

红香椿内酯豆腐生产工艺的研究

李湘利, 刘 静, 胡彦营, 冯 磊

(济宁学院 生命科学与工程系, 山东 曲阜 273155)

摘 要:以红香椿和大豆为原料,以葡萄糖酸- δ -内酯为凝固剂,采用单因素及正交试验方法,研究了红香椿豆腐的加工工艺条件,讨论了香椿提取液添加量、豆浆浓度、凝固剂用量、凝固温度与时间对豆腐品质的影响。结果表明:红香椿提取液添加量为15.0%时,按豆浆浓度(豆:水=1:5)添加0.30%的葡萄糖酸- δ -内酯,在90℃下凝固35 min后冷却即可得到浅绿而有光泽、凝固性和保水性好、口感细腻,具有典型香椿香气和豆香的红香椿豆腐。

关键词:红香椿;豆腐;葡萄糖酸- δ -内酯;凝胶强度;失水率

中图分类号:TS214.2

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2010)06-1038-05

Research on the Production Technology of Red *Toona Sinensis* Lactone Tofu

LI Xiang-li, LIU Jing, HU Yan-ying, FENG Lei

(Department of Life Science and Engineering, Jining University of Shandong, Qufu 273155, Shandong, China)

Abstracts: Using red *Toona sinensis* and soybeans as raw materials, a key technology of red *Toona sinensis* lactone tofu focusing on the effects of the amount of *Toona sinensis* extraction and coagulant, the milk concentration and solidification conditions on the tofu quality were discussed in this paper through single-factor and orthogonal-test. The results showed that the optimum formula and processing were the *Toona sinensis* extraction of 15.0%, the soybean-water ratio of 1:5, the coagulant quantity of 0.30%, solidified 35 minutes at 90℃; the lactone tofu obtained, having good solidification state, better water-keeping quality and denseness aroma of red *Toona sinensis* and soybeans, were light green and shiny with exquisite taste.

Key words: Red *Toona sinensis*; Tofu; Gluconic acid- δ -lactone; Gel strength; Water losing rate

香椿(*Toona sinensis*)为楝科香椿属木本植物,其嫩芽、嫩叶脆嫩多汁,香气浓郁,深受人们喜爱。香椿含有丰富的蛋白质、微量元素以及各种维生素,是蔬菜中的珍品^[1]。香椿叶有消炎、解毒、杀虫、治肠炎、痢疾、疥疮之功效;香椿嫩芽能够开胃爽神,对于胃火过旺、食欲不振、水土不服、腹痛呕吐者有特效^[2]。

豆腐为中国特有食品,富含多种蛋白质、维生素及矿物质,深受消费者喜爱;传统加工多以大豆为原料,口味与色泽单一^[3]。近年来,研发的彩色豆腐及特种豆腐,在豆腐的口味、色泽及营养成份上都有明显改善^[4-5]。与传统工艺相比,这些果蔬豆腐丰富了豆腐的维生素、膳食纤维、矿物质及色、香、味,具有营养丰富、色泽诱人、设计新颖的显著特点^[6]。然而,对于香椿豆腐的研究鲜有报道,为此,以红香椿和大豆为原料,对新型香椿豆腐的加工工艺进行了系统研究,旨在满足不同消费人群需要,丰富国内彩色豆腐市场,为香椿的精深加工提

供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

红香椿、大豆、葡萄糖酸- δ -内酯:市售。

1.2 仪器与设备

自动分离磨浆机、立式胶体磨、恒温水浴锅、离心分离机等。

1.3 工艺流程

红香椿用热水杀青冷却后榨汁、过滤得香椿提取液,与热豆浆混合后点浆,经冷却成型后可得红香椿内酯豆腐。

1.4 操作要点

1.4.1 香椿提取液的制备 红香椿嫩叶(芽)经采收、清洗后,于92℃漂烫液中杀青2~3 min,冷却后榨汁、杀菌、过滤即得香椿提取液(浓度50%)。烫漂液为0.2%的纯碱与0.02%的葡萄糖酸锌混合液,榨汁护色用抗坏血酸或D-异抗坏血酸。

收稿日期:2010-05-24

基金项目:山东省高等学校科技计划资助项目(J09LC69);济宁学院科研基金资助项目(2009KJLX08)。

第一作者简介:李湘利(1979-),男,硕士,讲师,从事食品贮藏与生物技术方面的教学与研究工作。E-mail:lixiangli221@yahoo.com.cn。

1.4.2 豆浆的制备 选用籽粒饱满、无虫蛀、无霉变的黄豆,于 8~10℃ 水中浸泡,使黄豆充分吸水膨胀、组织软化,吸水率达最大。浸泡后的黄豆以 4~8 倍水磨浆,豆渣与豆浆混合后二次磨浆、均质,以提高蛋白质回收率。

1.4.3 煮浆与配料 豆浆在 95~100℃ 热煮 5~10 min,加入香椿提取液后混匀、冷却;料温降至 30℃ 时,加入 0.30% 的葡萄糖酸-δ-内酯(以豆浆量计,下同)点浆。

1.4.4 凝固与成型 点浆后的料液经装盒、密封、保温凝固、冷却,即得红香椿豆腐。

1.5 试验方法

1.5.1 香椿提取液添加量的选择 以料水比 1:5 磨浆,分别按豆浆量 5.0%、10.0%、15.0%、20.0%、25.0% 添加香椿提取液,以 0.30% 的葡萄糖酸-δ-内酯点浆,经综合评价确定提取液添加量。

1.5.2 豆浆浓度的确定 黄豆吸胀后,分别按 1:4、1:5、1:6、1:7、1:8 的料水比磨浆,添加 15.0% 的香椿提取液和 0.30% 的葡萄糖酸-δ-内酯,经综合评价确定豆浆浓度。

1.5.3 凝固剂添加量和成品质量的关系 以料水比 1:5 磨浆,添加 15.0% 的香椿提取液,葡萄糖酸-δ-内酯分别按 0.20%、0.25%、0.30%、0.35%、0.40% 添加,经综合评价确定凝固剂用量。

1.5.4 凝固温度的选择 以料水比 1:5 磨浆,添加 15.0% 的香椿提取液和 0.30% 的葡萄糖酸-δ-内酯,装盒密封后,分别在 80、85、90、95℃ 下凝固 40 min 后,冷却成型,经综合评价确定凝固温度。

1.5.5 凝固时间的确定 按料水比 1:5 磨浆,添加 15.0% 的香椿提取液和 0.30% 的葡萄糖酸-δ-内酯,

装盒密封后,分别于 90℃ 下凝固 10、20、30、40、50 min 后冷却成型,经综合评价确定凝固时间。

1.5.6 红香椿豆腐生产工艺条件的优化 选取工艺中的 4 个试验因子,进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,经综合评价确定主要工艺条件。

1.6 分析测试方法

水分的测定:直接干燥法^[7]。

蛋白质的测定:常量凯氏定氮法^[7]。

豆腐失水率的测定:参照李春华等^[8]的方法。

凝胶强度的测定:参照吴素萍等^[9]的方法改良。按工艺中的方法,在 100 mL 烧杯中凝固豆腐半杯,与空烧杯一起分置于天平两侧,调整平衡。将截面积 1 cm² 的棒子平面与豆腐平面保持水平接触,以每分钟 40~50 滴的速度向空烧杯中滴加蒸馏水,天平失衡后,豆腐向上顶起而破裂,以破乳时水的质量表示豆腐的凝胶强度。

豆腐品质的感官评价:分别对凝固状态、形态、弹性、色泽、风味及口感进行综合评价。

2 结果与分析

2.1 香椿提取液添加量对内酯豆腐品质的影响

提取液的添加量对香椿内酯豆腐的质量有重要影响(表 1)。添加 5.0% 的香椿提取液时,产品凝固性与弹性好,口感细腻,但香椿特有香气不足;随提取液添加量增加,凝胶强度迅速下降;当添加量大于 20.0% 时,成品豆腐中香椿香气过于突出,色泽风味不佳,产品凝固不良,口感粗糙,失水率高,营养损失较大。故选取 15.0% 为较适宜的香椿提取液添加量。

表 1 香椿提取液添加量对内酯豆腐品质的影响
Table 1 Effect of the amount of *Toona sinensis* extraction on lactone tofu quality

香椿提取液添加量 Addition of <i>Toona sinensis</i> extraction/%	成型性指标 Index of shaping		感官品质 Sensory quality		
	凝胶强度 Gel strength	失水率 Dehydration rate	凝胶形态 Solidification state	香椿香气与豆香协调性 Aroma Coordination of <i>Toona sinensis</i> and soybeans	口感 Taste
	/g · cm ⁻²	/%			
5.0	62.4	38.6	凝固性好,组织均匀,保水性好,有弹性	香椿香不明显,豆香突出	细腻
10.0	59.8	32.5	凝固性好,组织细密,保水性强,有弹性,产品浅绿色	略显香椿香气,豆香突出	细腻
15.0	57.5	34.8	凝固性好,组织细密,保水性强,有弹性,产品浅绿色,有光泽	香椿香突出,豆香突出	略粗糙
20.0	46.0	45.4	凝固性差,保水性差,弹性差,产品绿色	香椿香过于突出,豆香味偏淡	粗糙
25.0	—	—	难以凝固,呈粘稠状,绿色不均	香椿香过于突出,无明显豆香	—

2.2 最适豆浆浓度的确定

豆浆浓度对红香椿内酯豆腐品质的影响如表 2 所示。随豆浆浓度的下降,凝胶强度不断降低,成品失水率加大,豆腐凝固时间延长。当豆浆浓度为

1:7 时,香椿豆腐的失水率高达 42.8%,产品凝固性和保水性变差,轻压无弹性。故选择豆浆浓度为 1:5 或 1:6。

表 2 豆浆浓度对红香椿内酯豆腐品质的影响

Table 2 Effect of milk concentration on red *Toona sinensis* lactone tofu quality

豆浆浓度 (料:水) Concentration	成型性指标 Index of shaping		感官品质 Sensory quality	
	凝胶强度	失水率	凝胶形态	口感
	Gel strength/g · cm ⁻²	Dehydration rate/%	Solidification state	Taste
1:4	56.6	31.6	凝固性好,组织均匀,保水性好,硬而有弹性	较粗糙
1:5	52.0	35.2	凝固性好,组织细密,保水性强,有弹性,软硬适宜	细腻
1:6	45.2	38.5	凝固较好,组织较细密,保水性强,有弹性,软硬适宜	细腻
1:7	36.5	42.8	凝固性差,保水性差,质地软,弹性差	略显流体状
1:8	—	—	凝固困难,组织呈粘稠状,保水性极差	—

2.3 凝固剂添加量的选择

香椿内酯豆腐的品质与凝固剂添加量有关(表 3)。随凝固剂添加量增加,凝胶强度迅速上升,在添加量 0.30% 时产品失水率仅为 35.8%。在凝固

剂用量 0.40% 以上时,豆腐又表现出凝固剂的特有酸味,口感变差,成本增加。综合分析认为,凝固剂添加量在 0.30% 时,红香椿豆腐的品质较好。

表 3 凝固剂用量对红香椿内酯豆腐品质的影响

Table 3 Effect of the amount of coagulant on red *Toona sinensis* lactone tofu quality

凝固剂 施用量 GDL addition/%	成型性指标 Index of shaping		感官品质 Sensory quality	
	凝胶强度	失水率	凝胶形态	口感
	Gel strength/g · cm ⁻²	Dehydration rate/%	Solidification state	Taste
0.20	49.5	40.5	凝固较好,组织细软,保水性和弹性较差	较粗糙
0.25	52.6	37.0	凝固性好,组织细密,保水性较强,有弹性,略软	细腻
0.30	54.2	35.8	凝固性好,组织细密,保水性强,有弹性,软硬合适	细腻
0.35	59.8	37.5	凝固好,保水性较强,质地稍硬,有弹性	较细腻
0.40	63.2	44.6	凝固好,但保水性极差	略酸

2.4 红香椿内酯豆腐凝固温度的选择

凝固温度对内酯豆腐的品质影响很大。由表 4 可知,随着凝固温度的上升,凝胶强度呈上升趋势,而失水率迅速下降,凝胶形成速度加快。在 85 ~

90℃ 时,凝固较快,产品失水率低,质软而有弹性,口感细腻;在 95℃ 凝固时,成品虽凝胶性好,但口感较粗糙、质地转硬。故选择 85 ~ 90℃ 为较适宜的凝固温度。

表 4 凝固温度对红香椿内酯豆腐质量的影响

Table 4 Effect of solidification temperature on red *Toona sinensis* lactone tofu quality

凝固温度 Temperature /℃	成型性指标 Index of shaping			感官品质 Sensory quality	
	凝胶强度	失水率	凝固速度	凝胶形态	口感
	Gel strength/g · cm ⁻²	Dehydration rate/%		Solidification state	Taste
80	47.6	39.5	较慢	凝固较好,保水性较好,质地较软,有弹性	较细腻
85	53.5	36.0	较快	凝固较好,保水性强,质软而有弹性	细腻
90	55.8	34.6	快	凝固好,保水性强,质软而有弹性	细腻
95	60.4	32.2	快	凝固好,保水性强,质略硬,有弹性	较粗糙

2.5 凝固时间的确定

凝固时间对红香椿豆腐品质的影响如表 5 所

示。在凝固 40 min 时,豆腐凝胶强度达 53.4 g · cm⁻²,失水率为 36.0%,产品凝固性好、质软而有弹

性。故红香椿内酯豆腐的凝固时间选择 40 min 较为合适。

表 5 凝固时间与红香椿内酯豆腐质量的关系

Table 5 Effect of solidification time on red *Toona sinensis* lactone tofu quality

凝固时间 Time/min	成型性指标 Index of shaping		感官品质 Sensory quality	
	凝胶强度	失水率	凝胶形态	口感
	Gel strength/ $\text{g} \cdot \text{cm}^2$	Dehydration rate/%	Solidification state	Taste
10	—	—	凝固困难,组织呈粘稠状,保水性极差	—
20	33.5	45.2	凝固性较差,保水性能差,质软,弹性差	略显流体状
30	47.0	40.8	凝固较好,保水性强,质软,有弹性	细腻
40	53.4	36.0	凝固好,保水性强,质软,有弹性	细腻
50	61.8	33.6	凝固好,保水性强,质地较硬	较粗糙

2.6 红香椿豆腐生产工艺的优化 剂添加量、凝固温度和凝固时间 4 个因子进行
为突出香椿豆腐的香椿香气,该试验在香椿提 $L_9(3^4)$ 正交试验,各因素水平与试验结果如表 6 所
取液添加量 15.0% 的基础上,选取豆浆浓度、凝固 示。

表 6 红香椿豆腐生产条件的正交试验结果

Table 6 Result of orthogonal test on production conditions of red *Toona sinensis* lactone tofu quality

试验号 Test No.	因素 Factor				评价指标 Evaluation	
	A	B	C	D	凝胶强度 Gel strength $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$	失水率 Dehydration rate/%
	豆浆浓度 (料:水) Concentration	凝固剂 添加量 GDL addition/%	凝固温度 Temperature/ $^{\circ}\text{C}$	凝固时间 Time/min		
1	1(1:5)	1(0.20)	1(80)	1(30)	54.8	37.6
2	1	2(0.25)	2(85)	2(35)	56.0	34.8
3	1	3(0.30)	3(90)	3(40)	59.5	33.5
4	2(2:11)	1	2	3	52.6	38.5
5	2	2	3	1	53.4	37.0
6	2	3	1	2	54.8	35.4
7	3(1:6)	1	3	2	49.5	41.2
8	3	2	1	3	48.0	39.2
9	3	3	2	1	47.2	38.6
凝胶强度	k ₁	56.767	2.300	52.533	51.800	
极差分析	k ₂	53.600	52.467	51.933	53.433	
Range analysis	k ₃	48.233	53.833	54.133	53.367	
of Gel strength	R	8.534	1.533	2.200	1.633	
失水率	k ₁	35.300	39.100	37.400	37.733	
极差分析	k ₂	36.967	37.000	37.300	37.133	
Range analysis of	k ₃	39.667	35.833	37.233	37.067	
Dehydration rate	R	4.367	3.267	0.167	0.666	

凝胶强度极差分析结果表明,各因子的强弱顺序为:豆浆浓度>凝固温度>凝固时间≥凝固剂添加量, $A_1B_3C_3D_2$ 为较优组合。由失水率极差分析结果可知,豆浆浓度对失水率影响最大,凝固剂添加量次之,凝固温度和凝固时间影响较小,失水率较小的组合为 $A_1B_3C_3D_3$ 。考虑到生产成本等因素,该试验确定的最优组合为 $A_1B_3C_3D_2$,即料水比 1:5、凝固剂添加量 0.30%、凝固温度 90℃、凝固时间

35 min。对 $A_1B_3C_3D_2$ 的验证结果表明,成品凝胶强度 $\geq 55 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$,失水率低于 33%,凝固性好,保水性强,具有香椿特有香气,豆香浓郁,入口光滑细腻,成品质量符合 SB83-80 标准。

3 讨论

3.1 香椿提取液添加量与内酯豆腐质量的关系
香椿是一种营养丰富、味道鲜美的木本蔬菜,

多于谷雨前后采摘;设施栽培的香椿,通过加温,冬季亦可采摘;人工繁育的香椿芽苗菜可周年供应,故该试验所用香椿原料来源广泛。生产中可根据人们对香椿香味的接受程度适当增加或减少香椿的添加量。该试验采用香椿嫩芽经热处理后榨汁制成香椿提取液,配料中再按比例添加至热豆浆中。为突出香椿豆腐的典型性,建议生产中香椿的添加量在 $5.0 \sim 7.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 豆浆(以香椿鲜重计)。

3.2 影响红香椿内酯豆腐凝胶形成的因素

内酯豆腐凝胶的形成与大豆的品种^[10-11]、加工条件^[12-13]、凝固剂种类与添加量^[14]密切相关。现有研究表明^[15],豆浆蛋白表面疏水性的增加和巯基含量的增多,可以使豆腐凝胶强度增大,失水率降低。花色豆腐生产中果蔬汁液的添加量对豆腐的口味影响极大^[16],而且对制品的胶凝特性和保水性有决定意义^[17-18]。该试验研究认为,红香椿的添加在一定程度上可以缩短凝固时间,这可能与香椿中某种成分的促胶凝作用或香椿中蛋白质含量较高有关,这尚需作进一步的研究。试验确定的红香椿豆腐的凝胶条件为葡萄糖酸- δ -内酯添加量0.30%、料水比为1:5、在90℃下凝固35 min,按此条件,可以制得凝固性好、组织细密、保水性强、具有明显香椿香气和豆香味的红香椿内酯豆腐。

参考文献

- [1] Wang K J, Yang C R, Zhang Y J. Phenolic antioxidants from Chinese toon[J]. Food Chemistry, 2007, 101(1): 365-371.
- [2] 应芳卿, 刘宗立. 香椿的营养价值及医疗保健作用[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(9): 84-85. (Ying F Q, Liu Z L. Nutritional value and health care function of camel milk[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2007, 13(9): 84-85.)
- [3] 申建福. 粮油食品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 181-213. (Shen J F. Grain and oil foods processing[M]. Beijing: Light Industry Press, 2002: 181-213.)
- [4] 侯利霞, 白蕾. 芹菜彩色豆腐制作工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(7): 260-272. (Hou L X, Bai L. Study on production technology of colored celery juice-bearing bean curd[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(7): 260-272.)
- [5] 李凤英, 郑立红, 肖月娟, 等. 豌豆豆腐的研制[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(2): 148-152. (Li F Y, Zheng L H, Xiao Y J, et al. Preparation of pea tofu[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(2): 148-152.)
- [6] 冯紫慧, 庄志发, 赵超. 彩色菜汁豆腐的研制生产技术[J]. 大豆科学, 2005, 24(3): 240-241. (Feng Z H, Zhuang Z F, Zhao C. Study on the vegetable juice-bearing color bean curd[J]. Soybean Science, 2005, 24(3): 240-241.)
- [7] 罗先群, 王新广, 赵灵娟, 等. 芦荟营养保健豆腐的研制[J]. 食品工业科技, 2001, 22(1): 40-42. (Luo X Q, Wang X G, Zhao L J, et al. Development of aloe beancurd with nutrition and health function[J]. Science and Technology of Food Industry, 2001, 22(1): 40-42.)
- [8] 李春华, 高海生, 李凤英. 海带豆腐的研制[J]. 中国食品学报, 2004, 4(3): 44-47. (Li C H, Gao H S, Li F Y. Study on making of kelp tofu[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2004, 4(3): 44-47.)
- [9] 吴素萍. 海带豆腐制作工艺的优化[J]. 大豆科学, 2007, 26(6): 946-949. (Wu S P. Optimization of technological conditions of kelp bean curd[J]. Soybean Science, 2007, 26(6): 946-949.)
- [10] 王春娥, 盖钧镒, 傅三雄, 等. 大豆豆腐和豆乳得率的遗传分析与 QTL 定位[J]. 中国农业科学, 2008, 41(5): 1274-1281. (Wang C E, Gai J Y, Fu S X, et al. Inheritance and QTL mapping of tofu and soymilk output in soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(5): 1274-1281.)
- [11] Poysa V, Woodrow L, Yu K. Effect of soy protein subunit composition on tofu quality[J]. Food Research International, 2006, 39: 309-317.
- [12] 杨芳, 潘思轶, 张丛兰. 豆腐凝胶形成过程中蛋白质变化研究[J]. 食品科学, 2009, 30(19): 120-124. (Yang F, Pan S Y, Zhang C L. Structural change of protein during tofu gelation process[J]. Food Science, 2009, 30(19): 120-124.)
- [13] 张明晶, 魏益民, 张波. 加工条件对豆腐质量特性的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(4): 395-398. (Zhang M J, Wei Y M, Zhang B. Effects of procession conditions on the quality of tofu-gel[J]. Soybean Science, 2006, 25(4): 395-398.)
- [14] 乔支红, 李里特. 豆腐凝胶形成影响因素的研究进展[J]. 食品科学, 2007, 28(6): 363-366. (Qiao Z H, Li L T. Overview on affecting conditions on tofu gel formation[J]. Food Science, 2007, 28(6): 363-366.)
- [15] 李里特, 汪立君, 李再贵, 等. 大豆蛋白热变性程度对豆腐品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2002, 17(1): 1-4. (Li L T, Wang L J, Li Z G, et al. Effects of heat denaturation of soybean protein on tofu-gel[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2002, 17(1): 1-4.)
- [16] 张继武, 程唐宁. 山药内酯豆腐的研制[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(7): 26-29. (Zhang J W, Cheng T N. Study on dioscorea batatas for producing glucono-delta-lactone (GDL) bean curd[J]. Food and Fermentation Industries, 2004, 30(7): 26-29.)
- [17] 王亮, 张慊, 王蓉. 3 种天然彩色豆腐的加工工艺[J]. 无锡轻工大学学报, 2002, 21(3): 264-267. (Wang L, Zhang M, Wang R. The processing of three kinds of natural and chromatic bean curd[J]. Journal of Wuxi University of Light Industry, 2002, 21(3): 264-267.)
- [18] 洪庆慈, 邵华, 李海鹏. 果蔬汁豆腐的研制[J]. 中国粮油学报, 1997, 12(5): 47-52. (Hong Q C, Shao H, Li H P. Preparation of a new variety of tofu impregnated with vegetable and fruit juice[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 1997, 12(5): 47-52.)