

文章编号:1673-2383(2018)01-0051-07

网络出版网址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1378.N.20180209.1423.018.html

网络出版时间:2018-2-9 14:24:21

响应面法优化鸡皮明胶提取条件的研究

柴梦阳¹, 辛颖¹, 陈复生^{1*}, 赖少娟²

(河南工业大学 1.粮油食品学院;2.生物工程学院,河南 郑州 450001)

摘要:传统的明胶主要来源于猪和牛的皮和骨,但是近年来由于宗教信仰(伊斯兰教)的不断壮大,使得传统明胶的使用受到了严格的限制,所以迫切需要找到一种传统明胶的替代品。鸡皮中含有丰富的胶原蛋白,作为明胶的提取材料,不仅可以满足宗教人群的需求,还可以提高资源利用率和企业效益。以鸡皮为原料,通过单因素试验考察了鸡皮明胶提取过程中碱液浓度、浸碱时间、酸液体积分数和提胶温度对所得明胶凝胶强度的影响。在单因素试验的基础上,利用 Box-Behnken 中心组合试验和响应面分析法对鸡皮明胶的提取工艺条件进行优化,建立了明胶凝胶强度和碱液浓度、浸碱时间、酸液体积分数和提胶温度之间的回归模型,并对该模型进行显著性分析,探讨各因素及其交互作用对明胶凝胶强度的影响,发现碱液浓度、浸碱时间和提胶温度对明胶凝胶强度的影响均比较显著,而酸液体积分数和交互因素都不显著。最后经过验证试验得到鸡皮明胶的最佳提取工艺条件:NaOH 浓度 0.2 mol/L,浸碱时间 0.8 h, HCl 体积分数 0.6%,提胶温度 55.0 ℃。此条件下明胶凝胶强度达到 396.6±4.0 g,与预测值 392.43 g 相近,且比市售猪皮明胶的凝胶强度(240.0 g)显著提高了 65%,可为开发新的明胶提供理论依据。

关键词:鸡皮;明胶;酸碱法制备;凝胶强度

中图分类号:TS201.2

文献标志码:B

0 前言

明胶是一种多肽混合物,含有 18 种氨基酸,一般是利用动物的皮肤、骨、肌膜、肌腱等结缔组织中的胶原蛋白在一定条件下进行水解而形成^[1-2]。明胶具有蛋白含量高和热量低的优势,常被作为添加剂应用在各种食品的制作中^[3-5]。传统的明胶主要来源于哺乳动物(猪和牛)的骨和皮。然而,宗教信仰的不断壮大,严重限制了哺乳动物(猪和牛)明胶产业的发展^[6-7],寻求新的明胶来源已经成为目前研究的重点^[8-10]。据相关研究发现,鸡皮富含胶原蛋白,是提取明胶的良好原料。我国作为鸡

肉生产大国,鸡皮常被作为废弃物扔掉,造成自然资源的极大浪费,且严重污染环境。因此,开发鸡皮能源并进行深加工对提高资源利用率和企业效益具有重大意义。凝胶强度是商业上衡量明胶品质的重要指标^[11],作者以鸡皮为原料,采用酸碱法提取鸡皮明胶,并对其凝胶强度进行优化。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

鸡皮取自当地市场;猪皮明胶购于当地超市;乙醚、氢氧化钠:分析纯,洛阳市化学试剂厂;盐酸:分析纯,洛阳昊华化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器与设备

DHG-9246A 型电热恒温干燥箱:上海精宏实验设备有限公司;LGJ-18 型冷冻干燥机:北京四环科学仪器厂;SX-5-12 型箱式电阻炉:北京中兴伟业仪器有限公司;BSA224S-CW 型电子天平:赛多利斯科学仪器有限公司;TA.XT.PLUS 型质构仪:Stable Micro System 公司。

收稿日期:2017-06-23

基金项目:国家自然科学基金项目(31471605,31200801);“粮油食品加工与新技术研究”河南省优秀科技创新团队;河南工业大学高层次人才科研基金项目(31401523);河南省属高校基本科研业务费专项基金项目青年支持计划(2015QNJH02)

作者简介:柴梦阳(1990—),女,河南禹州人,硕士研究生,研究方向为植物蛋白资源与利用。

* 通信作者:陈复生,教授, E-mail: fushengc@aliyun.com

1.3 试验方法

1.3.1 鸡皮明胶提取工艺流程

商品鸡皮→乙醚脱脂→酸碱预处理→提胶→过滤→浓缩→干燥→明胶。

(1) 新鲜鸡皮从当地市场买回来之后立即进行清洗,手动去除大块油脂,洗净后及时用保鲜膜分装整理,放入冰箱-18℃下冷冻处理 24 h 以上,备用。

(2) 用切片器将冷冻处理过的鸡皮切成 2 cm × 3 cm 的片状,取 1 000 g 置于 2 000 mL 的大烧杯中,按 1:2(g/mL)加入 2 000 mL 乙醚溶液,4℃下放置 24 h。脱脂后先搅拌一下,使油脂尽可能脱离鸡皮,使用滤框过滤,双手挤压鸡皮,使附着在鸡皮上的油脂能够最大限度地除去,过滤在通风厨中进行。

(3) 分别称取 60 g 脱脂鸡皮置于 15 个 500 mL 高型烧杯中,按 1:6(g/mL)加入 NaOH 溶液 360 mL,浸泡一定时间,用 2 层纱布过滤,自来水清洗至滤液呈中性。然后按 1:6(g/mL)加入 HCl 溶液 360 mL,浸泡 1 h,用 2 层纱布过滤,自来水清洗至滤液呈中性。

(4) 按 1:2(g/mL)加入蒸馏水 120 mL,置于水浴锅中在一定温度下放置 3 h。

(5) 水浴之后用 4 层纱布过滤,用分液漏斗对滤液进行分液处理,除去残留的油脂,再用旋转蒸发器对滤液浓缩去除大量水分,最后进行冷冻干燥及粉碎处理,最终得到明胶成品。

1.3.2 单因素试验设计

以明胶的凝胶强度为指标,以碱液浓度(0.05、0.20、0.40、0.60、1.00 mol/L),浸碱时间(0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 h),酸液体积分数(0.20%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%),提胶温度(45、55、65、75、85℃)为单因素(每个试验重复 3 次,结果取平均值)。按照鸡皮明胶提取的工艺流程,以碱液浓度 0.4 mol/L,浸碱时间 1.5 h,酸液体积分数 0.6%和提胶温度 65℃为基本试验条件。

1.3.3 凝胶强度的测定

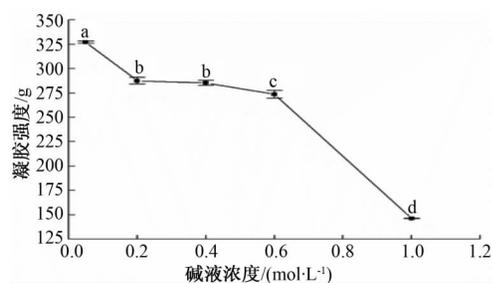
将所得明胶配制成质量分数为 6.67%的溶液,室温下放置 2 h 使其充分吸水溶胀,然后置于 60℃下 30 min 使其充分溶解,在 10℃放置 16~18 h 后形成水凝胶,采用质构仪测定^[12]。参数设置为探头:P10;测前速度:1 mm/s;测试速度:1 mm/s;测后速度:1 mm/s;模式目标:距离;下压高度:原始高度的 40%;触发方式:自动(力);触发力:5 g;停留时间:5 s^[13]。探头向下挤压样品高度为 4 mm 时所用的力即为凝胶强度。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 碱液浓度对鸡皮明胶凝胶强度的影响

碱液浓度对鸡皮明胶凝胶强度的影响如图 1 所示。由图 1 可以看出,随着 NaOH 溶液浓度的增加,明胶的凝胶强度呈现先降低,然后趋于平缓,最后再迅速降低的趋势。碱液能够使胶原中的胶原键和多肽键断裂,胶原螺旋结构在一定程度上发生解体,从而使胶原分子的结构发生变化,影响明胶的凝胶强度^[14]。明胶的凝胶强度取决于明胶中三螺旋结构与无序结构的比值,NaOH 溶液浓度的增加,会促使三螺旋体结构向无序结构转变,三螺旋结构与无序结构的比值减小,从而导致明胶的凝胶强度降低^[15]。由图 1 所示,当碱液浓度为 1.0 mol/L 时,所得鸡皮明胶的凝胶强度急剧降低,这可能是因为碱液浓度过大导致三螺旋结构完全转变为无序结构,使明胶失去维持构象稳定的三螺旋结构。因此,选取 0.05 mol/L 作为 NaOH 溶液的最佳浓度。



注:不同小写字母表示不同样品之间存在显著性差异($P < 0.05$),下同。

图 1 碱液浓度对明胶凝胶强度的影响

Fig.1 The influence of alkali concentration on gel strength

2.1.2 浸碱时间对鸡皮明胶凝胶强度的影响

浸碱时间对鸡皮明胶凝胶强度的影响如图 2 所示。

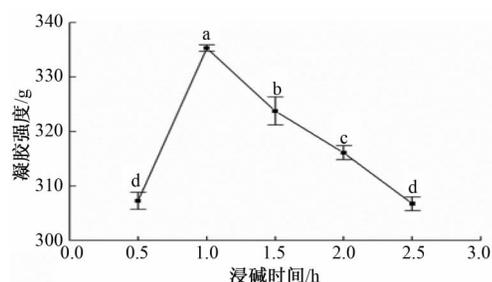


图 2 浸碱时间对明胶凝胶强度的影响

Fig.2 The influence of alkali treatment time on gel strength

由图 2 可以看出,随着浸碱时间的增加,明胶的凝胶强度呈先上升后降低的趋势,当浸碱时间为 1 h 时,明胶提取率达到峰值。浸碱时间为 0.5 h 时所得鸡皮明胶的凝胶强度较低,这是由于浸碱时间太短,不能够破坏胶原分子中非共价交联键,进而不能松散胶原的三螺旋结构、破坏非螺旋结晶区,不利于后期热处理过程中胶原亚基分子的释放,导致明胶的产率和凝胶强度较低^[16]。增加到 1 h 时,明胶的凝胶强度急剧增大,说明达到合适的浸碱时间,胶原亚基分子能够最大限度地得到释放,从而使其凝胶强度达到最大值。若浸碱时间继续增加,大分子亚基发生次级降解,凝胶强度开始降低。且浸碱时间过长,鸡皮会过度膨胀而融化,在水洗时大量损耗,从而降低明胶的提取率^[17]。因此,最佳浸碱时间为 1 h。

2.1.3 酸液体积分数对鸡皮明胶凝胶强度的影响

酸液体积分数对鸡皮明胶凝胶强度的影响如图 3 所示。由图 3 可以看出,随着酸液体积分数的增加明胶凝胶强度呈现先急剧增加,然后趋于稳定,最后急剧降低的趋势。适度的酸处理会使胶原纤维膨胀导致其结晶度下降,从而引起胶原三螺旋结构松散,有利于热处理过程中不溶性胶原向可溶性明胶的转变以及亚基大分子的释放,进而提高明胶的提取率和凝胶强度^[18-19]。一旦酸溶液超出最适范围,会造成胶原蛋白大分子亚基发生次级降解,降低明胶凝胶强度^[20]。HCl 溶液最佳体积分数为 0.6%。

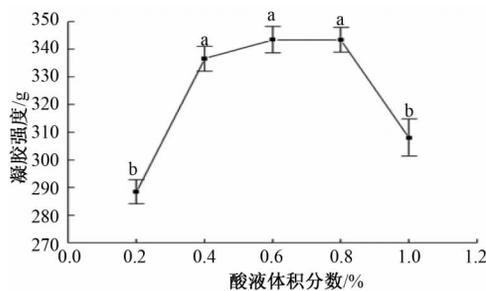


图 3 酸液体积分数对明胶凝胶强度的影响

Fig.3 The influence of acid concentration on gel strength

2.1.4 提胶温度对鸡皮明胶凝胶强度的影响

提胶温度对鸡皮明胶凝胶强度的影响如图 4 所示。由图 4 可以看出,当提胶温度从 45 °C 升高到 50 °C,凝胶强度无显著性变化,提胶温度再升高,凝胶强度逐渐降低。在热处理过程中,胶原蛋白的氢键和部分共价键断裂,三螺旋结构转变成无规则线团,胶原蛋白转变成明胶^[21-22]。低温能保证亚基分子不被降解,生成品质良好的明胶,但耗

时长、产率低。高温使胶原蛋白水解生成大量的低分子质量肽段,而这些低分子质量的肽段是明胶中的不凝固相,会降低明胶品质^[21,23]。综合考虑,选取 55 °C 为最佳温度。

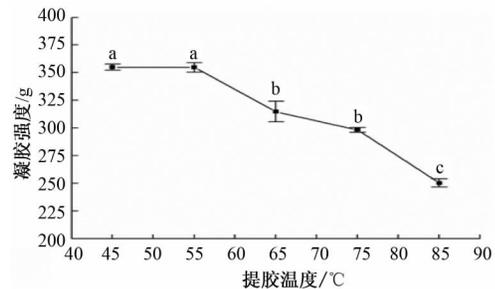


图 4 提胶温度对明胶凝胶强度的影响

Fig.4 The influence of extraction temperature on gel strength

2.2 鸡皮明胶凝胶强度最佳提取工艺条件的研究

2.2.1 模型的建立与方差分析

根据单因素试验结果,确定响应面因素与水平(表 1),因素 A 为 NaOH 溶液浓度, B 为浸碱时间, C 为酸液体积分数, D 为提胶温度。利用 Design Expert 8.05 软件进行四因素三水平试验设计,以凝胶强度(Y)为评价指标,试验结果见表 2。

表 1 响应面因素及水平

Table 1 Factors and andlevels of the response surface method

水平	A 碱液浓度/ (mol·L ⁻¹)	B 浸碱时间/ h	C 酸液体积 分数/%	D 提胶温度/ °C
-1	0.05	0.50	0.40	45.00
0	0.23	1.00	0.60	55.00
1	0.40	1.50	0.80	65.00

对鸡皮明胶凝胶强度的最佳提取工艺进行响应面优化,利用 Design Expert 8.05 统计软件对试验数据进行二次多元回归拟合,得到回归模型:

$$Y=394.04-10.12A-6.18B-3.30C-19.01D-0.84AB-0.55AC+0.29AD+0.86BC-3.38BD+4.45CD-31.47A^2-14.96B^2-19.29C^2-40.89D^2。$$

对此回归模型进行方差分析,结果如表 3 所示,鸡皮明胶提取工艺凝胶强度的整体模型 P 值小于 0.000 1,且校正决定系数 $R^2=0.988 2$,表明凝胶强度模型这个方程都极显著,失拟项 P 值为 0.058 2 不显著,说明预测值与真实值高度相符,该模型与实际拟合良好,可用于分析及预测碱液浓度、浸碱时间、酸液体积分数和提胶温度对凝胶强度的影响。显著性检验表明,因素 A、B、D、A²、B²、C² 和 D² 对凝胶强度影响显著,因素 C 和交互作用 AB、AC、AD、BC、BD、CD 对凝胶强度影响不显著。

表 2 响应面试验设计及结果

Table 2 The experimental design and results of the response surface method

序号	A	B	C	D	Y
1	0	-1	1	0	369.72
2	0	1	0	-1	359.02
3	-1	0	0	-1	349.73
4	0	-1	0	1	318.27
5	1	0	0	1	304.66
6	0	-1	0	-1	350.83
7	0	1	1	0	350.44
8	-1	-1	0	0	360.81
9	1	-1	0	0	347.08
10	1	0	0	-1	331.66
11	0	-1	-1	0	380.40
12	0	0	1	-1	349.61
13	-1	0	0	1	321.00
14	0	1	0	1	312.95
15	-1	0	1	0	350.23
16	0	1	-1	0	357.68
17	0	0	-1	1	303.64
18	1	1	0	0	327.62
19	0	0	1	1	311.62
20	-1	0	-1	0	359.03
21	0	0	-1	-1	359.41
22	-1	1	0	0	345.01
23	1	0	-1	0	332.28
24	1	0	1	0	321.11
25	0	0	0	0	392.20
26	0	0	0	0	396.45
27	0	0	0	0	392.53

由 F 值可知,各因素对明胶凝胶强度的影响次序依次是 D (提胶温度) $>A$ (碱液浓度) $>B$ (浸碱时间) $>C$ (酸液体积分数)。去掉不显著项,得到优化后的模型: $Y=394.04-10.12A-6.18B-19.01D-31.47A^2-14.96B^2-19.29C^2-40.89D^2$ 。

2.2.2 响应曲面分析

3D 响应值曲面图可直观地表征单因素之间的交互作用对明胶凝胶强度的影响,等高线形状反映了单因素交互作用的强弱,椭圆形表示交互作用显著,而圆形表示交互作用不显著。碱液浓度、浸碱时间、酸液体积分数和提胶温度之间的交互作用对明胶凝胶强度的影响如图 5 所示,从响应面的最高点和等高线可以看出,在所选的范围存在极值,在响应面的最高点,也是等高线最小圆的中心点。

由图 5a、5b、5c、5d、5e 和 5f 中的等高线可以

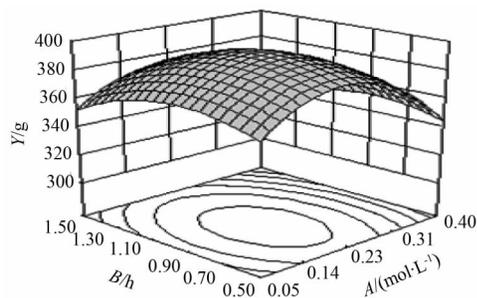
表 3 回归模型的方差分析

Table 3 Variance analysis of the regression model

来源	总平方	自由度	均方	F 值	P	显著性
模型	17 132.64	14	1 223.76	15.65	< 0.000 1	**
A	1 228.43	1	1 228.43	15.71	0.001 9	**
B	458.12	1	458.12	5.86	0.032 3	*
C	130.51	1	130.51	1.67	0.220 7	
D	4 333.80	1	4 333.80	55.42	< 0.000 1	**
AB	2.83	1	2.83	0.04	0.852 4	
AC	1.19	1	1.19	0.02	0.903 8	
AD	0.33	1	0.33	0.00	0.949 4	
BC	2.97	1	2.97	0.04	0.848 9	
BD	45.60	1	45.60	0.58	0.459 8	
CD	79.09	1	79.09	1.01	0.334 4	
A^2	5 272.94	1	5 272.94	67.43	< 0.000 1	**
B^2	1 193.62	1	1 193.62	15.26	0.002 1	**
C^2	1 984.70	1	1 984.70	25.38	0.000 3	**
D^2	8 916.40	1	8 916.40	114.02	< 0.000 1	**
残差	938.37	12	78.20			
失拟项	927.19	10	92.72	16.59	0.058 2	
绝对偏差	11.18	2	5.59			
总和	18 071.01	26				

$R^2=0.988 2$

看出,每两个因素的等高线均趋向圆形,表明 4 个因素间交互作用影响不显著,这与表 4 中回归模型系数显著性检验结果一致。由图 5a、5b 和 5c 可知,随着碱液浓度的增加,明胶的凝胶强度先增加后减小;由图 5a、5d 和 5e 可知,随着浸碱时间的增加,明胶的凝胶强度先增加后降低;由图 5b、5d 和 5f 看出,随着酸液体积分数的升高,明胶的凝胶强度先增加后减小;由图 5c、5e 和 5f 可得,随着提胶温度的升高,明胶的凝胶强度先上升后下降。其中碱液浓度、浸碱时间和提胶温度对明胶凝胶强度的影响均比较显著,与方差分析的结果一致。



a

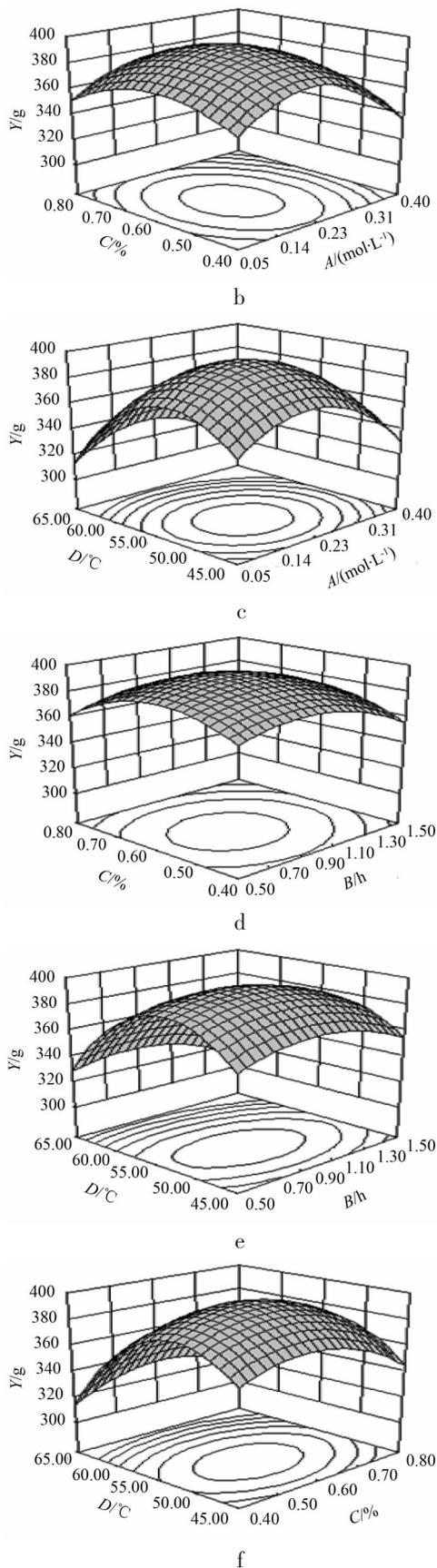


图 5 响应面图和等高线图分析

Fig.5 Analysis of the response surface and contour plot

2.2.3 最佳工艺条件的验证试验

通过 Design Expert 8.05 软件进行预测分析,得出鸡皮明胶在 NaOH 浓度 0.21 mol/L、浸碱时间 0.84 h、HCl 体积分数 0.58% 和提胶温度 55.04 °C 的条件下,所得鸡皮明胶的凝胶强度理论值最大为 392.43 g。为了检验响应面法所得到结果的可靠性,对鸡皮明胶提取工艺的优化条件进行验证,考虑到实际操作因素,将试验条件修正为 NaOH 浓度 0.2 mol/L,浸碱时间 0.8 h,HCl 体积分数 0.6%,提胶温度 55.0 °C,此条件下明胶凝胶强度达到 396.6±4.0 g,实际值与预测值相差较小,证明该模型得到的工艺参数可行。

3 结论

本试验以凝胶强度为响应值通过单因素试验和 Box-Behnken 中心组合试验对鸡皮明胶的提取工艺进行了优化,得到鸡皮明胶的最佳提取工艺条件为 NaOH 浓度 0.2 mol/L,浸碱时间 0.8 h,HCl 体积分数 0.6%,提胶温度 55.0 °C,此条件下明胶凝胶强度达到 396.6±4.0 g。比市售猪皮明胶的凝胶强度(240.0 g)提高了 65%,可为开发新的明胶提供理论依据。

参考文献:

- [1] 董晨东,卫士杰,段子卿,等.不同冻力明胶的溶胀动力学和交联稳定性[J].中国药科大学学报,2010,41(5):435-440.
- [2] 刘小玲.鸡骨明胶的制备、结构及功能性质研究[D].无锡:江南大学,2005.
- [3] 周梦柔,张雨浩,陈丽清,等.基于微观结构的明胶凝胶强度改善研究进展[J].食品工业科技,2013,34(13):395-399.
- [4] SARBON N M,CHEOW C S,KYAW Z W,et al. Effects of different types and concentration of salts on the rheological and thermal properties of sin croaker and shortfin scad skin gelatin[J].International Food Research Journal,2014,21(1): 317-324.
- [5] ELGADIR M A,MIRGHANI M E S,ADAM A. Fish gelatin and its applications in selected pharmaceutical aspects as alternative source to pork gelatin [J]. Journal of Food ,Agriculture & Environment,2013,11 (1):73-79.
- [6] NINAN G,JOSEPH J,ALIYAMVEETIL Z A.

- A comparative study on the physical, chemical and functional properties of carp skin and mammalian gelatins [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 51 (9):2085–2091.
- [7] ACEVEDO C A, DÍAZ-CALDERÓN P, LÓPEZ D, et al. Assessment of gelatin–chitosan interactions in films by a chemometrics approach [J]. *CyTA–Journal of Food*, 2015, 13(2):227–234.
- [8] KOLI J M, BASU S, NAGALAKSHMI, et al. Effect of pH and ionic strength on functional properties of fish gelatin in comparison to mammalian gelatin [J]. *Fishery Technology*, 2013(50):1–8.
- [9] GÓMEZ-GUILLÉN M C, GIMÉNEZ B, LÓPEZ-CABALLERO M E, et al. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review [J]. *Food Hydrocolloids*, 2011, 25(8):1813–1827.
- [10] 张帅, 王昱琳, 黄雅钦. 鱼来源和家禽来源明胶原料的研究进展 [J]. *明胶科学与技术*, 2011(4):173–181.
- [11] ZHANG J J, DUAN R, WANG Y L, et al. Seasonal differences in the properties of gelatins extracted from skin of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) [J]. *Food Hydrocolloids*, 2012, 29(1):100–105.
- [12] ANAND S, KAMATH S, CHUANG L. Biochemical and thermo-mechanical analysis of collagen from the skin of Asian Sea bass (*Lates calcarifer*) and Australasian Snapper (*Pagrus auratus*), an alternative for mammalian collagen [J]. *European Food Research Technology*, 2013, 236:873–882.
- [13] NAZEER R A, DEEPTHI M K. Physicochemical and nanostructural properties of gelatin from uneconomical marine cornet fish (*Fistularia petimba*) [J]. *Food Science and Biotechnology*, 2013, 22(1):9–14.
- [14] 陈小雷. 斑点叉尾鮰鱼皮明胶的制备、性质与应用研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2013.
- [15] LI C S, YANG H. Effects of salt and sugar addition on the physicochemical properties and nanostructure of fish gelatin [J]. *Food Hydrocolloids*, 2015, 45:72–82.
- [16] YANG H, WANG Y, PENG Z, et al. Effects of alkaline and acid pretreatment on the physical properties and nanostructures of the gelatin from channel catfish skins [J]. *Food Hydrocolloids*, 2008, 22(8):1541–1550.
- [17] 康莎莎, 辛颖, 陈复生. 罗非鱼皮明胶提取工艺优化及其性质研究 [J]. *食品工业*, 2016(9):31–34.
- [18] 鲁军, 陈海华. 鸡皮明胶的提取工艺研究 [J]. *粮油加工*, 2009(4):130–133.
- [19] 张光杰, 路志芳, 田振. 鸡皮明胶的酸法制备及性质研究 [J]. *中国食品添加剂*, 2013(6):119–123.
- [20] YANG H S, WANG Y F. Effect of concentration on nanostructural images and physical properties of gelatin from channel catfish skins [J]. *Food Hydrocolloids*, 2009, 23(3):557–584.
- [21] 刘丽娜. 鮰鱼皮明胶的制备及其功能性质研究[D]. 无锡:江南大学, 2008.
- [22] 刘小玲, 许时婴. 从鸡骨中制取明胶的加工工艺 [J]. *食品与发酵工业*, 2004, 30(9):48–53.
- [23] FOLK J E. Fish gelatin: characteristics, functional properties, applications and future potentials [J]. *Food Engineering Review*, 2015 (7):33–44.

OPTIMIZATION OF CHICKEN SKIN GELATIN EXTRACTION BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

CHAI Mengyang¹, XIN Ying¹, CHEN Fusheng¹, LAI Shaojuan²

(1. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China;

2. College of Biotechnology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Traditional gelatin is mainly derived from the skins and bones of pork and cow. In recent years, due to the growing number of religious believers, the use of traditional gelatin is strictly restricted, so it's urgent to find

a substitute for traditional gelatin now. Chicken skin contains abundant collagen, which not only can meet the needs of religion people, but also improve the resource utilization rate and economic benefit. The effect of NaOH concentration, NaOH treatment time, HCl concentration and extraction temperature on the gel strength of gelatin was investigated through single factor experiments. On the basis of single factor experiments, the Box - Behnken center combination experiment and response surface analysis were used to optimize the extraction conditions for chicken skin gelatin, and the regression model between gel strength and NaOH concentration, NaOH treatment time, HCl concentration and extraction temperature was built. The effect of those factors and their interactions on the gel strength was explored by the analysis of the significance of the model. The results showed that the influence of NaOH concentration, NaOH treatment time and extraction temperature on gelatin gel strength were all more significant, while HCl concentration and interaction of factors were not significant. The optimum conditions were obtained through the verification test which were showed as follows: the concentration of sodium hydroxide was 0.2 mol/L, the sodium hydroxide treatment time of 0.8 h, the concentration of hydrochloric acid of 0.6% and the extraction temperature of 55.0 °C. Under these optimal conditions, the gel strength of gelatin was up to 396.6 ± 4.0 g, which was significantly increased by 65% than pork skin gelatin (240.0 g). The present method will provide a theoretical basis for the development of new gelatin.

Key words: chicken skin; gelatin; acid-alkaline method; gel strength

(上接第 38 页)

THE PROPERTY OF MILDLY OXIDIZING HIGH-AMYLOSE MAIZE STARCH WITH MULTIPLE ALDEHYDE

LYU Ning, LIU Jie, WANG Xiangli, WANG Haiyang, WANG Yadan, LIU Yawei

(School of Food Science and Technology, National Engineering Laboratory for Wheat and Corn Further Processing, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: To expand the application of high-amylose maize starch in the food industry, the present study was to investigate the optimal process conditions of mildly oxidizing high-amylose maize starch by orthogonal experiment method with sodium hypochlorite as oxidizing agent. The effect of available chlorine amount, pH, the reaction time and the reaction temperature on the aldehyde and carboxyl content of maize starch under mild oxidation conditions was examined. The results showed that the optimum process conditions of mildly oxidizing high-amylose maize starch were as follows: the addition amount of available chlorine of 0.4%, pH of 8, reaction temperature of 55 °C and reaction time of 4 h, under which the aldehyde and carboxyl content were reached to 1.540% and 0.035%, respectively. The starch granule diameter of the optimized high-amylose maize starch with multiple aldehyde was reduced to 8.704 μm, which was decreased by 3.04 μm compared with the original high-amylose maize starch (11.744 μm). The results of Differential Scanning Calorimeter (DSC) test indicated that the gelatinization temperature and enthalpy of the mildly oxidizing high-amylose maize starch were declined; the double helix structure of the starch molecular was depolymerized partly by oxidized; the crystallization field of high-amylose maize starch area was degraded. Thermal Gravimetric Analysis (TGA) tests revealed the maximum decomposition temperature of moderately oxidized high-amylose maize starch was reached to 320.44 °C, which implied that the thermal stability of the oxidized starch was increased compared with native starch.

Key words: sodium hypochlorite; moderate oxidation; high amylose maize starch; aldehyde content