

# 仙草牛肉低温蒸煮火腿食用品质研究

栗俊广<sup>1</sup>, 周隼<sup>1</sup>, 蒋爱民<sup>1</sup>, 尹贝贝<sup>1</sup>, 王志江<sup>2</sup>

(1. 华南农业大学食品学院, 广东广州 510640) (2. 广东药学院, 广东广州 510006)

**摘要:** 以低温蒸煮牛肉火腿为例, 研究添加不同辅料后火腿硬度、弹性、咀嚼性、色泽、感官评分的变化。发现仙草萃取物能辅助卡拉胶、大豆蛋白和土豆淀粉有效提高牛肉火腿品质。响应曲面分析表明: 随着仙草萃取物浓度和土豆淀粉添加量的增加火腿感官评定得分先增后减, 而随大豆蛋白添加增加而增加且变化渐缓, 仙草萃取物影响最大。火腿硬度随着土豆淀粉和大豆蛋白添加量增加显著增加, 而随着仙草萃取物浓度增加先增后减。优化配方为: 每 100 g 牛肉, 添加仙草浓度为 50 mL 原萃取物稀释 20.6 倍, 土豆淀粉添加量为 5.13 g, 大豆蛋白添加量为 5.12 g, 食盐 2.8 g, 白糖 1 g, 抗坏血酸 0.04 g, 亚硝酸钠 0.004 g, TSP 焦磷酸钠 0.1 g, STP 多聚磷酸钠 0.125 g, HM 六偏磷酸钠 0.075 g, 红曲红色素 0.003 g, 感官评分为 8.15, 硬度值为 3381.10 g, 咀嚼度为 3373.94。

**关键词:** 仙草; 牛肉; 火腿; 食用品质

**文章篇号:** 1673-9078(2013)8-1931-1937

## Effects of Hsian-tSao Extracts on Quality of Low-temperature-cooked Beef Roll

LI Jun-guang<sup>1</sup>, ZHOU Quan<sup>1</sup>, JIANG Ai-min<sup>1</sup>, YIN Bei-bei<sup>1</sup>, WANG Zhi-jiang<sup>2</sup>

(1. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

(2. Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** The effect of a new plant gel extracted from Hsian-leaf mixed with other food binders on texture profile and sensory properties of cooked beef roll was investigated. The result revealed that the extracts of Hsian-tSao could enhance the function of carrageenan, soy protein isolate, and potato starch to improve the quality of cooked beef roll efficiently. Response surface model (RSM) analysis indicated that the sensory scores of the beef roll increased with the concentration of Hsian-tSao extracts and potato starch usage up to an optimum level, and then decreased. The sensory scores increased with soy protein isolate, but the change tended to be slowly. The sensory properties were significantly affected by Hsian-tSao extracts. Hardness of the beef roll increased with increasing usage of soy protein, potato starch and Hsian-tSao extracts, but then decreased when further increasing their dosages. The optimized formula for 100 g beef was determined as follows: 50 mL Hsian-tSao leaf extracts were diluted with water by 1:20.6, 5.13 g potato starch, 5.12 g ISP, 2 g CG, 2.8 g salt, 1 g cane sugar, 0.04 g sodium ascorbate, 0.004 g sodium nitrite, 0.1 g TSP, 0.125 g STPP, 0.075 g HMP, and 0.003 g monascus red pigment. The product made under these optimum conditions showed the sensory scores of 8.15 points, hardness of 3381.1g and chewiness of 3373.94g.

**Key words:** Hsian-tSao gum; beef roll; texture; sensory property

低温肉制品其加热温度一般在巴氏杀菌温度范围内, 肉品原营养成分能得到很好保留。因此, 欧美各国肉制品大部分属于中、低温加热肉制品, 我国低温肉制品发展起步较晚, 目前处于研发生产的快速增长阶段。

收稿日期: 2013-04-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31171710); 高等学校博士学科点专项科研基金 (20114404110013); 广东省重大科技计划项目 (2010A08043002)

作者简介: 栗俊广 (1987-), 男, 在读博士, 研究方向: 食品加工与贮藏  
通讯作者: 蒋爱民 (1957-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 畜禽产品加工与质量安全控制

仙草 (*Mesona Blume*) 又名仙人草、凉粉草, 是一种药食两用植物, 广泛分布于我国的广东、福建、台湾及印尼、马来西亚等地。现代研究认为, 仙草具有良好的胶凝性和抗氧化功能作用。Lü, C Y. 和 Chen, L H.<sup>[1]</sup> 研究认为淀粉与仙草能否胶凝, 以及所成凝胶的强度与淀粉的直链淀粉的含量有关。Lai-L S<sup>[2]</sup> 通过碱提醇沉的方法得到仙草提取物, 发现其有显著的抗脂质过氧化作用和超氧阴离子自由基的清除作用。刘莹等<sup>[3]</sup> 报道, 仙草水、醇提取物均能使外源性葡萄糖、肾上腺素所致高血糖小鼠的血糖降低, 表明仙草可能具有促进糖原合成, 促进葡萄糖氧化分解、抑制糖异生等作用。然而, 目前仙草在食品上的研究应用还集

中在凉茶类饮料和以仙草冻为代表的淀粉类凝胶制品上,在肉中的研究鲜有报道。

低温肉制品常采用添加卡拉胶、大豆蛋白、淀粉等亲水胶体的方法改善肉食品的保水性、出品率、切片性等性能<sup>[4-6]</sup>。本文研究了仙草提取物、卡拉胶、大豆蛋白和土豆淀粉对低温牛肉蒸煮火腿品质的影响并通过响应面优化出最佳配方,旨在改善低温牛肉制品口感粗糙、弹性差、色泽暗淡等问题,并为仙草开拓出新的应用领域。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

仙草广州市汇合经济发展有限公司提供,冷冻牛肉、卡拉胶、大豆蛋白、土豆淀粉、玻璃纸肠衣由雨润食品产业集团有限公司提供

### 1.2 试剂

食盐、白糖、焦磷酸钠(TSP)、三聚磷酸钠(STP)、六偏磷酸钠(HMP)、卡拉胶、大豆蛋白、土豆淀粉(以上均为食用级)

浓硫酸,硫酸钾、硫酸、抗坏血酸、亚硝酸钠、40%氢氧化钠、4%硼酸、0.1mol/L盐酸标准滴定溶液、95%乙醇、石油醚、5%苯酚溶液、甲基红-次甲基蓝混合指示液(以上均为分析纯)

### 1.3 主要仪器设备

TA.XT2i型物性分析仪:英国英国SMS公司、打蛋机、HH-4数显恒温水浴锅、JJ500型精密电子天平、真空包装机、色差仪:X-Rite SP60,美国爱色丽公司

### 1.4 试验方法

#### 1.4.1 牛肉火腿加工工艺

(1)牛肉预处理:选择牛肉,剔除结缔组织和脂肪组织,将其通过5mm的筛孔的绞肉机将肉绞碎,各称取100g每份,真空包装后在-18℃下冻结,备用。

(2)腌制液配制:将各种辅料加水调配,配制顺序为:将混合粉倒入水中,水温4℃,搅拌,待完全溶解后加入混合盐搅拌,再加入白糖搅拌至完全溶解。

(3)搅打和腌制:将配制好的腌制液与原料肉混合,使用打蛋机慢速搅打2min,腌制4h后再以同样方法搅打一次,4℃腌制24h。

(4)灌肠和扎孔:采用玻璃纸肠衣进行灌装定型,灌装的过程中,随时挤压肠衣内的肉糜,以排出肉与肉之间的空气,打好结之后进行扎孔,把肠衣内的少

量空气排出,以免影响产品的外观。

(5)蒸煮:预先在蒸煮锅内加入清洁水,预热到65℃加入成型品,将水温恒定在65℃左右蒸煮1h,然后将水温调至80℃,继续恒温蒸煮1h,测量肉块中心温度达到75℃,即为成熟,迅速出锅。

(6)冷却及包装:蒸煮后的牛肉火腿先在22℃以下的流水中冷却,再转移至2~4℃的冰箱中冷却。包装冷却后的牛肉火腿,并在2~4℃的冰箱中储藏。

#### 1.4.2 仙人草萃取物制备<sup>[1]</sup>

仙人草→粉碎(过60目筛)→以1:20物液比用0.14mol/L NaHCO<sub>3</sub>溶液90℃煮制3h→200目纱布过滤、离心取清液备用

#### 1.4.3 测定方法

##### (1)质构的测定<sup>[7]</sup>

将牛肉火腿切成直径5cm、长3cm圆片置于TA.XT2i型活扬仪载样台的中央做质构剖面分析(TextureProfileAnalysis,简称TPA分析)。基本参数是:圆柱形探头,直径20mm,测试前速度1.0mm/s,测试速度1.0mm/s,测试后速度10.0mm/s,试样变形30%,两次压缩中停顿5s。同一处理火腿样品测定8个平行,取平均值。

##### (2)色差的测定

将直径5cm、长3cm牛肉火腿圆片,置于色差分析仪的光圈上,先对仪器进行调零,再调白,以每组的第一次测量值为标准值,然后再测量一次为一般样品值。

##### (3)感官评定

感官评定根据喜好程度,采用3~3分制,按牛肉火腿的色泽、风味和组织状态三个方面进行打分。邀请15名从事食品研究的人员组成评定小组,先明确本试验的目的和意义以及感官评定的指标和注意事项。每次评定由每个评定成员单独进行,相互不接触交流,样品评定之间用清水漱口,具体描述表1。

表1 牛肉火腿感官评定标准

Table 1 Composition of sensory evaluation score of beef ham

指标	色泽	风味	组织状态
3分	浅红色,有光泽	咸度适中,口感鲜嫩,仙人草风味适中,肉香味宜人	紧密性和弹性很好,切片表面颜色一致且光滑,无孔洞
0分	色泽暗淡	口味咸或淡,无仙人草特有香味	弹性差,切片表面颜色深浅不一且粗糙,存在孔洞
-3分	暗黑色,无光泽	有苦涩味,无肉香味	火腿成型差,刀切易碎

### 1.5 试验设计

### 1.5.1 基础配方<sup>[8]</sup>

牛肉 100 g, 食盐 2.8 g, 白糖 1 g, 抗坏血酸 0.04 g, 亚硝酸钠 0.004 g, TSP 焦磷酸钠 0.1 g, STP 多聚磷酸钠 0.125 g, HMP 六偏磷酸钠 0.075 g, 红曲红色素 0.003 g

仙人草萃取物对牛肉火腿影响各水平设计: 卡拉胶、土豆淀粉和大豆蛋白添加量分别为 1%、5% 和 4%, 0-不添加仙人草萃取液, 1-添加稀释 64 倍仙人草萃取液, 2-添加稀释 16 倍仙人草萃取液, 3-添加稀释 4 倍仙人草萃取液, 4-添加仙人草萃取液原液。

卡拉胶对牛肉火腿影响各水平设计: 稀释 16 倍仙人草萃取液, 土豆淀粉和大豆蛋白添加量分别是 5% 和 4%, 0-4 卡拉胶添加量依次为 0、1%、2%、3%、4%。

土豆淀粉对牛肉火腿影响各水平设计: 稀释 16 倍仙人草萃取液, 卡拉胶和大豆蛋白添加量分别是 1% 和 4%, 0-4 卡拉胶添加量依次为 0、2.5%、5%、7.5%、10%。

大豆蛋白对牛肉火腿影响各水平设计: 稀释 16 倍仙人草萃取液, 卡拉胶和土豆淀粉添加量分别是 1% 和 5%, 0-4 卡拉胶添加量依次为 0、2%、4%、6%、8%。

### 1.5.2 相应曲面试验水平因素设计

表 2 RSM 试验设计因素编码及水平

Table 2 Codes and levels of RSM experimental design

因素	X <sub>1</sub> (仙人草萃取物)	X <sub>2</sub> (土豆淀粉)	X <sub>3</sub> (大豆蛋白)
-1	不添加	不添加	不添加
0	16 倍稀释液	5%	4%
1	萃取原液	10%	8%

### 1.6 统计分析

本实验数据经软件 Excel 和 SAS9.0 ANOVA 方差分析处理, 并用 Duncan 法进行多重比较分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 四种辅料对牛肉火腿品质的影响

#### 2.1.1 四种辅料对牛肉火腿硬度的影响

由图 1 可以看出, 火腿硬度随仙人草萃取物浓度提高而先增后减 ( $p=0.0004$ ), 大豆蛋白和大豆淀粉使得牛肉火腿硬度显著增加 ( $P$  均  $<0.0001$ ), 四种辅料中, 卡拉胶影响最小 ( $P=0.1294$ )。

#### 2.1.2 四种辅料对牛肉火腿弹性的影响

由图 2 可以看出, 随着仙人草萃取物和卡拉胶浓

度增加, 对牛肉火腿弹性先增后减, 其中都是 2 号水平值最高, 随土豆淀粉增加, 牛肉火腿弹性显著增加。四种辅料对弹性影响都极为显著 ( $P<0.0001$ )。

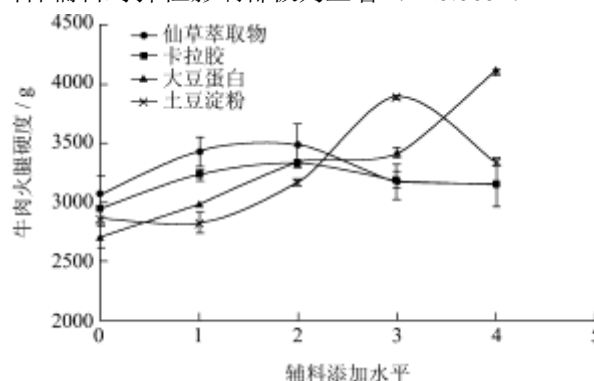


图 1 辅料对牛肉火腿硬度的影响

Fig.1 Effect of accessories on hardness of beef ham

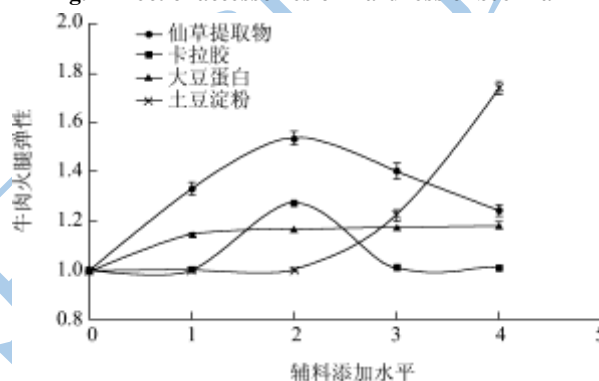


图 2 辅料对牛肉火腿弹性的影响

Fig.2 Effect of accessories on springing of beef ham

#### 2.1.3 四种辅料对牛肉火腿咀嚼性的影响

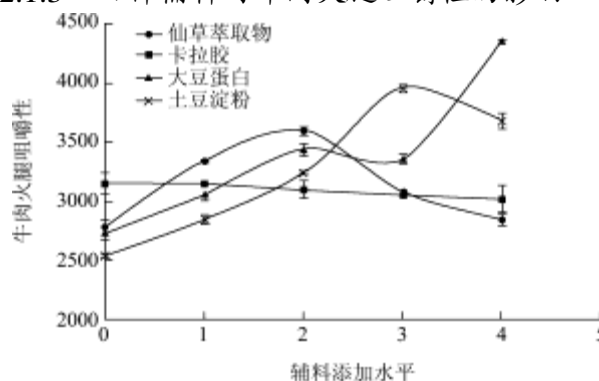


图 3 辅料对牛肉火腿咀嚼性的影响

Fig.3 Effect of accessories on chewiness of beef ham

从图 3 中可以看出, 四种辅料对牛肉火腿咀嚼性影响不同, 卡拉胶影响不显著 ( $p>0.05$ ), 其他都为极显著 ( $p<0.01$ )。仙人草萃取物 2 号水平咀嚼度最高, 不添加土豆淀粉的牛肉火腿咀嚼性最低, 明显低于不添加其他三种辅料的牛肉火腿, 土豆淀粉添加量对火腿咀嚼性影响大。

#### 2.1.4 四种辅料对牛肉火腿色泽的影响

由表 3 表明, 添加仙人草萃取物对牛肉火腿 L 值

减低, a 值和 b 值先增后减, 当适量添加仙人草萃取物, 牛肉火腿色泽有所改善, 但当浓度增加到 4 号水平时火腿色泽变得暗和黑。其他三种辅料对色泽影响

较仙人草萃取物影响小。仙人草富含咖啡色素, 是提取天然食用咖啡素的好原料。添加适量仙人草萃取物, 能有效改善牛肉火腿的色泽。

表 3 辅料对牛肉火腿色泽的影响

Table 3 Effect of accessories on colour of beef ham

色差值	辅料	辅料添加量水平				
		0	1	2	3	4
a 值	仙人草萃取物	15.56±0.052 <sup>c</sup>	18.49±0.07 <sup>a</sup>	16.63±0.16 <sup>b</sup>	14.74±0.14 <sup>d</sup>	8.99±0.10 <sup>e</sup>
	卡拉胶	14.36±0.051 <sup>a</sup>	12.74±0.11 <sup>a</sup>	14.27±0.10 <sup>a</sup>	14.42±0.04 <sup>a</sup>	14.11±0.05 <sup>a</sup>
	大豆蛋白	14.75±0.60 <sup>c</sup>	15.88±0.12 <sup>a</sup>	15.13±0.01 <sup>b</sup>	15.13±0.02 <sup>b</sup>	15.13±0.01 <sup>b</sup>
	土豆淀粉	14.95±0.09 <sup>a</sup>	14.47±0.03 <sup>c</sup>	14.82±0.17 <sup>a</sup>	15.45±0.20 <sup>a</sup>	14.80±0.07 <sup>c</sup>
b 值	仙人草萃取物	6.81±0.02 <sup>b</sup>	6.99±0.06 <sup>b</sup>	7.28±0.02 <sup>a</sup>	6.67±0.03 <sup>c</sup>	6.24±0.07 <sup>d</sup>
	卡拉胶	6.25±0.01 <sup>a</sup>	6.27±0.01 <sup>a</sup>	6.33±0.05 <sup>a</sup>	6.29±0.06 <sup>a</sup>	6.02±0.06 <sup>b</sup>
	大豆蛋白	6.53±0.01 <sup>c</sup>	6.53±0.03 <sup>c</sup>	6.45±0.02 <sup>d</sup>	6.72±0.01 <sup>b</sup>	6.82±0.01 <sup>a</sup>
	土豆淀粉	6.40±0.05 <sup>a</sup>	6.38±0.03 <sup>a</sup>	6.22±0.03 <sup>a</sup>	6.76±0.01 <sup>a</sup>	6.83±0.02 <sup>a</sup>
L 值	仙人草萃取物	53.13 ±0.11 <sup>a</sup>	52.57±0.01 <sup>b</sup>	51.14±0.21 <sup>c</sup>	47.82±0.05 <sup>d</sup>	41.76±0.09 <sup>e</sup>
	卡拉胶	46.62±0.16 <sup>a</sup>	45.35±0.08 <sup>b</sup>	45.09±0.32 <sup>b</sup>	46.72±0.03 <sup>a</sup>	45.16±0.06 <sup>b</sup>
	大豆蛋白	48.32±0.08 <sup>a</sup>	47.84±0.06 <sup>c</sup>	47.53±0.11 <sup>d</sup>	47.51±0.08 <sup>c</sup>	47.31±0.03 <sup>b</sup>
	土豆淀粉	49.36±0.16 <sup>a</sup>	48.21±0.13 <sup>a</sup>	48.50±0.09 <sup>a</sup>	48.44±0.010 <sup>a</sup>	46.71±0.19 <sup>a</sup>

注: 数据上标为相同字母的表示数据之间无显著差异 (P>0.05)。

### 2.1.5 牛肉火腿感官评分

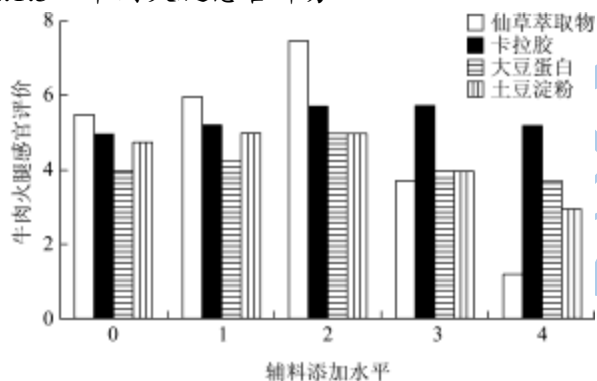


图 4 辅料对牛肉火腿感官品质的影响

Fig.4 Effect of accessories on sensory quality of beef ham

从图 4 中可以看出, 添加其他辅料而不添加大豆蛋白或土豆淀粉的牛肉火腿感官评分低于添加其他辅料不添加仙人草萃取物或卡拉胶的, 说明大豆蛋白和土豆淀粉对火腿品质影响大于仙人草萃取物和卡拉胶的, 但得分最高的是添加 2 号水平仙人草萃取物的火腿, 因此仙人草萃取物能辅助其他辅料改善牛肉火腿品质。

研究表明在肉制品中加入大豆蛋白可有效改善产品质构, 增加产品的硬度、弹性, 使产品的结构致密, 口感、更好, 但是大豆蛋白添加量过高会产生较硬的不良口感, 添加适量淀粉, 可以增加火腿肠的硬度和弹性, 产生良好的咀嚼感, 同时加热糊化过程中能吸收比自身体积大几十倍的水分, 提高了持水性, 使肉制

品出品率大大提高, 提高了肉制品的嫩度和口感<sup>[9-11]</sup>。从表 3 可以看出因试验中添加了仙人草萃取物而减弱了淀粉过多对制品而使制品苍白的的影响。卡拉能改善肉制品保水性而减低肉制品成本, 而常被用在低脂肉制品中。它在肉制品中的应用可以提高肉制品的出品率、改善肉制品的质构、切片性及肉制品的多汁性<sup>[12-13]</sup>。虽这与本试验结果相符, 但较其他三种辅料, 卡拉胶对牛肉火腿品质影响较小, 因此在优化中试验中未设计卡拉胶的影响。

## 2.2 响应曲面优化

### 2.2.1 模型建立及显著性检验

仙人草萃取物、土豆淀粉和大豆蛋白对牛肉火腿感官品质、硬度和咀嚼度的影响结果见表 4。

对表 4 试验数据进行多元回归拟合, 分别获得了牛肉火腿感官品质评分(Y<sub>1</sub>)、硬度(Y<sub>2</sub>)和咀嚼度(Y<sub>3</sub>)的预测值对编码自变量 X<sub>1</sub> 仙人草萃取物、X<sub>2</sub> 土豆淀粉和 X<sub>3</sub> 大豆蛋白的二次多项回归模型方程(1)、(2)和(3)。 Y<sub>1</sub>=2.049489-0.255769X<sub>1</sub>+0.086643X<sub>2</sub>+0.079957X<sub>3</sub>-0.447902X<sub>1</sub><sup>2</sup>+0.229073X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>-0.332794X<sub>2</sub><sup>2</sup>-0.143433X<sub>3</sub><sup>2</sup> (1) 方差分析表明, 方程(1): 模型显著性 P=0.000 1<0.01, R<sup>2</sup>=98.99%, R<sup>2</sup><sub>Adj</sub>=97.17%, 失拟项 P=0.111532>0.05; 说明模型拟合程度良好, 试验误差小, 可以用于对样品感官评分进行分析预测。回归方程系数显著性检验结果(表 3)表明, 一次项 X<sub>1</sub>(仙人草萃取物)、二次项 X<sub>12</sub>、X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>、X<sub>22</sub>、X<sub>32</sub>对样品的感官

评分影响均为极显著 (P<0.01); 一次项 X<sub>2</sub> (土豆淀粉)、X<sub>3</sub> (大豆蛋白) 对样品的感官评分影响显著 (P<0.05), 其他系数项不显著 (P>0.05)。

表 4 RSM 试验设计与结果

Table 4 RSM experimental design and results

处理组	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	火腿感官评分	硬度 /g	咀嚼性 /g
1	-1	-1	0	5	2892.59	2570.79
2	-1	1	0	4	3270.7	3379.03
3	1	-1	0	2	2567.36	2399.39
4	1	1	0	4	2747.56	2881.03
5	0	-1	-1	4	2529.05	2498.64
6	0	-1	1	5.2	3049.85	2755.4
7	0	1	-1	5.2	2709.72	2579.92
8	0	1	1	5	3379.02	3421.82
9	-1	0	-1	5	2837.52	2837.52
10	1	0	-1	3	2675.87	2685.7
11	-1	0	1	6.5	3478.97	3324.42
12	1	0	1	3.5	3149.76	2838.3
13	0	0	0	8	3292.24	3152.43
14	0	0	0	7.5	3234.12	3371.93
15	0	0	0	7.8	3264.3	3227.36

$Y_2=10651318-999196.8X_1+793336.2X_2+1724135X_3-828302.7X_1^2-342138X_1X_2-322749X_1X_3-1522814X_2^2+292432.6X_2X_3-514006X_3^2$  (2) 方差分析表明, 方程(2):

模型显著性  $P=0.000194<0.01$ ,  $R^2=98.97%$ ,  $R^2_{Adj}=97.12%$ , 失拟项  $P=0.119357>0.05$ ; 说明模型拟合程度良好, 试验误差小, 可以用于对样品硬度进行分析预测。回归方程系数显著性检验结果 (表 3) 表明, 一次项 X<sub>1</sub> (仙人草萃取物)、X<sub>2</sub> (土豆淀粉)、X<sub>3</sub> (大豆蛋白) 以及二次项 X<sub>11</sub>、X<sub>22</sub> 对样品的硬度影响均为极显著 (P<0.01); 二次项 X<sub>33</sub> 对样品的感官评分影响显著 (P<0.05), 其他系数项不显著 (P>0.05)。

$$Y_3=3263.549-145.0332X_1+249.3463X_2+271.3996X_3-111.8526X_1^2-81.6512X_1X_2-41.8893X_1X_3-344.138X_2^2+135.5837X_2X_3-116.166X_3^2$$

方差分析表明, 方程 (3): 模型显著性  $P=0.000185<0.01$ ,  $R^2=97.43%$ ,  $R^2_{Adj}=92.80%$ , 失拟项  $P=0.0513927>0.05$ ; 说明模型拟合程度良好, 试验误差小, 可以用于对样品咀嚼性进行分析预测。回归方程系数显著性检验结果 (表 3) 表明, 一次项 X<sub>1</sub> (仙人草萃取物)、X<sub>2</sub> (土豆淀粉)、X<sub>3</sub> (大豆蛋白) 以及二次项 X<sub>22</sub> 对样品的硬度影响均为极显著 (P<0.01); 二次项 X<sub>23</sub> 对样品的咀嚼性影响显著 (P<0.05), 其他系数项不显著 (P>0.05)。

利用软件对试验结果进行 3 指标联合最优化求解, 可获得样品感官评分最大值为 8.15, 同时样品硬度值为 3381.10 g, 咀嚼度为 3373.94 此时仙人草浓度为原萃取物稀释 20.6 倍, 土豆淀粉添加量为 5.13%, 大豆蛋白添加量为 5.12%。

表 5 回归方程系数显著性检验

Table 5 Test for significance of regression coefficient

系数项	感官评分		硬度		咀嚼性	
	回归系数	P 值 (P>F)	回归系数	P 值 (P>F)	回归系数	P 值 (P>F)
常数项	2.049489		10651316		3263.549	
X <sub>1</sub>	-0.25577	0.0001	-999196.8	0.0003	-145.033	0.0089
X <sub>2</sub>	0.086643	0.011827	793336.2	0.0009	249.3463	0.0008
X <sub>3</sub>	0.079957	0.016109	1724135	<0.0001	271.3996	0.0006
X <sub>12</sub>	-0.4479	0.0001	-828302.7	0.0041	-111.853	0.0818
X <sub>1X2</sub>	0.229073	0.000793	-342138	0.0845	-81.6512	0.1596
X <sub>1X3</sub>	0.00292	0.43251	-322749	0.0987	-41.8893	0.4355
X <sub>22</sub>	-0.33279	0.000164	-1522814	0.0003	-344.138	0.0011
X <sub>2X3</sub>	0.022738	0.063336	292432.6	0.1259	135.5837	0.0407
X <sub>32</sub>	-0.14343	0.007386	-514006	0.0269	-116.166	0.0736

### 2.2.2 牛肉火腿感官评分响应曲面分析

图 5 给出了当仙人草萃取物、大豆蛋白和土豆淀粉其中一个因素取固定值时, 其他两因素及其交互作用对样品感官品质影响的响应曲面及等高线图。由图 5 可以看出, 随着仙人草萃取物浓度和土豆淀粉添加量的增加火腿感官评定得分先增后减, 而随大豆蛋白

添加增加得分增加渐缓。仙人草萃取物的响应面图较陡峭, 等高线图密集, 说明仙人草萃取物对火腿感官的影响较强, 适宜浓度仙人草萃取物能有效改善牛肉火腿感官品质, 而高浓度萃取物会加剧肉中盐溶蛋白凝胶形成, 凝胶速度过快, 凝胶不均匀, 导致制品硬度、弹性和咀嚼性下降, 这与图 4 中仙人草萃取物对火腿

影响相符合；另外浓度过高会导致火腿颜色变得暗和黑，如表 1 所示添加 4 号水平仙人草萃取物的火腿 L 值、a 值和 b 值明显减低，从而影响感官品质。

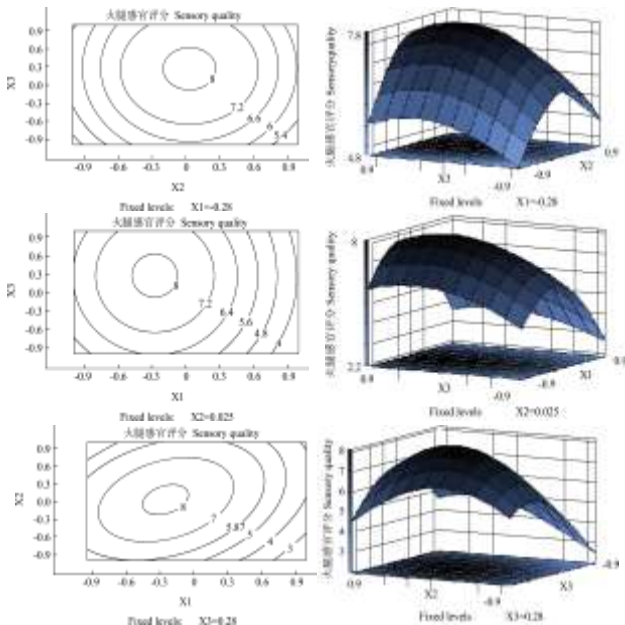


图 5 试验因素及其交互作用对样品感官品质影响的响应曲面及等高线图

Fig.5 Response surface and contour of the effect of experimental factors and their mutual interactions on sensory quality

### 2.2.3 牛肉火腿硬度响应曲面分析

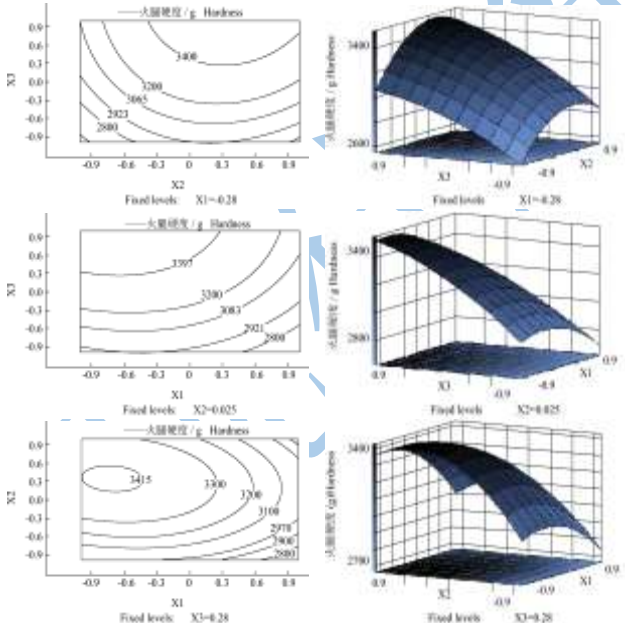


图 6 试验因素及其交互作用对样品硬度影响的响应曲面及等高线图

Fig.6 Response surface and contour of the effect of experimental factors and their mutual interactions on hardness

由图 6 可知，三种辅料对火腿硬度的影响与感官评分影响不同，大豆蛋白 X<sub>3</sub> 的响应面图较陡峭，等高

线图密集，说明大豆蛋白 X<sub>3</sub> 对火腿硬度的影响较强。随土豆淀粉和大豆蛋白添加量增加，火腿硬度显著增加，而仙人草萃取物浓度增加，火腿硬度先增后减。硬度适量提高，改善火腿口感，而硬度超过 3400 g，火腿过硬影响感官品质，因此仙人草萃取物能协调火腿硬度。

### 2.2.3 牛肉火腿咀嚼度响应曲面分析

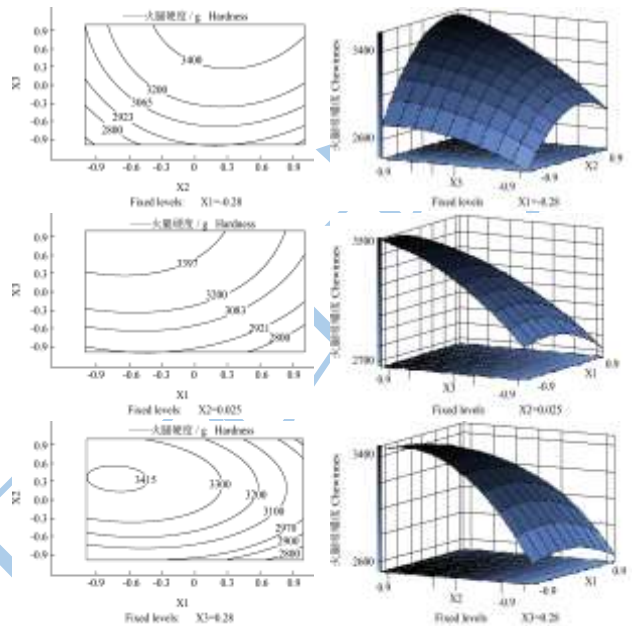


图 7 试验因素及其交互作用对样品硬度影响的响应曲面及等高线图

Fig.7 Response surface and contour of the effect of experimental factors and their mutual interactions on chewiness

由图 7 可知，土豆淀粉 X<sub>2</sub> 的响应面图较陡峭，等高线图密集，说明土豆淀粉 X<sub>2</sub> 对火腿咀嚼性的影响较强。随土豆淀粉和大豆蛋白添加量增加牛肉火腿咀嚼度增加，而随仙人草萃取液浓度增加，咀嚼度先增后减，与图 4 中显示的各因素对火腿咀嚼度影响趋势一致。

## 3 结论

3.1 本试验首次发现适宜浓度仙人草萃取物能有效改善牛肉火腿质构特性和色泽。

3.2 采用响应曲面法建立了仙人草萃取物、大豆蛋白和土豆淀粉对牛肉低温火腿感官评分 (Y<sub>1</sub>)、火腿硬度 (Y<sub>2</sub>) 和火腿咀嚼度 (Y<sub>3</sub>) 的二次多项回归模型：  

$$Y_1 = 2.049489 - 0.255769X_1 + 0.086643X_2 + 0.079957X_3 - 0.447902X_1^2 + 0.229073X_1X_2 - 0.332794X_2^2 - 0.143433X_3^2$$

$$Y_2 = 10651318999196.8X_1 + 793336.2X_2 + 1724135X_3 - 828302.7X_1^2 - 342138X_1X_2 - 322749X_1X_3 - 1522814X_2^2 + 292432.6X_2X_3 - 514006X_3^2;$$

$Y_3=3263.549-145.0332X_1+249.3463X_2+271.3996X_3-111.8526X_1^2-81.6512X_1X_2-41.8893X_1X_3-344.138X_2^2+135.5837X_2X_3-116.166X_3^2$  模型拟合程度良好, 试验误差小, 可以用于对样品感官评分、硬度和咀嚼度进行分析预测。

3.3 通过响应面分析, 仙人掌萃取物与大豆蛋白、卡拉胶有显著的相互效应。综合优化得出配方为: 每 100 g 牛肉, 添加仙人掌浓度为 50 mL 原萃取物稀释 20.6 倍, 土豆淀粉添加量为 5.13 g, 大豆蛋白添加量为 5.12 g, 食盐 2.8 g, 白糖 1 g, 抗坏血酸 0.04 g, 亚硝酸钠 0.004 g, TSP 焦磷酸钠 0.1 g, STP 多聚磷酸钠 0.125 g, HMP 六偏磷酸钠 0.075 g, 红曲红色素 0.003 g, 感官评分为 8.15, 硬度值为 3381.10 g, 咀嚼度为 3373.94。

#### 4 展望

目前我国低温肉制品仍处于起步阶段, 凝胶性能差、添加剂滥用和储藏期短仍是制约低温肉制品发展的三大瓶颈。根据报道, 仙草提取物对禽大肠杆菌有明显抑制作用, 对火腿细菌总数、TVBN 值也有抑制效果<sup>[4]</sup>, 同时仙草具消暑解渴、凉血之功效, 可治中暑、高血压、肌肉及关节疼痛等功能<sup>[1]</sup>。如能充分发挥仙草抗脂质氧化、凝胶特性和抑菌功能, 形成具有中国特色的仙草凝胶肉制品理论和促进产业化发展, 既可以迎合消费者对食品安全与健康的追求, 也将会对我国低温肉制品发展提供新途径。

#### 参考文献

- [1] Li C Y, Chen L H. The factors in the gel-forming properties of Hsian-tsao Extraction conditions and different starches [J]. Proc. Natl Sci Coun c. ROC, 1980, 4(4): 438-442
- [2] Lai LS, Chou ST and Chao WW. Studies on the antioxidative activities of hsian-tsao (Mesonaprocum bens Hems) leaf gum [J]. Agric Food Chem, 2001, 49: 963-968
- [3] 刘莹. 仙草的降糖作用与急性毒性试验 [J]. 福州总医院学报, 2005, 12(12): 4-5  
Liu ying. Hypoglycemic effect and acute toxicity test of Hsian-tsao [J]. Journal of Fuzhou General Hospital, 2005, 12(12): 4-5
- [4] 钱毅玲, 赵谋明, 赵强忠. 卡拉胶/黄原胶和 K<sup>+</sup> 浓度对低脂低盐乳化肠凝胶品质影响的研究 [J]. 现代食品科技, 2009, 7:

734-737

- QIAN Yi-ling, ZHAO Mou-ming, ZHAO Qiang-zhong. Effect of Carrageenan/Xanthan Ratio and Level of Potassium Added on Gel Qualities of Emulsion-type Sausage [J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 7: 734-737
- [5] Dickinson E. Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein stabilized oil droplets [J]. Food Hydrocolloids, 2012, 28: 224-241
- [6] 王玉田, 靳胜福, 顾英. 改性淀粉在香肠中的应用效果研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2004, 9: 91-92
- [7] Wang Haibin, et al. Textural and microstructural characteristics of compound carrot hams and sausages [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(11): 288-291
- [8] 蒋爱民, 南庆贤. 畜产食品工艺学第二版 [M]. 中国农业出版社, 2008  
Aimin Jiang, Qingxian Nan. Science and Technology of Meat, Poultry and Dairy product Processing [M]. China Agriculture Press, 2008
- [9] Abdulatef M A. Dependence of microbial transglutaminase on meat type in myofibrillar proteins cross-linking [J]. Food Chemistry, 2009, 112: 354-361
- [10] Astruc T, Gatellier P, Labas R, Lhoutellier SV, Marinaova P. Microstructural changes in m. rectus abdominis bovine muscle after heating [J]. Meat Sci. 2010, 85: 743-751
- [11] 吴亚杰. 淀粉在肉灌制品中的作用 [J]. 肉类工业, 2004, (4): 47-49  
Wu Yajie. Starch in meat products in the role of irrigation [J]. Meat Industry, 2004, 4: 47-49
- [12] Donatus E N. Amako, Youling L. Xiong. Effects of carrageenan on thermal stability of proteins from chicken thigh and breast muscles [J]. Food Research International, 2001, 34: 247-253
- [13] Trius A and Sebranek J G. Carrageenans and their use in meat products [J]. Crit. Rev. Food Sci. Nutr, 1996, 36: 69-85
- [14] 陈倬橙, 郭善广, 周隼, 等. 仙人掌对低温蒸煮牛肉火腿储藏性影响 [J]. 肉类研究, 2010, 3: 40-44  
CHEN Zhuocheng, GUO Shangguang, ZHOU Qian. The Effect of Hsian-tsao on Storage Characteristics of Pasteurized Beef Ham [J]. Meat Research, 2010, 3: 40-44