

超声波处理对猪血凝胶品质的影响

姜国川¹ 孙洪蕊² 刘学军*

1. 吉林农业大学食品科学与工程学院 吉林长春 130118

2. 东北农业大学食品学院 黑龙江哈尔滨 150030

摘 要 为了提高猪血凝胶的品质,本试验通过单因素试验研究了超声功率和超声时间对猪血凝胶的质构特性、持水性以及色泽的影响。在单因素的基础上进行响应面优化,硬度和红度值作为响应值,优化出的最优条件为:超声功率 90W、超声时间 6min。在此条件下得到的猪血凝胶硬度为 11.25N,红度值为 15.7。相对于未进行超声处理的样品的硬度和红度值分别提高了 0.25 倍和 0.09 倍。试验结果为猪血凝胶制品的改良提供了参考。

关键词 猪血凝胶 质构 色度 响应面

Effect of ultrasonic treatment on quality of porcine blood gel

Abstract In order to improve the quality of porcine blood gel, the effects of the ultrasonic power and time on the textural properties, water holding capability and color of the porcine blood gel were studied by single-factor experiment. Response surface experiment was optimized based on the single-factor experiment. Hardness and red value were taken as indicators for response surface. The result showed that the optimum conditions were 90W of ultrasonic power and 6min of ultrasonic time. Under these conditions, the hardness and red value of porcine blood gel were 11.25N and 15.7, respectively. The hardness and red value increased by 0.25 times and 0.09 times compared with the blank sample. The results provided a reference for improvement of the porcine blood gel products.

Key words porcine blood gel; textural properties; chroma; response surface

猪血具有很高的营养价值,蛋白质含量较高,接近于肉中蛋白质的含量,具有液体肉的美称^[1-8]。但猪血在食品行业中利用率很低,其原因是很多的,最主要的原因是猪血凝胶相对鸭血的凝胶强度较低^[9],达不到人们对凝胶产品硬度的要求。血液凝胶的强度可以通过提高熟制温度和延长熟制时间使猪血当中的蛋白质分子得到更好的伸展,交联和凝聚,来获得较好的凝胶强度^[4]。但是这样会使产品的颜色加深,失去诱人的色泽。为了加强猪血凝胶的强度,可以通过添加增稠剂来增加其凝胶强度。但是随之带来了另外两个问题:一是增稠剂在血液当中很难均匀分散;二是增稠剂的增稠性质和气泡

的稳定性增加了产品脱气的难度,疏松的凝胶结构使凝胶的强度大大降低。

超声波被定义为频率大于 20 000Hz,而不能被人耳听到的机械波^[10-15]。超声波被广泛应用到饮料、果酱、乳制品等食品行业当中。其主要作用原理是利用超声波产生的空化效应^[16-19]。超声空化是指液体当中的极小气泡在声场的作用下被激活,表现出震荡、生长直至崩溃的一系列过程。空化的过程伴随着机械效应、光效应、热效应及活化效应。其中机械效应包含着分散、搅拌、凝聚、除气,冲击破碎等作用。可使沉淀物能够很好地分散。同时空化还具有均质和乳化作用。相对于其它的均质与乳化工艺,超声波处理后的乳液粒径小、稳定性好^[20-22]。因此用超声波处理血液混合液对增稠剂在血液混合液中分散和混合液均质有明显的改善作用,进而提高血液的凝胶特性。

作者简介:姜国川(1988-),男,硕士研究生,研究方向为食品科学。
E-mail:835566455@qq.com
通信作者:刘学军(1963-),男,教授,博士,研究方向为畜产品加工工艺。
E-mail:Liuxuejun63@163.com

1 材料与方法

1.1 试验材料及仪器

猪血(吉林华正农牧业开发有限公司);海藻酸钠(青岛明月海藻集团);FH9 羧甲基纤维素钠(宜兴市通达化学有限公司)。

JJ-2 组织捣碎匀浆机(常州润华电器有限公司);JJ-1 增力电动搅拌器(金坛市江南仪器厂);JM-L 胶体磨(上海诺尼轻工机械有限公司);真空泵(德国 BUSCH);JY99-IIDN 超声波细胞破碎机(宁波新知生物有限公司);DZ-500/2S 真空包装机(诸城小康食品包装机械有限公司);Color Flex by Hunter lab 45/0 色差仪(Hunter Lab Reston, VA made in USA);TMS-Pro 质构仪(美国 FTC);LG10-2.4A 高速离心机(北京医用离心机厂)。

1.2 试验方法

1.2.1 样品的制备

新鲜的血液顺时针搅拌去除凝血纤维蛋白,过滤去除杂质。然后与经过匀浆机均质的增稠剂用电动搅拌器进行混合。混合液用胶体磨进行均质。均质后的混合液经过超声处理后用真空泵脱气、包装机包装后用水浴锅熟制。

1.2.2 猪血凝胶质构的测定

选用质地剖面分析 TPA(texture profile analysis)模式对样品进行测量。根据文献^[23~25]的方法进行改进。测量参数:测中速度 60mm/min,形变量 50%,起始力 0.8N,数据收集率 1kHz。采用直径为 50mm 的全质构测定的圆饼形探头进行测定。将测定样品制成直径为 20mm,高为 10mm 的圆柱体。每个样品测量三次取平均值。取硬度、内聚性、胶粘性、弹性、咀嚼性作为猪血凝胶的 6 个质构指标。

1.2.3 持水性的测定

参照文献^[4,23,24,26~28]的方法进行改进。将样品

制成 10mm 的立方体记下重量 m_1 ,用三层滤纸包裹装入 50mL 的离心管中,离心(8 000r/min) 10min。记下离心后样品的质量 m_2 。持水性用公式(1)进行计算。每个样品测量三次取平均值。

$$\text{持水性}(\%) = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.4 色度的测定

用色差仪对产品的色度进行测量。选用 D_{65} 光源,视角 10° 。对产品的 L^* (亮度)、 a^* (正值为红度,负值为绿度)、 b^* (正值为黄度,负值为蓝度)进行测量。每个测量样品在测量之前用滤纸吸去样品表面的水。每个样品测量三次取平均值。

1.2.5 响应面试验设计

在单因素的基础上,应用响应面中心组合设计分析优化超声时间、超声功率 2 个因素提高猪血凝胶的性能,试验选取硬度和红度值作为响应值。因素水平及编码如表 1 所示。

表 1 响应面试验因素及水平编码表

编码	因素	
	A 超声功率(W)	B 超声时间(min)
-1	36	4
0	90	6
1	144	8

1.3 数据分析

实验数据采用 Statistix8 软件进行统计分析,采用 origin8.5.1 软件作图。

2 结果与分析

2.1 超声功率对猪血凝胶品质的影响

在超声时间为 6min 的条件下研究超声功率分别为 0~252W 时对猪血凝胶影响。

表 2 超声功率对质构的影响

超声功率 (W)	Hardness 硬度(N)	Adhesiveness 粘附性(N, mm)	Cohesiveness 内聚性(Ratio)	Springiness 弹性(mm)	Gumminess 胶粘性(N)	Chewiness 咀嚼性(mJ)
0	8.97 ± 0.42 ^c	1.25 ± 0.47 ^a	0.36 ± 0.02 ^b	2.79 ± 0.01 ^a	3.33 ± 0.06 ^c	9.35 ± 0.79 ^b
36	9.93 ± 0.06 ^b	1.23 ± 0.50 ^a	0.44 ± 0.03 ^a	3.34 ± 0.23 ^a	4.60 ± 0.10 ^{ab}	14.67 ± 0.81 ^a
90	11.20 ± 0.52 ^a	0.77 ± 0.17 ^a	0.44 ± 0.01 ^a	3.15 ± 0.20 ^a	4.87 ± 0.35 ^a	15.27 ± 0.39 ^a
144	9.90 ± 0.26 ^{bc}	0.59 ± 0.13 ^a	0.45 ± 0.01 ^a	3.23 ± 0.10 ^a	4.37 ± 0.06 ^{ab}	14.44 ± 0.80 ^a
198	9.70 ± 0.17 ^{bc}	0.94 ± 0.15 ^a	0.45 ± 0.01 ^a	3.39 ± 0.25 ^a	4.30 ± 0.26 ^{ab}	14.43 ± 0.08 ^a
252	9.10 ± 0.57 ^{bc}	0.99 ± 0.21 ^a	0.48 ± 0.04 ^a	3.21 ± 0.50 ^a	4.20 ± 0.36 ^b	14.38 ± 1.08 ^a

注:同列均值无共同字母者表示差异显著($p < 0.05$)。

由表 2 可以看出不同功率超声处理的样品与未进行超声处理的样品硬度、内聚性、弹性、胶粘性、咀嚼性相比均得到了不同程度的提高。超声处理的样品随处理超声功率的增加凝胶的硬度、胶粘性和咀嚼性均呈现先升高后降低的趋势,在超声功率为 90W 时达到最大。超声的功率与超声空化效应有一定的关系,只有当超声功率达到一个临界值才会产生空化效应,而超声的功率低于这个临界值时,则不会产生空化效应;当超声功率达到或者微高于这个临界值时才会产生强烈的空化效应,当功率继续升高远离临界值时空化效应降低,均质和乳化的作用降低。当超声的辐射面积一定时,超声功率超过临界值,超声空化效应的程度与超声功率成负相关^[29]。当超声的功率超过 90W 时形成的凝胶的硬度、胶黏性和咀嚼性会有降低的趋势。

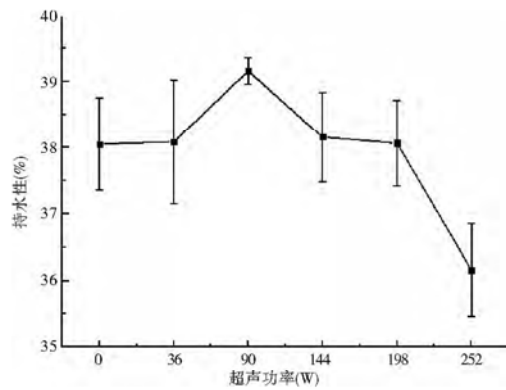


图 1 超声功率对猪血凝胶持水性的影响

由图 1 可以看出随着超声功率的增加持水性也出现了先升高后降低的趋势。在 90W 时形成的凝胶的持水性达到最大,这可能是由于在此超声功率下,蛋白质暴露出的亲水基团较多,增加与水分结合的能力,使水分受离心力分离的难度增大,分离出的水分达到最低。超声功率超过 90W 时,蛋白质的结

构开始逐渐解体,水分子受到的结合力降低,使分离下来的水分增多,持水性下降。

表 3 超声功率对猪血凝胶的色度影响

超声功率(W)	L*	a*	b*
0	22.13 ± 0.58 ^c	14.39 ± 0.28 ^d	9.84 ± 0.35 ^c
36	24.39 ± 0.39 ^b	14.45 ± 0.28 ^d	10.79 ± 0.23 ^b
90	25.59 ± 0.06 ^a	15.93 ± 0.14 ^c	11.92 ± 0.24 ^a
144	24.39 ± 0.39 ^b	17.21 ± 0.38 ^b	12.29 ± 0.37 ^a
198	25.48 ± 0.29 ^a	18.11 ± 0.12 ^a	11.86 ± 0.24 ^a
252	24.92 ± 0.21 ^{ab}	17.14 ± 0.30 ^b	11.71 ± 0.21 ^a

注:同列均值无共同字母者表示差异显著(p < 0.05)。

由表 3 可以看出随超声功率的增加产品的亮度呈现出不规则的变化,红度值和黄度值呈现先升高后降低的趋势,分别在 198W 和 144W 达到最大值,分别为 18.11 和 12.29。这是由于随着功率的增加血液中的红细胞破壁更加的完全,溶出的血红蛋白增加,进而产品的红度和黄度值增加。但是超声过程中温度会升高,使血液中的血红蛋白聚集,在样品的红度值增加到一定程度时有下降的趋势^[24]。从感官的接受程度来说样品的红度值太高,颜色太鲜艳,影响了人们对血液凝胶制品色泽的固有印象,样品的被接受性降低。综合考虑红度值在 15~16 之间时人们对产品的接受性最高。

综合对质构、持水性和色度三个指标的分析,样品经过超声功率 90W 处理所制得样品硬度、咀嚼性达到了最大值,同时色泽更容易被接受。超声功率 90W 为最佳的超声功率。

2.2 超声时间对猪血凝胶品质的影响

在超声功率为 90W 的条件下,研究超声时间为 0~12min 对猪血凝胶的影响。

表 4 超声时间对质构的影响

超声时间 (min)	Hardness 硬度(N)	Adhesiveness 粘附性(N·mm)	Cohesiveness 内聚性(Ratio)	Springiness 弹性(mm)	Gumminess 胶粘性(N)	Chewiness 咀嚼性(mJ)
0	8.97 ± 0.42 ^b	1.24 ± 0.47 ^{ab}	0.36 ± 0.015 ^c	2.79 ± 0.01 ^c	3.33 ± 0.06 ^c	9.35 ± 0.79 ^b
4	11.00 ± 0.10 ^a	1.16 ± 0.09 ^{ab}	0.48 ± 0.01 ^a	3.07 ± 0.10 ^{bc}	4.93 ± 0.06 ^a	15.07 ± 0.59 ^a
6	11.20 ± 0.52 ^a	0.77 ± 0.17 ^b	0.44 ± 0.01 ^b	3.30 ± 0.20 ^{ab}	5.23 ± 0.25 ^a	16.95 ± 0.89 ^a
8	10.83 ± 0.40 ^a	1.00 ± 0.03 ^{ab}	0.45 ± 0.02 ^{ab}	3.03 ± 0.12 ^{bc}	4.90 ± 0.30 ^a	14.87 ± 1.01 ^a
10	9.53 ± 0.76 ^b	1.65 ± 0.35 ^{ab}	0.43 ± 0.02 ^b	3.45 ± 0.08 ^a	4.10 ± 0.44 ^b	14.18 ± 1.69 ^a
12	9.17 ± 0.20 ^b	1.24 ± 0.47 ^a	0.36 ± 0.02 ^c	2.82 ± 0.18 ^c	3.33 ± 0.06 ^c	9.35 ± 0.79 ^b

注:同列均值无共同字母者表示差异显著(p < 0.05)。

从表 4 可以看出随着超声时间的增加,猪血凝胶制品的硬度、胶粘性、咀嚼性均呈现出先升高后降低的趋势。硬度、胶粘性、咀嚼性在 6min 时达到了最大值,分别为 11.20N、5.23N、16.95mJ。超声时间为 6min 时硬度、胶粘性、咀嚼性相比于超声时间 0min 的对照组差异显著 ($p < 0.05$)。随着超声时间的增长,液体的均质效果逐渐增强,表面张力降低,稳定性增强。当超声时间增加到一定程度时,液滴碰撞积聚,使液体的表面张力升高,稳定性下降^[30]。所以在超声时间达到 8min 后猪血凝胶的硬度、胶粘性、咀嚼性都有所下降。

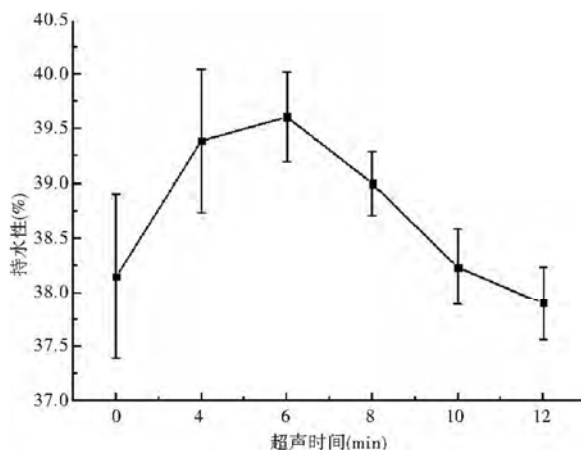


图 2 超声时间对猪血凝胶持水性的影响

从图 2 可以看出除超声时间 12min 外,其它的超声处理时间的样品持水性都高于对照组。这可能是因为超声处理使血液中的大分子降解成小分子,在液体体系中稳定性更好,形成的凝胶比较致密,凝胶当中的孔径比较小水分不易流失^[24]。小分子蛋白质相对于大分子的蛋白质具有更大的表面积能够接触到更多的水分,有更多的空间容纳水分子。样品的持水性随超声时间的增加呈现先增加后下降的趋势。超声处理时间为 6min 时样品的持水性达到了最高。随着超声时间的增加蛋白质的亲水基团逐渐暴露,结合水分子的力增强,水受离心力分离的可能性降低,样品的持水性升高。蛋白质受超声波的长时间作用结构开始解体,结构变得松散,结合水分子的力减少,水受离心力分离的可能性大大提高,持水性降低。

从表 5 中可以看出随超声时间的延长,红度呈现出稳定的上升趋势,黄度随处理时间的延长呈现先上升后下降的趋势,在处理超声时间为 10min 时达到了最大值 12.14。红度和黄度值在 4min 时相对于对照组差异不显著 ($p > 0.05$)。

表 5 超声时间对猪血凝胶的色度影响

超声时间 (min)	L [*]	a [*]	b [*]
0	22.13 ± 0.58 ^d	14.40 ± 0.28 ^e	9.89 ± 0.34 ^d
4	24.53 ± 0.48 ^{abc}	14.46 ± 0.23 ^e	10.70 ± 0.46 ^{cd}
6	25.59 ± 0.057 ^a	15.93 ± 0.14 ^b	11.92 ± 0.24 ^a
8	24.49 ± 0.24 ^{bc}	16.08 ± 0.29 ^b	10.89 ± 0.30 ^{bc}
10	24.01 ± 0.47 ^e	17.61 ± 0.31 ^a	12.14 ± 0.52 ^a
12	25.48 ± 0.29 ^{ab}	18.11 ± 0.12 ^a	11.86 ± 0.24 ^{ab}

注:同列均值无共同字母者表示差异显著 ($p < 0.05$)。

随着处理超声时间的延长,血液中的血红素增多,所形成的凝胶红度值和黄度值均有所增加,处理超声时间在 6min 和 12min 之间所形成凝胶的红度值和黄度值相对于对照组均差异显著。颜色太红过于鲜艳会影响人们对猪血凝胶的接受程度,综合考虑超声时间为 6min 时红度为 15.93,黄度为 11.92,人们对产品的接受程度最高。所以超声时间为 6min 为最适时间。

2.3 响应面优化试验

响应面结果见表 6,表中包括 13 个试验点,其中 8 个为分析因子,5 个为中心点。

表 6 响应面试验方案及结果

	超声功率 (W)	超声时间 (min)	硬度 (N)	2a [*]
1	0	0	11.40	15.90
2	0	0	11.50	15.70
3	0	0	11.44	15.60
4	1	-1	10.50	16.90
5	0	0	11.20	15.95
6	-1	0	9.94	14.48
7	0	0	11.20	15.67
8	1	0	9.80	17.70
9	-1	1	10.20	14.20
10	0	1	10.80	15.80
11	-1	-1	9.50	14.37
12	1	1	8.50	18.20
13	0	-1	10.80	14.38

试验结果经过响应面软件 ANOVA 程序进行分析,得到各影响因子对响应值的二次回归方程:

硬度 = 11.30 - 0.14A - 0.22B - 0.67AB - 1.31A² - 0.38B²
a* = 15.69 + 1.63A + 0.43B + 0.37AB + 0.57A² - 0.43B²

式中:A 为超声功率(W),B 为超声时间(min)。

表7 响应面试验方差分析

方差来源	硬度			a*		
	F 值	P 值	显著性	F 值	P 值	显著性
模型	41.28	<0.0001	**	50.74	<0.0001	**
A-超声功率	2.58	0.1525		217.16	<0.0001	**
B-超声时间	6.17	0.0420	*	14.85	0.0063	**
AB	39.92	0.0004	**	7.40	0.0297	*
A ²	103.44	<0.0001	**	12.22	0.0101	*
B ²	8.63	0.0218	*	7.06	0.0326	*
失拟项	4.12	0.1024		6.00	0.0582	

注:p<0.01,为极显著,用**表示;p<0.05,为显著,用*表示。

表7为响应面试验结果的方差分析,在表中可以看出硬度和红度值的两个回归方程模型均为极显著(p<0.01),同时硬度和红度值两个回归模型的失拟项分别为0.1024、0.0582均大于0.05,说明两个回归模型能够真实的反映出两个响应值随超声功率和超声时间两个变量而变化的规律。响应面法优化超声功率和超声时间对硬度和红度值的影响可行。硬度的回归方程中一次项B及二次项B²对回归模型影响显著(P值分别为0.0420、0.0218均小于0.05),交互项AB和二次项A²两项对回归模型影响极显著(P值均小于0.01)。在红度的回归方程中交互项AB、二次项A²和B²对回归模型影响显著(P值分别为0.0297、0.0101、0.0326均小于0.05),一次项A和B对回归模型影响极显著(P值均小于0.01)。表明两因素对响应值具有复杂的线性关系,且交互作用显著。

图3和图4为超声功率和超声时间交互作用对硬度和红度值影响的等高线图、曲面图。从图3可以看出随着功率和时间的增加硬度呈现出先增高后降低的趋势;图4可以看出红度值随功率和时间的升高一直呈上升的趋势。这与单因素试验功率在36~144W,时间4~8min所得出的趋势相同,进一步证明试验的准确性。

响应面优化得出最优的超声处理条件为:超声

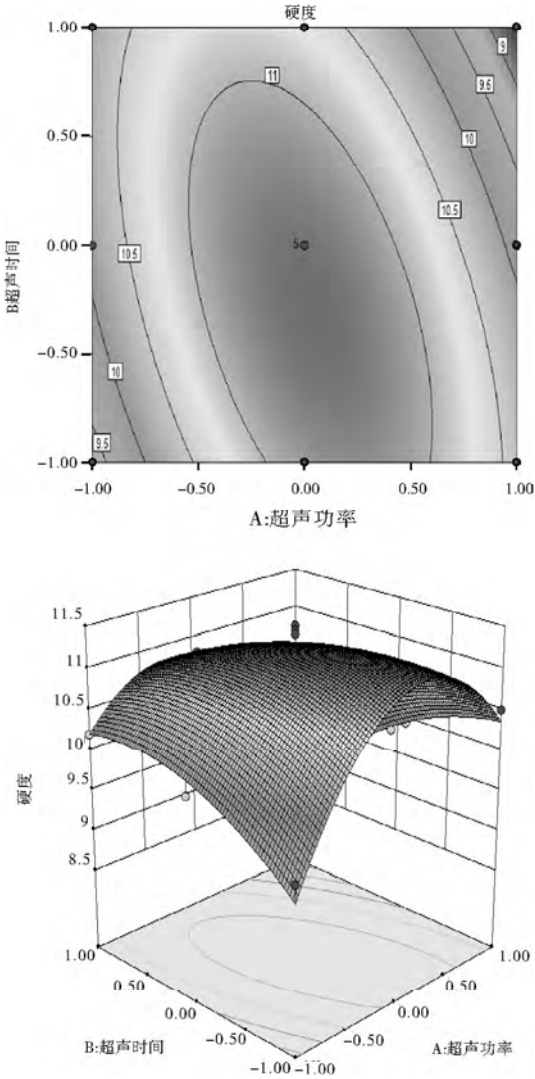


图3 超声功率和时间对猪血凝胶硬度的影响的等高线图和曲面图

功率94.84W、超声时间5.49min。考虑到参数的设置的可行性,将处理的条件超声功率和超声时间分别设置成90W、6min,此条件下进行五次验证性试验,取平均值。试验结果为:硬度11.25N,红度值15.5。模型的预测值硬度为11.3224N、红度值为15.7。差异不显著,说明设计的响应面模型具有可行性,可以用来模拟超声功率和超声时间对猪血凝胶制品的硬度和红度的影响。

3 结论

试验首先以质构、色度和持水性三个指标为评定标准对超声的功率及超声时间进行单因素试验。在单因素试验的基础上,用响应面软件对所得的参数进一步优化,试验以超声功率和超声时间为自变

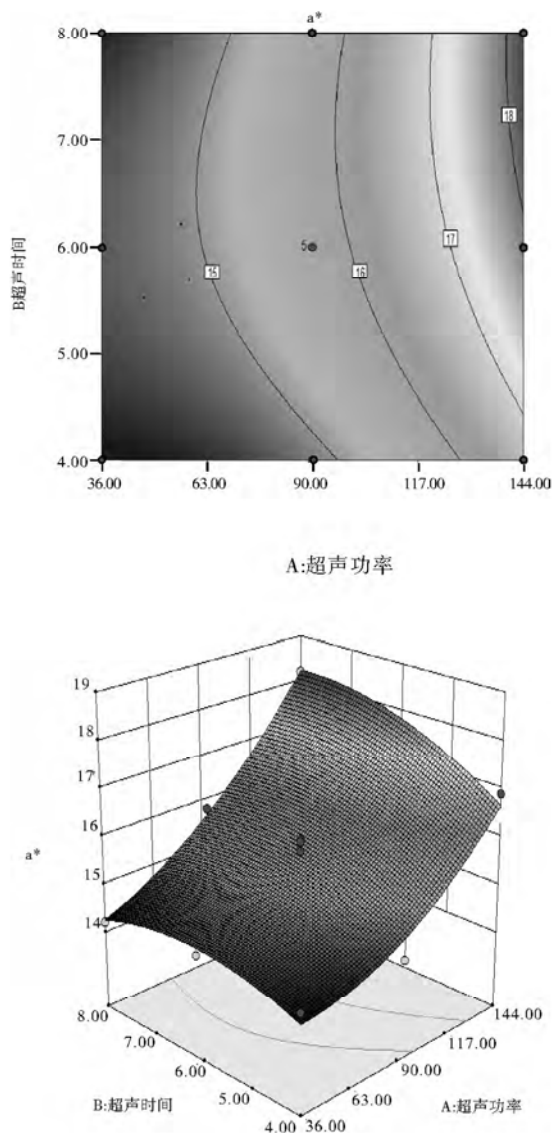


图4 超声功率和时间对猪血凝胶红度的影响的等高线图和曲面图

量,硬度和红度值为响应值。优化出的最佳制备条件为超声功率90W、超声时间6min,所得猪血凝胶制品硬度为11.25N,红度值为15.7,相对于未经过超声处理的样品所得到的硬度和红度分别提高了0.25倍和0.09倍,超声处理后的猪血凝胶制品凝胶质构紧实,咀嚼性好,色泽呈棕红色。所以通过超声波处理猪血,制得品质较好的猪血凝胶是现实可行的。为利用超声波提高蛋白质凝胶制品品质提供依据。

参考文献

- 1 孙骞,胡鑫,罗永康等.猪血红蛋白抗氧化肽的酶法制备及其体外抗氧化活力观察[J].中国农业大学学报,2008,13(4):77~81

- 2 邓惠玲,郑炯,阚建全.大孔树脂DA201-C对猪血红蛋白ACE抑制肽吸附性能的研究[J].食品科学,2013,34(12):27~31
- 3 于美娟,马美湖,单杨等.采用两酶复合水解猪血红蛋白(Hb)制备水解蛋白的研究[J].食品科学,2007,28(1):196~200
- 4 孔保华,张立娟,刁新平.影响猪血浆蛋白热诱导凝胶质构特性及持水性因素的研究[J].食品科学,2010,31(7):75~80
- 5 郑炯,邓惠玲,阚建全.响应面法优化猪血红蛋白制备ACE抑制肽的酶解工艺条件[J].食品科学,2012,33(23):209~214
- 6 杨万根,王卫东,孙会刚等.复合酶水解猪血红蛋白制备富血红素多肽[J].食品科学,2011,32(6):7~10
- 7 郑亚美,王宇,尚永彪.酶法制备猪血热诱导凝胶的配方优化[J].食品科学,2013,34(22):322~326
- 8 方俊,卢向阳,蒋红梅等.制备低分子量猪血肽发酵条件的优化研究[J].中国食品学报,2006,6(6):4~8
- 9 TSENG T. F., CHEN M. T., LIU D. C.. Comparison of the transglutaminase activity, rheological properties and microstructure of pig and poultry blood[J]. Fleischwirtsch, 1998,78(11):1211~1213
- 10 马勇,赵大军,吴占宇等.超声波均质对酸牛奶品质的影响[J].食品科学,2006,27(2):87~91
- 11 盛桂华,周泉城.超声波辅助提取山豆根氧化苦参碱研究[J].农业工程学报,2008,24(3):291~294
- 12 陈晓明,李开绵,台建祥等.超声波辅助提取木薯皮活性物质工艺[J].农业工程学报,2011,27(Supp.1):389~396
- 13 张海华,朱科学,周惠明.超声波对小麦面筋蛋白结构的影响[J].中国农业科学,2010,43(22):4687~4693
- 14 马亚琴,叶兴乾,吴厚玖等.超声波辅助提取植物活性成分的研究进展[J].食品科学,2010,31(21):459~463
- 15 陈晓明,李开绵,台建祥等.木薯皮总香豆素活性物质超声波提取工艺优化[J].农业机械学报,2012,43(1):152,158~164
- 16 周泉城,申德超,区颖刚.超声波辅助提取经膨化大豆粕中低聚糖工艺[J].农业工程学报,2008,24(5):245~249
- 17 徐怀德,闫宁环,陈伟等.黑莓原花青素超声波辅助提取优化及抗氧化性研究[J].农业工程学报,2008,24(2):264~269
- 18 徐建国,田呈瑞,胡青平等.响应面法优化槐花水溶性多糖的超声波辅助提取工艺[J].食品科学,2011,32(4):112~116
- 19 WANG XiBo, JIANG LianZhou, XU Wei. Phosphorylation of soybean protein isolates under ultrasound treatment to improve their emulsifying properties[J]. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2013, 11(3/4):270~273

(下转第34页)

AV 值略低,有一定效果。最好的是 V_E ,对 AV 值的升高有非常明显的抑制效果。而对于复合组,看出 TBHQ 和 V_E 不具有协同降低酸价的作用。不能提高对 AV 值升高的抑制效果。

同样以 36℃ 有 O_2 为空白,可看出所有的抗氧化剂都具有抗氧化作用。只是其效果有所差异。茶多酚和复合抗氧化剂对于猪油有一定的抗氧化效果,BHT、 V_E 、TBHQ 对猪油的抗氧化效果最好。在 36℃ 促氧化条件下经过 25d,空白 POV 值升高了约 2.7,茶多酚和复合抗氧化剂组升高了约 1.3,而 BHT、 V_E 、TBHQ 组 POV 值升高了仅约 0.5。抗氧化效果非常显著。

综上所述,不同抗氧化剂效果实验中 V_E 的 AV、POV 值抑制效果最优。TBHQ 的 POV 值抑制效果最优,但 AV 值抑制效果略有不足。

3 结论

(1)猪油的 AV 值和 POV 值会随时间逐渐升高^[7]。而当温度升高时,猪油的 AV 和 POV 值会快速升高,降低猪油的品质。

(2)运用降低温度、除去氧气和添加 V_E 的方法可以达到对 AV 和 POV 值升高的抑制效果。其中降低温度可以大幅度地抑制 AV 和 POV 的升高。不过在温度较高时,如 20~36℃,降低温度对 AV 的抑制效果不明显。而除去氧气的方法对 AV 值升高的抑

制幅度较小,对 POV 升高的抑制幅度很大。添加抗氧化剂对 POV 升高抑制效果明显, V_E 、BHT、TBHQ 效果最佳,对 AV 升高只有 V_E 有明显抑制。所以 V_E 为最佳抗氧化剂。

(3)添加抗氧化剂可替代低温控制对 POV 值升高的抑制效果,可一定程度上替代低温控制对 AV 值升高的抑制效果。添加抗氧化剂也可以一定程度上取代除去氧气对 AV 值和 POV 值升高的抑制效果。

参考文献

- 1 徐永霞,张若洁,徐竟等. 猪脂肪控制氧化及挥发性氧化产物研究 [J]. 食品科学,2010,31(21):76~80
- 2 GB/T8937-2006 食用猪油 [S]
- 3 孙保国,文志勇,梁梦兰等. 猪油控制氧化的工艺研究 [J]. 中国油脂,2005,30(2):48~51
- 4 朱本志. 食用猪油变质原因及改进措施 [J]. 肉类工业,1993,(3):24~25
- 5 邢长洪. 油脂的酸败与防治 [J]. 沪天化科技,2001,(2):145~14,150
- 6 肖华党,陈振林,甘泉等. 香猪油酸价和过氧化值控制研究 [J]. 肉类工业,2010,(8):32~34
- 7 郑诗超,张锐利,汪学荣等. 天然抗氧化剂在油脂中的应用研究 [J]. 中国食品添加剂,2003,(5):77~79,86

(收稿日期 2014-12-24)

(上接第 30 页)

- 20 WANG XiBo, CHI YuJie. Preparation of microwave-phosphorylated soy protein isolates through a Box-Behnken model optimization [J]. CyTA - Journal of Food, 2012, 10(3):210~215
- 21 WANG XiBo, CHI YuJie. Microwave-assisted phosphorylation of soybean protein isolates and their physicochemical properties [J]. Czech Journal Food Science, 2012, 30(2):99~107
- 22 孙洪蕊,张英华,王喜波等. 提高大豆蛋白冻融后乳化性改性工艺优化 [J]. 农业工程学报,2014,30(7):281~286
- 23 王鹏. 血液蛋白的凝胶性质及其对肌原纤维蛋白凝胶的影响 [D]. 南京:南京农业大学,2010.
- 24 陈菲. 鸭血豆腐加工工艺优化及品质改善技术研究 [D]. 南京:南京农业大学硕士论文,2012.
- 25 WANG Peng, XU XingLian and ZHOU GuangHong. Effects of Meat and Phosphate Level on Water-Holding Capacity and Texture of Emulsion-Type Sausage During Storage

[J]. Agricultural Sciences in China,2009,8(12):1475~1481

- 26 PEREZ-MATEOS M., MONTERO P. Contribution of hydrocolloids to gelling properties of bluewhiting muscle [J]. European Food Research and Technology, 2000, 210(6):383~390
- 27 PARES D., SAGUER E., SAURINA J., et al. Functional properties of heat induced gels from liquid and spray-dried porcine blood plasma as influenced by pH [J]. Journal of Food Science, 1998, 63(6):958~961
- 28 O'FLYNN C. C., CRUZ-ROMERO M. C., TROY D., et al. The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages [J]. Meat science, 2014, 96(3):1266~1274
- 29 薛玉伟,季民,李文彬. 超声功率对超声破解污泥的影响 [J]. 化工学报,2007,58(4):1037~1041
- 30 黄波,李旭林,赵剑等. 超声波对捕收剂微乳液稳定性影响的研究 [J]. 煤炭技术,2014,33(5):240~243

(收稿日期 2014-12-09)