响应面优化重组牛排加工工艺

张佳敏[1],唐占敏[2],冉 渺[2],陈 瑶[2],侯彩云[2],王 卫[1,*]
(1.肉类加工四川省重点实验室,四川成都 610106;
2.成都大学药学与生物工程学院,四川成都 610106)

摘 要: 实验在研究分析牛肥膘比例、天然海藻酸钠添加量和凝胶时间对重组牛排蒸煮损失率及硬度影响的基础上,以重组牛排蒸煮损失率和硬度的综合评价为优化指标,采用响应面法对工艺条件进行优化。单因素实验方差分析结果表明,三个因素对重组牛排蒸煮损失率及硬度都有极显著影响($p<0.05$)。通过拟合模型优化,最佳工艺条件为:牛肥膘比例20%、海藻酸钠比例2.36%、凝胶时间8.75 h。在此工艺条件下,牛排的蒸煮损失率23.81%,硬度9.95 kg,综合评价为81.734。此时重组牛排产品保水性明显增强,硬度显著降低,该研究结果为重组牛排加工工艺提供参考依据。

关键词: 重组牛排,蒸煮损失率,硬度,响应面法,优化

Optimization of processing conditions for restructured steak by response surface methodology

ZHANG Jia-min[1],TANG Zhan-min[2],RAN Miao[2],CHEN Yao[2],HOU Cai-yun[2],WANG Wei[1,*]
(1.Meat Processing Key Laboratory of Sichuan Province,Chengdu 610106,China;
2.Pharmacy And Bioengineering of Chengdu University,Chengdu 610106,China)

Abstract: Based on the study of the effects of fatty ratio,sodium alginate content and gelation time on the cooking loss and hardness value of restructured steak,the processing condition was optimized with response surface method by setting the comprehensive assessment score of cooking loss and hardness value as optimization target.The results showed that: the three single factors had significant influence on cooking loss and hardness of restructured steak($p<0.05$).By using the fitting model to optimize the processing condition,the optimum conditions were determined as follows: fatty ratio 20%,sodium alginate content 2.36% with 8.75 h.In this condition,the cooking loss 23.81%,the hardness value 9.95 kg and the comprehensive assessment 81.734.Cooking loss of restructured steak could increase and hardnessr value reduce mostly under the condition,results could provide references for restructured steak processed.

Key words: restructured steak; cooking loss; hardness; response surface methodology; optimization
中图分类号: TS251.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-0306(2017)04-0263-05
doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.04.041

牛肉是人们主要消费肉类产品之一,其高蛋白质、低脂肪、维生素及矿物质含量丰富,必需氨基酸种类齐全,是一种营养价值较高的保健型肉食品,深受国际国内市场的青睐[1]。同时牛排是牛肉加工出售的类别之一,如沙朗牛排、菲力牛排、T骨牛排等[2-3]。高品质牛排具有丰富的大理石纹,肉质细嫩,滋味鲜美,其加工生产对原料品质要求极高,且产量少,价格昂贵,难以满足普通大众消费。利用重组技术加工出新型重组牛排[4],可调整产品肥瘦比以使产品符合消费者口感,提升牛排品质,同时可充分利用各个部位的牛肉原料,提高产品价值,满足不同消费群体的需求。Boles等[5]分别利用海藻酸盐和血浆纤维蛋白作粘结剂,对大小不同粒度、预先冷冻的牛肉重组,研制生产出了小牛排[6]。根据前人的研究,发现研究牛肥膘比例、天然海藻酸钠添加量及凝胶时间对冷鲜重组肉黏合性及加工特性综合影响的很少。因此,本实验利用海藻酸钠作为天然粘合剂,以低值部位牛肉或分割碎肉及肥肉为原料,将碎牛肉加工成重组牛排,赋予产品特有质地[7]和烹调特性[8-11],并采用响应面法[12]对重组工艺进行优化,确定最佳重组工艺条件。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

新鲜牛肉、牛肥膘 购于超市;海藻酸钠 苏州闻达配料有限公司。

收稿日期:2016-07-20
作者简介:张佳敏(1982-),女,硕士,讲师,研究方向:农产品加工与贮藏食品工程,E-mail:492346884@qq.com。
* 通讯作者:王卫(1958-),男,硕士,教授,研究方向:农产品加工与贮藏食品工程,E-mail:wangwei8619@163.com。
基金项目:成都市产业集群协同创新项目;四川省科技计划项目(2016NZ0006);四川省省级大学生创新训练计划项目(2016306)。

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

TA-XT plus 质构分析仪　英国 Stable Micro System; YP402N 电子天平　上海菁海仪器有限公司; BC/BD-218SHT 冰箱或冰柜　海尔集团; 搅拌机　广东小熊电器有限公司; WK2101 电磁炉　美的集团; BJRJ-98A 绞肉机　杭州艾博机械工程有限公司; BQPJ-1 切片机　杭州艾博机械工程有限公司; BVPJ-500TS 真空包装机　杭州艾博机械工程有限公司; 100 mm×50 mm×100 mm 模具　成都伍田食品有限公司。

1.2　实验方法

1.2.1　牛排重组工艺　牛排重组的工艺流程为:

海藻酸钠→胶液制备
↓
原料→预处理(去除骨、结缔组织)→绞制→混合→装模→
冷却胶凝(1~4 ℃)→脱模→急冻→切制→真空包装→成品

1.2.1.1　操作要点:

a.预处理: 将新鲜瘦牛肉、牛肥膘清洗干净,剔除软骨、结缔组织,放入冷藏室(0~4 ℃) 12~24 h[13]备用。

b.绞制: 将瘦牛肉及牛肥膘切成 0.8~1 cm 颗粒,充分搅拌混匀。

c.胶液制备: 按肉重量的 20% 取冰水(4±1) ℃置于容器中[14],将海藻酸钠加入水中并充分搅打直至完全溶解,制成预制胶液。

d.混合、装模: 将绞制完成牛肉与预制胶液充分混合搅拌,分装入模具压制成形。

e.冷却凝胶、急冻: 置于 4 ℃冷藏室凝胶后脱模,再放入-18 ℃冷冻固型。

f.切制、真空包装: 将急冻后牛肉取出,用切片机切制成型,真空包装,形成产品。

1.2.2　牛排重组工艺研究

1.2.2.1　单因素实验　在海藻酸钠比例为 2.00%,凝胶时间为 8 h 条件下研究牛肥膘比例(10%、20%、30%、40% 和 50%) 对牛排蒸煮损失率及硬度的影响; 以牛肥膘比例 30%,凝胶时间 8 h 为条件,研究海藻酸钠比例(0.50%、1.00%、1.50%、2.00%、和 2.50%) 对牛排蒸煮损失率及硬度的影响; 在牛肥膘比例为 30%,海藻酸钠比例为 2.00% 条件下研究凝胶时间(2、4、6、8、10 h) 对牛排蒸煮损失率及硬度的影响。每个水平做 3 次平行实验,取平均值计算分析。

1.2.2.2　优化实验　以牛肥膘比例、海藻酸钠比例及凝胶时间为因子,采用 BOX-Behnken 响应面法对牛排重组工艺的最佳条件参数进行优化,每组实验做 3 个平行,结果取平均值。优化实验设计见表 1,综合评分(Y) 的计算方法为:

$$Y = 100-(0.6\times 蒸煮损失率\times 100+0.4\times 硬度)$$

1.2.3　测定方法

1.2.3.1　蒸煮损失率的测定　将重组牛排均匀地切成长为 3 cm,宽为 3 cm,厚度为 2 cm 长方体,称其质量 m_1; 再放入沸水中煮 7 min,放置冷却至室温,用吸水纸吸干样品表面的水,再次称得质量 m_2,计算式如下:

$$蒸煮损失率(\%) = \frac{m_1-m_2}{m_1}\times 100$$

表 1　响应面分析实验设计因素及水平

Table 1　Factors and levels of response surface analysis

因素	间距	编码水平		
		-1	0	1
A 牛肥膘比例(%)	10	20	30	40
B 海藻酸钠比例(%)	0.50	1.50	2.00	2.5
C 凝胶时间(h)	1	7	8	9

1.2.3.2　硬度的测定　将重组牛排均匀地切成长为 3 cm,宽为 3 cm,厚度为 2 cm 的长方体,放入沸水中煮 7 min 后,冷却至室温,用吸水纸吸干样品表面的水,采用质构剖面分析(TPA) 模式测定样品的硬度。

质构分析仪参数: 探头: P/36R-圆柱型平底探头; 测试模式与选择: TPA; 测试前速度: 5.00 mm/s; 测试速度: 5.00 mm/s; 测试后速度: 5.00 mm/s; 压缩距离: 10.0 mm; 测试时间: 5.00 s。

1.2.4　统计分析　采用 SPSS Statistix 8.1 软件对单因素数据进行方差分析; 优化实验设计采用 Design Expert 8.0.6 软件的 BOX-Behnken 响应面分析。

2　结果与分析

2.1　单因素实验

2.1.1　牛肥膘比例对重组牛排的蒸煮损失率及硬度的影响　牛肥膘比例对牛排蒸煮损失率及硬度的影响如图 1 所示,通过对蒸煮损失率及硬度单因素方差分析,p 值均小于 0.01,说明牛肥膘比例对牛排的蒸煮损失率和硬度的影响是极显著的。牛肥膘比例在 10%~30%,样品的蒸煮损失率较小且变化不大,比例大于 30% 时,蒸煮损失率急剧增大。这是因为适量脂肪具有保水保湿性能,当大于 30% 时,瘦肉量减少,盐溶性蛋白摄取不足,保水性下降,这与刘永安[15]等研究一致。肥膘添加量在 10%~30% 时,适量肥膘由于油脂多,质软、密度小使硬度降低,而比例为 30%~50% 时硬度升高,可能是由于蒸煮损失率增大,保水性变差,蛋白质结构由疏松变紧密[16]。因此,本实验选择牛肥膘最适比例为 30%,即肥瘦比例为 3∶7。

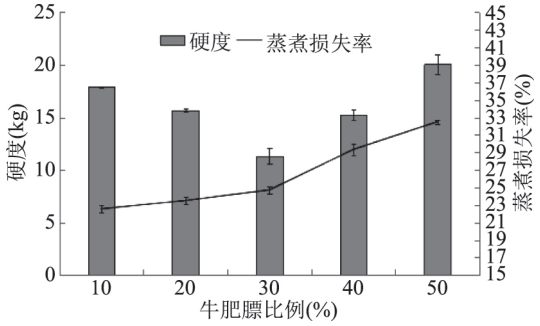

图 1　牛肥膘比例对重组牛排蒸煮损失率及硬度的影响

Fig.1　Effects of fatty ratio on cooking loss and hardness of restructured steak

2.1.2　海藻酸钠添加量对重组牛排的蒸煮损失率及硬度的影响　天然海藻酸钠比例对牛排蒸煮损失率及硬度的影响如图 2 所示,通过单因素方差分析,蒸煮损失率和硬度的 p 值均小于 0.01,说明海藻酸钠比

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

例对牛排的蒸煮损失率和硬度的影响是极显著的。随着海藻酸钠比例增加，样品蒸煮损失率降低，硬度先上升再下降，最后急剧升高。由于海藻酸钠具有凝固、增稠、乳化、稳定和保水功能[17-19]，对加热后变性蛋白质有很强的包裹保护作用，蒸煮损失率随之增加而减小；海藻酸钠比例在 0.50%~2.00% 时，硬度先升高后降低，当海藻酸钠比例为 0.50% 时，可能是多糖与蛋白质相互吸引作用[20]弱导致碎肉凝结效果差，故硬度小，海藻酸钠为 1.00%~2.00%，蛋白质与多糖两种大分子共同形成复杂致密网络结构增加了牛排嫩度和韧性[21]，因此硬度降低。在海藻酸钠添加量为 2.50% 时，由于海藻酸钠中过多钠离子导致 pH > pI[22]，蛋白质和多糖之间表现为排斥作用，嫩度下降，硬度升高。实验中验证了海藻酸钠凝胶的保水性能，且在一定添加比例下，能改善肉制品的弹性、外观及硬度[23]。因此，本实验选择海藻酸钠最适添加比例为 2.00%。

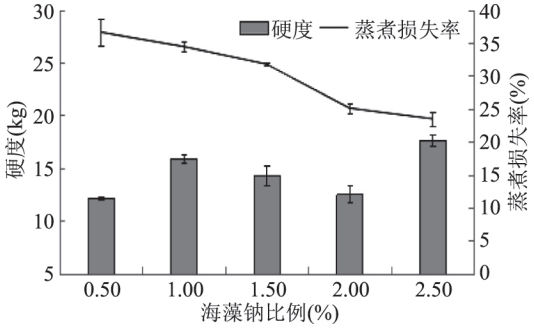

图 2　天然海藻酸钠比例对重组牛排蒸煮损失率及硬度的影响

Fig.2　Effects of sodium alginate ratio on cooking loss and hardness of restructured steak

2.1.3　凝胶时间对重组牛排的蒸煮损失率及硬度的影响　凝胶时间对牛排蒸煮损失率及硬度的影响如图 3 所示。通过方差分析，蒸煮损失率和硬度的 p 值均小于 0.01。说明凝胶时间对牛排的蒸煮损失率和硬度影响极显著。反应开始时海藻酸钠与蛋白质的凝胶还不充分，保水性差，在 2~8 h 随着凝胶时间增加蒸煮损失率逐渐减小，当凝胶时间为 10 h 时，蒸煮损失率又增大，这是因为凝胶时间延长，海藻酸钠中反应底物逐渐减少，与蛋白质反应逐渐停止，粘结效果变差。这表明反应时间过长会使得蛋白质胶体发生不可逆变化，使位于凝胶网状结构中的水分不能继续保持而流出肌肉组织之外[24]。凝胶时间在 2~6 h 时，硬度逐渐升高，在 8 h 时，硬度最小，凝胶 10 h，蒸煮损失率的增大导致硬度升高。但孔保华等[24]对重组牛肉研究，得出反应时间为 3 h 的质构特性最佳，可能是因为粘结剂种类不同、使用条件不同所致的缘故。因此，本实验选择最适凝胶时间为 8 h。

2.2　优化实验

优化实验结果及分析如表 2、表 3 所示，分析可知，模型的 p 值远远小于 0.01，说明该模型的显著性极高，具有统计学意义。$R^2 = 0.9914 > 0.9$，说明预测值与实验值具有很高的相关度，校正决定系数 $R^2_{adj} =$

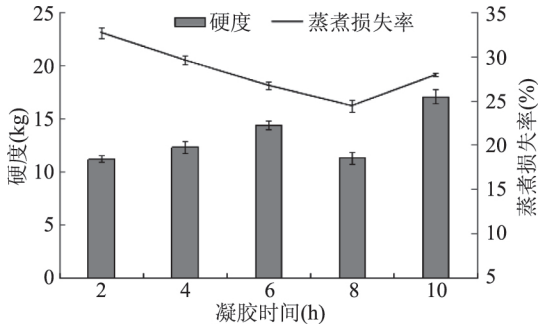

图 3　凝胶时间对重组牛排蒸煮损失率及硬度的影响

Fig.3　Effects of gelation time on cooking loss and hardness of restructured steak

0.9803 > 0.8，变异系数（CV）= 0.35%，失拟项为 0.8545 大于 0.5，表明模型拟合度高，可用于预测实验结果。一次项 B、C，二次项 B^2、C^2，交互项 AC、BC 均显著，AB 项不显著，说明 A、B 两个因素之间没有显著的交互效应；AC、BC 因素之间具有显著的交互效应，且呈二次抛物面的关系[25]，见图 4。通过拟合得到回归方程为：

$$Y = -45.8539 + 0.4748A - 2.4433B + 29.0152C + 0.0501AB - 0.0821AC + 3.418BC + 1.0505 \times 10^{-3}A^2 - 5.9798B^2 - 2.03045C^2$$

重组牛排的最佳工艺条件为：牛肥膘比例 20%、天然海藻酸钠比例 2.36%、凝胶时间 8.75 h，此时综合评价 Y 为 81.996。在优化实验确定的牛排的最佳工艺条件下进行验证实验，测得蒸煮损失率为 23.81%，硬度为 9.95 kg，代入回归方程，求得综合评价 Y 为 81.734，与预测值（Y = 81.996）非常接近，说明回归方程能够较好地反映各因素对牛排蒸煮损失率及硬度的影响。

表 2　Box-Behnken 实验设计及结果

Table 2　Box-Behnken design with experimental results

实验号	A	B	C	蒸煮损失率（%）	硬度（kg）	综合评价 Y
1	-1	1	0	25.74	10.00	80.556
2	1	1	0	26.10	9.24	80.644
3	1	0	1	29.52	8.81	78.764
4	0	0	0	24.51	10.75	80.994
5	0	1	-1	31.93	12.53	75.830
6	1	-1	0	30.72	10.05	77.548
7	-1	0	-1	30.54	11.37	77.128
8	0	0	0	25.62	10.70	80.348
9	0	0	0	24.68	10.75	80.892
10	-1	-1	0	30.39	8.26	78.462
11	0	0	0	25.63	10.79	80.306
12	0	-1	-1	30.73	11.72	76.874
13	0	-1	1	35.35	9.26	75.086
14	-1	0	1	25.38	10.07	80.744
15	0	0	0	24.61	10.78	80.922
16	1	0	-1	26.82	13.69	78.432
17	0	1	1	25.71	9.24	80.878

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表3 回归模型方差分析

Table 3 Analysis of variance for regression model

差异来源	平方和	均方和	F 值	p 值	显著性
模型	61.98	6.89	89.63	<0.0001	**
A	0.28	0.28	3.67	0.0969	
B	12.35	12.35	160.68	<0.0001	**
C	6.49	6.49	84.53	<0.0001	**
AB	0.25	0.25	3.27	0.1136	
AC	2.7	2.70	35.09	0.0006	**
BC	11.68	11.68	152.05	<0.0001	**
A^2	0.046	0.046	0.60	0.4622	
B^2	9.41	9.41	122.47	<0.0001	**
C^2	17.36	17.36	225.93	<0.0001	**
失拟项	0.086	0.029	0.26	0.8545	
纯误差	0.45	0.11			
总误差	62.52				

注: ** 表示差异极显著($p<0.01$)。

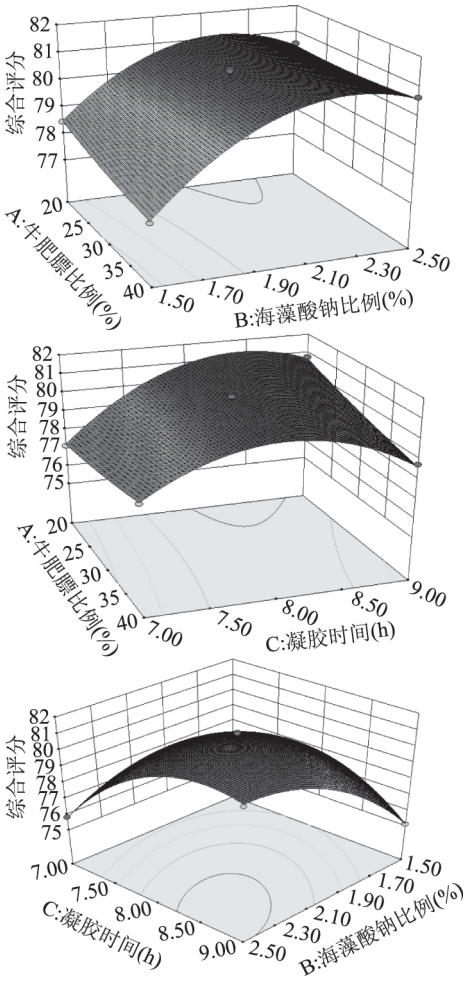

图4 各因素的交互作用对牛排综合评价的影响

Fig.4 Interactons of factors on comprehensive assessment of restructured steak

3 结论

牛肥膘比例、天然海藻酸钠添加量和凝胶时间对重组牛排蒸煮损失率及硬度影响有显著影响。采用响应面法对牛肥膘比例、海藻酸钠比例、凝胶时间进行 Box-Behnken 优化表明,添加牛肥膘能有效地改善重组牛排的质构,提升口感,牛肥膘适宜比例20%;添加海藻酸钠有利于提高牛排的保水性,降低硬度,海藻酸钠适宜比例 2.36%;凝胶时间对重组牛排的影响显著,适宜凝胶时间 8.75 h。在此条件下综合评价为 81.734,产品的保水性明显增强,硬度显著降低。

参考文献

[1] 尚祖萍.重组肉制品的研究进展[J].肉类研究,2010,131(1):23-25.

[2] 丁辉,魏跃胜.鲜洋葱汁对西餐牛扒嫩化工艺效果研究[J].中国调味品,2013,38(7):117-118.

[3] 大菜,Getty,牛排的秘密[J].读者欣赏,2012(7):90-93.

[4] 梁海燕,马俪珍.重组肉制品的研究进展[J].肉类工业,2005(5):284.

[5] Boles J A,Shand P J.Effects of raw binder syetem,meat cut and prior freezing on restructed beef[J].Meat Science,1999,53(4):233-239.

[6] 黄莉,孔保华,江连洲,等.食用胶对重组牛肉加工特性的影响[J].食品科学,2009,30(23):114-118.

[7] 夏亚男,侯丽娟,王颉.牛肉的质构特性研究进展[J].食品研究与开发,2015,36(7):144.

[8] 景慧.羊肉无磷保水剂和粘结剂的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2008.

[9] 张佳敏,张雯,卢晓黎.转谷氨酰胺酶对淡水鱼鱼肉弹性和烹饪损失影响研究[J].四川食品与发酵,2008,44(2):51.

[10] Serrano A, Cofrades S, Jimenez-colmenero F. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured steak steak with added walnuts[J].Food Chemistry,2004,85(3):423-429.

[11] 聂兴龙,张慧旻,陈从贵.谷氨酰胺转氨酶对低脂牛肉凝胶保水性和硬度的影响[J].肉类工业,2007,316(8):20-22.

[12] 唐启义,冯明光.DPS 数据处理系统:实验设计,统计分析及模型优化[M].北京:科学出版社,2006.

[12] 麻海峰,常征,杨光辉.牛肉的营养价值及排酸、速冻工艺研究[J].农业科技与装备,2010(7):34-36.

[14] Thomas R,Anjaneyulu A S R,Kondaiah N.Quality and shelf life evaluation of emulsion and restructured buffalo meat nuggets at cold storage(4±1)℃[J].Meat Science,2006,72(3):373-379.

[15] 刘永安,赵改名,黄现青,等.张建威脂肪添加量对熏煮香肠质构的影响[J].食品与发酵工业,2012,38(6):204-207.

[16] 范素琴,陈鑫炳,张娟娟.海藻酸钠添加方式对肉丸品质的影响[J].肉类工业,2013(9):33-35.

[17] 于功明,孙春禄,王成忠,等.海藻酸钠在低温肉制品中的应用研究[J].肉类研究,2008(3):41-43.

[18] 杨琴,胡国华,马正智.海藻酸钠的复合特性及其在肉制品中的应用研究进展[J].中国食品添加剂,2010(1):164-168.

[19] 李雨露,刘丽萍.提高肉制品保水性方法的研究进展[J].食品工业科技.2012,33(20):398-400.

[20] 熊拯,郭兴凤,谈天.蛋白质-阴离子多糖相互作用研究进展[J].粮食与油脂.2006(10):15-17.

(下转第271页)

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

GMP 分别降低了 4.2 mg/100 g 和 0.09 mg/100 g，I + G总量降低4.29 mg/100 g；水煮 3 h 时 I + G 总量降低了 7.79 mg/100 g。这是由于呈味核苷酸是水溶性物质，能够溶于单环刺蛹汤汁中，但热稳定性差，受热过程中容易降解。柯丽霞[17]等发现香菇菌汤较高温度下作用时间越长，汤汁中 I + G 损失越大。

2.6 不同水煮时间对单环刺蛹汤汁感官评分的影响

由图 3 可知，水煮时间对单环刺蛹汤汁的感官评分影响显著（$p < 0.05$）。水煮 0.5 h 的单环刺蛹汤汁风味最好，且颜色淡黄，汤汁清澈无浑浊，感官评分为 74.17，之后随着水煮时间延长，感官评分略有降低。这可能是因为 0.5 h 汤汁中，小于 1000 u 组分含量（见图 2）和鲜甜味游离氨基酸相对含量（见表 2）最高，且 I + G 含量仅次于 0 h 汤汁，I + G 与谷氨酸共同作用能够明显提升鲜味；而 0 h 汤汁因未经熟制腥味较重，导致感官评分较低；3 h 汤汁可能由于长时间加热使呈现苦味的 2000～5000 u 分子量组分和部分苦味、硫味氨基酸溶出较多（见图 2、表 2），影响感官评分。

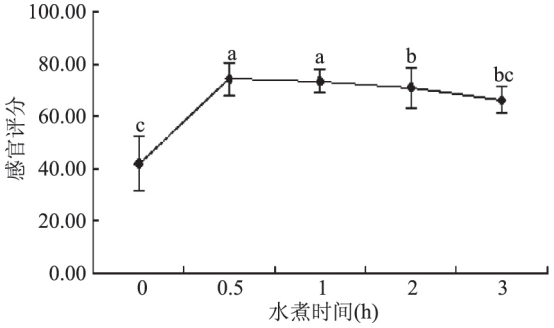

图 3 不同水煮时间对单环刺蛹汤汁的感官评分的影响

Fig.3 Effect of different boiling time on the sensory evaluation of *Urechis unicinctus* soup seasoning

3 结论

单环刺蛹经水煮制成的汤汁调味基料能够很好的保留单环刺蛹的独特海鲜风味，不同的煮制时间导致其营养及呈味物质含量发生变化，煮制 0.5 h 的汤汁保留较多良好的风味物质，呈鲜味明显，煮制 3 h 的汤汁含有较多可溶性蛋白和乳酸。本方法制作的调味基料口感醇厚、鲜味浓郁、营养丰富，可应用于多种方便食品及调味料的生产中，实验结果为相关产品的开发提供了理论参考。

参考文献

[1] 黄志蕙.调味品市场现状、格局及发展潜力[J].中国调味品，2012，37(8)：19-22.

[2] 杨晋，陶宁萍，王锡昌.水产调味料的研究现状和发展趋势[J].食品科技，2006，31(11)：51-54.

[3] 李凤鲁，王玮，周红.黄渤海蠕虫动物（蠕虫动物门）的研究[J].青岛海洋大学学报，1994，24(2)：203-210.

[4] 张添，徐宪菁，潘卫苹.文蛤肉的水解及文蛤调味酱的制备[J].食品科技，2004(4)：46-47.

[5] 刘海梅，王苗苗，左为民，等.单环刺蛹体壁肌酶解工艺参数的研究-动物蛋白水解酶[J].中国调味品，2013，38(9)：69-72.

[6] 上海商品检验局.食品化学分析[M].上海科学技术出版社，1979.

[7] 王静.海参多肽的酶法制备及体外抗氧化性能研究[D].山东：烟台大学，2010.

[8] 辛梅华，李明春，篮心仁，等.反相 HPLC 快速测定调味品中有机酸[J].中国调味品，2003(4)：36-39.

[9] 冯爱军，赵文红，白卫东，等.不同黄酒中有机酸的测定[J].中国酿造，2010(8)：144-146.

[10] 林耀盛，刘学铭，于丰玺，等.30 种酱油中基本成分和呈味核苷酸的高效液相色谱法分析研究[J].中国调味品，2012，37(10)：69-73.

[11] 赵镭，刘文，汪厚银.食品感官评价指标体系建立的一般原则与方法[J].中国食品学报，2008，8(3)：121-124.

[12] 项怡，李洪军，徐明悦，等.甲鱼鸡汤熬煮过程中品质变化研究[J].肉类工业，2015(11)：28-33.

[13] 瞿明勇，张瑞霞，赵思明，等.工艺参数对排骨汤营养特性的影响[J].食品科技，2007(12)：123-126.

[14] 武彦文，欧阳杰.氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J].中国调味品，2001(1)：21-24.

[15] Komata Y. The taste and constituents of foods[J]. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi，1969，3：26.

[16] 何忻，杨荣华.鲜味物质及其在水产调味品中的应用[C]. 食品安全监管与法制建设国际研讨会暨中国食品研究生论坛，2005.

[17] 柯丽霞，宋燕，邓江涛.香菇菌汤呈味核苷酸溶出的熬制工艺优化研究[J].食品科技，2012(1)：85-88.

（上接第 266 页）

[21] 张慧旻.结冷胶与海藻酸钠对低脂猪肉糜凝胶性质的影响[D].合肥：合肥工业大学，2007：11-12.

[22] 郦金龙，赵文婷，苏春元，等.乳化界面上蛋白质-多糖相互作用的研究进展[J].中国食物与营养，2010(12)：31-34.

[23] 王秀娟，张绅生，任云霞，等.海藻酸钠凝胶特性的研究[J].食品工业科技，2008，29(2)：260-262.

[24] 孔保华，马芙俊，刁亚琨.粘结剂使用条件对重组牛肉品质的影响[J].食品科学，2012，33(1)：92-97.

[25] 周悦，李雪峰，姜国川，等.响应面分析法对重组牛肉脯色泽的改善[J].肉类工业，2013(7)：28-30.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net