

卡拉胶结合超高压处理 对鸡胸肉糜品质的影响

马亚萍,康壮丽,王嘉楠,李 想,潘润淑,马汉军*
(河南科技学院食品学院,河南新乡 453003)

摘 要:以鸡胸肉为原料,研究超高压处理对添加卡拉胶鸡肉糜制品品质的影响。以失水率、蒸煮损失率、色泽和TPA参数为测定指标,选定卡拉胶添加量、压力水平、保压时间3个因素进行单因素实验;在此基础上进行正交实验,得出:卡拉胶添加0.6%、压力400 MPa、保压5 min时,鸡肉糜制品有最佳处理效果;失水率达62.41%、硬度达12641.72 g,凝胶效果较佳。研究表明,卡拉胶结合超高压处理能够提高鸡肉糜制品的出品率,改善鸡肉糜制品的凝胶效果。
关键词:鸡胸肉,超高压,卡拉胶,保水性,色泽,凝胶特性

Effect of carrageenan combination ultra high pressure treatment on the quality of chicken meat products

MA Ya-ping, KANG Zhuang-li, WANG Jia-nan, LI Xiang, PAN Run-shu, MA Han-jun*

(College of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: Chicken breast was selected as raw materials to discuss the effect of high pressure treatment and carrageenan on the quality of minced chicken products. Based on single factor experiment, orthogonal experiment was used to select carrageenan addition, pressure levels and holding time. The index were water loss rate, cooking loss, color, gel property. The results showed that the minced chicken products would have the best treatment effect: water-holding capacity of 62.41%, hardness of 12641.72 g and had a good gel when the carrageenan added 0.6%, 400 MPa pressure, holding pressure for 5 min. This study indicated that UHP treatment with carrageenan addition could improve the yield of minced chicken products and formation of chicken meat products.

Key words: chicken breast; ultra high pressure; carrageenan; water-holding capacity; color; gel property

中图分类号: TS201.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2016)06-0275-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.06.048

肉是人类膳食结构中的重要组成部分,但过量的摄入是导致一系列现代文明病的诱导因素,因而具有高蛋白、低盐、低脂肪特性的肉制品越来越受消费者的青睐^[1]。鸡肉是增长速度快、供应足、物美价廉的肉类,营养丰富,并以其高蛋白和低脂肪著称^[2-3]。鸡肉具有巨大的消费市场,故鸡肉及其制品的品质则是消费者关注的重要问题之一。然而,鸡胸肉糜制品往往不能提供令人满意的凝胶强度和弹性,且切片性也较差^[4],其原因可能与鸡肉蛋白质的凝胶特性相关。所以,如何改善鸡肉的凝胶特性已成为研究的一个热点。

超高压技术是近十几年来新兴起的一种冷杀菌技术^[5],该技术可在不影响制品营养和风味的前提下延长其贮藏期、改善组织结构、调节酶活力、提高肌

肉蛋白凝胶特性等,越来越受到诸多学者的青睐,用以改善鸡肉的凝胶特性^[6-8]。如Russell指出压力作用下,蛋白质三级、四级结构的非共价键(氢键、离子键和疏水键等)发生变化,使蛋白质结构伸展而变得松散,改善其溶解性及凝胶特性^[9]。祖海珍等报道了超高压对鸡肉蛋白凝胶性的影响^[10]。Sun等研究发现,300 MPa时肌肉蛋白质的主要成分(肌原纤维蛋白)发生解链、离解,高于此水平的压力将导致蛋白质变性增加、形成凝胶及凝聚^[11]。

卡拉胶是一种具有改善肉制品的保水性、质构与内部水分分布状态等的具有胶凝性的多糖^[12]。其作为保水增稠剂、赋形胶凝剂,在肉制品加工中的应用极为广泛。如Dikr等报道了卡拉胶对鸡肉中盐溶性蛋白质凝胶的复合模量、保水性、微观结构的影

收稿日期: 2015-09-29

作者简介: 马亚萍(1990-),女,硕士研究生,研究方向:农产品加工与贮藏工程,E-mail: 13781936901@163.com。

* 通讯作者: 马汉军(1965-),男,博士,教授,主要从事农产品深加工方面的研究,E-mail: xxhjma@126.com。

基金项目: 河南省高校科技创新团队支持计划资助(13IRTSTHN006);农业部公益性行业科研专项(201303083)。

响^[13],陈从贵、陆剑锋等报道了超高压、卡拉胶可以显著改善制品的硬度、咀嚼性、弹性和凝胶的保水性^[14-15]。目前,国内在改善鸡肉制品品质领域研究多是向其中添加其他成分^[16-17],如磷酸盐^[18]、卡拉胶、瓜尔豆胶^[19]、大豆分离蛋白、面粉等^[20],却鲜见将超高压技术同卡拉胶结合起来用于改善鸡肉制品品质特性的报道。本实验将二者结合起来,通过改变卡拉胶添加量、超高压压力及保压时间,对鸡胸肉进行处理,对处理后产品的保水性、凝胶特性及色泽指标进行测定,并设计三因素三水平的正交实验,探讨卡拉胶及超高压处理对鸡肉糜制品品质的影响,以期为进一步改善鸡肉制品的品质特性提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鸡胸肉、食盐 购于新乡市永辉超市;K-卡拉胶 天津科密欧化学试剂有限公司;真空包装袋(PE/尼龙)等。

UHPF-750 MPa型超高压处理装置 包头科发新型高科技食品机械有限公司,工作压力600 MPa,功率5 kW;多功能真空包装机 山东省诸城市中鼎机械;多功能高效粉碎机 连云港东亚机电研究所;SHA-C数显水浴恒温振荡器 江苏省金坛市华峰仪器有限公司;DHG-91013SA型电热恒温鼓风干燥箱 上海三发科学仪器有限公司;MC牌电子天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程 鸡胸肉→流水解冻→清洗、沥水→绞碎称重→拌料(1% NaCl,10%水)→添加卡拉胶→真空包装→超高压处理→冷藏(4℃,24 h)→水浴(75℃,30 min)→冷却至室温→测定各指标。

操作要点:将冰鲜鸡胸肉(非疫区)流水解冻并去除其他异物,用捣碎搅拌机将鸡胸肉绞碎,称重后添加1% NaCl和10%水;添加卡拉胶并搅拌后进行真空包装,将真空包装过的鸡肉糜进行超高压处理;将超高压处理后的制品4℃下冷藏24 h后,将制品在75℃水浴下处理30 min,冷却至室温进行指标测定^[13]。

1.2.2 测定指标

1.2.2.1 鸡肉糜制品保水性测定 制品保水性由蒸煮损失率(CL)和失水率(WL)两个指标表征^[21]。

蒸煮损失率(CL)的测定:室温下将形状规则的鸡肉糜灌肠并拭干表面水分后称重,记为A,肠衣质量为B,蒸煮后质量称重为C,蒸煮损失率的计算式为:

$$CL(\%) = \frac{(A-B-C)}{A-B} \times 100$$

失水率(WL)的测定:称取3~5 g冷却后的鸡肉糜于烘至恒重并冷却至室温的称量瓶中,于100℃烘箱中烘至恒重(2~3 h),取出于干燥器中冷却至室温,称重,由下式计算失水率^[22]。

$$WL(\%) = \frac{(G_1-G_2)}{G_3} \times 100$$

式中, G_1 :烘干前肉糜与称量瓶总重; G_2 :烘干后肉糜与称量瓶总重; G_3 :肉糜重量。

1.2.2.2 鸡肉糜制品质构的测定 参照Pilar Trespalacios^[23]方法,并稍作改动。将经过水浴的样品切成直径为20 mm、高为20 mm的圆柱体。使用TA-XTPLUS物性测定仪进行质构(TPA)测定。参数为:选用P50的圆柱形不锈钢探头;自动触发类型,测试前速度2 mm/s,测试速度1 mm/s,测试后速度1 mm/s,压缩比40%,测定间隔时间5 s,触发力5 g。

1.2.2.3 鸡肉糜制品色泽测定 对样品横截面进行色差(白度W,彩度C)测定,记录数据亮度值(L^*),红度值(a^*),黄度值(b^*);白度值与彩度值分别由下式计算^[24]。

$$W=100-\sqrt{(100-L^*)^2+a^{*2}+b^{*2}}, C=\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}。$$

1.2.3 单因素实验

1.2.3.1 卡拉胶添加量对鸡胸肉糜制品品质的影响 取60 g绞碎处理后的鸡肉糜6份,分别加入质量分数为0%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%的卡拉胶。进行300 MPa、保压15 min的高压处理,处理温度25℃(室温)。

1.2.3.2 压力水平对鸡胸肉糜制品品质的影响 取6份鸡肉糜(60 g),以最佳卡拉胶添加量进行卡拉胶添加,分别进行0.1、100、200、300、400、500 MPa的压力处理,保压时间15 min,处理温度为室温25℃。

1.2.3.3 保压时间对鸡胸肉糜制品品质的影响 取60 g鸡肉糜6份,在上述最佳条件下分别进行0、5、10、15、20、25 min的保压处理,处理温度25℃。

1.2.4 正交实验 以卡拉胶添加量、超高压水平、超高压保压时间为实验因素,以鸡胸肉糜制品保水性特征性指标失水率,质构的特征性指标硬度为测定指标,设计三因素三水平的正交实验。实验因素水平设计见表1。

表1 $L_9(3^4)$ 正交实验因素水平表

Table 1 Levels and factors table of $L_9(3^4)$ orthogonal experiment

水平	因素		
	A 卡拉胶添加量 (%)	B 压力水平 (MPa)	C 保压时间 (min)
1	0.2	200	5
2	0.4	300	10
3	0.6	400	15

1.3 数据处理

保水性指标测定重复3次试验,色泽与质构的测定重复试验6次,并采用SPSS 17.0、Origin 7.0和Design Expert 7.0对各试验数据进行统计学分析,下文中显著为 $p<0.05$,极显著为 $p<0.01$,不显著为 $p>0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 卡拉胶添加量对鸡肉糜制品品质的影响

2.1.1 卡拉胶添加量对鸡肉糜制品保水性的影响 由图1可知,随着卡拉胶添加的增加鸡肉糜制品的蒸煮损失率降低,而失水率逐步升高。此结果与陈从贵^[14]等研究表明蒸煮损失率随着卡拉胶添加浓度的上升而依次减小基本一致,但因所用原料不同而存

在一定的差异。卡拉胶添加量为0.2%~1.0%时鸡肉糜蒸煮损失率差异不显著($p>0.05$),而鸡肉糜制品失水率升高,因此添加少量的卡拉胶可以在保证失水率不大幅度升高的前提下降低鸡肉糜制品的蒸煮损失率。

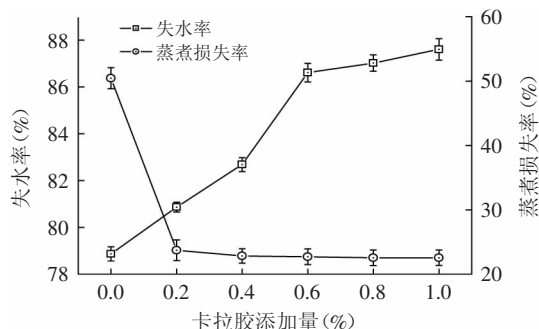


图1 卡拉胶添加量对鸡肉糜制品蒸制品保水性的影响
Fig.1 Effect of carrageenan addition on water-holding capacity of minced chicken products

2.1.2 卡拉胶添加量对鸡肉糜制品品质的影响 由图2分析可知,卡拉胶能显著增加鸡肉糜的硬度、凝聚力、胶着性,但过高的卡拉胶添加量反而会降低鸡肉糜制品的硬度、凝聚力、胶着性,这可能是由于过多的卡拉胶使得形成的凝胶过于致密,凝胶质量变差,硬度下降。

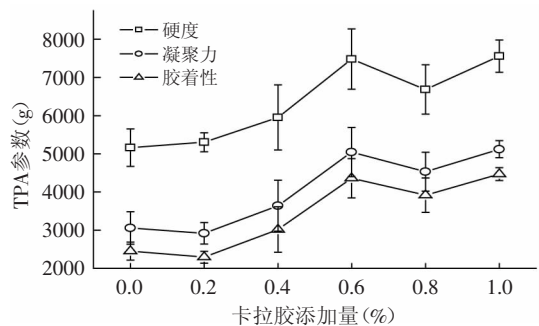


图2 卡拉胶添加量对鸡肉糜制品TPA的影响
Fig.2 Effect of carrageenan addition on TPA of minced chicken products

2.1.3 卡拉胶添加量对鸡肉糜制品色泽的影响 由图3可知随着卡拉胶添加量的变化白度和彩度均呈现出先减小后上升的趋势,说明较低的卡拉胶添加量对鸡肉糜制品的色泽有负面的影响。在卡拉胶的添量为0.6%~1.0%时可以改善鸡肉糜制品的色泽。在卡拉胶添加量为0.6%时鸡肉糜制品的白度较低,而此时彩度较高。

综合卡拉胶对鸡肉糜品质的影响的结果,选取卡拉胶添加量0.2%、0.4%、0.6%来进行正交试验。

2.2 压力水平对鸡肉糜制品品质的影响

2.2.1 压力水平对鸡肉糜制品保水性的影响 由图4知,与空白组对照,经高压处理的样品失水率和蒸煮损失率呈现出先减小再升高的趋势,在200~400 MPa压力下样品的失水率和蒸煮损失率都达到最低值,

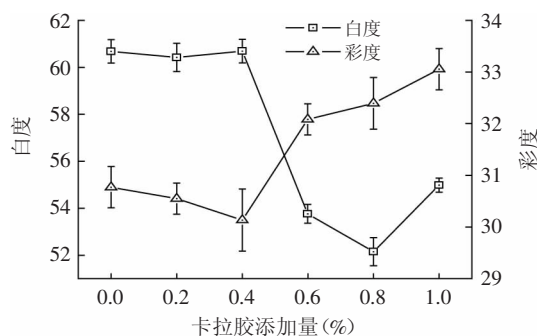


图3 卡拉胶添加量对鸡肉糜色泽的影响
Fig.3 Effects of carrageenan addition on color of minced chicken products

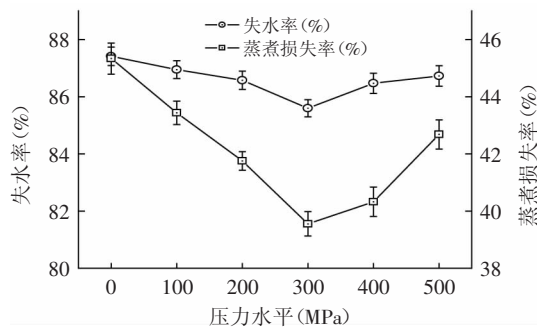


图4 压力水平对鸡肉糜制品蒸制品保水性的影响
Fig.4 Effect of pressure levels on water-holding capacity of minced chicken products

此与邱志敏超高压处理对添加变性淀粉鸡肉糜制品品质的影响^[24]中的结论一致。因此,用高压处理添加保水剂的鸡肉糜制品,200~400 MPa可获得较低蒸煮损失率(CL)、低失水率的鸡肉糜制品。

2.2.2 压力对鸡肉糜制品品质的影响 鸡肉糜品必须达到一定的硬度才能使其外观及品尝特性满足相关要求。因而当压力低于400 MPa时,不同压力处理样品组之间对制品硬度的影响差异不大,只有压力高于400 MPa时制品硬度有显著下降趋势。这种变化趋势与陈从贵等^[25]在100~600 MPa压力下处理猪肉凝胶的变化趋势相似,他们认为硬度的增加与肉糜颗粒间的团聚性增强有关,而过高压力会导致肌原纤维M-线消失,A-带和I-带破坏,从而使硬度降低。凝聚力与胶着性的变化趋势与硬度相同。

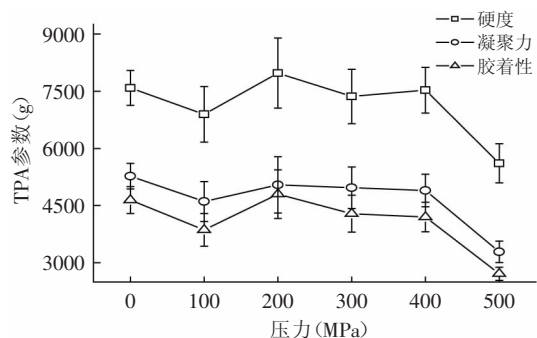


图5 压力水平对鸡肉糜制品TPA的影响
Fig.5 Effect of pressure levels on TPA of minced chicken products

2.2.3 压力水平对鸡肉糜制品色泽的影响 由图6可知,随着压力变化白度呈现出先减小后上升的趋势,而彩度总体呈现出先升高再减小的趋势。这与邱志敏^[24]等人研究的超高压处理对添加变性淀粉鸡肉糜制品品质的影响的结果基本符合。

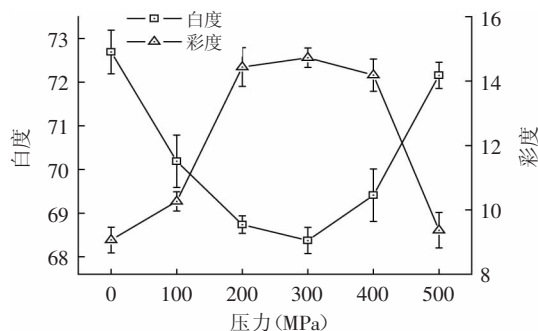


图6 压力水平对鸡肉糜色泽的影响

Fig.6 Effects of pressure levels on color of minced chicken products

综上所述,在压力水平为200~400 MPa时鸡肉糜有低的蒸煮损失率和失水率,且质构和色泽良好,因此选取200、300、400 MPa来进行正交实验。

2.3 保压时间对鸡肉糜制品品质的影响

2.3.1 保压时间对鸡肉糜制品保水性的影响 由图7可以看出,保压时间为10~15 min失水率和蒸煮损失率最低,当保压时间超过15 min以后失水率和蒸煮损失率都有升高的趋势。可见超高压对肉制品保水性的提高是有一定时间限制的,10~15 min左右为宜。此结论与李柯昕^[26]的研究结果一致,改善了工艺条件。

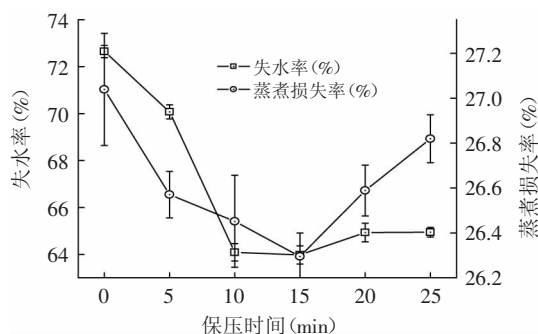


图7 保压时间对鸡肉糜制品保水性的影响

Fig.7 Effect of holding time on water-holding capacity of minced chicken products

2.3.2 保压时间对鸡肉糜制品质构的影响 由图8可知,除5 min处理与对照组相比提高了制品的硬度、凝聚力、胶着性特性,其余各处理组与对照组相比差异并不明显,且在处理时间10~15 min内硬度、凝聚力、胶着性有稍下降的趋势。在压力不变(200 MPa)的情况下,保压时间的延长(>10 min)对提高鸡肉凝胶的质构特性的意义不大,即使较短的处理时间内也可以获得较好的质构特性。此与邱志敏、芮汉明^[24]所研究的保压时间对鸡肉糜制品凝胶质构变化所得

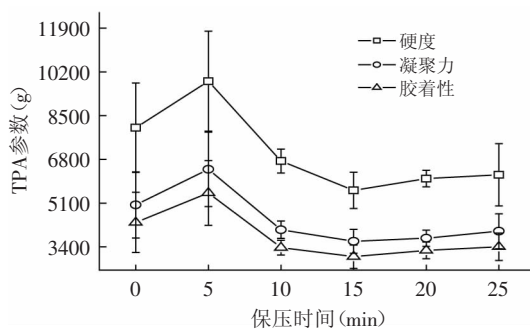


图8 保压时间对鸡肉糜制品TPA的影响

Fig.8 Effect of holding time on TPA of minced chicken products

出的结论一致。

2.3.3 保压时间对鸡肉糜制品色泽的影响 由图9可知,保压时间对彩度的影响不大,白度呈现先降后升的趋势,与邱志敏^[24]等人研究的超高压处理对添加变性淀粉鸡肉糜制品品质的影响的白度结果基本符合,但彩度结果不同,可能是由于本文添加的是卡拉胶的缘故。

综上所述,选取5、10、15 min来进行正交试验。

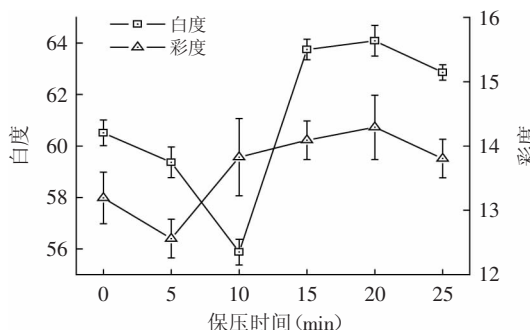


图9 保压时间对鸡肉糜色泽的影响

Fig.9 Effects of holding time on color of minced chicken products

2.4 正交实验及结果分析

正交实验结果见表2。由表2可知,对失水率结果进行分析:从k值可以得出,正交实验最佳组合为A₃B₃C₁,即卡拉胶添加量0.6%、压力水平400 MPa、保压时间5 min;由R可得,影响失水率的因素主次顺序为:保压时间>卡拉胶添加量>压力水平。对硬度进行分析:从k值可以得出正交实验最佳组合为A₃B₂C₁,即卡拉胶添加量0.6%、压力水平300 MPa、保压时间5 min;由R值得,影响硬度的因素主次顺序为:卡拉胶添加量>保压时间>压力水平。

从表3的方差分析可知,卡拉胶添加量、保压时间对失水率有极显著影响($p < 0.01$);压力水平有显著影响($p < 0.05$)。由表4方差分析的结果可,卡拉胶添加量、保压时间对硬度的影响极显著,而压力水平不显著,因此,压力水平选择B₃,选择A₃B₃C₁作为最优实验组合,即卡拉胶添加量0.6%、压力水平400 MPa、保压时间5 min,此时失水率为62.41%,硬度为12641.72 g。

表2 正交实验结果

Table 2 Orthogonal experiment results

实验号	A	B	C	D(空列)	失水率(%)	硬度(g)
1	1	1	1	1	63.79	10015.27
2	1	2	2	2	69.94	7563.94
3	1	3	3	3	66.27	6736.77
4	2	1	2	3	67.2	8267.2
5	2	2	3	1	65.05	8765.05
6	2	3	1	2	60.19	9963.49
7	3	1	3	2	62.01	9965.01
8	3	2	1	3	63.04	12065.04
9	3	3	2	1	65.31	9865.31
失水率	k ₁	66.67	64.33	62.34	64.72	
	k ₂	64.15	66.01	67.48	64.05	
	k ₃	63.45	63.92	64.44	65.5	
	R ₁	3.21	2.09	5.14	1.46	
硬度	k ₁	8105.33	9415.83	11014.27	9548.54	
	k ₂	8998.58	9464.68	8565.48	9164.15	
	k ₃	10631.79	8855.19	8488.94	9023	
	R ₂	2526.46	609.49	2525.32	525.54	

表3 失水率方差分析

Table 3 Variance analysis of loss rate

因素	偏差平方和	自由度	F值	F _{0.05}	F _{0.01}	显著性
A	17.16	2	16.14	4.76	9.15	**
B	7.33	2	6.90	4.76	9.15	*
C	40.12	2	37.73	4.76	9.15	**
总变异	67.8	8				
误差	10.52	2				

注: *表示差异显著, $p < 0.05$; **表示差异极显著, $p < 0.01$; 表4同。

表4 硬度方差分析

Table 4 Variance analysis of hardness

因素	偏差平方和	自由度	F值	F _{0.05}	F _{0.01}	显著性
A	98.48×10 ⁵	2	66.56	4.76	9.15	**
B	6.88×10 ⁵	2	4.65	4.76	9.15	
C	92.89×10 ⁵	2	62.78	4.76	9.15	**
Y	202.69×10 ⁵	8				
误差	4.44×10 ⁵	2				

3 结论

以制品失水率和硬度大小为测定指标,在单因素实验设计的基础之上,通过正交实验得出卡拉胶结合超高压处理鸡胸肉糜的最优工艺参数为:卡拉胶0.6%、压力400 MPa、保压时间5 min,此时失水率为62.41%,硬度为12641.72 g。卡拉胶结合超高压可以降低失水率提高保水性,鸡肉糜制品的质地口感得到相应的改善,即卡拉胶与超高压结合处理能很好地改善制品的胶凝特性。

参考文献

[1] 李先保,刘伟. TG酶对鸡肉肉糜凝胶特性的影响[J]. 安徽科

技学院学报,2010,24(3):9-12.

[2] 马瑞芬,宋照军,董建国,等. 超高压处理对生鲜调理宫保鸡丁品质的影响[J]. 食品工业,2013,34(5):93-96.

[3] 白腾辉,潘润淑. 超高压处理对鸡肉品质影响的研究进展[J]. 农产品加工,2014,361(8):57-60.

[4] 李俊先,董全. 超高压对鸡肉品质影响的研究进展[J]. 肉类研究,2011,25(4):54-56.

[5] 段虎,刘勤华,王祎娟,等. 高压对牛肉腌制进程及其品质特性的影响[J]. 食品研究与开发,2014,35(3):107-111.

[6] 段旭昌,李绍峰,张建新. 超高压处理对牛肉加工特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(10):62-66.

[7] 马汉军,赵良,潘润淑,等. 高压和热结合处理对鸡肉 pH、嫩度和脂肪氧化的影响[J]. 食品工业科技,2006(8):56-59.

[8] 马汉军,周光宏,潘润淑,等. 高压处理对鸡肉丸品质的影响[J]. 食品科学,2009,30(19):128-130.

[9] Russell S M, Fletcher D L, Cox N A. The effect of incubation temperature on recovery of mesophilic bacteria from broiler chicken carcasses subjected to temperature abuse[J]. Journal of Poultry Science, 1994(73):1144-1148.

[10] 祖海珍,徐幸莲. 高压对肌球蛋白凝胶性的影响[J]. 食品工业科技,2004(1):19-21.

[11] Sun X D, Holley R A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods[R]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2011(10):33-51.

[12] 郭锐,彭意开. 卡拉胶-复合磷酸盐对反复冻融猪肉香肠品质的影响[J]. 食品与发酵工业,2012,292(38):196-201.

[13] Dirk Verbeke, Nieo Neirinck, Paul Van Der Meeren et al. Influence of kappa-carrageenan on the thermal gelation of salt-soluble meat proteins[J]. Meat Science, 2005, 70(1):161-167.

[14] 陈从贵,姜绍通,等. 高静压与κ-卡拉胶对低脂猪肉凝胶保水和质构的影响[J]. 农业工程学报,2007,10(23):35-39.

(下转第286页)

酮不仅不会丢失成分,而且还能对总黄酮进行粗分并且每一组分的纯度都得到了提高。AB-8大孔树脂纯化200 mg白苏叶粗黄酮,需要4 h,平均每小时能纯化50 mg。而制备色谱一次上样量为60 mg,上样、制备、接样所需时间共计25 min,平均每小时能纯化144 mg,且省去了大孔树脂纯化中上样、洗脱和重新装柱等繁琐的人工操作。对比两种纯化方式,制备色谱比大孔树脂具有高效快速的优势。

3 结论

通过单因素实验和响应面法优化得到提取白苏叶总黄酮的最佳条件为:乙醇体积分数63%、液料比41:1 (mL/g)、微波温度72 ℃、微波起始功率500 W和提取时间7 min,此条件下的总黄酮提取率为7.81%;经过AB-8大孔树脂分离富集得出最佳纯化条件为:吸附流速2 BV/h、上样液pH为2、用70%的乙醇以3 BV/h的流速洗脱、洗脱剂用量3 BV,纯化后的总黄酮纯度可达53.10%;采用制备色谱技术不仅能快速纯化白苏叶黄酮,并且能对黄酮粗分得到2个组分。本文为白苏叶总黄酮进一步的成分分析及生物活性的研究奠定了基础,为白苏叶资源的综合利用提供了理论依据。

参考文献

- [1] 韩碧群,彭勇. “紫苏”和“白苏”的本草学研究[J]. 中药材, 2012, 35(5): 818-821.
- [2] Feng L, Yu C, Ying K, et al. Hypolipidemic and antioxidant effects of total flavonoids of *Perilla frutescens* leaves in hyperlipidemia rats induced by high-fat diet[J]. Food Research International, 2011, 44(1): 404-409.
- [3] 张冶,谢春阳. 响应面法优化超声波辅助提取白苏叶挥发油物质[J]. 农产品加工(学刊), 2013(6): 30-32.
- [4] Ha TJ, Lee JH, Lee MH, et al. Isolation and identification of phenolic compounds from the seeds of *Perilla frutescens* (L.) and their inhibitory activities against α -glucosidase and aldose reductase[J]. Food Chemistry, 2012, 135(3): 1397-1403.
- [5] 侯桂兰,王春雷. 白苏总黄酮的逆流提取工艺研究[J]. 中华中医药学刊, 2010, 28(8): 1772-1773.
- [6] Ishikura N. Anthocyanins and flavones in leaves and seeds of *Perilla* plant[J]. Agricultural and Biological Chemistry, 1981, 45(8): 1855-1860.
- [7] Tabanca N, Demirci B, Ali A, et al. Essential oils of green and red *Perilla frutescens* as potential sources of compounds for mosquito management[J]. Industrial Crops and Products, 2015(65): 36-44.
- [8] Tian J, Zeng XB, Zhang S, et al. Regional variation in components and antioxidant and antifungal activities of *Perilla frutescens* essential oils in China[J]. Industrial Crops and Products, 2014, 59(8): 69-79.
- [9] 王薇,余陈欢,沈洁,等. 响应面分析法优化白苏中总黄酮的超声提取工艺[J]. 中药材, 2007, 30(12): 1586-1589.
- [10] 王静,刘大川. 紫(白)苏叶黄酮类化合物抗氧化性能的研究[J]. 中国油脂, 2004, 29(3): 33-36.
- [11] 张蕾蕾,常雅宁,夏鹏竣,等. 微波法提取紫苏黄酮类物质及其成分分析[J]. 食品科学, 2012(22): 53-57.
- [12] 杨立琛,李荣,姜子涛. 大孔吸附树脂纯化花椒叶总黄酮的研究[J]. 中国调味品, 2012, 37(7): 30-35.
- [13] 刘韬,李荣,张禄捷,等. 八角茴香叶中黄酮的微波提取及纯化[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 30-35.
- [14] 赵明慧,姜子涛,李荣. 榛子叶中黄酮类化合物微波提取及纯化的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(19): 196-200.
- [15] 陈伟,刘青梅,杨性民,等. 微波技术在杜仲黄酮提取工艺中的应用研究[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 285-288.
- [16] 计红芳,张令文,孙科祥. 苦瓜总黄酮的提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(5): 77-81.
- [15] 陆剑锋,邵明栓,林琳,等. 卡拉胶和超高压对鱼糜凝胶性质的影响[J]. 农业机械学报, 2011, 42(12): 164-170.
- [16] 董建国,刘勤华,等. 高压对含TG的鸡肉糜相关特性的影响[J]. 食品工业, 2012, 33(7): 15-18.
- [17] 马汉军,周光宏,潘润淑,等. 高压处理对鸡肉丸品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(19): 128-130.
- [18] Hsu S Y, Sun L Y. Effects of salt, phosphates, potassium sorbate and sodium erythorbate on qualities of emulsified meatball[J]. Journal of Food Engineering, 2006(73): 246-252.
- [19] HASRET U. Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs[J]. Food Chemistry, 2006(95): 600-605.
- [20] HASRET U. Effects of wheat flour, whey protein concentrate and soyaprotein isolate on oxidative processes and textural properties of cooked meatballs[J]. Food Chemistry, 2004(87): 523-529.
- [21] Supavititpatana T, Apichartsrangkoon A. Combination effects of ultra-high pressure and temperature on the physical and thermal properties of ostrich meat sausage(yor)[J]. Meat Science, 2007, 76(3): 555-560.
- [22] 吴立根,王岸娜. 谷氨酰胺转氨酶对猪肉肉糜的保水性影响的研究[J]. 食品科技, 2007(3): 87-89.
- [23] Pilar Trespalacios, Reyes Pla. Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels[J]. Food Chemistry, 2007(100): 264-272.
- [24] 邱志敏,芮汉明. 超高压处理对添加变性淀粉鸡肉糜制品品质的影响[J]. 现代食品科技, 2010, 26(7): 688-692.
- [25] 陈从贵,李珂昕. 超高压对含有琼脂猪肉凝胶影响的实验研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 217-221.
- [26] 李珂昕. 超高压与微生物多糖对猪肉凝胶品质的影响[D]. 合肥:合肥工业大学, 2007.

(上接第279页)