

回锅肉工业化生产参数优化研究

邓楷¹, 黄静¹, 罗丹¹, 卢付青¹, 游敬刚¹, 黄利春²

(1. 四川省食品发酵工业研究设计院, 成都 611130; 2. 成都医学院, 成都 610500)

摘要:以猪肉、郫县豆瓣为主要原料, 色泽、香气、滋味、质地为感官考核指标, 通过响应面分析对比肉片厚度、炒制时间、炒制温度对工业化生产的回锅肉口感的影响, 确定工业化回锅肉最优的炒制参数。结果表明: 肉片厚度 4 mm、炒制时间 150 s、温度 168 °C 是工业化自动炒制回锅肉的最佳工艺参数, 此时感官评分最高。

关键词:回锅肉; 工业化; 响应面; 感官评价

中图分类号: TS201.1

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2019.10.014

文章编号: 1000-9973(2019)10-0063-05

Study on Optimization of Industrial Production Parameters of Twice-cooked Pork Slices

DENG Kai¹, HUANG Jing¹, LUO Dan¹, LU Fu-qing¹,

YOU Jing-gang¹, HUANG Li-chun²

(1. Sichuan Academy of Food Fermentation Industry, Chengdu 611130, China;

2. Chengdu Medical College, Chengdu 610500, China)

Abstract: With pork and Pixian bean paste as the main raw materials, the color, aroma, taste and texture as the sensory evaluation indicators, the effects of slice thickness, stir-frying time and stir-frying temperature on the taste of industrialized twice-cooked pork slices are compared by response surface analysis, and the optimal stir-frying parameters of industrialized twice-cooked pork slices are determined. The results show that the thickness of meat slices of 4 mm, the frying time of 150 s and the temperature of 168 °C are the best technological parameters for industrialized twice-cooked pork slices, with the highest sensory score.

Key words: twice-cooked pork slices; industrialization; response surface; sensory evaluation

回锅肉(twice-cooked pork slices), 是四川传统菜肴, 制作原料主要有猪肉、郫县豆瓣、青椒、蒜苗等, 口味独特, 色泽红亮, 肥而不腻, 入口浓香, 四川大部分家庭都会炒制^[1]。所谓回锅, 就是再次烹调的意思。回锅肉在川菜中的地位是非常重要的, 回锅肉一直被认为是川菜之首, 川菜之化身, 提到川菜必然想到回锅肉。

中华美食色、香、味俱全, 闻名中外, 中式菜肴烹饪技术种类繁多, 包括炸、炒、煎、炖等。食物由生变熟, 全仗火候, 但火候常常仅凭烹调者的经验去运用, 一般烹饪者很难理解。传统中式菜肴菜色丰富, 菜品都是通过主料、辅料的搭配再加以调味而成的, 正所谓是

“一菜一格, 百菜百味”^[2]。因此, 将变化万千的中式菜肴发展为快捷、卫生、营养的方便食品具有一定的市场需求, 但与此同时也提高了中国传统菜肴方便食品的生产难度^[3]。

中式菜肴的工业化受限于烹调方式。在烹调方式上, 西方采用机器操作进行标准化生产, 要求营养、方便、快捷。由于中国传统食品历史源远流长, 受自然环境和人文社会的影响, 给传统食品以除实物本身以外的无形价值, 并具有良好的风味性、营养性、保健性和安全性, 实现其工业化生产具有重要的意义。传统食品要取得快速发展必须走工业化和现代化之路, 要引进现代食品加工的理念, 赋予现代食品加工的技术, 只

收稿日期: 2019-04-05

基金项目: 2018-2019 四川省技术改造与转型升级资金专项资金农产品深加工项目; 2019-2021 四川省科技厅重点研发项目(2019YFN0018)

作者简介: 邓楷(1986-), 男, 四川成都人, 工程师, 硕士, 研究方向: 农产品加工。

有在此基础上,传统食品的发展才能规模化、产业化^[4]。

本文在传统工艺的基础上,采用机械化、自动化的炒菜机进行回锅肉烹饪,研究了影响口感的3个主要因素(炒制时间、炒制温度、肉片厚度)作为研究对象,通过单因素试验和响应面设计得出了机械化炒菜机的烹饪初步参数,为后期规模化生产回锅肉方便食品提供了部分数据支持。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

五花肉、郫县豆瓣、豆豉、生姜、花椒、辣椒粉、料酒、白糖、冰糖、鸡精、淀粉;购于温江永辉超市。

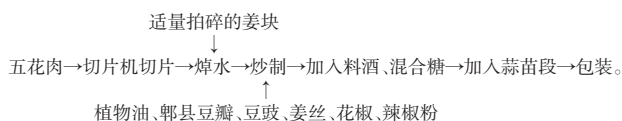
1.2 仪器与设备

ESJ200-4A 电子天平 沈阳龙腾电子有限公司;
32型圆刀自动切片机 唐山市玉田县鑫瑞诚机械厂;
DZ500/2SBII 真空包装机 浙江葆春包装机械有限公司;
RC-CCJ700 自动炒菜机 东莞市麦席森电子有限公司;
SC-360Y 冷藏柜 青岛澳柯玛股份有限公司;
JJZY-OC 集成灶 嵊州市欧诚电器有限公司; TMS-PRO 质构仪 美国 FTC 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程及操作要点

1.3.1.1 工艺流程



1.3.1.2 操作要点

a. 原料要求

猪肉需采用健康生猪,屠宰前后经过严格检验,保藏时间最好不超过6个月;植物油采用气味正常、澄清透明的精制食用菜籽油;豆瓣采用红油豆瓣酱,盐分在14%左右;蒜、姜应新鲜、无霉烂;食盐要求无杂质,氯化钠含量在98.5%以上;白糖采用精制白糖,干燥,无杂质,纯度在99%以上。

b. 解冻、修整、切片

肉原料平放在解冻平台上进行轻微解冻,解冻温度控制在15~20℃;解冻好后进行切片。

c. 焯水

在锅中加入约3倍生肉重量的水,加入姜、花椒等,然后将一定重量的生肉块放入锅中,预煮4 min左右。

d. 炒制

将称好的植物油加入锅中,加热至140~200℃,去除异味,放入切好的猪肉片,小火煎至肉片透明,再加入搅拌均匀的豆瓣酱、香辛料等,小火炒制,至锅中香气四溢,加入称好的配菜,大火爆炒,最后加入糖、味精等调料,搅拌均匀起锅包装。

1.3.2 试验设计

1.3.2.1 单因素试验

根据原始配方数据已经做了多次基础试验,确定了最优配方数据。工艺流程中,对最终产品的感官品质影响最大的因素为肉片厚度、炒制时间、炒制温度,因此本次试验选取了该3种因素——肉片厚度、炒肉时间(肉片入锅至加入其他辅料前的时间)、炒制温度进行试验。经预试验,确定各个单因素的试验范围,通过对上述单因素试验考察明确各因素的最佳作用范围,为回锅肉工艺参数响应面试验提供了数据。

a. 肉片厚度的选择

按照1.3.1.1中所展示的工艺流程进行试验,肉片厚度分别控制为1,2,3,4,5,6 mm,炒肉时间为120 s,温度为170℃,对最终所得产品进行感官评价。

b. 炒肉时间的选择

按照1.3.1.1中所展示的工艺流程进行试验,肉片厚度为4 mm,炒肉时间分别为105,120,135,150,165,180 s,温度为170℃,对最终得到的产品进行感官评价。

c. 温度的选择

按照1.3.1.1中所展示的工艺流程进行试验,肉片厚度为4 mm,炒肉时间为120 s,温度分别为120,140,155,170,185,200℃,对最终得到的产品进行感官评价。

1.3.2.2 响应面试验设计

在单因素试验的基础上,利用Design-Expert 8.0软件进行Box-Behnken Design响应面优化设计,以感官评价得分为响应值,以肉片厚度、炒肉时间、温度为因变量,设计三因素三水平响应面分析试验,试验因素水平见表1。

表1 响应面试验因素与水平

Table 1 Factors and the levels of response surface experiment

因素	水平		
	-1	0	1
A 肉片厚度(mm)	2	4	6
B 炒肉时间(s)	120	150	180
C 温度(℃)	140	170	200

1.3.3 感官评价方法

感官评价是用于唤起、测量、分析和解释产品通过视觉、嗅觉、触觉、味觉和听觉所引起反应的一种科学方法。该定义已被各类专业组织中感官评价委员会所接受和认可。本试验感官评定标准参考NY/T 1330—2007《绿色食品 方便主食品》和GB 2726—2016《食品安全国家标准 熟肉制品》中对感官的规定^[5,6]。

邀请10名有相关食品感官评定经验的评定人员,对最终炒制完成的成品从色泽、香味、滋味、质地4个主要方面进行评定,取每位评定人员评定3份样品的分数后得出平均分,再经过讨论分析,得到试验结果,评分标准见表2。

表2 感官评分标准
Table 2 Sensory scoring criteria

项目	评分标准	分值(分)
色泽(25分)	色泽均匀,光泽饱满	20~25
	色泽均匀,光泽暗淡	15~20
	色泽不均匀,光泽暗淡	10~15
香味(20分)	无异味,有浓郁的回锅肉香味	15~20
	无异味,有一定的回锅肉香味	10~15
	有异味,回锅肉香味很淡或无香味	5~10
滋味(30分)	咸甜适宜,油而不腻,带有独特的回锅肉口感	25~30
	过咸或过甜,稍有回锅肉风味	20~25
	口味偏淡,无回锅肉独特风味	15~20
质地(25分)	肉质合适,无油腻感	20~25
	肉质合适,油腻感较大	15~20
	肉质偏干,油腻感很大	10~15

1.3.4 对比试验

使用感官评定法与质地多面剖析法相结合,将从3家知名餐馆购买的优质成品回锅肉与自动炒菜机炒制的成品作对比,比较两者之间的异同。

1.3.5 质构仪测定方法

1.3.5.1 样品的处理

将肉片剪成2 cm左右的方片,蒜苗剪成2 cm的段,用质构仪进行测定

1.3.5.2 测定参数的设置

试验以硬度、咀嚼性、内聚性、弹性和黏附性为测量指标,采用TPA模式进行测定,具体测定条件为:采用直径36 mm的铝合金圆柱检测探头;最大力量感应量程:500 N;最小起始力:0.75 N;形变百分率:40%;探头回到表面高度:20 mm;检测速率:0.5 mm/s^[7-9]。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 肉片厚度的影响

在炒肉时间为120 s、温度为170 °C的条件下,不同肉片厚度对成品感官评分的影响见图1。

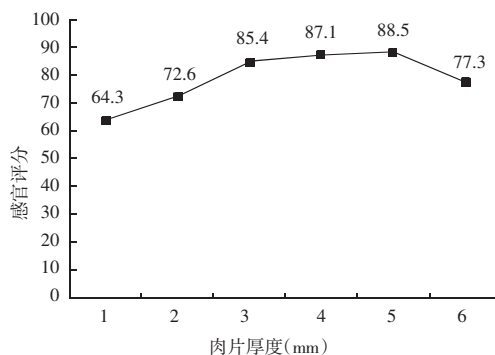


图1 肉片厚度对感官评分的影响

Fig. 1 Effect of meat slices' thickness on sensory score

由图1可知,随着肉片厚度的增加,感官评分先升高后降低,在肉片厚度为4 mm左右时评分最高,太薄肉质偏干,太厚油腻感较大,因此选择2,4,6 mm的厚

度进行响应面分析

2.1.2 炒肉时间的影响

在肉片厚度为4 mm、温度为170 °C的条件下,不同炒肉时间对成品感官评分的影响见图2。

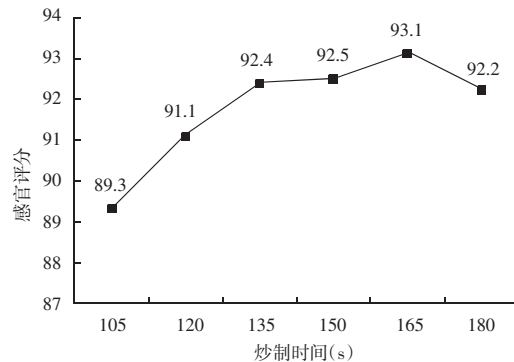


图2 炒肉时间对感官评分的影响

Fig. 2 Effect of frying time on sensory score

由图2可知,随着炒肉时间的增加,感官评分先升高后降低,在150 s左右时评分最高,时间短肉中脂肪大部分没有炒出,油腻感较大,时间长则将肉炒得过干,口感差,因此选择120,150,180 s的炒肉时间进行响应面分析

2.1.3 温度的影响

在肉片厚度为4 mm,炒肉时间为150 s的条件下,不同温度对成品感官评分的影响见图3。

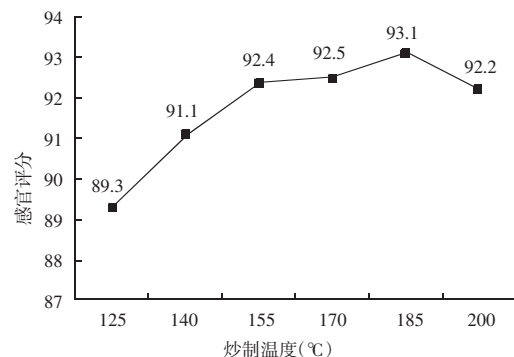


图3 温度对感官评分的影响

Fig. 3 Effect of frying temperature on sensory score

由图3可知,当温度在140~200 °C之间时,感官评分差别较小,低于140 °C炒制的样品评分最低,可能是因为温度不足导致炒制过程中香味物质没有大量产生;温度大于200 °C时又出现了少量糊锅的现象,导致感官品质下降。综上,响应面分析的温度设置为140,170,200 °C。

2.2 响应面设计试验结果与分析

2.2.1 模型的建立与分析

利用Design-Expert 8.0软件的Box-Behnken设计三因素三水平共15组试验,其中1~12组为析因试验,13~15组为中心试验,用来估计试验误差,以肉片

厚度、炒肉时间、温度为相应变量,感官评分为响应值,进行响应面试验,结果见表 3。

表 3 响应面分析方案及试验结果
Table 3 Response surface analysis scheme and test results

编号	A 肉片厚度(mm)	B 炒肉时间(s)	C 温度(°C)	感官得分
1	-1	-1	0	70
2	1	-1	0	67
3	-1	1	0	63
4	1	1	0	71
5	-1	0	-1	78
6	1	0	-1	69
7	-1	0	1	75
8	1	0	1	72
9	0	-1	-1	81
10	0	1	-1	89
11	0	-1	1	87
12	0	1	1	80
13	0	0	0	97
14	0	0	0	95
15	0	0	0	96

对表 3 中试验数据进行多元回归拟合,得到感官评分对肉片厚度(A)、炒肉时间(B)、温度(C)的二次多项回归方程模型: $Y=96.00-0.88A-0.25B-0.38C+2.75AB+1.50AC-3.75BC-19.50A^2-8.75B^2-3.00C^2$ 。对该模型进行方差分析,结果见表 4。

表 4 回归方程方差分析

Table 4 Variance analysis of regression equations

方差来源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值	显著性
模型	9	1706.08	189.56	22.98	0.0015	**
A	1	6.13	6.13	0.74	0.4283	
B	1	0.5	0.5	0.061	0.8153	
C	1	1.12	1.12	0.14	0.727	
AB	1	30.25	30.25	3.67	0.1137	
AC	1	9	9	1.09	0.3441	
BC	1	56.25	56.25	6.82	0.0476	*
A ²	1	1404.00	1404.00	170.18	<0.0001	**
B ²	1	282.69	282.69	34.27	0.0021	**
C ²	1	33.23	33.23	4.03	0.101	
残差	5	41.25	8.25			
失拟项	3	39.25	13.08	13.08	0.0718	
纯误差	2	2	1			
总和	14	1747.33				

$R^2=0.9764$ $R_{Adj}^2=0.9339$

注:“*”为差异显著($P<0.05$),“**”为差异极显著($P<0.01$)。

由表 4 可知,回归模型的 P 值为 $0.0015<0.01$,表明模型达到了极显著水平;失拟项是模型中数据的变异,失拟项的 P 值为 $0.0718>0.05$,说明失拟项差异不显著,无失拟因素存在;试验模型的决定系数 $R^2=0.9764$,校正系数 $R_{Adj}^2=0.9339$,表明该模型拟合度好,试验误差小。因此该模型能够反映响应值的变化,可以利用此方程模型对回锅肉工业参数进行优化。回

归方程各项方差分析中 F 检验可以判断自变量对因变量的影响,由此得到各因素对感官评分影响的主次顺序为 $A>C>B$,即肉片厚度对感官评分的影响最大,其次是炒肉时间,最后是温度。由回归方程和方差分析可知,模型中 BC 对感官评分的影响显著($P<0.05$),A²、B² 对感官评分的影响极显著($P<0.01$),其他影响不显著。

2.2.2 响应面优化

根据回归方程得出不同因素的响应面和等高线,见图 4~图 6。通过观察响应面变化和等高线的稀疏可直观地反应肉片厚度(A)、炒肉时间(B)、温度(C)之间的交互作用对回锅肉感官评分的影响。从响应面 3D 图和等高线可以较明显地分析出多个自变量对响应值的影响,而且还可以分析出响应值对不同自变量变化的敏感程度。在响应面图中,曲面越陡峭,则该因素对响应值的影响越显著。同时,在控制两个自变量之外的因素不变的前提下,两个有交互的两个自变量对响应值的影响也可以从响应面图的曲面上看出^[10]。等高线图与响应面图相对应,等高线图随着响应面图的变化而变化,其曲线越接近中心,则对应的响应值也就越大。等高线图形状接近圆形,表明两个自变量间的交互效应较弱,若等高线的形状接近椭圆形,表明两个自变量间交互作用较强^[11]。

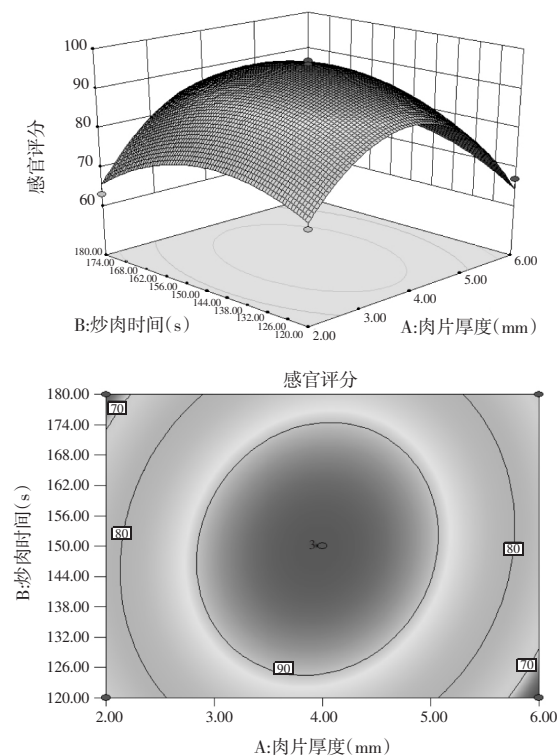


图 4 肉片厚度和炒肉时间对感官评分的响应面分析
Fig. 4 Response surface analysis of sensory score of meat slices' thickness and frying time

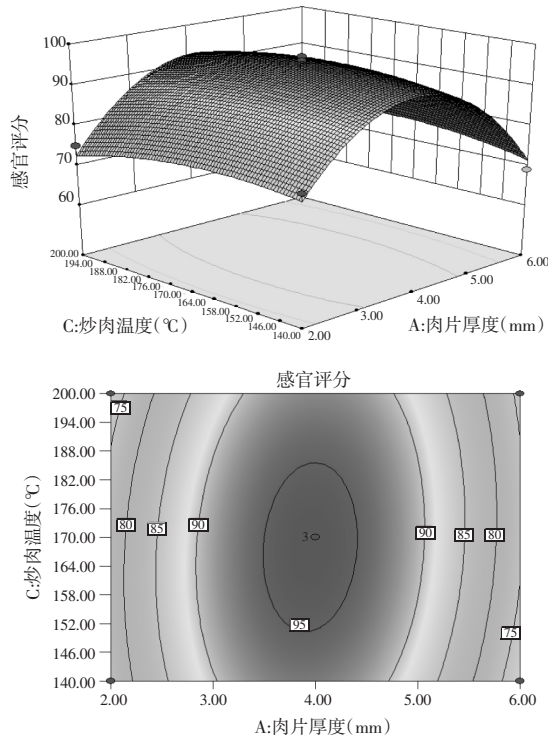


图5 肉片厚度和温度对感官评分的响应面分析
Fig. 5 Response surface analysis of sensory score of meat slices' thickness and frying temperature

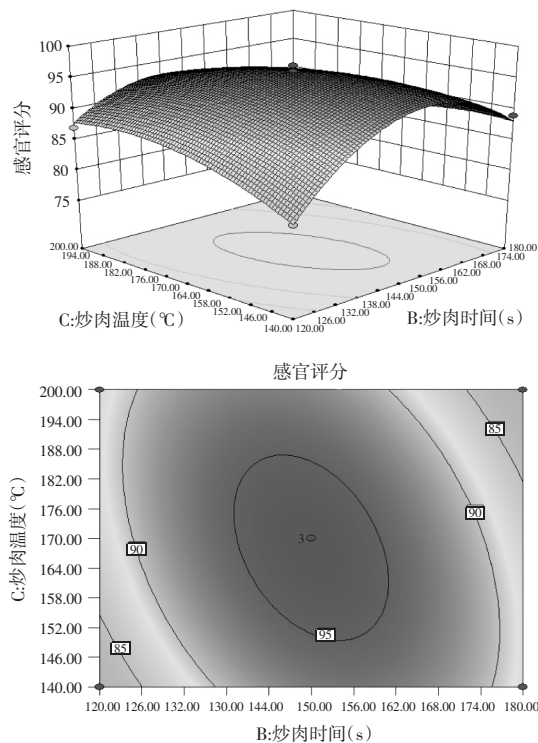


图6 炒肉时间和温度对感官评分的响应面分析
Fig. 6 Response surface analysis of sensory score of frying time and frying temperature

由图4可知,肉片厚度和炒肉时间对感官评分的

影响都是明显的,因为曲面比较陡峭,但它们的交互作用却是不明显的($P=0.1137$),响应面图曲面陡峭,等高线图接近圆形。由图5可知,肉片厚度对感官评分的影响是明显的,而温度对感官评分的影响不明显,在同一温度下,温度对感官评分的影响不大,在4 mm处感官得分最高。但是,它们的交互作用是明显的,等高线呈椭圆形。由图6可知,炒肉时间和温度对感官评分的影响都是明显的,因为曲面比较陡峭。

通过软件 Design-Expert 8.0 进行参数的优化组合,得到回锅肉工业参数的最优条件:肉片厚度为3.95 mm,炒肉时间为149.87 s,温度为168.03 °C,感官得分预测值为96.024。考虑到实际操作,将最佳工艺条件调整为:肉片厚度4 mm,炒肉时间150 s,温度168 °C。

2.3 回归模型的验证

2.3.1 感官评定

按照1.3.3中感官评定方法对外购川菜馆成品与炒菜机成品进行对比,得到两者的感官评分见表5。

表5 感官验证结果

Table 5 Results of sensory verification

样品	感官评分
川菜馆优质成品	90.7
炒菜机成品	90.1

由表5可知,两个样品的感官总评分没有明显差别,香气、口感、质地等均表现较好,因此,可初步认为试验得出的炒菜机数据相对合理,可做后续研究的基础数据。

2.3.2 质构测定

用质构仪测定外购优质川菜馆成品与自动炒菜机炒制的成品的质构特性,结果见表6。

表6 质构特性结果

Table 6 Results of texture characteristics

样品	硬度	咀嚼性	内聚性	弹性	粘附性
优质成品	18.12	1.05	0.5	0.36	0.029
炒制成品	19.86	0.99	0.56	0.33	0.035

由表6可知,外购优质川菜馆成品与自动炒菜机炒制成品的硬度、咀嚼性、内聚性、弹性等差异均较小,并从前期感官对比试验已知两者的口感类似,综上所述,试验得出的自动化炒菜机炒制参数相对合理,可做后续研究的基础数据。

3 结论

通过响应面实验确定最佳参数与质地多面剖析法验证试验结果,确定了肉片厚度为4 mm,炒制时间为150 s,温度为168 °C是自动炒菜机炒制回锅肉的最佳工艺参数。样品与优质成品感官分析较为一致,各个质地参数也没有较大差别,可以利用该最(下转第72页)

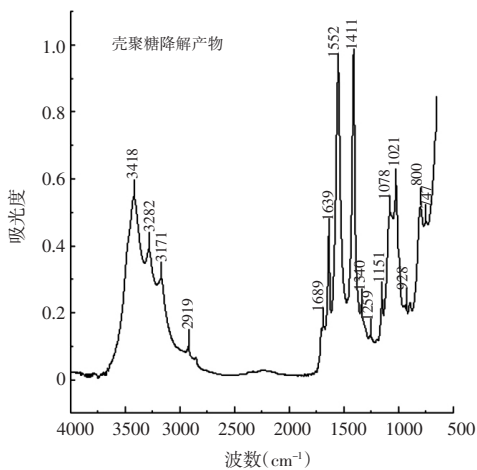


图9 壳聚糖样品及降解产物的红外谱图
Fig. 9 Infrared spectra of chitosan samples and degradation products

由图9可知,位于 $1051, 1081\text{ cm}^{-1}$ 处的吸收峰明显增强,说明壳聚糖分子中的C—O键发生了变化,表明壳聚糖的降解主要发生在主链上;在 $1690, 1548, 1340\text{ cm}^{-1}$ 附近的吸收峰也没有明显差异,可知降解过程中 -NH_2 的数量基本没有变,酰胺结构也没有发生太大变化;此外,在 895 cm^{-1} 附近的吸收峰表明壳聚糖的主链仍是环状结构。由以上结果可知,壳聚糖分子经撞击流技术降解后,其官能团和结构单元基本没有变,撞击流降解主要是切断了壳聚糖的 $\beta\text{-}(1,4)\text{-糖苷键}$ ^[14],此降解方式并不改变降解产物的结构。

3 结论

实验结果表明:壳聚糖溶液浓度越低,降解效果越好,当溶液浓度为 1 g/L 时,特性粘度下降率达到最高,为 67.6% 。随pH增大,壳聚糖降解效果先增强后减小,当pH为4.4时壳聚糖降解效果最好;壳聚糖降解率随着流量的增大而升高,当流速在 $190\sim 230\text{ mL/s}$ 时升高的趋势较为明显,当流量为 230 mL/s 时,特性粘度下降率最大,达到 48.5% ;随着反应时间的延长,壳聚糖降解率呈现升高的趋势,升高的幅度逐渐减弱;当撞击

角度为 90° 时,壳聚糖的特性粘度下降率最大;撞击流技术能有效降解壳聚糖,且糖链的断裂主要发生在主链的 $\beta\text{-}(1,4)\text{-糖苷键}$ 上。

参考文献:

- [1]张昆明,陆小菊,黄永春,等.文丘里管空化强化壳聚糖抗菌纳米微球的制备研究[J].保鲜与加工,2018(3):68-74.
- [2]Jr N P, Fujiwara T, Clem W C, et al. Novel naturally crosslinked electrospun nanofibrous chitosan mats for guided bone regeneration membranes: material characterization and cytocompatibility[J]. J Tissue Eng Regen Med, 2015, 9(5): 577-583.
- [3]Li T, Liu Y, Wang S, et al. Synthesis and adsorption application of amine shield-introduced-released porous chitosan hydrogel beads for removal of acid orange 7 from aqueous solutions[J]. Rsc Advances, 2015, 77(5): 778-787.
- [4]Islam S, Bhuiyan M A R, Islam M N. Chitin and chitosan: structure, properties and applications in biomedical engineering[J]. Journal of Polymers and the Environment, 2016(8): 220-225.
- [5]韩永萍,林强.低聚壳聚糖制备及其生理活性进展[J].化学工业与工程,2007,24(3):272-276.
- [6]Luo W B, Han Z, Zeng X A, et al. Study on the degradation of chitosan by pulsed electric fields treatment[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(4): 590-591.
- [7]李维静.甲壳素、壳聚糖的性质、制备及其在食品中的应用[J].安徽农学通报,2007,13(10):58-60.
- [8]陈鲁生,周武,姜云生.壳聚糖粘均分子量的测定[J].化学通报,1996(4):57.
- [9]范金石,陈国华,孙明昆,等.壳聚糖特性粘度的快速测定[J].青岛海洋大学学报:自然科学版,2002,32(2):296-300.
- [10]申圣丹,王盛民,詹源文,等.珍珠超高压撞击流超微粉碎的研究[J].现代食品科技,2010(11):1220-1222.
- [11]许佳丽,黄永春,袁媛,等.基于文丘里管的水力空化降解壳聚糖的研究[J].食品工业科技,2016,37(2):244-248.
- [12]张卫国,周永国,杨越冬,等.有机酸及降解条件对壳聚糖降解速度的影响[J].河北科技师范学院学报,2006,20(1):32-34.
- [13]王卫民,赵晓利,张小宁.高速撞击流技术制备炸药超细微粉的工艺研究[J].火炸药学报,2001(5):52-54.
- [14]李海浪.壳聚糖衍生物的制备及其在药物载体中的应用研究[D].北京:中国科学院大学,2014.

(上接第67页)佳参数为工业化生产提供数据支持。

参考文献:

- [1]胡晓远.回锅肉的前世今生[J].中国烹饪,2015(1):122-123.
- [2]Ho H F. In Encyclopedia of Meat Sciences[M]. New York: Elsevier, 2004: 441-444.
- [3]赵钲阳,孔保华,刘骞,等.中式传统菜肴方便食品研究进展[J].食品安全质量检测学报,2015,6(4):1342-1349.
- [4]董庆利,罗欣.肉制品的质构测定及国内外研究现状[J].食品工业科技,2004(7):134-135.
- [5]NY/T 1330-2007,绿色食品 方便主食品[S].
- [6]GB 2726-2016,食品安全国家标准 熟肉制品[S].

- [7]李冉冉.不同食品的质构测定方法[A].广东省食品学会.“食品工业新技术与新进展”学术研讨会暨2014年广东省食品学会年会论文集[C].广东省食品学会:广东省食品学会,2014:5.
- [8]刘兴余,金邦荃,詹巍,等.猪肉质构的仪器测定与感官评定之间的相关性分析[J].食品科学,2007(4):245-248.
- [9]李莹,张伟敏,黄海珠,等.三种猪肉质构特性比较研究[J].食品研究与开发,2018,39(10):22-27.
- [10]刘洋,陈楚英,陈明,等.响应面法优化肉桂抑菌物质超声波提取工艺及其抑菌活性研究[J].食品科技,2015(6):279-284.
- [11]李玉娟,陈燕文,席晓志,等.响应面法优化玛咖总黄酮提取工艺[J].食品与药品,2017,19(4):251-256.