

超声辅助腌制对卤鸭制品品质的影响及工艺优化

赵青青¹, 满子意¹, 谷河馨¹, *吴祥庭^{1,2}

(1. 温州大学 生命与环境学院, 浙江 温州 325027; 2. 温州大学 苍南研究院, 浙江 温州 325800)

摘要: 为改进传统静置腌制工艺、改善卤鸭制品的品质, 利用超声腌制技术实现对鸭腿肉的精细加工, 运用单因素试验结合 Box-behnken 响应面法对影响卤鸭腿的工艺参数进行优化, 并对超声辅助腌制卤鸭制品品质的影响进行研究。结果表明, 超声辅助腌制鸭腿的感官评分和剪切力的影响主次顺序为超声温度 > 超声功率 > 超声时间 > 中药汁质量浓度, 以剪切力为指标的响应面法优化工艺条件为超声功率 200 W, 超声温度 72 ℃, 超声时间 29 min, 中药汁质量浓度 0.05 g/mL, 所得最佳卤鸭腿剪切力为 19.12 N, 相对误差为 4.18%, 与预测值接近, 响应面法能很好地对卤鸭腿加工工艺进行优化, 比较试验也表明超声腌制品质优于传统腌制, 超声腌制可以显著改善卤鸭制品的品质。

关键词: 超声; 卤鸭制品; 响应面法; 工艺优化; 品质

中图分类号: TS251.68 文献标志码: A doi: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2021.07.008

Effect of Ultrasonic-assisted Curing on Stewed Duck Products Quality and Process Optimization

ZHAO Qingqing¹, MAN Ziyi¹, GU Hexin¹, *WU Xiangting^{1,2}

(1. College of Life & Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang 325027, China;

2. Cangnan Research Institute, Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang 325800, China)

Abstract: In order to improve the traditional static curing process and the quality of sauced duck products, we used ultrasonic curing technology to realize the fine processing of duck leg meat. The single factor experiment combined with Box-Behnken response surface methodology was used to optimize the process parameters affecting the sauced duck leg, and the effect of ultrasonic-assisted curing on the quality of sauced duck products was studied. The results indicated that the effects of using the shear force of duck legs on sauced as the indicator. The sequential order of the effect on the sensory score and shear force of sauced product was obtained, and it was ultrasonic temperature, power, time and concentration of Chinese medicine juice. After the shear force were balanced by response surface methodology, the optimized process conditions were ultrasonic power 200 W, ultrasonic temperature 72 ℃, ultrasonic time 29 min, Chinese medicine juice concentration 0.05 g/mL. According to the validation experiment, the sensory quality of the stewed duck leg prepared by the shear force was 19.12 N, the relative errors were 4.18%. It was close to the predicted value, the response surface methodology can ameliorate the processing technology of sauced duck, the comparative experiment also showed that the ultrasonic pickling quality was better than the traditional pickling, and ultrasonic curing can also improve the quality of sauced duck products significantly.

Key words: ultrasound; curing on stewed duck products; response surface method; process optimization; quality

鸭肉因蛋白质含量高, 脂肪酸熔点低, 富含维生素 B、C 和烟酸, 滋补易消化等优点而成为美味佳肴^[1], 并且通过腌制可提高其嫩度、质构和保水性, 但传统腌制存在生产设备落后、能耗大、时间长、出品率低、产品风味不稳定等问题, 所以把已广泛应用于医疗、化工和食品等行业的超声波应用于腌制肉制品中, 由于超声波具有高效、安全、无化学残留、运行成本低等特性, 能激活液体中的气泡(或空穴)

产生热效应、机械效应和空化效应^[2]而破坏肉组织结构, 利用极强的穿透力在不损害肉品质前提下使介质中的酱油汁快速渗透到肌肉中而提高腌制效率, 肌肉中肌浆网释放出的 Ca^{2+} 也能快速诱导钙蛋白酶降解而起嫩化作用, 改善肉制品质构嫩度^[3-4]和保水性^[5]。例如, Chang H 等人^[6]研究发现, 超声处理肉制品可降低硬度和剪切力而改善肉嫩度; Zhang Z 等人^[7]研究发现, 超声对肉制品处理后有增强保水性的

收稿日期: 2020-11-22

基金项目: 浙江苍南科技项目“超声卤制微波杀菌处理卤肉制品技术研发”(2018N03)。

作者简介: 赵青青(2000—), 女, 本科, 研究方向为肉品科学。

*通讯作者: 吴祥庭(1965—), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为肉品科学。

作用,超声也能促使食盐更快地渗透到肉制品中而缩短腌制时间^[8];Inguglia E S等人^[9]利用超声对低钠禽肉进行处理,可显著缩短腌料渗入肌肉时间;McDonnell C K等人^[10]和Krasulya O等人^[11]对超声辅助腌制鸡胸肉有利于盐水扩散到肉组织而显著改善腌制效果。目前,通过超声改善牛肉^[12]、猪肉^[13]、鸡肉^[14]、鹅肉^[15]等品质有一些研究,对于酱卤鸭肉腌制通过超声辅助提高中药汁渗透未见报道,虽然超声波应用到腌制肉制品中有众多优点,但也存在一些问题,如过强的超声处理(超声功率过高、时间过长)会导致蛋白质变性、肉制品保水性降低^[16],过低强度和过短时间的超声处理又无法满足腌制要求^[7],所以要选择合适的超声功率、温度和时间,才能发挥超声对肉制品的改善作用。研究表明,超声波对肉类色泽影响不大^[17-18],所以试验通过不同的超声条件对酱卤鸭肉制品的嫩度、保水性和质构的影响,利用响应面法得到最佳条件,为超声波辅助腌制酱卤制品技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料

鸭腿(冷冻品),温州香仔食品有限公司提供;罗汉果、当归、八角、橘皮、孜然、香叶、小茴香、肉桂、砂仁、花椒、白芷、丁香、甘草、肉蔻等,温州市庆元堂药品零售有限公司提供。

1.1.2 设备

TMS-PRO型质构仪,美国FTC公司产品;B2512DT型超声波清洗机,宁波恒科超声波设备有限公司产品;BS-223S型电子天平,北京赛多利斯仪器系统公司产品;BXM-30R型高压蒸汽灭菌锅,上海博迅医疗生物仪器股份有限公司产品;HH-S型数显水浴锅,苏州市国飞实验室仪器有限公司产品;DZQ400/2D型多功能真空包装机,上海锦屏仪器仪表有限公司产品。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

配制盐卤→腌制鸭腿→制中药汁→超声卤制→出锅包装。

(1) 配制盐卤。控制盐水比为10:7,煮沸成饱和溶液(新卤);使用后的新卤,经多次加大葱、生姜(每1 kg食盐卤加2 g大葱、3 g生姜)即成老卤。

(2) 腌制鸭腿。将鸭腿放入盐卤中腌制0.5 h。

(3) 制中药汁。①中药包(10 g)配方:罗汉果0.8 g,当归0.5 g,八角1.0 g,橘皮1.0 g,孜然0.5 g,香叶1.0 g,小茴香0.6 g,肉桂0.5 g,砂仁0.5 g,花椒1.0 g,白芷1.0 g,丁香0.6 g,甘草0.5 g,肉蔻0.5 g;②先将中药包在凉水中浸泡20 min,再用

大火煮沸后小火煮30 min,即得中药汁。

(4) 超声卤制。将盐卤好的鸭腿捞出,加入中药汁后放入超声清洗机中。超声完毕后放入锅中,加入适量料酒(5%)、酱油(1%)、白砂糖(2%)、味精(2%),熬煮至熟。

(5) 出锅包装。熟制的鸭腿出锅沥水后进行真空包装。

1.2.2 单因素试验设计

考虑到超声肉制品品质影响因素主要为超声功率、温度和时间^[4-5],腌制之味主要取决于腌制调料^[19],结合预试验后固定超声功率200 W,超声温度65℃,超声时间30 min和中药汁质量浓度0.06 g/mL(取中药包,加不同体积的水浸泡熬煮后得到不同质量浓度的中药汁),以鸭腿肉的感官品质和剪切力为评价指标,分别探究了超声功率(180, 200, 220, 240, 260 W)、超声温度(60, 65, 70, 75, 80℃)、超声时间(25, 30, 35, 40, 45 min)、中药汁质量浓度(0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09 g/mL)4个因素对鸭腿肉品质的影响。

1.2.3 响应面试验设计

结合单因素试验的结果,选取超声功率(A)、超声温度(B)、超声时间(C)和中药汁质量浓度(D)为考查因素,由于鸭腿肉的剪切力代表了嫩度,主要反映了鸭腿肉的品质,所以以鸭腿的剪切力(R)作为评价指标,进行四因素三水平响应面优化试验。

响应面法组合试验设计见表1。

表1 响应面法组合试验设计

水平	A 超声功率 <i>P</i> / W	B 超声温度 <i>θ</i> / ℃	C 超声时间 <i>t</i> / min	D 中药汁质量浓度 / g·mL ⁻¹
-1	160	65	30	0.04
0	200	75	40	0.06
1	240	85	50	0.08

1.2.4 超声腌制和传统腌制的比较

以超声辅助腌制的温度、时间、中药汁质量浓度作为传统腌制的条件进行对比试验,测定鸭腿肉的硬度、弹性、咀嚼度、黏性和保水性。

1.2.5 指标及测定方法

(1) 质构测定。参照Li Z等人^[20]方法并稍作修改。取2 cm×1 cm×1 cm的鸭腿肉,质构仪参数:P 0.5圆柱形探头;测试前、中、后探头速率分别为1.0, 1.5, 1.0 mm/min,触发力5.0 g,压缩比75%;2个压缩周间隔为5 s,测鸭腿肉的硬度、弹性、黏性和咀嚼度;取2 cm×1 cm×0.5 cm的鸭腿肉,剪切力质构仪参数:HDP/BS型燕尾刀,测试前、中、后速率分别为10, 2, 10 mm/s,测定距离为10 mm,测定时确保剪切刀前进方向与顺肌纤维方向垂直,所有样品各测定6组平行,取平均值并计算标准方差。

(2) 保水性的测定。保水性的测定参考Karakaya M等人^[20]的方法并稍加改动, 取待测样品称质量, 加10 mL蒸馏水于100 mL离心管中, 于4℃下以转速10 000 r/min离心10 min, 取出后用滤纸吸干表面水分, 再次称质量得 m_1 , 测定6次后取平均值。

$$\text{保水性} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: m_0 ——样品质量, g;

m_1 ——离心后样品的质量, g。

(3) 感官品质的测定。

鸭腿肉感官品质评分标准见表2。

表2 鸭腿肉感官品质评分标准

项目	评分标准	评分/分
色泽 (满分10分)	酱红色很差, 暗淡, 均匀性差	1~4
	酱红色较差, 无光泽, 均匀性差	5~6
	酱红色较好, 光泽度不够, 基本均匀一致	7~8
	酱红色良好, 有光泽, 均匀一致	9~10
气味 (满分10分)	几乎无香气, 散发蒸煮味	1~4
	香味过于单薄或有其他异味	5~6
	香味稍弱, 卤肉香味较纯正, 无异味	7~8
	香气浓郁, 卤肉特有香气, 无异味	9~10
滋味 (满分10分)	滋味差, 咸淡不适或有异味	1~4
	滋味较差, 咸淡略有欠缺	5~6
	滋味较好, 咸淡稍好	7~8
	滋味良好, 咸淡适中	9~10
口感 (满分10分)	无嚼劲, 过软或过硬, 几乎无汁液	1~4
	嚼劲差, 较软或较硬, 汁液很少	5~6
	稍有嚼劲, 软硬度稍好, 汁液较好	7~8
	有嚼劲, 软硬适中, 汁液好	9~10
组织 状态 (满分10分)	切面整齐度很差, 弹性很差, 无油光	1~4
	切面整齐差, 弹性较差, 油光差	5~6
	切面较整齐, 稍有弹性, 略有油光	7~8
	切面整齐, 弹性好, 有油光	9~10

1.3 数据处理

利用 Design Expert V8 软件对试验结果进行响应面分析, 采用 SPSS 17.0 软件对结果进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果及分析

2.1.1 超声功率对鸭腿肉感官品质与剪切力的影响

超声功率对感官评分和剪切力的影响见图1。

由图1可知, 超声功率低于200 W时, 鸭腿肉的感官品质随功率升高而增强, 原因是超声功率的升高使超声机械效应作用破坏肌原纤维结构增强, 从而促进肌原纤维蛋白的溶解, 最终形成精密的蛋白质网络结构增多, 保水性增强, 鸭肉的嫩度、品质风味变好, 感官评分增大, 但是过高的功率会引起肌红蛋白相对减少, 进而导致肉的色泽变暗, 使感官分值又会下降; 超声功率低于200 W时, 鸭腿肉剪切力随功率升高而逐渐减少, 主要是高功率使

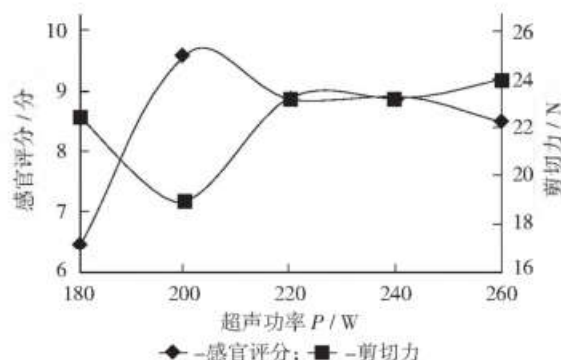


图1 超声功率对感官评分和剪切力的影响

肌原纤维断裂, 降低了鸭腿肉剪切力, 超声功率高于200 W时, 鸭腿肉剪切力随功率升高而增大, 主要是过高的功率使肌肉中的水分渗出过多, 保水性下降, 剪切力增大^[4]。综上所述, 鸭腿肉的最佳超声功率为200 W。

2.1.2 超声温度对鸭腿肉感官品质与剪切力的影响

超声温度对感官评分和剪切力的影响见图2。

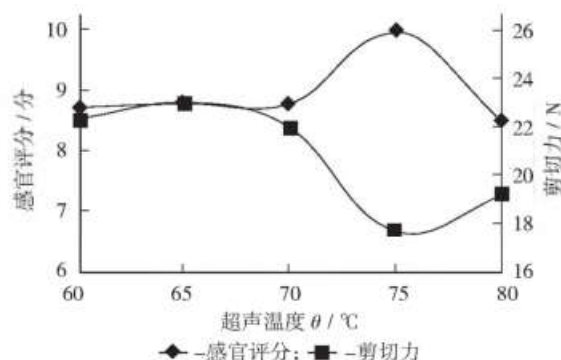


图2 超声温度对感官评分和剪切力的影响

由图2可知, 超声温度低于75℃时, 鸭腿肉的感官品质随温度升高而增强, 原因是温度的升高使机械热效应增强, 中药汁渗入蛋白质网络结构增多, 鸭肉品质风味变好, 感官分值增大, 但是过高的温度会使蛋白质变硬、持水力下降, 感官评分又会下降; 超声温度低于75℃时, 鸭腿肉剪切力随温度升高而逐渐减少, 主要是热效应破坏了肌原纤维完整性, 降低了鸭腿肉剪切力, 超声温度高于75℃时, 鸭腿肉剪切力随温度升高而增大; 主要是过高的温度使肌肉蛋白质变硬、保水性下降、剪切力增大^[23]。综上所述, 鸭腿的最佳超声温度为75℃。

2.1.3 超声时间对鸭腿肉感官品质和剪切力的影响

超声时间对感官评分和剪切力的影响见图3。

由图3可知, 超声时间低于40 min时, 鸭腿肉的感官品质随时间延长而增强, 原因是时间的延长使被破坏变细的肌原纤维结构增多, 提高肉制品保水性, 品质风味变好, 感官分值增大, 但是过多的时间会使蛋白质结构变结实、持水力下降, 感官分值又会下降; 超声时间低于40 min时, 鸭腿肉剪切

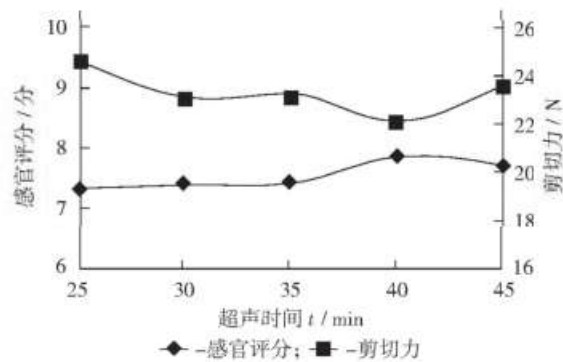


图3 超声时间对感官评分和剪切力的影响

力随温度升高而逐渐减少,主要是随着超声时间的延长缩短了肌肉的纤维直径,从而降低了剪切力值;超声时间大于40 min时,鸭腿肉剪切力随时间延长而增大,主要是过长时间使肌肉中水分达到饱和,肌肉组织老化而使剪切力增大^[2,4]。综上所述,鸭腿的最佳超声时间为40 min。

2.1.4 中药汁质量浓度对鸭腿肉感官品质和剪切力的影响

中药汁质量浓度对感官评分和剪切力的影响见图4。

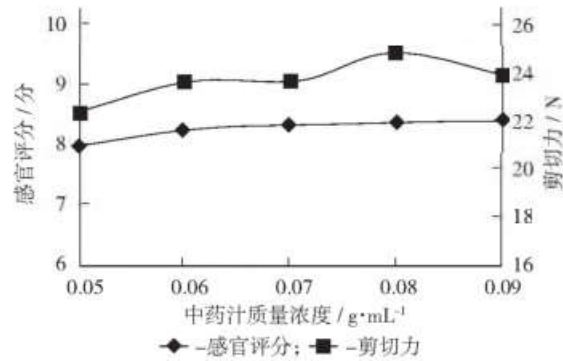


图4 中药汁质量浓度对感官评分和剪切力的影响

由图4可知,中药汁质量浓度为0.05~0.09 g/mL时,随着质量浓度的增大,鸭腿肉的感官品质增强,总的效果影响不大,主要是高质量浓度中药汁产生的高渗透压使鸭腿肉内外的渗透压差增大,使感官分值增大,由于在一定中药汁质量浓度内都能达到渗透平衡,所以对感官评分影响不大;剪切力随中药汁质量浓度的增加而先增加后减小,但是波动不大,所测质量浓度范围内剪切力为22.41~24.81 N,当中药汁质量浓度为0.05 g/mL时剪切力为最小值,可能是因为超声腌制液中中药汁质量浓度的大小对超声波能破坏鸭肉肌纤维结构的作用促进效果不大^[19]。考虑到中药质量浓度为0.06 g/mL时已经达到感官要求,再增加质量浓度会增加成本,所以取鸭腿的最佳中药汁质量浓度为0.06 g/mL。

2.2 响应面法结果及分析

2.2.1 回归模型的建立及显著性检验

响应面试验结果见表3,剪切力回归方程方差分析见表4。

表3 响应面试验结果

试验号	A	B	C	中药汁质量浓度 / g·mL ⁻¹	剪切力 / N
1	200	75	50	0.04	25.87
2	200	65	50	0.06	21.05
3	200	75	30	0.08	23.59
4	200	75	50	0.08	17.32
5	160	75	30	0.06	19.13
6	200	75	40	0.06	17.71
7	200	85	50	0.06	24.67
8	160	65	40	0.06	20.67
9	200	65	30	0.06	17.68
10	160	75	40	0.08	21.98
11	240	75	50	0.06	22.14
12	200	75	30	0.04	20.11
13	200	65	40	0.04	21.54
14	200	85	40	0.04	25.12
15	240	65	40	0.06	18.78
16	160	85	40	0.06	24.10
17	200	75	40	0.06	17.43
18	240	75	30	0.06	20.34
19	200	65	40	0.08	22.66
20	200	85	40	0.08	22.89
21	240	75	40	0.04	23.31
22	240	75	40	0.08	24.02
23	200	75	40	0.06	18.10
24	240	85	40	0.06	19.52
25	160	75	50	0.06	18.21
26	200	85	30	0.06	20.05
27	160	75	40	0.04	19.58

表4 剪切力回归方程方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	p值	显著性
A	11.72	1	11.72	8.16	0.014 5	*
B	12.96	1	12.96	9.02	0.011 0	*
C	5.82	1	5.82	4.05	0.067 1	
D	3.32	1	3.32	2.31	0.154 5	
AB	15.88	1	15.88	0.44	0.520 2	
AC	1.85	1	1.85	0.0004	0.984 8	
AD	6.08	1	6.08	18.46	0.001 0	**
BC	0.39	1	0.39	6.61	0.024 5	*
BD	2.81	1	2.81	1.78	0.206 8	
CD	36.18	1	36.18	1.58	0.232 8	
A ²	3.19	1	3.19	3.52	0.085 4	
B ²	22.36	1	22.36	12.45	0.004 2	**
C ²	7.22	1	7.22	4.18	0.063 6	
D ²	47.60	1	47.60	24.24	0.000 4	***
模型	152.75	14	10.91	7.59	0.000 6	***
残差	17.24	12	1.44			
失拟项	17.02	10	1.70	15.03	0.0640	
纯误差	0.23	2	0.11			
总和	169.99	26				

注:***、**、*分别表示极显著($p<0.001$)、高度显著($p<0.01$)、显著($p<0.05$), $R^2=0.898 6$

建立回归模型方程:

$$R=17.75+0.37A+1.16B+0.70C-0.26D-0.67AB+0.68AC-0.42AD+0.31BC-0.84BD-3.01CD+$$

$$1.17A^2 + 2.04B^2 + 0.97C^2 + 3.20D^2$$

由表4可知,模型的 $p=0.000\ 6<0.001$,说明此回归模型显著性极高,回归系数 $R^2=0.898\ 6$,表明模型的拟合度较好。此外,由上表分析各因素的显著性可得,4个因素对鸭腿肉剪切力的影响程度依次为超声温度(B)>超声功率(A)>超声时间(C)>

中药汁质量浓度(D),同时AD与BC的 $p<0.05$,说明超声功率与时间、超声温度和时间有较大的交互作用。

2.2.2 响应面图及分析

剪切力响应面图见图5。

根据响应曲面的陡峭程度可判断两因素间交互

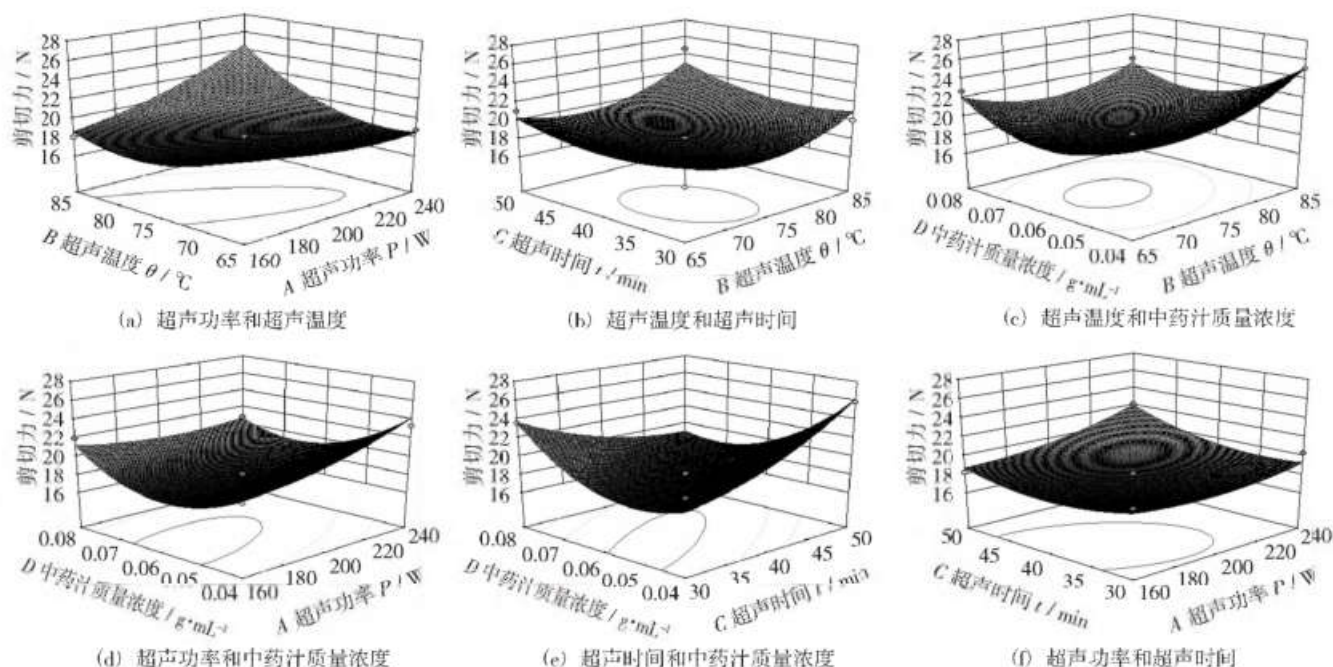


图5 剪切力响应面图

作用的强弱,如果所形成的响应曲面陡峭,则说明2个因素间的交互作用强;而响应曲面平缓,则说明其交互作用弱^[2],图5(a)、(b)、(c)显示,响应面沿B因素轴的斜率明显大于A、C、D因素轴,表明超声温度对剪切力的影响大于其他因素;由响应面在水平方向上的投影(等高线)可见,超声功率与中药汁浓度之间的交互作用最强,其次为超声温度与超声时间、超声温度与中药汁浓度、超声时间与中药汁浓度、超声功率与超声温度;超声功率与超声时间的交互作用最弱,这一结论与上表中剪切力回归方程方差分析的显著性检验结果一致。

2.3 响应面试验最优工艺及其验证

通过Design Expert V8软件所得的最佳条件为超

声功率199.58 W,超声温度71.89℃,超声时间28.46 min,中药汁质量浓度0.05 g/mL,此时预测剪切力为17.23 N;根据实际情况取值超声功率200 W,超声温度72℃,超声时间29 min,中药汁最佳质量浓度0.05 g/mL,平行做5次验证试验,鸭腿肉剪切力为17.95 N,实际所得值与理论预测值的相对误差为4.18%,由此可见该工艺条件的可靠性较高。

2.4 超声腌制和传统腌制的比较

在超声功率200 W,超声温度72℃,超声时间29 min,中药汁质量浓度0.05 g/mL条件下超声腌制与传统腌制进行比较。

超声腌制和传统腌制的产品品质指标比较见表5。

超声辅助腌制的硬度、弹性、黏性明显比传统

表5 超声腌制和传统腌制的产品品质指标比较

指标	感官评分/分	剪切力/N	硬度/g	弹性	咀嚼度	黏性/N	保水性/%
传统腌制	8.51	21.35 ± 0.48 ^b	58.21 ± 0.46 ^a	5.59 ± 0.46 ^a	265.00 ± 0.46 ^b	1.87 ± 0.46 ^a	87.24 ± 0.46 ^b
超声腌制	9.17	17.95 ± 0.63 ^b	45.76 ± 0.46 ^b	4.77 ± 0.46 ^b	297.00 ± 0.46 ^a	1.06 ± 0.46 ^b	92.53 ± 0.46 ^a

注:均值±标准差,同列不同小写字母表示差异显著($p<0.05$)

腌制要低($p<0.05$),而硬度值越低,肉嫩度越高^[4]。这与剪切力值低肉嫩度越高的结果相一致;肉弹性反映内部网状结构抵抗外力大小,弹性值小咀嚼口感好^[24];黏性反映咀嚼时抵抗受损并保持完整的能

力,黏性值高反映了在咀嚼时黏聚性低,会有肉质松散缺乏细腻感而影响口感;超声辅助腌制的咀嚼度和保水性远高于传统腌制($p<0.05$),咀嚼度高反映咀嚼到可吞咽时所做功较大,嚼劲和口感较好,

保水性好能保证产品不会发干且蒸煮率高^[25]。

3 结论

(1) 通过单因素试验和响应面分析试验,得到鸭腿肉的最佳超声腌制工艺参数为超声功率 200 W, 超声温度 72 ℃, 超声时间 29 min, 中药汁质量浓度 0.05 g/mL。在此条件下,通过模型预测制得鸭腿肉的感官品质评分为 9.17 分,剪切力为 19.12 N,其中鸭腿肉剪切力实际所得值与理论预测值的相对误差为 4.18%,表明此模型的吻合度很高。

(2) 据响应面试验结果,各因素对于其剪切力的影响顺序为超声温度 > 超声功率 > 超声时间 > 中药汁质量浓度,同时超声功率与时间、超声温度和时间有较大的交互作用。

(3) 通过质构测定分析,超声腌制的鸭腿肉剪切力、硬度、弹性、咀嚼性、黏性和保水性显著高于传统腌制 ($p < 0.05$); 这些数值与感官指标相一致。

参考文献:

- [1] 隋志方, 孟长庆. 醉鸭的工艺研究 [J]. 肉类工业, 2011 (9): 32-34.
- [2] Saleem R, Ahmad R. Effect of ultrasonication on secondary structure and heat induced gelation of chicken myofibrils [J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 53 (8): 3 340-3 348.
- [3] Yeung C K, Huang S C. Effects of ultrasound pretreatment and ageing processing on quality and tenderness of pork loin [J]. Journal of Food and Nutrition Research, 2017 (11): 809-816.
- [4] Zou Y, Zhang W, Kang D, et al. Improvement of tenderness and water holding capacity of spiced beef by the application of ultrasound during cooking [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2018, 53 (3): 828-836.
- [5] Li K, Kang Zi, Zou Y, et al. Effect of ultrasound treatment on functional properties of reduced-salt chicken breast meat batter [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52 (5): 2 622-2 633.
- [6] Chang H, Wang Q, Tang C, et al. Effects of ultrasound treatment on connective tissue collagen and meat quality of beef semitendinosus muscle [J]. Journal of Food Quality, 2015, 38 (4): 256-267.
- [7] Zhang Z, Regenstien J M, Zhou P, et al. Effects of high intensity ultrasound modification on physicochemical property and water in myofibrillar protein gel [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2017, 34 (8): 960-967.
- [8] Xiong G, Fu X, Pan D, et al. Influence of ultrasound-assisted sodium bicarbonate marination on the curing efficiency of chicken breast meat [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2020, 60 (9): 1-7.
- [9] Inguglia E S, Burgess C M, Kerry J P, et al. Ultrasound assisted marination: role of frequencies and treatment time on the quality of sodium-reduced poultry meat [J]. Foods, 2019 (10): 473-484.
- [10] McDonnell C K, Allen P, Duan G, et al. One-directional modelling to assess the mechanistic actions of power ultrasound on NaCl diffusion in pork [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2018, 40 (6): 206-212.
- [11] Krasulya O, Tsiurlichenko L, Potoroko I, et al. The study of changes in raw meat salting using acoustically activated brine [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2018, 50 (1): 224-229.
- [12] Wang A, Kang D, Zhang W, et al. Changes in calpain activity, protein degradation and microstructure of beef M. semitendinosus by the application of ultrasound [J]. Food Chemistry, 2018 (12): 724-730.
- [13] Santana P, Huda N, Yang T A. Physicochemical properties and sensory characteristics of sausage formulated with surimi powder [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52 (3): 1 507-1 515.
- [14] Saleem R, Ahmad R. Effect of ultrasonication on secondary structure and heat induced gelation of chicken myofibrils [J]. Journal of Food Science & Technology, 2016, 53 (8): 1-9.
- [15] 陈丽艳, 潘道东, 曹锦轩, 等. 超声波处理对鹅肉蛋白结构及品质的影响 [J]. 核农学报, 2018, 32 (12): 2 363-2 372.
- [16] Gou P, Comaposada J, Arnau J. NaCl content and temperature effects on moisture diffusivity in the Gluteus medius muscle of pork ham [J]. Meat Science, 2003, 63 (1): 29-34.
- [17] González-González L, Luan-Rodríguez L, Carrillolópez L M, et al. Ultrasound as an alternative to conventional marination: acceptability and mass transfer [J]. Journal of Food Quality, 2017, 12 (2): 1-8.
- [18] Peña-González E M, Alarcón-Rojas A D, Rentería A, et al. Quality and sensory profile of ultrasound-treated beef [J]. Italian Journal of Food Science, 2017, 29 (9): 463-475.
- [19] 龙锦鹏, 唐善虎, 李思宁, 等. 超声波辅助腌制法对牦牛肉腌制速率和品质影响的研究 [J]. 食品科技, 2018, 43 (12): 131-137.
- [20] Li Z, Jia C, Wang X, et al. Nondestructive determination of beef textural properties by near infrared spectroscopy [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32 (16): 286-292.
- [21] Karaka M, Saricoban C, Yilmaz M T. The effect of various types of poultry pre- and post-rigor meats on emulsification capacity, water-holding capacity and cooking loss [J]. European Food Research and Technology, 2005 (3/4): 283-286.
- [22] 付丽, 郑宝亮, 高雪琴, 等. 牛肉的超声波快速腌制与嫩化工艺优化 [J]. 肉类研究, 2017, 31 (12): 23-29.
- [23] 任海伟, 石菊芬, 蔡亚玲, 等. 响应面法优化超声辅助

(下转第 45 页)

$$Q_{10} = \frac{\text{在 } T^{\circ}\text{C 下的货架期寿命}}{\text{在 } (T+10)^{\circ}\text{C 下的货架期寿命}} = \frac{12}{4} = 3 \text{ 或 } = \frac{12}{5} = 2.4.$$

故由公式 $\theta_{s(T1)} = \theta_{s(T2)} \times Q_{10}^{\Delta T/10}$ 得在一般商业储存温度 20 °C 条件下的货架期为:

$$\text{当 } Q_{10}=2.4 \text{ 时, } \theta_{s(T1)} = \theta_{s(T2)} \times Q_{10}^{\Delta T/10} = 12 \times 2.4^{10/10} = 53 \text{ d}$$

$$\text{当 } Q_{10}=3 \text{ 时, } \theta_{s(T1)} = \theta_{s(T2)} \times Q_{10}^{\Delta T/10} = 12 \times 3^{10/10} = 77 \text{ d}$$

综上所述,根据 ASLT 法的试验数据可知蔓越莓奇亚籽复合保健饮料在一般商业储藏温度 20 °C 时的货架期为 53~77 d。

3 结论

根据单因素试验和正交试验结果,确定了蔓越莓奇亚籽复合保健饮料的最佳工艺配方中各组分添加量为蔓越莓浓缩汁 4%,奇亚籽 5%,柠檬酸 0.05%,白砂糖 8%,CMC-Na 0.08%,黄原胶 0.06%,卡拉胶 0.10%。巴氏杀菌后,通过加速货架期预测试验,预测出了蔓越莓奇亚籽复合保健饮料在一般商业储藏温度 20 °C 的货架期为 53~77 d。

参考文献:

- [1] 姚立君,李赫宇,李许伟,等.蔓越莓营养与保健功能研究进展[J].食品研究与开发,2013,34(8):120-123.
- [2] 李冰.蔓越莓汁可用于预防小儿尿路感染[J].中国医药指南,2015,13(10):220.
- [3] Ruel G, Pomerleau S, Couture P, et al. Changes in plasma antioxidant capacity and oxidized low-density lipoprotein levels in men after short-term cranberry juice consumption[J]. Metabolism, 2005, 54(7): 856-861.
- [4] Arpita Basu, Nancy M Betts, Jennifer Ortiz, et al. Low-calorie cranberry juice decreases lipid oxidation and increases plasma antioxidant capacity in women with metabolic syndrome[J]. Nutr Res, 2011, 31(3): 190-196.
- [5] 李黎,张浩.蔓越莓饮料生产工艺流程中关键点的控制[J].食品安全导刊,2017(20):72-74.
- [6] 尹婉婷,严志明.蔓越莓的营养与保健功能及其加工现状分析[J].食品安全导刊,2018(6):53.
- [7] 马云芳,相启森,申瑞玲,等.奇亚籽的营养成分、健康功效和在食品工业中的应用[J].食品工业,2015,36(5):207-212.
- [8] 文宁,宁伟伟,陶宁萍.奇亚籽蛋白的提取和营养评价[J].中国油脂,2018,43(9):44-48.
- [9] 康焯,王京法,彭彰智,等.奇亚籽保健功能研究进展[J].昆明学院学报,2016,38(3):117-121.
- [10] 相启森,时国庆,赵震宇,等.奇亚籽提取物体外抗氧化活性研究[J].食品与发酵工业,2016,42(6):197-202.
- [11] 李晓娇.奇亚籽化学成分分析及美白保湿护肤产品开发[D].长春:吉林农业大学,2017.
- [12] 荣旭,陶宁萍,李玉琪,等.奇亚籽营养成分分析与评价[J].中国油脂,2015,40(9):89-93.
- [13] 佚名.关于批准塔格糖等6种新食品原料的公告(2014年第10号)[J].中国食品添加剂,2014(5):202-204.
- [14] 吴文龙,杨志娟,李婷婷,等.奇亚籽桃胶银耳饮料加工工艺的研究[J].食品工业,2018,39(7):36-41.
- [15] 刘军波,邹礼根,赵芸.蓝莓花青素加工环境稳定性研究[J].食品与生物技术学报,2018,37(10):1073-1079.
- [16] 白佳兴,朱华平,李文钊,等.黑果枸杞汁浸提过程护色效果研究[J].食品科技,2017,42(12):93-98.
- [17] 任亚妮,车振明,靳学敏,等.应用 ASLT 法预测软面包的货架期[J].食品研究与开发,2011,32(2):156-158.
- [18] 苗文娟,刘兰馨,任晶晶,等.响应面法优化大米肽饮料工艺及其贮藏稳定性分析[J].滁州学院学报,2017,19(5):28-33.
- [19] 许伟星,王明静. ASLT 法在水蒸蛋糕货架期预测中的应用[J].科学技术创新,2018(31):51-52.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. GB 4789.2—2016 食品安全国家标准食品微生物学检验 菌落总数测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. GB 4789.3—2016 食品安全国家标准食品微生物学检验 大肠菌群计数[S].北京:中国标准出版社,2016. ◇

(上接第 39 页)

- [24] 蒋予箭,周一雁,蒋家新.鱼肉弹性测定[J].水产科学,2019,40(24):265-273.

学,2003,22(3):41-44.

- [25] 林婉玲,杨贤庆,李来好,等.脆肉鲩质构与感官评价的相关性研究[J].现代食品科技,2013,29(1):1-7. ◇

欢迎订阅 《农产品加工》 欢迎投稿

邮发代号: 22-121 22-19

电 话: 0351-4606085

在线投稿: www.ncpjg.com

投稿信箱: ncpjgkx@163.com