

复配亲水胶体对牛肉丸品质特性的影响

Effect of compound hydrocolloids on quality of beef meat fillet

苏 博 聂乾忠 石秀清

SU Bo NIE Qian-zhong SHI Xiu-qing

(湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

(College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

摘要:比较卡拉胶、刺槐豆胶、瓜尔胶组成的复配亲水胶体两种添加方式(干粉添加、凝胶添加)对牛肉丸品质特性的改良效果,得到亲水胶体以干粉形式添加对牛肉丸的硬度、持水性、凝胶强度增强效果更明显,两者添加方式之间差异显著($P < 0.05$),采用混料设计的方法得到 3 种亲水胶体的最佳配比为卡拉胶 59%,刺槐豆胶 22%,瓜尔胶 19%,最佳添加量为 0.8%,在该条件下,牛肉丸的硬度为 2 267 g、持水性为 82.1%、凝胶强度为 1 561 g·mm。

关键词:牛肉丸;亲水胶体;转谷氨酰胺酶

Abstract: In order to detect the effects of compound hydrocolloids made of carrageenan, locust bean gum, guar gum on the quality of beef meat fillet, two alternative adding modes (dry powder / hydrocolloids) were studied. Results showed that dry powder addition of compound hydrocolloids could dramatically enhance the hardness, water-holding capacity and gel strength of produced beef meat fillet. The differences between these two adding modes concerning these quality parameters proved to be significant ($P < 0.05$). By adopting the Design of Mixture Experiments, an optimized proportion of the compound hydrocolloids among these three were: carrageenan 59%, locust bean gum 22%, guar gum 19%, and the optimal addition amount was 0.8%. Under these conditions, the hardness, water-holding capacity and gel strength of produced beef meat fillet were 2 267 g, 82.1%, and 1 561 g·mm, respectively.

Keywords: beef meat fillet; hydrocolloid; transglutaminase

牛肉丸制品具有悠久历史,是一种传统手工肉制品,牛肉丸制作工艺简单,风味鲜美,食用方便,一直以来都深受消费者青睐。但如何加工出凝胶强度高、弹性好、风味独特的牛肉丸仍是工业规模生产方式需要解决的关键问题。

亲水胶体是指能溶解于水,并在一定条件下充分水化形成粘稠、滑腻或胶冻溶液的大分子物质,在加工食品中添加亲水胶体可以起到增稠、强化质构、改善乳化特性等作用,使

食品获得良好的品质特性^[1]。关于亲水胶体及其复配胶在肉糜制品中的应用,国内外已有许多学者进行了相关研究:汪学荣等^[2,3]分别利用复配胶(魔芋精粉、黄原胶和卡拉胶)改善猪肉糜凝胶的强度与持水性;洪晶等^[4]研究发现魔芋精粉、卡拉胶、黄原胶复配可以显著提高鸡肉丸的硬度,改善鸡肉丸的感官品质;Petibon 等^[5]指出,与刺槐豆胶和黄原胶单独使用相比,两种胶体同时交联使用的效果更佳好;Elizabeth 等^[6]将刺槐豆胶、马铃薯淀粉和 κ -卡拉胶通过混料设计可以降低香肠的脂肪和钠的含量;Lin 等^[7]的研究发现结冷胶和魔芋精粉的复配能够改善低脂法兰克福肠的质构特性;Zhou 等^[8]将 κ -卡拉胶和氯化钙加入到肉制品中,在高压处理下有利于形成低脂低盐肉制品。而亲水胶体在牛肉丸中的应用未见报道。因此,本试验将研究肉糜制品中 3 种常用亲水胶体(卡拉胶、瓜尔胶、刺槐豆胶)复配使用对牛肉丸品质特性的影响,筛选出 3 种亲水胶体最佳的复配比例,为研制品质优良的牛肉丸提供理论支撑。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材料

牛肉、生姜、料酒、五香粉、胡椒粉、肉豆蔻粉:市售;
木薯淀粉:河南领航化工产品发展有限公司;
大豆分离蛋白:河南安阳市奇天生物技术有限公司;
食盐:中盐青岛盐业有限公司;
白糖:南京甘汁园糖业有限公司。

1.1.2 主要试剂

亚硝酸钠:AR 级,天津化学试剂有限公司;
异抗坏血酸钠:AR 级,郑州味美食品有限公司;
三聚磷酸盐钠:AR 级,湖北兴发化工集团;
转谷氨酰胺酶:1 000 U/g,上海东圣食品有限公司;
焦磷酸钠:AR 级,湖北兴发化工集团;
 κ -卡拉胶:AR 级,郑州鸿祥化工有限公司;
瓜尔豆胶:AR 级,郑州万搏食品有限公司;

作者简介:苏博(1990-),男,湖南农业大学在读硕士研究生。

E-mail: jefferysubo@163.com

通讯作者:聂乾忠

收稿日期:2014-10-22

刺槐豆胶:AR级,郑州康源化工有限公司。

1.2 主要仪器与设备

斩拌机:BJBJ-60型,石家庄晓进食品机械有限公司;

绞肉机:BZBJ-O型,杭州艾博科技工程有限公司;

质构分析仪:TA-XT2i型,英国 Stable System 公司;

精密电子天平:TE212-L型,赛多利斯科学仪器有限公司;

电子天平:TP-5200B型,湘仪天平仪器设备有限公司;

电磁炉:Md-3001型,美的电器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 牛肉丸基本配方 原料肉 500 g、食盐 12.5 g、三聚磷酸盐 1.2 g、亚硝酸钠 5 mg、异抗坏血酸钠 0.1 g、焦磷酸盐 0.8 g、白糖 10 g、木薯淀粉 75 g、大豆分离蛋白 75 g、冰水 100 g、复合香辛料 17 g、亲水胶体 4 g。

1.3.2 牛肉丸加工工艺

牛肉→预处理→绞碎→配料→斩拌→制丸成型→凝胶化→煮制→冷却→冻藏

(1) 原料肉预处理:牛肉和肥膘经过清洗后用直径为 6 mm 的孔板绞制,经绞制后放在 0~4 ℃ 的低温环境中备用。

(2) 斩拌:将绞碎的肉糜倒入斩拌机里,再按先后秩序添加食盐、磷酸盐、香辛料、肥膘,并开启斩拌机高速档将肉糜斩拌成粘稠的肉馅,最后加入淀粉斩拌均匀,在整个斩拌过程中,通过加入冰块将肉馅温度控制在 10 ℃ 以下。

(3) 凝胶化:将斩拌后的肉馅在低温室(0~4 ℃)静置一个晚上,使其充分凝胶,然后手工搓丸,注意控制肉丸直径为 2 cm 左右,将肉丸浸入设定好的转谷氨酰胺酶反应温度的恒温水浴锅中一段时间(55 ℃,0.5%,1 h),使转谷氨酰胺酶充分反应。

(4) 煮制:将成型后的肉丸置于 90 ℃ 的水中煮制 5 min。

1.3.3 亲水胶体添加方式的筛选 根据一般食品工艺要求,选择复配亲水胶体添加量为 0.8%(卡拉胶:刺槐豆胶:瓜尔胶=2:2:1)。在肉糜斩拌过程中,亲水胶体以干粉和凝胶两种方式添加。测定两种添加方式制作的肉丸的硬度、持水性、凝胶强度并进行比较。

1.3.4 亲水胶体的混料复配设计 利用 Design Expert (Version 6.0.5, Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN USA) 软件,采用混料(mixture)设计的方法^[9],对由 3 种亲水胶体组成的复配增稠剂的配方进行优化。以卡拉胶、刺槐豆胶和瓜尔豆胶的用量为自变量,以牛肉糜的硬度、持水性和凝胶强度为因变量。根据预试验结果确定了反应体系中每种胶体的用量限度分别为卡拉胶的用量为 0.3%~0.6%,刺槐豆胶的用量为 0.1%~0.4%,瓜尔豆胶的用量为 0.1%~0.4%。

1.3.5 牛肉丸硬度的测定 按参考文献[10]的方法修改如下:将冻藏好的肉丸在沸水中加热 15 min,取出自然冷却,然后将肉丸切成厚度为 15 mm 的鼓状,采用 TA-XT2i 质构仪

(英国)对样品进行全质构测试。

1.3.6 牛肉丸持水性的测定 按参考文献[11]的方法修改如下:将样品切成厚 1 cm 的薄片并称其质量(W_1),下面放 3 张滤纸,上面放 2 张滤纸,用 1 kg 的重物压制并保持 8 min,去掉滤纸,再次称量(W_2),失水率按式(1)计算,每组试验重复 3 次,试验结果为 3 次测定结果的平均值。

$$U = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

U ——持水率,%;

W_1 ——样品质量,g;

W_2 ——失水后的样品质量,g。

1.3.7 牛肉丸凝胶强度的测定 按参考文献[12]的方法修改如下:将制备好的牛肉丸从 4 ℃ 温度下取出,室温放置,当肉丸温度达到室温时,将其切成厚度为 15 mm 的鼓状,由 TA-XT2i 质构仪(英国)直接测定。其中破断强度反映了牛肉丸凝胶的脆性,凹陷深度反映了牛肉丸凝胶弹性,二者的乘积即为肉丸凝胶强度。

1.3.8 牛肉丸模糊数学感官评价方法 按参考文献[13]的方法修改如下:

(1) 选取 10 名食品专业的学生作为评价员,用双盲法进行检验,并对样本进行密码编码,评定组成员单独完成感官评价,不得相互沟通交流,每次评定完成后用清水漱口再开始下一批产品的感官评价。感官评价表见表 1。

表 1 牛肉丸感官评价表

Table 1 Standard of sensory evaluation of beef meat fillet

项目	评分标准	得分
口感	甜脆、爽口、细腻	优
	爽脆性较好、较细腻	良
	爽脆性一般	一般
	不爽脆、软绵	差
质构	质地均匀紧密、切面均一	优
	质地均匀紧密,微孔大小适度	良
	质地均匀程度一般,微孔较多	一般
	质地不均匀,有较大气孔	差
滋味	清香柔和,具有牛肉香味浓郁	优
	较清香,牛肉香味较浓	良
	牛肉香味不浓	一般
	味道不好,有异常味道	差
外形	大小均匀适中,表面光滑,圆形	优
	大小均匀适中,表面较光滑,圆形	良
	大小略有差异,表面较光滑,圆形	一般
	大小不均匀,表面有凹凸状,不圆	差

(2) 评价因素集 X 的确定:评价因素集 X 即牛肉丸评价指标构成的因素集合。 $X=(x_1, x_2, x_3, x_4)$ 。其中 x_1, x_2, x_3, x_4 分别代表试验过程中评价牛肉丸时需要评价的指标,所以 $X=(\text{口感}, \text{质构}, \text{滋味}, \text{外形})$ 。

(3) 得分集 U 的确定:得分集 $U=(u_1, u_2, u_3, u_4)$,其中 u_1, u_2, u_3, u_4 分别代表优、良、中、差 4 个等级,4 个等级分别对应 90,80,70,60 4 个分值。即 $U=(90, 80, 70, 60)$ 。

(4) 模糊评价权重集 L 的确定:采用强制决定法得到权重集 L 为(0.35,0.3,0.2,0.15)对应的指标分别为口感、质构、滋味、外形。

2 结果与分析

2.1 复配亲水胶体添加方式的选择

亲水胶体的两种添加方式(干粉添加、凝胶添加)对牛肉丸的硬度、持水性、凝胶强度的影响见图 1~3。其中干粉添加、凝胶添加经过比例换算保证了肉丸中总含水量一致。

由图 1~3 可知,两种添加方式对牛肉丸的硬度、持水性、凝胶强度影响明显,经过 ANOVA 显著性分析得到,凝胶添加与干粉添加两种添加方式对牛肉丸的硬度、持水性、凝胶强度影响差异显著($P<0.05$)。其中复配亲水胶体以凝胶方式添加相对于空白硬度提高了 15.8%、持水性提高了 15.2%、凝胶强度提高约 13%。复配亲水胶体以干粉方式添加相对于空白硬度提高了 36.7%、持水性提高了 20.5%、凝

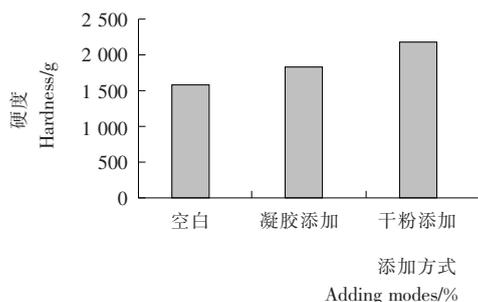


图 1 添加方式对牛肉丸硬度的影响

Figure 1 Effect of adding method on hardness of beef meat fillet

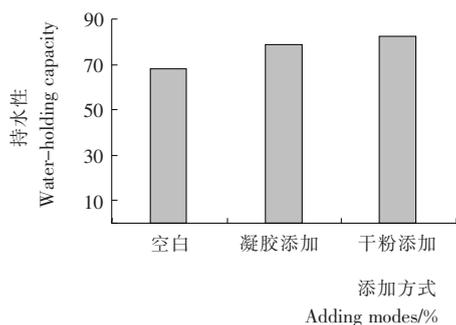


图 2 添加方式对牛肉丸持水性的影响

Figure 2 Effect of adding method on water-holding capacity of beef meat fillet

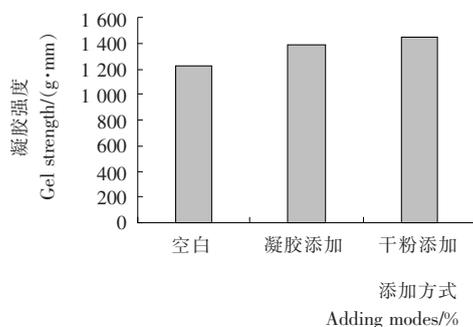


图 3 添加方式对牛肉丸凝胶强度的影响

Figure 3 Effect of adding method on gel strength of beef meat fillet

胶强度提高了约 18%。亲水胶体两种添加方式对牛肉丸品质改良效果差异较大,可能是因为干粉添加时,亲水胶体在肉糜中分布得更加均匀,在加热过程中胶体与胶体、胶体与肉中蛋白质、蛋白质与蛋白质相互作用,形成共混凝胶,凝胶强度较强,而以凝胶形式添加时,亲水胶体之间凝胶已形成,亲水胶体与蛋白质凝胶之间彼此独立,同时,亲水胶体的凝胶颗粒阻碍了蛋白质之间的凝胶形成,因此形成的凝胶强度较低,凝胶结构不紧凑,导致产品的硬度、持水性、凝胶强度都比干粉形式添加制作的牛肉丸低。

综上所述,亲水胶体以干粉形式添加比以凝胶形式添加制作的肉丸品质更佳。

2.2 复配亲水胶体混料设计及结果

2.2.1 试验设计与结果 复配亲水胶体总添加量取 0.8% 进行混料设计,混料设计因素水平见表 2,混料设计及结果见表 3。

利用 Design Expert 对 3 个响应值的试验值进行二次多项回归拟合,得到二次多元回归模型。3 个响应值的回归模型方程及方差分析见表 4。

由表 4 可知,3 个指标的二次模型都达到 0.001 的极显著水平,校正后的决定系数(R_{adj}^2)达到 0.934 1~0.969 9,表明二次模型与指标之间拟合度良好。

2.2.2 复配胶体中各组分变化对牛肉丸硬度、持水性、凝胶强度的影响 混料设计可以根据各组分的三元等值线图直

表 2 复合亲水胶体—混料设计因素水平表

Table 2 Factors and levels in mixture design of compound hydrocolloids %

水平	A 卡拉胶	B 刺槐豆胶	C 瓜尔豆胶
1	0.375	0.125	0.125
2	0.438	0.188	0.250
3	0.500	0.250	0.313
4	0.563	0.313	0.375
5	0.625	0.375	0.500
6	0.750	0.500	

表3 混料设计及硬度、持水性、凝胶强度的实测值

Table 3 Mixture Design matrix with experimental scores of hardness water-holding capacity and gel-strength

序号	A	B	C	硬度/ g	持水性/ %	凝胶强度/ (g·mm)
1	1	1	5	1 690	75.0	1 098
2	2	2	4	1 946	78.0	1 347
3	3	5	1	2 212	82.4	1 520
4	4	4	1	2 330	82.7	1 501
5	5	3	1	2 190	82.0	1 455
6	6	1	1	2 087	81.0	1 438
7	4	1	3	2 226	80.0	1 487
8	1	6	1	2 030	79.0	1 421
9	3	3	2	2 196	81.0	1 467
10	1	4	3	1 944	76.8	1 367
11	4	1	3	2 226	80.0	1 580
12	1	1	5	1 750	75.8	1 189
13	1	6	1	2 030	79.0	1 433
14	1	5	2	1 974	78.4	1 385
15	6	1	1	2 014	81.0	1 419
16	1	1	5	1 690	75.0	1 123

观地观察各组间的变化对指标的影响。图4~6分别是卡拉胶、刺槐豆胶、瓜尔胶的交互作用对牛肉丸硬度、持水性、凝胶强度的影响。由图4~6可知,卡拉胶与瓜尔胶的交互作用对牛肉丸硬度影响较大,当卡拉胶、瓜尔胶所占比例分别为0.45%,0.10%时,牛肉丸硬度的预测值最大,达到2 270 g。卡拉胶与刺槐豆胶的交互作用对牛肉丸的持水性影响较大,当卡拉胶、刺槐豆胶分别为0.45%,0.25%时,牛肉丸的持水性最好,其值为82.7%。卡拉胶与瓜尔胶的交互作用对牛肉丸的凝胶强度影响较大,当卡拉胶与瓜尔豆胶所占的比例分别为0.45%,0.25%时,牛肉丸凝胶强度的预测值最大,其值为1 535 g·mm。

2.3 复配亲水胶体配方的优化

为了得到最优的产品配方,先设定各组分的变化范围,然后设定所期望的响应值(见表5),经过软件运算,从所有试验组合中进行最陡爬坡试验,直到达到或接近目标响应值。同时筛选出了符合要求的2个组合,见表6,并预测了试验结果,从表6中可以看出,最佳的试验组合为卡拉胶0.465%,刺槐豆胶0.183%,瓜尔豆胶0.153%。

按照最优化后的配方比例制作复配胶并添加到牛肉丸中并分别测定牛肉丸的硬度、持水性、凝胶强度,其结果为硬度2 267 g、持水性82.1%、凝胶强度1 561 g·mm,与预测值较一致。为了生产方便,选择复配胶比例为卡拉胶0.47%、刺槐豆胶0.18%、瓜尔豆胶0.15%为最佳的复配亲水胶体比例。

表4 评价指标的预测模型及方差分析

Table 4 Evaluation and prediction model analysis of variance

指标	预测方程	P	R ² _{Adj}
硬度	$Y=1\ 175.83A+399.04B-2\ 133.34C+10\ 088.21AB+14\ 834.81AC+2\ 072.95BC$	<0.001	0.955 6
持水性	$Y=90.8A+71.7B+67.8C+117.4AB+88AC-2.7BC$	<0.001	0.969 9
凝胶强度	$Y=1\ 087.12A+1\ 391.48B-2\ 091.46C+2\ 708.66AB+10\ 903.25AC+2\ 729.89BC$	<0.001	0.934 1

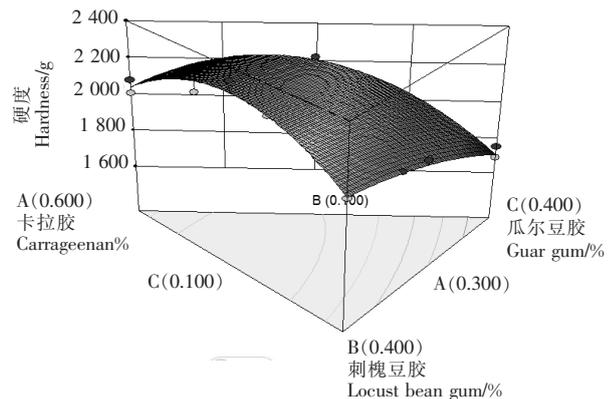
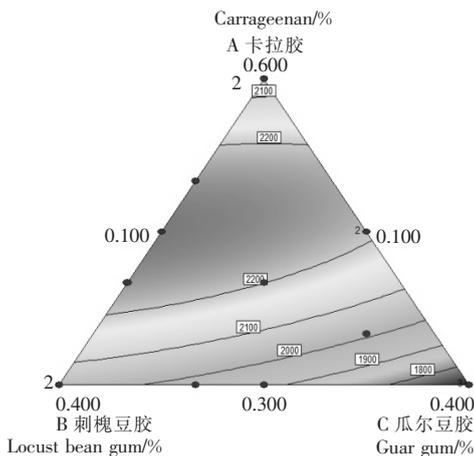


图4 卡拉胶、刺槐豆胶和瓜尔豆胶的交互作用对牛肉丸硬度的影响

Figure 4 Effects of interactions on beef meat fillet hardness

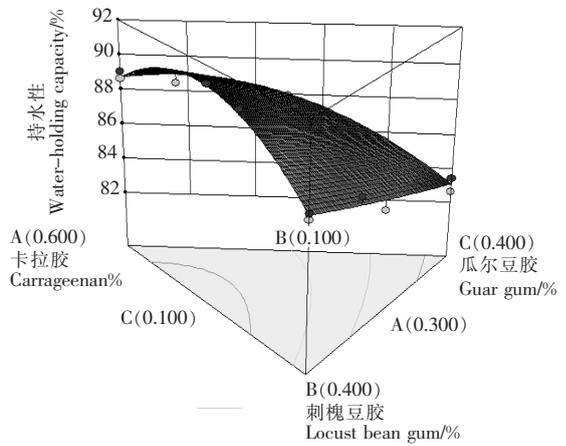
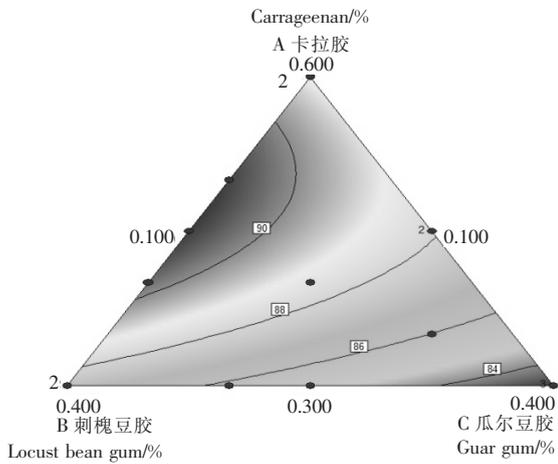


图 5 卡拉胶、刺槐豆胶和瓜尔胶的交互作用对牛肉丸持水性的影响

Figure 5 Effects of interactions on beef meat fillet water-holding capacity

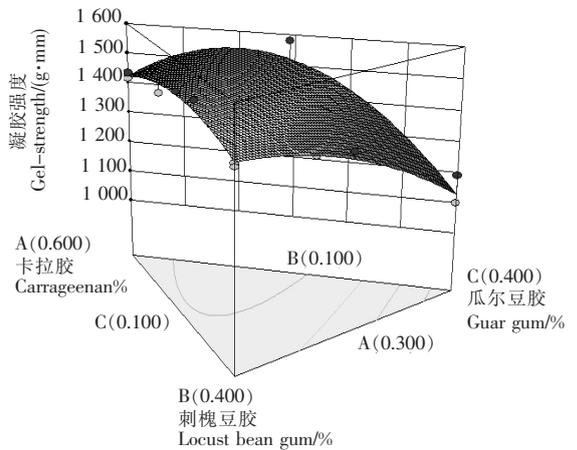
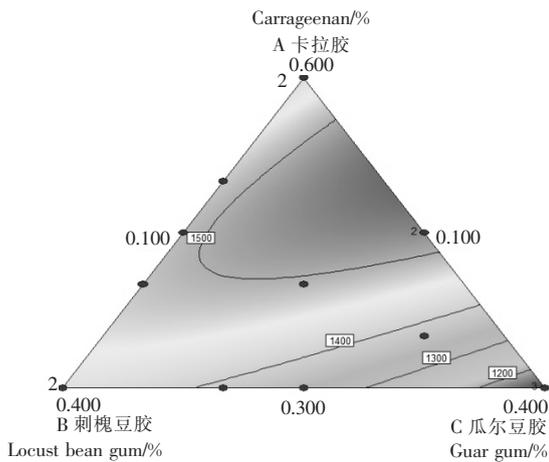


图 6 卡拉胶、刺槐豆胶和瓜尔胶的交互作用对牛肉丸凝胶强度的影响

Figure 6 Effects of interactions on beef meat fillet capacity of gel strength

表 5 试验变量和响应值的目标范围[†]

Table 5 Desirable range for each variable and response

名称	目标	低限	高限
A/%	在范围内	0.3	0.6
B/%	在范围内	0.1	0.4
C/%	在范围内	0.1	0.4
硬度/g	在范围内	2 260	2 450
持水性/%	在范围内	80	85
凝胶强度/(g·mm)	最大值	1 500	1 600

[†] A. 卡拉胶; B. 刺槐豆胶; C. 瓜尔豆胶。

2.4 复配胶添加量改变对牛肉丸品质特性影响显著性分析

为了考察复配亲水胶体添加量对牛肉丸品质特性的影响,选择 0%,0.4%,0.6%,0.8%,1.0% 4 个添加量,各添加量下牛肉丸的硬度、持水性、凝胶强度指标见表 7。

表 6 各组分最佳组合及预测结果

Table 6 Optimal compound and predicted results

序号	卡拉胶/%	刺槐豆胶/%	瓜尔豆胶/%	硬度/g	持水性/%	凝胶强度/(g·mm)
1	0.465	0.183	0.153	2 260	81.8	1 519.5
2	0.465	0.186	0.149	2 260	81.3	1 517.0

由表 7 可知,增加复配胶的添加量,牛肉丸的硬度、持水性、凝胶强度都有增强的趋势,复配胶添加量从 0% 增加到 0.8% 的过程中,牛肉丸的硬度随复配胶添加量的增加显著增加($P < 0.05$),添加量由 0.8% 增加到 1% 的过程中,牛肉丸硬度增加不显著($P > 0.05$),复配胶添加量由 0% 增加到 0.6%,牛肉丸的持水性随复配胶添加量的增加显著增加($P < 0.05$),添加量由 0.6% 增加到 1% 的过程中,牛肉丸持

表7 复配胶不同添加量下牛肉丸质构指标[†]

Table 7 The texture index under different amounts of hydrocolloids

复配胶添加量/%	硬度/g	持水性/%	凝胶强度/(g·mm)
0.0	1 540.33±40.86 ^a	68.40±0.60 ^a	1 224.67±34.31 ^a
0.4	1 758.67±57.57 ^b	77.10±1.83 ^b	1 343.00±16.52 ^b
0.6	2 031.01±41.32 ^c	81.50±1.20 ^c	1 411.00±44.54 ^c
0.8	2 279.33±41.01 ^d	82.30±0.32 ^c	1 526.00±60.00 ^d
1.0	2 299.02±61.61 ^d	82.60±0.25 ^c	1 550.67±42.36 ^d

[†] a、b、c、d代表0.05水平下差异显著性。

水性增加不显著($P>0.05$)。凝胶强度随复配胶添加量增加的变化趋势与硬度一致。

2.5 复配胶不同添加量下牛肉丸感官得分

复配胶不同添加量下牛肉丸模糊感官得分见图7。由图7可知,随着复配胶添加量的增大,牛肉丸感官评分逐渐提高,当复配胶总添加量超过0.8%时,感官得分反而减小。综合考虑肉丸的生产成本及品质特性,复配胶的添加量以0.8%为宜。

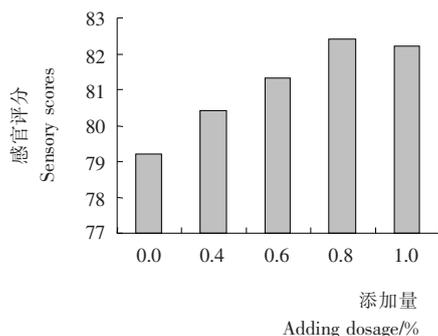


图7 复配胶不同添加量下牛肉丸的感官得分

Figure 7 The sensory scores under different amounts of hydrocolloids

3 结论

本研究比较了卡拉胶、刺槐豆胶、瓜尔胶组成的复配胶体两种添加方式(干粉添加、凝胶添加)对牛肉丸品质特性(硬度、持水性、凝胶强度)的影响,得到复配胶体以干粉添加对牛肉丸的品质改良效果较好。在此基础上,通过混料设计优化了复配胶中卡拉胶、刺槐豆胶、瓜尔胶的比例,得到复配胶总添加量为0.8%的条件下,卡拉胶、刺槐豆胶、瓜尔胶的最佳比例分别为0.47%,0.18%,0.15%。通过单因素试验

以及感官评价综合考察了复配胶添加量对牛肉丸品质特性的影响,结果表明,0.8%的添加量条件下,牛肉丸的品质特性最佳。

参考文献

- 1 胡国华. 功能性食品胶[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- 2 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(8): 37~39.
- 3 龚韵. 亲水胶体取代肉糜脂肪的研究[J]. 现代食品科技, 2006, 22(3): 56~58.
- 4 洪晶, 宗瑜, 汪少芸, 等. 复配亲水胶对低脂白羽鸡肉丸硬度和感官品质的影响[J]. 福州大学学报, 2012(5): 90~94.
- 5 Petibon O, Malhiac C, Grisel M. Effect of xanthan structure on its interaction with locust bean gum: Toward prediction of rheological properties[J]. Food Hydrocolloids, 2013(32): 331~340.
- 6 Elizabeth G G. Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ -carrageenan by a mixture design approach[J]. Meat Science, 2008(76): 406~413.
- 7 Lin K W, Huang H Y. Konjac/gellan gum mixed gels improve the quality of reduced-fat frankfurters[J]. Meat Science, 2003(65): 749~755.
- 8 Zhou Cun-liu, Cai Ke-zhou, Han Zhuo. Effect of high pressure processing on the gel properties of salt-soluble meat protein containing CaCl_2 and κ -carrageenan[J]. Meat Science, 2013(95): 22~26.
- 9 岳鹏, 王芑, 孙勇民. 混料设计优化复合酶解制备低聚木糖工艺[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 254~256.
- 10 廖泉, 刘文倩. 测定模式对淡水鱼丸质构特性测试结果的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 197~200.
- 11 刘辉, 高端平, 刘嘉. 转谷氨酰胺酶及其在肉制品生产中的应用[J]. 肉类研究, 2010(12): 80~82.
- 12 王卫芳, 李丹丹, 熊善柏, 等. 猪肉添加量对鱼糜凝胶制品的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 531~534.
- 13 张建国, 魏永义, 焦驼文, 等. 模糊数学法在颗粒型香肠感官评定中的应用[J]. 肉类研究, 2010(9): 45~48.