

豆腐酸性凝固剂的研究

宋莲军,高晓延,胡丽娜,王丹丹,周宇锋

(河南农业大学 食品科学技术学院,河南 郑州 450002)

摘要:以乳酸、乙酸、琥珀酸、酒石酸和抗坏血酸为研究对象,通过单因素及复配试验,研究了单一酸和复合酸凝固剂对豆腐品质的影响。结果表明:用1.0%乳酸制成豆腐的品质优于其他单一酸,感官评分为84分,得率和保水性分别为 $179.55\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 和72.58%;将0.40%乳酸、0.26%乙酸、0.12%琥珀酸、0.10%酒石酸与0.02%抗坏血酸复配成凝固剂,制得的豆腐质地细腻,弹性大,感官评分为91分,得率和保水性分别为 $212.22\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 和72.33%,其品质优于单一酸凝固剂制作的豆腐。

关键词:豆腐;酸性凝固剂;得率;保水性

中图分类号:TS214.2

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)06-1002-05

Selection of Acid Coagulant for Tofu

SONG Lian-jun, GAO Xiao-yan, HU Li-na, WANG Dan-dan, ZHOU Yu-feng

(College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China)

Abstract: Taking lactic acid, acetic acid, butanedioic acid, tartaric acid and ascorbic acid as the research objects, the effect of addition of single and compound acid coagulants on the tofu quality was studied through single-factor and compositional formulation tests. The results showed that the quality of the tofu made with lactic acid was superior to other acids, its sensory score, yield and water holding capacity was 84 point, $179.55\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ and 72.58%, respectively; when the ratio of five acids was 0.40% lactic acid, 0.26% acetic acid, 0.12% butanedioic acid, 0.10% tartaric acid and 0.02% ascorbic acid, tofu with high elasticity and good texture could be achieved, of which sensory score, yield and water holding capacity was 91 point, $212.22\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ and 72.33%, respectively. The tofu made with the compound coagulant was superior to the tofu made with single coagulant.

Key words: Tofu; Acid coagulant; Yield; Water-holding capacity

豆腐凝固剂种类很多,一般包括盐类、酸类和酶类凝固剂^[1]。用盐卤制作的豆腐具有极佳的风味,但是持水性差,而且产品放置时间不宜过长^[2];用石膏做成的豆腐保水性能好,组织光滑细腻,出品率高,但制品有一定的残渣而带有苦涩味,缺乏大豆香味^[3];由内酯做成的豆腐品质较好,质地滑润爽口,弹性大,持水性好,但口味平淡,偏软,不适合煎炒^[4]。目前以乳酸、琥珀酸、酒石酸等有机酸作为豆腐凝固剂的研究较少。本研究以泡菜汁作为豆腐凝固剂进行预实验,所得豆腐品质较好,故以泡菜汁的主要成分^[5]为依据,尝试开发新型豆腐凝固剂。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆和泡菜汁购于超市;六水合氯化镁、乳酸、乙酸、琥珀酸、酒石酸、抗坏血酸,均为分析纯;浓缩型消泡剂,为食用级。HH-501 数显超级恒温水浴锅:河南智诚科技发展有限公司;DM-Z100A 自分渣

磨浆机:沧州市昌达民用机械厂;DHG-9143BS-III 电热恒温鼓风干燥箱:上海新苗医疗器械制造有限公司;TDL-5-A Anke 台式离心机:上海安亭科学仪器厂。

1.2 试验方法

1.2.1 单因素试验 按照乔明武等^[6]的操作方法制作豆腐,单一酸凝固剂的添加量(占原料大豆重的百分比)见表1。对豆腐进行感官评价、得率和保水性的测定,以确定乳酸、乙酸、琥珀酸和酒石酸的添加量。

表1 单一酸凝固剂的因素水平设计

Table 1 Factors and levels of single acid coagulant (%)

水平 Level	乳酸 Lactic acid	乙酸 Acetic acid	琥珀酸 Butanedioic acid	酒石酸 Tartaric acid
1	1.0	1.4	0.6	0.6
2	1.1	1.5	0.8	0.8
3	1.2	1.6	1.0	1.0
4	1.3	1.7	1.2	1.2
5	1.4	1.8	1.4	1.4

收稿日期:2012-07-20

第一作者简介:宋莲军(1969-),女,副教授,硕士生导师,研究方向为食品科学。E-mail:slj69@126.com。

1.2.2 泡菜汁豆腐凝固剂预实验 取泡菜汁,120 目筛过滤,经 53℃、30 min 巴氏杀菌后用做凝固剂制作豆腐。泡菜汁豆腐品质较好,且味道鲜美,有

泡菜汁特有风味。

1.2.3 酸性凝固剂复配实验 模拟泡菜汁有效成分的比例,按照表 2 设计五因素四水平正交试验。

表 2 L₁₆(4⁵) 正交试验因素与水平表

Table 2 Factors and their levels of L ₁₆ (4 ⁵) orthogonal test(%)					
水平 Level	A 乳酸 Lactic acid	B 乙酸 Acetic acid	C 琥珀酸 Butanedioic acid	D 酒石酸 Tartaric acid	E 抗坏血酸 Ascorbic acid
1	0.44	0.30	0.12	0.12	0.02
2	0.42	0.28	0.11	0.11	0.015
3	0.40	0.26	0.10	0.10	0.01
4	0.38	0.24	0.09	0.09	0.005

1.3 测定项目及方法

1.3.1 豆腐得率和保水性的测定 按照宋莲军等^[7]的方法测定。

1.3.2 豆腐感官评定 将所制豆腐随机编号,按照表 3 对豆腐进行综合感官评分,其总分等于色泽、气

味、组织状态、口感及断面结构各项得分之和。

1.4 数据分析

数据统计与处理采用正交设计助手 IIIV3.1 专业版数据处理软件。

表 3 酸凝型豆腐感观评定表
Table 3 Sensory evaluation table of tofu

项目 Item	标准 Standard	评分 Score
色泽(20)Color	白色	20
	偏黄色	15
	淡黄色	10
气味(20)Smell	具有豆腐的香味,无其他异味	20
	有香味,但有少量酸味	15
	有香味,但有较多酸味	10
	有较多异味	5
组织状态(30)Structure	块形完整、软硬适宜、质地细腻、有弹性、表面不粘	30
	块形完整、软硬适宜、质地较细腻、较有弹性、表面不粘	25
	块形较完整、软硬不好、质地欠细腻、弹性小、表面不粘	20
	块形不完整、软硬较差、质地差、弹性小、表面有粘性	5
口感(15)Taste	细腻爽滑,弹性好,不粘牙,无酸味	15
	较爽滑,弹性一般,稍有酸味	10
	粗糙或成浆糊状,无弹性,酸味较重,有异味	5
断面结构(15)Section	断面整齐,表面光滑	15
	断面较整齐,表面较光滑	10
	断面不整齐,表面粗糙	5

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 乳酸添加量对豆腐品质的影响 经多次实

验得知,乳酸添加量 1.0% 是豆腐的凝固点。如表 4 所示,在 1.0% ~ 1.4% 时,随着乳酸添加量的增加,豆腐的得率和保水性均逐渐减小,感官得分先升高再降低。综合分析,乳酸添加量为 1.0% 时,豆腐的品质较好。

表 4 乳酸添加量对豆腐品质的影响
Table 4 Effects of lactic acid addition amount on tofu quality

乳酸添加量 Lactic acid addition/%	得率 Yield/g·100g ⁻¹	保水性 Water-holding capacity/%	感官评价 Sensory score
1.0	179.55	72.58	84
1.1	169.38	71.24	87
1.2	145.43	68.60	80
1.3	128.70	67.60	70
1.4	121.01	66.99	65

2.1.2 乙酸添加量对豆腐品质的影响 经多次实验得知,乙酸添加量 1.4% 是豆腐的凝固点。如表 5 所示,随着乙酸添加量的增加,豆腐的得率和保水性均逐渐减小,感官得分先升高再降低。故确定最佳乙酸添加量为 1.4%。

表 5 乙酸添加量对豆腐品质的影响
Table 5 Effects of acetic acid addition amount on tofu quality

乙酸添加量 Acetic acid addition/%	得率 Yield/g·100g ⁻¹	保水性 Water-holding capacity/%	感官评价 Sensory score
1.4	178.09	73.75	76
1.5	160.39	71.77	80
1.6	148.63	70.48	72
1.7	141.99	67.59	65
1.8	135.49	64.67	60

2.1.3 琥珀酸添加量对豆腐品质的影响 经多次实验得知,琥珀酸添加量 0.6% 是豆腐的凝固点。如表 6 所示,随着琥珀酸添加量的增加,豆腐的得率和保水性均逐渐减小,感官得分先升高再降低。可见,琥珀酸添加量为 0.6% 时,豆腐的品质较好,且琥珀酸做成的豆腐有鲜味。

表 6 琥珀酸添加量对豆腐品质的影响
Table 6 Effects of butanedioic acid addition amount on tofu quality

琥珀酸添加量 Butanedioic acid addition/%	得率 Yield/g·100g ⁻¹	保水性 Water-holding capacity/%	感官评价 Sensory score
0.6	178.22	72.22	76
0.8	150.57	70.10	78
1.0	142.43	68.21	73
1.2	123.19	64.95	68
1.4	119.38	64.66	65

2.1.4 酒石酸添加量对豆腐品质的影响 经多次实验得知,酒石酸添加量 0.6% 是豆腐的凝固点。如表 7 所示,随着酒石酸添加量的增加,豆腐的得率和保水性均逐渐减小,感官得分先升高再降低。故用 0.6% 酒石酸所制豆腐品质较好。

表 7 酒石酸添加量对豆腐品质的影响
Table 7 Effects of tartaric acid addition amount on tofu quality

酒石酸添加量 Tartaric acid addition/%	得率 Yield/g·100g ⁻¹	保水性 Water-holding capacity/%	感官评价 Sensory score
0.6	177.20	73.29	81
0.8	163.54	72.35	84
1.0	145.27	68.91	78
1.2	132.24	67.05	72
1.4	123.77	65.90	66

2.2 酸性凝固剂复配试验

B₃C₁D₃E₁。分别对 3 种优化凝固剂进行验证试验,编号为 1、2、3,测得这三种凝固剂制得豆腐的各项指标见表 9。

正交试验结果如表 8 所示。可以看出,若从得率考虑,优选方案为 A₃B₁C₃D₃E₁;从保水性考虑,优选方案为 A₄B₄C₂D₄E₂;从感官考虑,优选方案为 A₃

表 8 正交试验结果及直观分析

Table 8 Results of orthogonal test and direct analysis

序号 Number		A	B	C	D	E	得率	保水性	感官评价
							Yield /g·100g ⁻¹	Water-holding capacity/%	Sensory score
1		1	1	1	1	1	168.75	70.19	76
2		1	2	2	2	2	170.56	72.84	67
3		1	3	3	3	3	188.38	71.71	84
4		1	4	4	4	4	150.16	75.19	80
5		2	1	2	3	4	225.60	73.83	77
6		2	2	1	4	3	143.16	71.78	79
7		2	3	4	1	2	190.14	73.79	82
8		2	4	3	2	1	197.32	75.43	79
9		3	1	3	4	2	195.86	73.71	78
10		3	2	4	3	1	219.78	72.94	81
11		3	3	1	2	4	176.62	72.46	80
12		3	4	2	1	3	193.62	72.62	79
13		4	1	4	2	3	203.79	73.30	67
14		4	2	3	1	4	200.31	73.12	69
15		4	3	2	4	1	169.02	77.61	82
16		4	4	1	3	2	141.99	76.09	83
得率	k1	169.46	198.50	157.63	188.21	188.72			
Yield	k2	189.06	183.45	189.70	187.07	174.64			
	k3	196.47	181.04	195.47	193.94	182.24			
	k4	178.78	170.77	190.97	164.55	188.17			
	R	27.01	27.73	37.84	29.39	14.08			
保水性	k1	72.48	72.76	72.63	72.43	74.04			
Water holding capacity	k2	73.71	72.67	74.23	73.51	74.11			
	k3	72.93	73.89	73.49	73.64	72.35			
	k4	75.03	74.83	73.81	74.57	73.65			
	R	2.55	2.16	1.60	2.14	1.75			
感官评分	k1	77	74	80	76	80			
Sensory score	k2	79	74	77	73	78			
	k3	80	82	77	82	78			
	k4	75	80	78	80	77			
	R	5	8	3	8	3			

通过验证试验,得出酸凝固剂的最佳组合为第三组,即0.40%乳酸,0.26%乙酸,0.12%琥珀酸,0.10%酒石酸与0.02%抗坏血酸复配,此时所制得豆腐的感官最佳、得率高、保水性好。

表9 验证实验结果

Table 9 Results of compliance test

序号 Number	得率 Yield /g·100g ⁻¹	保水性 Water-holding capacity/%	感官评价 Sensory score
1	200.44	75.21	85
2	189.23	71.70	87
3	212.22	72.33	91

3 结 论

不同种类、不同用量的酸凝固剂对豆腐的品质均有影响。乳酸、乙酸、琥珀酸和酒石酸作为单一凝固剂时的最佳添加量分别为原料大豆的1.0%、1.4%、0.6%、0.6%;用1.0%乳酸制成豆腐的品质优于其它酸,感官评分、得率和保水性分别为84分、179.55 g·100 g⁻¹和72.58%。

用复合凝固剂做出的豆腐在感官、得率和保水性方面优于用单一凝固剂。复合凝固剂的最佳组合为0.40%乳酸,0.26%乙酸,0.12%琥珀酸,0.10%酒石酸与0.02%抗坏血酸。此时,所制得豆腐的感官评分、得率和保水性分别为91分、212.22 g·100 g⁻¹和72.33%,具有感官佳、得率高和保水性好的特点。

参考文献

- [1] 刘香英,康立宁,田志刚,等.不同凝固剂对豆腐风味的影响[J].大豆科学,2011,30(6):113-116. (Liu X Y, Kang L N, Tian Z G, et al. Influence of different coagulant on volatile flavor of tofu[J]. Soybean Science, 2011, 30(6): 113-116.)
- [2] 田其英,华欲飞.豆腐生产研究进展[J].粮食与油脂,2007(9):10-13. (Tian Q Y, Hua Y F. Research advance of tofu manufacture[J]. Cereals & Oils, 2007(9): 10-13.)
- [3] 王荣荣,王家东,周丽萍,等.豆腐凝固剂的研究进展[J].畜牧兽医科技信息,2006(1):78-79. (Wang R R, Wang J D, Zhou L P, et al. Research progress on coagulant of tofu[J]. Chinese Journal of animal husbandry and veterinary medicine, 2006(1): 78-79.)
- [4] 杨梅,张其昌.提高内酯豆腐质量的探讨[J].食品科学,1997,18(2):72-73. (Yang M, Zhang Q C. Study of improving the quality of lactone tofu[J]. Food Science, 1997, 18(2): 72-73.)
- [5] 周相玲.自然发酵泡菜心菜风味物质的研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2005(26):72-74. (Zhou X L. Study on the flavoring compounds of spontaneously fermented cabbage sauerkraut[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2005(26): 72-74.)
- [6] 乔明武,张莹,杨月,等.感官评定与仪器分析在北豆腐品质评价中的应用[J].大豆科学,2011,30(4):648-651. (Qiao M W, Zhang Y, Yang Y, et al. Applications of sensory and instrumental analysis in north tofu quality evaluation[J]. Soybean Science, 2011, 30(4): 648-651.)
- [7] 宋莲军,李争艳,张莹.不同大豆品种加工南豆腐的适应性研究[J].大豆科学,2010,29(5):858-862. (Song L J, Li Z Y, Zhang Y. Adaptability of different soybean varieties to south tofu processing[J]. Soybean Science, 2010, 29(5): 858-862.)

《核农学报》简介及征稿启事

《核农学报》1987年创刊,由中国农业部主管,中国原子能农学会与中国农业科学院农产品加工所联合主办,是国内核技术和生物物理技术在农业和生物科学研究应用领域唯一的学术期刊,属“中文核心期刊”、“中国科技论文统计源期刊”和“中国科学引文数据库统计期刊”。学报作为985高校、国家级科研机构评审认定的一级学报,目前影响因子0.977,在46种农学类核心期刊中名列第七位,在10种核科学技术类期刊中排名第一位。

目前我刊为双月刊,栏目主要包括:1.植物诱变育种·农业生物技术:诱变类收录诱变育种和诱变生理等与诱变相关的研究论文及综述。农业生物技术类主要收录基因克隆、功能表达、分子标记、蛋白分析、遗传分析及细胞学等涉及生物学手段的研究论文和综述。2.农产品辐照研究·食品科学:收录辐照加工,农产品贮藏保鲜,食品科学包括食品加工、功能性成分分析、食品微生物,食品安全包括农产品产地溯源、单克隆抗体、生物毒素降解等方面论述成果。3.同位素示踪·资源环境·动植物生理:收录同位素在农业、环境中的应用及动植物生理动态示踪方面研究成果;农业与土壤生态、环境效应等方向具有创造性的研究成果;不同环境因子对动植物生理生化指标影响方面的成果。

2012年我刊将扩大“农产品辐照研究·食品科学”栏目收稿范畴及刊载量。主要包括:生物工程技术、杀菌技术、物性修饰技术、农产品贮藏保鲜物流技术、农产品循环利用技术、农产品加工全程质量控制技术等方面研究成果。详情请登录官网:www.hnxb.org。

欢迎广大学者、从业人员热切关注,具体投稿要求详见官网。来稿请登录官网投稿系统,或致电编辑垂询:01062815961。