品质越好,反之则较差。如图1所示,鸡胸肉糜凝胶的持水性随刺麒麟菜添加量的增加而升高,添加量0.4%时升高的幅度最大;随后提高刺麒麟菜添加量,持水性变化不显著($P>0.05$)。说明添加0.4%以后,蛋白质-多糖的结合达到一定饱和状态,同时多糖存在于蛋白质网络结构的间隙中,蛋白质网络结构在冷却期间可束缚水和形成凝胶碎片,使样品的持水性升高^[18-19]。

2.3 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜质构的影响

表2 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜质构特性的影响

Table 2 Effect of *Eucheuma spinosum* on textural properties of chicken breast batters

添加量/%	硬度/g	黏性	弹性	凝聚性	胶黏性/g	咀嚼性/g	恢复性
0.0	4317.485±62.330 ^a	-72.202±10.570 ^a	0.907±0.008 ^a	0.679±0.003 ^a	2963.345±35.740 ^a	2745.984±26.960 ^a	0.271±0.002 ^a
0.2	4421.492±80.410 ^a	-78.107±2.710 ^a	0.909±0.004 ^a	0.696±0.002 ^a	3020.656±61.540 ^a	2931.208±127.800 ^a	0.283±0.001 ^{ab}
0.4	4503.798±126.650 ^a	-94.373±9.920 ^{ab}	0.919±0.007 ^{ab}	0.696±0.001 ^b	3177.255±21.920 ^a	2946.297±26.740 ^a	0.286±0.004 ^{ab}
0.6	4532.908±38.090 ^{ab}	-97.309±4.690 ^{ab}	0.929±0.002 ^{ab}	0.700±0.002 ^b	3239.421±21.790 ^a	2947.091±20.430 ^a	0.293±0.004 ^a
0.8	4733.629±31.060 ^{ab}	-99.559±8.930 ^{ab}	0.933±0.005 ^{ab}	0.717±0.003 ^b	3416.499±41.890 ^a	3151.224±55.480 ^a	0.288±0.002 ^{ab}
1.0	4923.120±105.710 ^{ab}	-112.610±4.840 ^b	0.940±0.005 ^a	0.720±0.004 ^b	3514.661±32.880 ^a	3270.412±66.090 ^a	0.281±0.007 ^{ac}

如表2所示,肉糜的硬度、弹性、凝聚性、胶黏性和咀嚼性均随刺麒麟菜添加量的增加呈上升趋势,硬度在添加量0.8%时显著升高($P<0.05$),添加量0.8%以下变化均不显著($P>0.05$),胶黏性分别在添加量0.4%和0.8%时升高幅度增大,凝聚性和咀嚼性则在添加量0.2%和0.8%,其他变化差异均不显著($P>0.05$)。黏性下降,添加量0.2%时恢复性显著升高($P<0.05$)。有研究表明,肉糜的硬度与保水性有关,保水性升高,硬度也升高,合适的多糖比例也会对肉制品的食用品质及贮藏品质起到改善作用^[10-21]。随着刺麒麟菜添加量的增加,占其主要成分的多糖对蛋白质的热力学特性产生影响,促进凝胶形成更加强有力的空间网络结构;同时大量的刺麒麟菜分子间吸水后通过氢键相互作用,使凝胶网络结构更加稳固^[15,22],硬度上升,弹性、凝聚性、胶黏性和咀嚼性也随之增大。

2.4 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜凝胶强度的影响

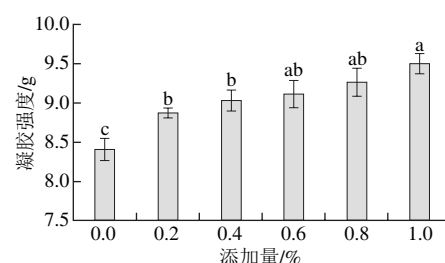
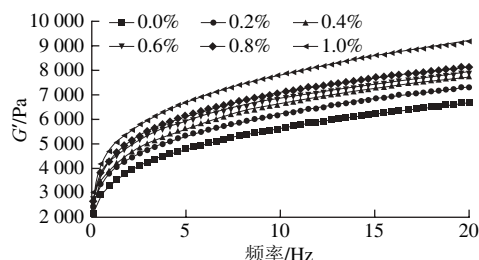


图2 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜凝胶强度的影响

Fig. 2 Effect of *Eucheuma spinosum* on gel strength of chicken breast batters

如图2所示,鸡胸肉糜凝胶强度随刺麒麟菜的添加而增大,添加量0.2%时发生显著变化($P<0.05$),说明多糖的加入对鸡胸肉糜凝胶产生了较大影响。多糖对肉类产品功能特性影响的研究证明,添加多糖类物质,可能会提高肉类产品的硬度和凝胶强度^[11,23-25],这是因为蛋白质-多糖体系加热时,蛋白质与多糖间的相互作用变强,形成稳定的高分子化合物;同时加热使蛋白质分子内部的反应基团暴露出来,从而导致凝胶强度增加。

2.5 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜 G' 的影响图3 刺麒麟菜添加量对鸡胸肉糜 G' 的影响Fig. 3 Effect of *Eucheuma spinosum* on storage modulus of chicken breast batters

G' 估算了肉糜凝胶中弹性部分储存的能量值,反映了肉糜的凝胶强度^[26]。由图3可知,在相同的振荡频率下,随着刺麒麟菜添加量的增加,鸡胸肉糜的 G' 也逐渐增加。将刺麒麟菜加入肉糜中,占刺麒麟菜较大比例的多糖与蛋白质间的相互作用变强,使得肉糜凝胶的空间结构变得更加紧凑, G' 上升^[22,27]。同时,整个体系的黏稠度增加,且添加量越大,黏稠度越高,从而导致肉糜的剪切应力 τ 相应增加^[15], G' 上升。

2.6 温度对添加刺麒麟菜鸡胸肉糜流变学性质的影响

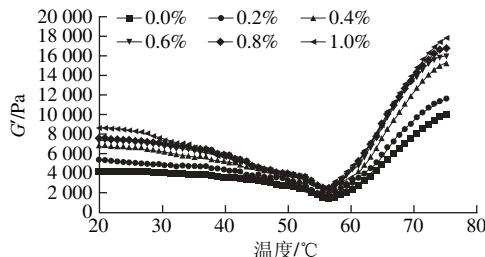
2.6.1 升温过程中鸡胸肉糜 G' 的变化图4 鸡胸肉糜在升温过程中 G' 的变化

Fig. 4 Change in storage modulus of chicken breast batters during heating

肉糜的热动态流变性表明了肌肉中肌原纤维蛋白变性和凝胶结构的影响^[28]。如图4所示,与对照组相比,刺麒麟菜的添加对肉糜在加热过程中 G' 的变化产生显著影响,且呈上升趋势,这与凝胶强度的变化相吻合。从图4中可知,各实验组有着相似的流变曲线,刺麒麟菜的添加和蛋白质的变性对 G' 的影响变化可分为3个阶段:第一阶段(20~46℃),随着温度的升高, G' 缓慢下降,主要是因为绞碎过程中大量的肌原纤维蛋白发生溶解和溶胀,受热过程中发生折叠,导致 G' 下降^[29];第二阶段(46~56℃), G' 下降速率加快,这是因为温度升高蛋白质变性速率加快,变性的肌球蛋白尾部可能会使流动性上升,并且破坏低温下形成的凝胶网络结构,这与康壮丽^[10]报道的鸡大胸肉热动态流变曲线相类似;第三阶段(56~75℃)中, G' 随温度的升高迅速增加,说明半溶胶在受热过程中转化成为弹性胶体^[30]。

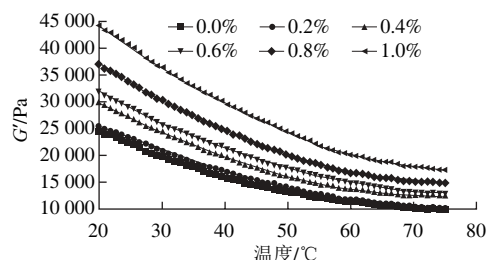
2.6.2 降温过程中鸡胸肉糜 G' 的变化图5 鸡胸肉糜在降温过程中 G' 的变化

Fig. 5 Change in storage modulus of chicken breast batters during cooling

降温过程的实质是肉糜体系重新有序化排列的过程。如图5所示,随着温度的降低, G' 逐渐升高。温度降低,肌球蛋白分子间通过氢键、疏水相互作用、二硫键等方式结合的凝胶网络结构趋于稳固,且随着温度的降低而愈加稳定,从而使 G' 上升^[12]。从图5中还可以看出,加入的麒麟菜添加量越高,终点 G' 越大。

3 结论

本研究结果表明刺麒麟菜对鸡胸肉糜色泽影响较大,使 L^* 值和 W 值下降, a^* 值先上升后下降,添加量0.4%时达到最大值。添加过程中持水性发生显著变化,0.4%的添加量增加幅度最大,之后变化不显著。添加刺麒麟菜能增加肉糜硬度、弹性、凝聚性、胶黏性和咀嚼性,降低黏性,提高鸡胸肉糜凝胶强度,且在添加量0.2%时显著升高。同一振荡频率下,肉糜的 G' 随刺麒麟菜添加量的增加而升高。升温过程中,肉糜 G' 变化经历3个阶段:随着温度的升高,20~46℃时 G' 缓慢降低;46~56℃快速下降;56℃以后急剧升高。降温过程中, G' 呈上升趋势。本实验对刺麒麟菜全粉增强鸡胸肉糜凝胶强度和流变特性进行了验证,为提高鸡肉制品品质提供了一定的理论依据。

参考文献:

- [1] CHEN X, CHEN C G, ZHOU Y Z, et al. Effects of high pressure processing on the thermal gelling properties of chicken breast myosin containing κ -carrageenan[J]. Food Hydrocolloids, 2014, 40: 262-272. DOI:10.1016/j.foodhyd.2014.03.018.
- [2] 才卫川, 张坤生, 任云霞. TG酶协同超高压处理对鸡胸肉糜制品品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 22-27. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201418005.
- [3] 周纷, 谷大海, 徐家慧, 等. 淀粉对鸡胸肉盐溶性蛋白乳化特性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(15): 7-12. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201615002.
- [4] SUN J X, WU Z, XU X L, et al. Effect of peanut protein isolate on functional properties of chicken salt-soluble proteins from breast and thigh muscles during heat-induced gelation[J]. Meat Science, 2012, 91(1): 88-92. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.12.010.

- [5] 董建国, 刘勤华, 段虎, 等. 高压对含TG的鸡胸肉糜相关特性的影响[J]. 食品工业, 2012, 33(7): 15-18.
- [6] 马汉军, 周光宏, 潘润淑, 等. 高压处理对鸡肉丸品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(19): 128-130. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2009.19.028.
- [7] 彭增起, 李继红. 磷酸盐混合物对鸡胸肉盐溶蛋白凝胶特性的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(7): 58-61. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2006.07.008.
- [8] 方红美, 陈从贵, 马力量, 等. 海藻酸钠及超高压对鸡肉凝胶保水和质构的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(32): 14292-14294. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2008.32.155.
- [9] 汪学荣, 龚韵, 郭晓光. 亲水胶体对肉糜凝胶强度和持水性能的影响[J]. 肉类研究, 2005, 19(8): 37-39. DOI:10.3969/j.issn.1001-8123.2005.08.017.
- [10] 康壮丽. 斩拌和打浆工艺对猪肉肉糜凝胶特性影响及作用机理[D]. 南京: 南京农业大学, 2014: 11-16; 58-68.
- [11] 邓丽, 芮汉明. 变性淀粉对鸡胸肉糜品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2005, 26(3): 72-73. DOI:10.3969/j.issn.1002-0306.2005.03.027.
- [12] 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. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.09.058.
- [13] 邱志敏, 芮汉明. 超高压处理对添加变性淀粉鸡胸肉糜制品品质的影响[J]. 现代食品科技, 2010, 26(7): 688-692. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2010.07.009.
- [14] 翟小波, 李洪军, 贺稚非. 薯类淀粉对兔肉肉糜流变性质和凝胶特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(12): 49-56.
- [15] 焦文娟, 张立彦, 皮鹤珍. 胖大海胶对鸡胸肉糜品质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(2): 116-119.
- [16] BARBUT S, SOMBOONPANYAKUL P. Effect of crude malva nut gum and phosphate on yield, texture, color, and microstructure of emulsified chicken meat batter[J]. Poultry Science, 2007, 86(7): 1440-1444. DOI:10.1093/ps/86.7.1440.
- [17] 陈景宜, 牛力, 黄明, 等. 乳酸钙对牛肉糜色泽稳定性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(13): 31-35.
- [18] VERBEKEN D, NEIRINCK N, MEEREN P V D, et al. Influence of κ -carrageenan on the thermal gelation of salt-soluble meat proteins[J]. Meat Science, 2005, 70(1): 161-166. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.12.007.
- [19] DEFREITAS Z, SEBRANEK J G, OLSON D G, et al. Carrageenan effects on salt-soluble meat proteins in models systems[J]. Journal of Food Science, 1997, 62(3): 539-543. DOI:10.1111/j.1365-2621.1997.tb04425.x.
- [20] 程伟伟, 夏列, 蒋爱民, 等. 不同冷冻方式对调理猪肉贮藏期品质影响的对比研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(8): 333-339.
- [21] 杨园媛, 赵谋明, 孙为正, 等. 卡拉胶/魔芋胶和钾盐对猪肉脯及猪肉糜质构特性的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 303-305; 323.
- [22] 王未君. 多糖对瘦肉丸及肌原纤维蛋白特性影响的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014: 1-8.
- [23] 李德海, 徐颖, 顾嘉琳, 等. 黑木耳多糖对猪肉糜质构及氧化特性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(15): 88-93. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201615015.
- [24] 王翠娜. 聚合乳清蛋白与多糖相互作用对其凝胶特性影响及应用[D]. 长春: 吉林大学, 2015: 14-23.
- [25] 李珂昕. 超高压与微生物多糖对猪肉凝胶品质的影响[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007: 36-48.
- [26] CAO Y Y, XIA T L, ZHOU G H, et al. The mechanism of high pressure-induced gels of rabbit myosin[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2012, 16(39): 41-46. DOI:10.1016/j.ifset.2012.04.005.
- [27] PAN L H, FENG M Q, SUN J, et al. Thermal gelling properties and mechanism of porcine myofibrillar protein containing flaxseed gum at various pH values[J]. CyTA-Journal of Food, 2016, 14(4): 1-8. DOI:10.1080/19476337.2016.1172261.
- [28] COFRADES S, CARECHE M, CARBALLO J, et al. Thermal gelation of chicken, pork and hake (*Merluccius merluccius* L.) actomyosin[J]. Meat Science, 1997, 47(1/2): 157-166. DOI:10.1016/S0309-1740(97)00051-X.
- [29] TORNBERG E. Effects of heat on meat proteins: implications on structure and quality of meat products[J]. Meat Science, 2005, 70(3): 493-508. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.11.021.
- [30] MONTEJANO J G, HAMANN D D, LANIER T C. Thermally induced gelation of selected comminuted muscle systems: rheological changes during processing, final strengths and microstructure[J]. Journal of Food Science, 1984, 49(6): 1496-1505. DOI:10.1111/j.1365-2621.1984.tb12830.x.