

苦肠碱法脱苦工艺优化及其对苦肠品质的影响

Optimization of debittering process by alkali method and its effect on the quality of bitter intestine

刘 丽 郇延军 刁欣悦 马 菲

LIU Li HUAN Yan-jun DIAO Xin-yue MA Fei

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:以苦肠为试验材料,通过单因素试验考察了小苏打和苏打添加量、作用温度和作用时间对苦肠脱苦效果的影响,在此基础上采用响应面分析优化小苏打脱苦工艺条件,并研究了脱苦处理对苦肠品质的影响。结果表明,小苏打添加量、作用时间和作用温度对苦肠中胆汁酸的脱除效果具有重要影响。在小苏打添加量为4%,作用时间为40 min,作用温度为40℃的条件下,苦肠中胆汁酸实际脱除率可达40.47%,苦味值可达14.03,与模型预测值接近。经脱苦条件优化后,苦肠中胆汁酸的含量显著降低,口感上无明显苦味。苦肠的水分含量上升,胶原蛋白含量下降,肌纤维断裂,结构疏松。

关键词:苦肠;小苏打;苏打;胆汁酸;脱苦

Abstract: Using bitter intestines as the test material, the effects of the addition amount of baking soda and soda, temperature and time of action on the debittering effect of bitter intestines were investigated through a single factor test. On this basis, response surface analysis was used to optimize the baking soda debittering process conditions. The effect of debittering treatment on the quality of the bitter bowel was studied. The results show that the addition amount of baking soda, the action time and the action temperature have an important effect on the removal of bile acids from the bitter intestine. When the addition amount of baking soda was 4%, the action time was 40 min, and the action temperature was 40℃, the actual removal rate of bile acids from the bitter intestine could reach 40.47%, and the bitterness value can reach 14.03, which was close to the predicted value of the model. After optimizing the debittering conditions, the content of bile acid in the bitter intestine was significantly reduced, and there was no obvious bitter taste in the taste. The water content of the

bitter intestine increases, the collagen content decreases, the muscle fibers are broken, and the structure is loose.

Keywords: bitter intestine; baking soda; soda; bile acid; remove bitterness

苦肠俗称肠皮,是猪小肠洗净刮掉内层油脂、黏膜,取其最外层而得到的具有韧性的一层皮,是猪小肠加工肠衣、肝素钠的副产品,营养丰富,口感劲道,回味苦,是一种高蛋白低脂肪食物,一般用作炒菜、制作苦肠卷等,其具有独特的风味。苦肠的营养价值很高,含有丰富的胶原蛋白。胶原蛋白是一种天然高分子功能性蛋白^[1],在人体皮肤中,可与水结合,能够保水保湿,使皮肤富有弹性,有利于上皮角细胞的增生修复,延缓皮肤的衰老^[2-4],因此,胶原蛋白作为促进组织愈合的伤口敷料^[5]、可降解或可食性胶原膜^[6]、保健食品等被广泛应用于医疗、保健、食品及美容产品等领域^[7-8]。苦肠脂肪含量较低,因此在食用时感觉不太肥腻,随着生活质量的不断提高,人们对于健康的饮食愈发重视,也越来越青睐低脂食品,苦肠的低脂肪含量,使其具有较高的食用价值及巨大的市场潜力。

苦肠中产生苦味的主要成分是胆汁酸。猪小肠在消化吸收时所产生的消化液中含有胆汁,胆汁是由肝细胞产生的具有苦味的有色液体,能促进脂肪消化,其主要的苦味成分是胆汁酸^[9]。胆汁酸随胆汁流入肠道后约有95%被肠壁重新吸收,进行胆汁酸的肝肠循环^[10-11]。由于胆汁酸无法完全被吸收,导致猪小肠中含有残留的胆汁而使猪小肠苦味明显,严重影响猪小肠及其加工产品的食用口感。

目前关于食物苦味的脱除方法有:酶法^[12]、包埋法^[13-14]、微生物发酵法^[15-17]、超声法^[18]、吸附法^[19]等。胆汁中产生苦味的主要成分是胆汁酸,难溶于水,难以用水洗净。目前对于苦肠中苦味物质的脱除方法,国内外

作者简介:刘丽,女,江南大学在读硕士研究生。

通信作者:郇延军(1963—),男,江南大学副教授,工学博士。

E-mail: huanyanjuan@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2020-07-14

并未见相关报道。针对苦肠中的苦味成分胆汁酸的化学结构特征,研究拟从分子水平进行探讨,利用小苏打、苏打与胆汁酸发生反应以及胶原蛋白在碱性条件下的溶胀作用,通过单因素试验和 Box-Behnken 响应面分析探索小苏打和苏打添加量、作用时间、作用温度对苦肠脱苦效果的影响,旨在优化得出适宜于生产推广的苦肠碱法脱苦最优工艺条件,以期为苦肠的综合利用提供参考,进一步指导生产应用。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

苦肠:南通天龙畜产品有限公司;
小苏打、苏打:食品级,吉林省杞参食品有限公司;
猪总胆汁酸试剂盒:武汉纯度生物公司。

1.2 主要仪器设备

恒温水浴锅:HH-S 型,郑州长城科工贸有限公司;
离心机:SIGMA2-16K 型,德国西格玛公司;
酶标仪:BioTek Synergyh1 型,美国 Biotek 公司;
智能化培养箱:SPX 型,南京金恒实验仪器厂;
均质器:VOSHIN-600R 型,无锡沃信仪器有限公司;
扫描电子显微镜:su1510 型,日本日立株式会社。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备 挑选苦肠原料,剔除可见的脂肪、黏沫等杂质,用水清洗至水澄清,沥干水分,切成 1~2 cm 的小段,准确称取 20 g 苦肠,按照一定比例添加小苏打或苏打揉搓混匀,在一定温度下脱苦处理一定时间后,用清水按照肠水比($m_{\text{苦肠}}:V_{\text{水}}$)1:5 (g/mL)的比例进行揉搓,冲洗 5 次,以去除多余的小苏打或苏打,沥干后即得待测的苦肠样品。

1.3.2 单因素试验设计

(1) 小苏打添加量:分别取小苏打添加量为 1%,2%,3%,4%,5%,6%,在作用时间 50 min,作用温度 20 ℃ 的条件下进行脱苦处理,以胆汁酸脱除率和苦味值为评价指标,研究小苏打添加量对脱苦效果的影响。

苏打添加量:分别取苏打添加量为 0.1%,0.2%,0.3%,0.4%,0.5%,0.6%,在作用时间 50 min,作用温度 20 ℃ 的条件下进行脱苦处理,以胆汁酸脱除率和苦味值为评价指标,研究苏打添加量对脱苦效果的影响。

(2) 小苏打作用时间:在小苏打添加量为 5%,作用温度为 20 ℃ 的条件下,分别作用 10,20,30,40,50,60 min,以胆汁酸脱除率和苦味值为评价指标,研究小苏打作用时间对脱苦效果的影响。

(3) 小苏打作用温度:选择作用温度 10,20,30,40,50,60 ℃,小苏打添加量为 5%,作用时间为 50 min,以胆汁酸脱苦率和苦味值为评价指标,研究小苏打作用温度对脱苦效果的影响。

1.3.3 响应面分析试验 根据 Box-Behnken 试验设计原理,以添加量、作用时间和作用温度为自变量,以胆汁酸脱除率和苦味值为响应值,对苦肠的脱苦工艺进行优化,并进行验证实验。

1.3.4 相关指标的测定

(1) 胆汁酸含量:采用 ELISE 酶联免疫法^[20]。测得胆汁酸标准曲线如图 1 所示,标准曲线方程为 $Y = 0.089\ 6X + 0.011\ 9, R^2 = 0.999$ 。

胆汁酸脱苦率计算公式为:

$$D = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%, \tag{1}$$

式中:

D ——脱苦率,%;

C_0 ——苦肠中胆汁酸含量, $\mu\text{mol/g}$;

C_1 ——脱苦后苦肠中胆汁酸含量, $\mu\text{mol/g}$ 。

(2) 感官评定:挑选 10 名(5 男 5 女)经过培训的人员组成评定小组,严格根据表 1 感官评定标准进行脱苦前后苦肠的感官评价,以 100 分记。

(3) 微观结构:参照 Birna 等^[21]的方法。

1.3.5 数据分析 每个试验设 3 个平行,结果取平均值。采用 Design-expert 8.0.6 统计软件进行响应面试验结果分析。采用 OriginPro 8.5 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 添加量对脱苦率和苦味值的影响 由图 2、3 可以

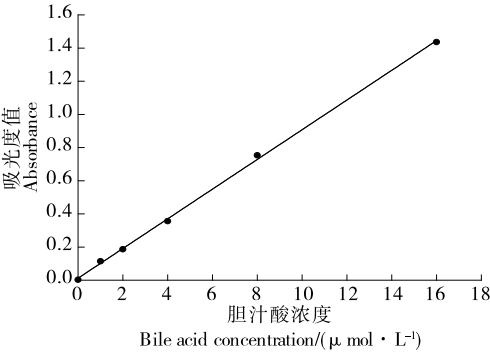


图 1 标准曲线图

Figure 1 Standard curve

表 1 感官评定标准表

Table1 The sensory evaluation standard		
序号	苦味程度	分值
1	无苦味	0
2	略有苦味	20
3	苦味较弱	40
4	苦味一般	60
5	苦味较重	80
6	苦味极重	100

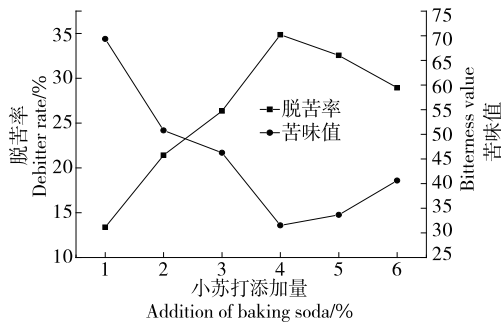


图2 小苏打添加量对脱苦率和苦味值的影响

Figure 2 Effect of the amount of baking soda on debittering rate and bitterness value

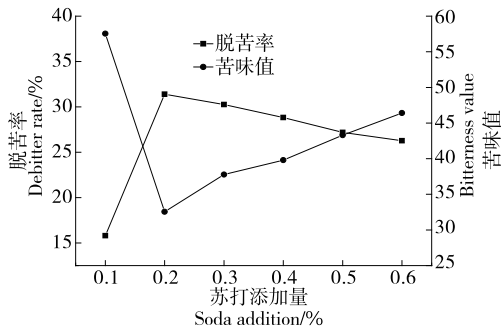


图3 苏打添加量对脱苦率和苦味值的影响

Figure 3 Effect of the amount of soda on debittering rate and bitterness value

看出,在一定范围内,当增加小苏打、苏打的添加量时,会使得脱苦率发生改变,并呈增大的趋势,但是添加小苏打、苏打达到一定的值时,脱苦率达到最大,之后随着小苏打、苏打添加量的增多,脱苦率呈下降趋势。感官评定表明,当小苏打添加量为4%、苏打添加量为0.2%时,苦肠苦味较淡;继续增加小苏打、苏打添加量,苦肠的苦味逐渐增加。随着小苏打、苏打的添加,酸碱发生反应,使得脱苦率下降,苦味值降低,当碱添加过多,可能由于胶原蛋白变性形成凝胶,抑制了分子流动速率,反应速度下降,导致脱苦率下降,苦味值上升。综合考虑脱苦率和感官评定结果,选择小苏打的添加量为3%~5%进行后续研究。

2.1.2 作用时间对脱苦率和苦味值的影响 由图4可知,小苏打对苦肠中胆汁酸的脱除率随碱作用时间的延长而逐渐改变。胆汁酸的脱除率随时间的延长而逐渐增加,当作用时间达到一定值时,胆汁酸的脱除率随时间的延长而趋于稳定。感官评定表明,当小苏打作用时间达到40 min时,品尝脱苦后的苦肠口感上已无明显苦味。作用时间过短,碱与胆汁酸无法充分反应,达到最佳的脱苦效果,当反应充分后,继续增加时间,其反应不再进行,脱苦率、感官评定也趋于稳定。综合考虑脱苦率和感官评定结果,确定以30~50 min作为脱苦作用时间进行后续研究。

2.1.3 作用温度对脱苦率和苦味值的影响 由图5可

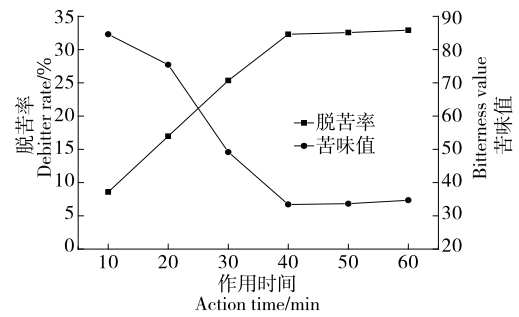


图4 小苏打作用时间对脱苦率和苦味值的影响

Figure 4 Effect of baking soda action time on debittering rate and bitterness value

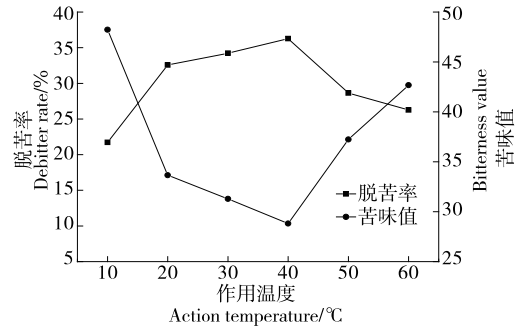


图5 小苏打作用温度对脱苦率和苦味值的影响

Figure 5 Effect of baking soda temperature on debittering rate and bitterness value

知,当作用温度低时,苦肠中胆汁酸的脱除率随温度的增加而逐渐增加,当温度大于一定值后,脱除率出现下降的趋势。感官评定表明,当小苏打作用温度达到40℃时,品尝脱苦后的苦肠苦味较淡,但随着作用温度的增加,苦肠的苦味逐渐增加。这可能是由于随着温度的升高,反应速度逐渐增大,脱苦率逐渐增大,温度继续升高,蛋白质受热发生变性,螺旋结构逐渐打开成链,蛋白质分子之间的交联度增加,形成网络结构,抑制了反应的进行^[22]。综合考虑脱苦率和感官评定结果,确定以30~50℃的作用温度进行后续研究。

2.2 响应面优化分析

2.2.1 苦肠脱苦工艺参数优化 根据单因素试验结果,以脱苦率和感官评分为响应值,进行响应面试验设计,设计因素水平如表2所示,试验设计及结果如表3所示。

2.2.2 模型方差分析 通过软件分析得到脱苦率的回归方程为:

$$Y_1 = 40.23 - 1.29A + 2.52B - 0.057C + 0.77AB - 2.13AC - 1.13BC - 4.81A^2 - 3.74B^2 - 3.98C^2. \quad (2)$$

苦味值的回归方程为:

$$Y_2 = 17.56 + 1.74A - 13.37B - 0.94C - 1.31AB + 3.67AC - 2.10BC + 7.18A^2 + 9.57B^2 + 11.51C^2. \quad (3)$$

由表4、5可知,脱苦率、苦味值2个模型P值均小于0.01,故该试验方案采用的二次多项模型有着极高的显著

表 2 响应面试验因素水平表

Table 2 Factors and levels of response surface methodology

水平	A 小苏打添加量/%	B 作用温度/℃	C 作用时间/min
—1	3	30	30
0	4	40	40
1	5	50	50

表 3 响应面试验设计及结果

Table 3 Design and results of response surface experiment

编号	A	B	C	脱苦率/%	苦味值
1	1	0	—1	32.22	35.12
2	0	—1	—1	29.10	52.37
3	—1	—1	0	31.01	44.86
4	—1	0	—1	30.67	37.37
5	1	—1	0	27.05	49.34
6	0	—1	1	31.14	52.83
7	0	1	—1	36.16	28.67
8	—1	1	0	34.78	21.89
9	1	0	1	27.95	42.47
10	0	1	1	33.67	20.71
11	1	1	0	33.88	21.14
12	—1	0	1	34.93	30.03
13	0	0	0	39.41	16.82
14	0	0	0	40.61	18.64
15	0	0	0	40.59	18.13
16	0	0	0	40.49	17.68
17	0	0	0	40.05	16.52

性;各模型失拟项 P 值分别为 0.861 3 和 0.052 9,表明其结果不显著,有较好的模型拟合度;各模型的 R^2 均接近 1,表明试验数据与模型有良好的拟合度^[23],可以用回归方程表达真实值进行分析^[24]。

2.2.3 响应曲面分析

(1) 脱苦率响应面分析:由图 6 可知,添加量、作用温度和作用时间对脱苦率影响较为明显,交互项 AB、AC、BC 对脱苦率的影响均极显著($P<0.01$)。

(2) 感官评定响应面分析:由图 7 可知,添加量、作用温度和作用时间对苦味值影响较为明显,交互项 AC、BC 对苦味值的影响极显著($P<0.01$),交互项 BC 对苦味值的影响显著($P<0.05$)。

2.2.4 最佳工艺参数的优化及验证 综合脱苦率和苦味值参考指标,通过 Design-expert 8.0.6 软件确定最终的脱苦参数为:小苏打添加量 3.91%,作用时间 40.2 min,作用温度 45 ℃。考虑到实际生产,将参数修整为小苏打添加量 4%,作用时间 40 min,作用温度 40 ℃。采用上述参数进行 3 次验证实验,其平均脱苦率为 40.47%,感官评定

表 4 回归模型方差分析(以脱苦率为响应值)[†]

Table 4 Variance analysis of the regression model

(Debittering rate as response value)						
方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	338.46	9	37.61	212.54	<0.000 1	* *
A	13.24	1	13.24	74.79	<0.000 1	* *
B	50.95	1	50.95	287.94	<0.000 1	* *
C	0.03	1	0.03	0.15	0.710 5	
AB	2.34	1	2.34	13.23	0.008 3	* *
AC	18.19	1	18.19	102.79	<0.000 1	* *
BC	5.13	1	5.13	28.99	0.001 0	* *
A ²	97.52	1	97.52	551.06	<0.000 1	* *
B ²	58.82	1	58.82	332.37	<0.000 1	* *
C ²	66.53	1	66.53	375.95	<0.000 1	* *
残差	1.24	7	0.18			
失拟项	0.19	3	0.06	0.25	0.861 3	
净误差	1.05	4	0.26			
总和	339.75	16				

† * : $P<0.05$,表示显著;* *: $P<0.01$,表示极显著。

表 5 回归模型方差分析(以感官评定为响应值)[†]

Table 5 Variance analysis of the regression model

(Sensory evaluation as response value)						
方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	2 831.38	9	314.60	121.64	<0.000 1	* *
A	24.22	1	24.22	9.37	0.018 3	*
B	1 430.86	1	1 430.86	553.24	<0.000 1	* *
C	7.01	1	7.01	2.71	0.143 6	
AB	6.84	1	6.84	2.64	0.148 0	
AC	53.95	1	53.95	20.86	0.002 6	* *
BC	17.72	1	17.72	6.85	0.034 5	*
A ²	216.82	1	216.82	83.83	<0.000 1	* *
B ²	385.90	1	385.90	149.21	<0.000 1	* *
C ²	558.15	1	558.15	215.81	<0.000 1	* *
残差	18.10	7	2.59			
失拟项	14.97	3	4.99	6.37	0.052 9	
净误差	3.13	4	0.78			
总和	2 849.49	16				

† * : $P<0.05$,表示显著;* *: $P<0.01$,表示极显著。

为 14.03。进而证明响应面优化模型预测值较为可靠。

2.3 脱苦处理对苦肠成分的影响

从表 6 可以看出,苦肠经碱法脱苦处理,水分含量由 80.74% 上升到 84.19%,蛋白质、胶原蛋白、脂肪含量略有下降,因此苦肠的碱法脱苦对苦肠成分的影响不大。

2.4 脱苦处理对苦肠微观结构的影响

由图 8 可知,未处理的苦肠纤维紧密严实,表面平整

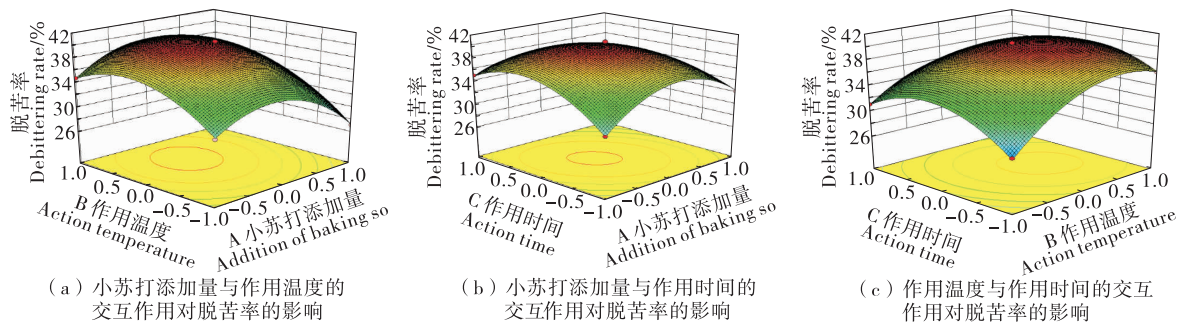


图 6 三因素对脱苦率影响的响应曲面

Figure 6 Effect of three factors on the response surface of debittering rate

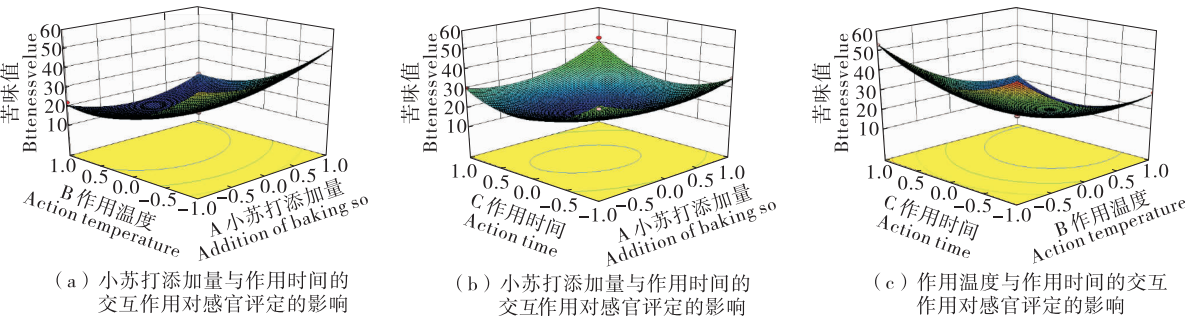


图 7 三因素对感官评定影响的响应曲面

Figure 7 Effect of three factors on the response surface of sensory evaluation

表 6 脱苦前后苦肠成分的变化

Table 6 Changes in the composition of bitter intestines before and after debittering %

样品	水分	蛋白质	胶原蛋白	脂肪
未处理	80.74±0.02	14.74±0.03	8.58±0.03	0.81±0.02
脱苦后	84.19±0.02	14.06±0.02	8.22±0.01	0.57±0.03

中胆汁酸含量显著降低,口感上无明显苦味,对营养成分的破坏性小,可以被消费者接受,弥补了苦肠脱苦方法的空白。试验进行了苦肠碱法脱苦的研究,未能探索在脱苦过程中苦肠加工物性的变化,后续研究将探讨碱法处理对苦肠加工物性的影响。

参考文献

[1] 秦晓佩,束俊霞. 猪蹄胶原蛋白的营养价值及应用研究[J]. 现代食品, 2018(7): 46-49.

[2] 王培培. 藤椒风味猪皮香肠的加工[J]. 现代食品, 2018(17): 52-55.

[3] 苏伟,文飞,王瑜,等. 魔芋胶不同添加量与猪皮胶交互作用的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(23): 130-134.

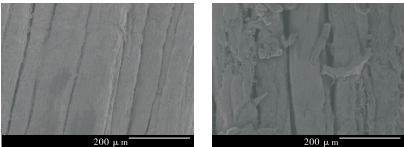
[4] 孙红光. 乳化猪皮在肉制品中的应用[J]. 肉类工业, 2016(3): 18-19.

[5] MYTHILI T, MORGANE B, BERNARD V, et al. Drug loaded composite oxidized pectin and gelatin networks for accelerated wound healing[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2016, 505(1/2): 234-245.

[6] DANIEL L, ALEX M, MARLEN G, et al. Edible film with antioxidant capacity based on salmon gelatin and boldine[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 77: 160-169.

[7] 杨平,徐昕,许青,等. 超声对鱼鳞胶原蛋白结构和功能特性的影响[J]. 食品工业, 2019, 40(6): 162-165.

[8] 宋乐,王英丽,吉日木图. 骆驼掌胶原蛋白提取工艺优化与



(a) 未处理组 (b) 碳酸氢钠处理组

图 8 脱苦处理对苦肠微观结构的影响

Figure 8 The effect of different alkaline substances on the microstructure of bitter intestines

光滑,没有裂缝和空洞。经小苏打脱苦处理后肌原纤维出现变化,纤维之间空洞变大,肌束膜溶解,肌纤维出现了断裂,空间和结构变得疏松,肌束变得更加混乱^[25]。

3 结论

通过单因素试验研究了小苏打和苏打对苦肠脱苦效果的影响,通过响应面分析确定了小苏打对苦肠的最佳脱苦工艺条件为:小苏打添加量 4%,作用时间 40 min,作用温度 40 ℃,此条件下苦肠脱苦率达 40.47%,苦味值由 89.16 降低到 14.03。经过优选的脱苦工艺处理后,苦肠

- 性能分析[J]. 食品工业科技, 2020, 41(4): 127-132.
- [9] 王朋, 林森, 吴德, 等. 胆汁酸的营养生理作用及代谢调控研究进展[J]. 动物营养学报, 2019, 31(5): 2 002-2 011.
- [10] 温芳, 姚映芒, 张晓东. 从胆汁酸肝肠循环角度探讨中药降血脂的机理[J]. 时珍国医国药, 2018, 29(11): 2 718-2 720.
- [11] 袁帅, 赵文静, 旺建伟. 猪胆的药理作用和临床应用研究进展[J]. 中医药学报, 2014, 42(3): 166-168.
- [12] 肖仔君, 文淑仪, 唐辉, 等. 响应面优化柚皮苷酶对长坝柚汁的脱苦工艺[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(22): 5-9.
- [13] 侯方丽, 龚玉石, 徐金瑞. 稳定型 β -环糊精脱苦凉茶的工艺优化[J]. 食品工业, 2017, 38(6): 9-12.
- [14] 胡炜, 张吉, 刘鑫, 等. 利用 β -环状糊精脱除大米蛋白肽苦味研究[J]. 检验检疫学刊, 2018, 28(6): 29-32.
- [15] 张月婷. 乳杆菌发酵脱除柚子柚皮苷的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015: 27-40.
- [16] WANG Zheng-quan, CUI Yun-yun, LIU Peng-yang, et al. Small peptides isolated from enzymatic hydrolyzate of fermented soybean meal promote endothelium-independent vasorelaxation and ACE inhibition [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2017, 65(50): 10 844-10 850.
- [17] CHI Chun-hua, CHO Seong-jun. Improvement of bioactivity of soybean meal by solid-state fermentation with *Bacillus amyloliquefaciens* versus *Lactobacillus* spp. and *Saccharomyces cerevisiae* [J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 68: 619-625.
- [18] 张宇, 张馨允, 范学辉, 等. 苦杏仁超声辅助快速脱苦工艺优化[J]. 食品与机械, 2018, 34(12): 189-194.
- [19] 高佳, 朱永清, 贺红宇, 等. 鲜榨柠檬汁大孔树脂脱苦工艺的优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 191-195.
- [20] 邓阳, 屈玲, 颜苗, 等. 多种胆汁酸测定方法研究进展[J]. 湖南中医杂志, 2013, 29(12): 169-171.
- [21] BIRNA G, ASBJORN J, HANNES H, et al. Effect of high-pressure processing on *Listeria* spp. and on the textural and microstructural properties of cold smoked salmon[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 43(2): 366-374.
- [22] 王雅菲, 祁立波, 白帆, 等. 熬胶工艺对鲟鱼鱼皮胶冻品质的影响[J]. 中国食品学报, 2019, 19(9): 137-146.
- [23] WU Yu, STEVE W C, TANG Jian, et al. Optimization of extraction process of crude polysaccharides from boat-fruited sterculia seeds by response surface methodology[J]. Journal of Food Chemistry, 2007, 105(4): 1 599-1 605.
- [24] 薛菁, 张海生, 薛婉瑞, 等. 响应面优化苦杏仁油碱炼脱酸工艺的研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(3): 6-10.
- [25] SUN Yang-ying, LI Xuan, PAN Dao-dong, et al. The effect of CaCl_2 marination on the tenderizing pathway of goose meat during conditioning[J]. Food Research International, 2017, 102: 487-492.
-
- (上接第 55 页)
- [4] GOVINDAN K, SEURING S, ZHU Qing-hua, et al. Embedding sustainability dynamics in supply chain relationship management and governance structures [J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 59: 1-2.
- [5] 汪传旭. 需求预测和供应链协调对长鞭效应的影响分析[J]. 系统工程学报, 2005(3): 266-272.
- [6] 王冀宁, 吴雪琴, 郭冲, 等. 我国食品安全物流环节透明度实证研究: 基于 31 个省份 151 家食品物流企业的采样调查[J]. 科技管理研究, 2018(23): 219-227.
- [7] ANTLE J M. Economic analysis of food safety[J]. Handbook of Agricultural Economics, 2001(1): 1 083-1 136.
- [8] ALBERT Y H, TONG Shi-lu, ZHANG Hong-tao. Sharing demand information in competing supply chains with production diseconomies [J]. Management Science, 2011(3): 566-581.
- [9] 刘浩, 冯耕中, 蒋炜, 等. 需求信息扭曲条件下供应链成员运营决策研究[J]. 中国管理科学, 2018(4): 11-21.
- [10] OUARDIGHI F E, ERICKSON G. Production capacity buildup and double marginalization mitigation in a dynamic supply chain[J]. Journal of the Operational Research Society, 2015(8): 1 281-1 296.
- [11] PASTORE E, ALFIERI A, ZOTTERI G, et al. The impact of demand parameter uncertainty on the bullwhip effect[J]. European Journal of Operational Research, 2020(1): 94-107.
- [12] 贺超, 杨丽丽. 产品全生命周期闭环供应链信息共享平台研究[J]. 管理现代化, 2019(1): 92-95.
- [13] 刘永礼, 侯庆丰. 基于网络拓扑的生鲜食品供应链管理的无线传感器网络设计[J]. 食品与机械, 2020, 36(1): 166-170.
- [14] 王冀宁, 王倩, 陈庭强. 供应链网络视角下食品安全风险管理研究[J]. 中国调味品, 2019(12): 167-171.
- [15] 尹相荣, 洪岚, 王珍. 网络平台交易情境下的食品安全监管: 基于协同监管和信息共享的新型模式[J]. 当代经济管理, 2020(6): 1-11.
- [16] 潘文军, 王健. 食品安全问题研究: 基于供应链网络视角[J]. 中国科技论坛, 2014(9): 155-160.
- [17] 吉丽颖. 法经济学视角下中国食品安全事件的规制维度[J]. 食品与机械, 2018, 34(12): 63-66.
- [18] 戴勇. 食品安全社会共治模式研究: 供应链可持续治理的视角[J]. 社会科学, 2017(6): 47-58.
- [19] 安永康. 以资源为基础的多元合作“监督空间”构建: 以我国食品安全领域为例[J]. 浙江学刊, 2019(5): 103-114.
- [20] 卢江. 对我国食品安全重大风险早期识别与快速预警机制建设的思考[J]. 中国食品卫生杂志, 2020(2): 113-117.