

肇实内酯豆腐制备工艺优化

李妍, 孙巧珍, 董基

(肇庆学院 化学化工学院, 广东 肇庆 526061)

摘要:以肇实和大豆为主要原料, 葡萄糖酸- δ -内酯(GDL)为凝固剂制备豆腐。以豆腐的感官评分和干基得率为评价指标, 通过单因素试验和正交试验, 得到最佳制备工艺为大豆: 水 = 1: 5 g/mL, 肇实打浆料水比为 1: 15 g/mL, 豆浆与肇实浆液混合比例为 8: 2 mL/mL, GDL 用量为 0.30%, 于 85 °C 保温 40 min 凝固, 冷却成型后得成品。成品肇实内酯豆腐呈米白色, 具有豆香味和肇实味。

关键词:肇实; 葡萄糖酸- δ -内酯; 豆腐; 制备

中图分类号:TS 214.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2016)06-0026-04

Optimization of preparation of lactone tofu with gordon euryale seed

LI Yan, SUN Qiao-zhen, DONG Ji

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Zhaoqing University, Zhaoqing Guangdong 526061)

Abstract: A kind of lactone tofu was prepared by using gordon euryale seed and soybean as main raw materials and adding delta-gluconolactone (GDL) as tofu coagulant. The optimum technology parameters were acquired by single factor and orthogonal experiments, while sensory evaluation and dry base yield of the lactone tofu as indicators. The optimum parameters were the ratio of soybean to water 1: 5 g/mL, the ratio of seed to water 1: 15 g/mL, the ratio of soybean milk to seed slurry 8: 2 mL/mL, additive amount of GDL 0.30%, at 85 °C water bath for 40 min till tofu coagulated. The product was acquired by cooling and setting. It was beige white, and had soybean flavor and gordon euryale seed flavor.

Key words: gordon euryale seed; delta-gluconolactone; tofu; preparation

内酯豆腐改变了卤水点豆腐这种传统制作方法, 以葡萄糖酸- δ -内酯(GDL)为凝固剂制成的内酯豆腐比传统豆腐保水性好, 得率高, 蛋白质流失少, 更易保存和运输^[1]。现在花色内酯豆腐的研究较多, 如薏米内酯豆腐^[2]、黑豆内酯豆腐^[3]、草药豆腐^[4]、菊粉豆腐^[5]等, 均以 GDL 为凝固剂, 制作出的豆腐既能保有豆腐的味道和营养, 又具有花色风味和保健功效。

肇实营养丰富, 肇实中含有淀粉 69.77%、粗蛋白 10.89%^[6]。日常用于炖肉、煲汤和入药, 能够益肾固精, 健脾去湿^[7]。目前对于肇实的研究主要涉及其成分分析^[6,8-9]、成分提取^[10-11]、加工技

术^[12-14]和药理作用^[15-16]等, 在豆腐制备方面, 国内还没有相关的研究报道。本试验以肇实为特色原料, 加热糊化后与豆浆进行原料调配, 并以葡萄糖酸- δ -内酯为凝固剂, 对肇实内酯豆腐的制备工艺进行优化, 为进一步开发利用肇实提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

黄豆: 购于肇庆市场; 肇实: 即产自肇庆地区的芡实, 购自肇庆市场; 葡萄糖酸- δ -内酯(GDL): 食品添加剂, 上海绿宙食品添加剂有限公司。

1.2 试验仪器

HD2073 型飞利浦豆浆机: 飞利浦(中国)投资有限公司; BS210S 型电子分析天平: 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司; HH-6 型恒温水浴锅: 苏州金坛市荣华仪器制造有限公司; FL-1 型可调封闭电炉: 重庆市吉祥教学实验有限公司。

收稿日期: 2016-06-12

基金项目: 广东省高等学校优秀青年教师培养计划资助项目(Yq2013164)

作者简介: 李妍, 1978 年出生, 女, 副教授。

通讯作者: 董基, 1973 年出生, 女, 实验师。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程

肇实浆液加工工艺流程:肇实→拣选→洗涤→浸泡→磨浆→过滤→糊化→冷却→肇实浆液。

豆腐加工工艺流程:大豆→拣选→洗涤→浸泡→磨浆→过滤→煮浆→冷却→加肇实浆液→加凝固剂→保温凝固→冷却→压制成型→成品。

1.3.2 豆浆的制备

选取颗粒饱满、无虫蛀发霉的大豆,将豆粒清洗2~3遍,去除杂质和灰尘之后,放在20℃温度下浸泡10h^[17],使大豆充分吸水膨胀,浸泡时换水2~3次。通过适当的浸泡可增加豆腐的得率。

把泡好的大豆与一定量的温水(60℃)^[18]一并放入豆浆机中进行磨浆,一次磨浆结束后用100目滤网进行过滤,若磨浆不彻底,可将得到的滤渣放入豆浆机进行第二次磨浆,加入适量一次滤液帮助磨浆,然后用100目滤网过滤,合并两次滤液,煮沸至浆面的泡沫破裂,得到热豆浆。冷却至30℃备用。

1.3.3 肇实浆液的制备

肇实经筛选后,在35~40℃水中浸泡4h^[19],将其软化。肇实软化后,将肇实与水混合后放到豆浆机中进行磨浆,然后用4层纱布进行过滤。分别选择打浆料水比为1:5、1:8、1:10、1:15、1:20 g/mL进行试验,把磨好的肇实浆液加热煮沸糊化15 min^[13],冷却至30℃,得肇实浆液,对比磨浆效果。

1.3.4 豆水比、豆浆和肇实浆液混合比例的确定

分别以豆水比1:4、1:5、1:6、1:7 g/mL制备不同浓度的豆浆,然后和肇实浆液按不同体积比例混合,分别加入0.30%的GDL,放在85℃的恒温水浴锅水浴40 min,然后冷却压制成型。对各种条件下制备得到的内酯豆腐进行感官评价,选择适合的豆水比、豆浆和肇实浆液混合比例。

1.3.5 凝固剂用量的确定

采用GDL作为凝固剂,以100 mL为一个样本,按不同的比例将豆浆和肇实浆液混合,每个样本中均加入用水溶解的不同用量的GDL,GDL的用量分别为0.20%、0.25%、0.30%和0.35%,边搅动边慢慢加入凝固剂,根据文献和预试验结果,采用85℃保温40 min进行凝固^[20],对不同样本所得豆腐进行感官评价,并对比乳清析出量。

1.3.6 肇实内酯豆腐制备工艺正交试验

根据单因素试验,选择豆水比、豆浆与肇实浆液的混合比例和GDL用量为考察因素,以感官评分和

干基得率为评价指标,进行3因素3水平的正交试验,按照L₉(3⁴)正交表安排试验^[21],优化工艺参数。

1.3.7 肇实内酯豆腐感官评价

组织10人评分小组,从组织状态、凝固效果、外观状态、口感4个方面对肇实内酯豆腐品质进行评价,总分为100分。记录并统计每人对各评分项的评分,最后求出平均值。评分标准^[22]参考表1。

表1 肇实内酯豆腐评分标准

项目	特征	标准
组织状态(20分)	断面光滑,细腻,无气孔	(14~20分)
	断面光滑,气孔少	(8~14分)
	断面粗糙	(0~8分)
口感(30分)	纯正的豆香味和肇实味	(20~30分)
	有轻微酸味、异味	(10~20分)
	酸涩	(0~10分)
外观状态(20分)	米白色略带微黄、有光泽、色泽均匀一致	(14~20分)
	颜色灰白、色泽不均匀	(8~14分)
	颜色不正、色泽不均匀	(0~8分)
凝固效果(30分)	呈块状,质地细腻,弹性好	(20~30分)
	呈半流体状	(10~20分)
	无法成型	(0~10分)

1.3.8 乳清析出量的测定

将冷却成型后的豆腐置于烧杯中,在自然静置的状态下,每隔30 min将烧杯中渗出的汁液用胶头滴管吸出来,称量其重量^[23],测3次,总和即为豆腐的乳清析出量,重复做3次,求其平均值。

1.3.9 干基得率的测定

称量新鲜大豆m₁,将压榨好的豆腐在室温下静置10 min,称量m₂,计算每100 g大豆所得鲜豆腐的质量^[24]。计算公式为:

干基得率/(g/100 g) = $\frac{m_2}{m_1} \times 100$ 。

2 结果与分析

2.1 肇实打浆料水比的确定

对不同料水比的肇实浆液磨浆糊化,结果如表2所示。

表2 料水比对肇实打浆效果的影响

打浆料水比/(g/mL)	1:5	1:10	1:15	1:20
状态	过稠,糊化过程难于搅拌	较稠,糊化后形成糊状物,流动性差	糊化后为浆状物	过稀,糊化后为水状物

基于成本和肇实浆液状态的考虑,肇实与水的比例应控制在1:15较为适宜。

2.2 豆水比、豆浆和肇实浆液混合比例的确定

制备不同浓度的豆浆,然后和肇实浆液按不同比例混合,对各种条件下制备得到的内酯豆腐进行感官评价,结果见图 1。

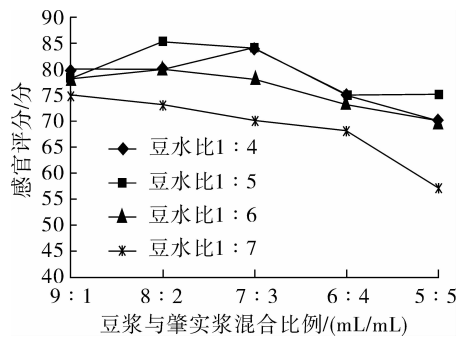


图 1 豆水比、豆浆和肇实浆液混合比例对肇实内酯豆腐感官品质的影响

由图 1 可知,通过对比不同的豆水比发现,随着加水量的增加,豆腐的凝固效果变差,感官评分降低,因此确定豆水比为 1:4 ~ 1:5 较为适宜。通过对比不同的豆浆与肇实浆的混合比例发现,随着肇实比例的增大,肇实味会越来越重,进而掩盖豆香味,同时影响豆腐的凝固效果,因此确定适宜的豆浆与肇实浆的混合比例为 8:2 和 7:3。

2.3 凝固剂用量的确定

不同 GDL 用量下制备得到的豆腐感官评价和乳清析出量测定结果见图 2。由图 2 中结果可知,随着 GDL 添加量的增加,豆腐的乳清析出量逐渐减少,而且凝固程度也越来越好,但是水解产生的葡萄糖酸变多,豆腐酸度也越来越高^[25],在 0.25% 时豆腐的乳清析出量适中,无酸味。因此,在此单因素试验中,GDL 的适宜用量为 0.25%。

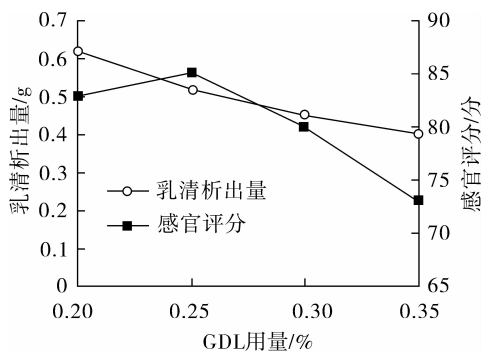


图 2 GDL 用量与内酯豆腐感官品质及乳清析出量的关系

2.4 肇实内酯豆腐工艺参数优化

根据单因素试验,确定豆水比、豆浆与肇实浆液的比例、GDL 用量为主要考察因素,以感官评分和干基得率作为评价指标,进行 3 因素 3 水平正交试验,按照 $L_9(3^4)$ 正交表安排试验,优化工艺参数。

正交试验因素与水平见表 3,正交试验结果与分析见表 4 ~ 表 6。

表 3 正交试验因素与水平

水平	A 豆水比/(g/mL)	B 豆浆与肇实 浆比/(mL/mL)	C GDL 用量/%
1	1:4	9:1	0.20
2	1:5	8:2	0.25
3	1:6	7:3	0.30

表 4 正交试验结果与分析

试验号	A	B	C	空列	干基得率 /(g/100 g)	感官评 分/分
1	1	1	1	1	91.28	70
2	1	2	2	2	91.89	75
3	1	3	3	3	129.78	71
4	2	1	2	3	120.14	79
5	2	2	3	1	121.01	81
6	2	3	1	2	145.04	74
7	3	1	3	2	111.41	62
8	3	2	1	3	112.45	61
9	3	3	2	1	122.82	57
干基得率						
	k_1	104.32	107.61	116.26	111.70	
	k_2	128.73	108.45	111.62	116.11	
	k_3	115.56	132.55	120.73	120.79	
	R	24.41	24.94	9.12	9.09	
感官评分						
	k_1	72	70	68	69	
	k_2	78	72	70	70	
	k_3	60	67	71	70	
	R	18	5	3	1	

表 5 以干基得率为指标的方差分析

方差来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	895.872	2	447.936	7.231	0.121
B	1 203.192	2	601.596	9.712	0.093
C	124.684	2	62.342	1.006	0.498
误差	123.887	2	61.943		

表 6 以感官评分为指标的方差分析

方差来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	504.000	2	252.000	252.000	0.004
B	38.000	2	19.000	19.000	0.050
C	14.000	2	7.000	7.000	0.125
误差	2.000	2	1.000		

由表 4 和表 5 可知,当以干基得率为指标时,三个因素的影响顺序为 $B > A > C$,三个因素对干基得率的影响均不显著($P > 0.05$),其中豆浆和肇实浆液混合比对豆腐品质的影响最大,而 GDL 用量对其

影响最小,最优方案是 $B_3A_2C_3$;由表4和表6可知,当以感官评分作为指标时,三个因素的影响顺序为 $A > B > C$,其中豆水比、豆浆和肇实浆液混合比对感官评分的影响显著($P \leq 0.05$),GDL用量对感官评分的影响不显著,最优方案是 $A_2B_2C_3$ 。出现了两个最优方案,因此需做验证试验,获得最优方案。

以豆水比为1:5、豆浆与肇实浆液的比例为7:3、GDL用量为0.30%和豆水比为1:5、豆浆与肇实浆液的比例为8:2、GDL用量为0.30%各做一次试验,进行比较验证,得出最优方案,结果见表7。

表7 验证试验结果

试验号	A	B	C	干基得率 /(g/100 g)	感官评价	感官评分/分
1	2	2	3	121.01	口感嫩滑, 豆香味适中	81
2	2	3	3	120.55	口感嫩滑, 有点酸涩	78

根据验证试验结果表7分析可知,试验1在干基得率和感官评分上均优于试验2,主要原因是肇实添加量的增加影响豆腐的口感,所以最后确定最优方案是 $A_2B_2C_3$ 。成品呈米白色,入口感觉良好,口感嫩滑,具有豆香味和肇实味。

3 结论

通过单因素试验和正交试验,最终得到肇实内酯豆腐的最佳制备工艺条件:豆水比1:5 g/mL,肇实打浆料水比为1:15 g/mL,豆浆和肇实浆液混合比例8:2 mL/mL,GDL用量为0.30%,在85℃下保温凝固40 min,冷却成型后得到成品,豆腐的干基得率为121.01 g/100 g,成品豆腐呈米白色,口感嫩滑,具有豆香味和肇实味。

通过试验发现,肇实作为制备内酯豆腐的原材料,不仅可以增加产品的营养价值,而且丰富了花色豆腐的品种,有利于进一步拓宽肇实的应用范围。若要将此产品扩大规模加工,还需进行中试研究与营养成分分析。

参考文献:

- [1]江程明.内酯豆腐和千叶豆腐生产技术研究[D].广州:华南理工大学,2013.
- [2]程秀玮,魏玮.薏米内酯豆腐的研制及其质构分析[J].农产品加工(学刊),2014(6):18-21.
- [3]陈丽娜,吴琼,邹险峰.黑豆内酯豆腐的工艺配方优化及质构分析(TPA)[J].食品科技,2013,38(3):106-109.
- [4]MAIZURA M, AMINAH A, WAN AIDA W M. Antioxidant capacity and consumer acceptability of herbal egg tofu[J]. LWT - Food Sci-

ence and Technology, 2016, 65: 549-556.

- [5]TSENG Yen - Chang, XIONG Youling L. Effect of inulin on the rheological properties of silken tofu coagulated with glucono - δ - lactone[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90(4): 511-516.
- [6]张素斌,许瑞兰.肇实营养成分分析[J].安徽农业科学,2010,38(33):18780-18781.
- [7]张彩山.《本草纲目》中药养生速查全书[M].天津:天津科学技术出版社,2013:414.
- [8]王红,吴启南,伍城颖,等.不同产地芡实中无机元素微波消解-ICP-OES法分析[J].中药材,2015,38(1):29-35.
- [9]植中强,李红缨,覃亮.芡实不同部位挥发性成分的GC-MS分析[J].食品研究与开发,2015,36(16):132-133.
- [10]黎卫,毛健,陈婷,等.芡实谷蛋白提取工艺优化及其亚基组成分析[J].食品与机械,2015,31(2):205-210.
- [11]卢美娟,邵京,张红星,等.超声波复合酶法提取芡实多糖的工艺研究[J].安徽农业科学,2015,43(34):161-163,201.
- [12]李妍,林美英,李云松.肇实发酵酒酿造工艺优化[J].食品与机械,2015,31(6):204-207.
- [13]张素斌,梁舟.肇实酸奶发酵工艺的优化[J].湖北农业科学,2012,51(17):3827-3829.
- [14]李湘利,刘静,高学峰,等.芡实酒糖化滤渣发酵芡实醋工艺的研究[J].中国调味品,2014,39(4):82-84,92.
- [15]杨晓曦,程晓晨,卢育新,等.芡实醇提物对糖尿病肾病大鼠肾功能的影响及其体外抗氧化能力测定[J].国际药学研究杂志,2015,42(3):380-385.
- [16]平槽,孙艳艳,方敬爱,等.芡实对糖尿病肾病大鼠肾组织MMP-9、TIMP-1及Collagen表达的影响[J].中国中西医结合肾病杂志,2015,16(7):583-586.
- [17]李星科,刘芳丽,李素云,等.壳聚糖豆腐的加工工艺研究[J].食品工业,2014,35(7):116-118.
- [18]李立英,汪建明,王奕云.响应面分析法优化豆浆加工工艺的研究[J].食品与发酵科技,2012,48(6):48-53.
- [19]李妍,吴金莲.芡实饮料的研制[J].食品工业科技,2007,28(2):198-200.
- [20]SHIN Woo - kyoung, KIM Wook, KIM Yookyung. Physicochemical and Sensory Characteristics of a Low - Fat Tofu Produced using Supercritical CO₂ Extracted Soy Flour[J]. Food Science and Biotechnology, 2014, 23(1): 43-48.
- [21]张镜,何洪洛.正交试验优化大叶榕果实原花青素提取工艺[J].食品科学,2015,36(2):41-45.
- [22]郭丽萍,王凤舞,李永库.绿茶内酯豆腐的研制[J].食品研究与开发,2014,35(19):21-24.
- [23]翟爱华,陈丽红,吴海波,等.芦荟内酯豆腐的研制[J].黑龙江八一农垦大学学报,2001,13(4):74-78.
- [24]宋莲军,杨月,李争艳.大豆组分与北豆腐得率及品质的相关性研究[J].中国粮油学报,2011,26(4):19-23.
- [25]CAMPBELL L J, GU Xin, DEWAR S J, et al. Effects of heat treatment and glucono - δ - lactone - induced acidification on characteristics of soy protein isolate[J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(2): 344-351.