



# 千张豆腐生产中点卤工艺标准化研究

田 亚<sup>1</sup>, 胡 萍<sup>1</sup>, 王 电<sup>2</sup>, 谭 华<sup>3</sup>

(1. 贵州大学 酿酒与食品工程学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵阳市食品工业协会, 贵州 贵阳 550081; 3. 贵州龙缘盛豆业有限公司, 贵州 龙里 551200)

**摘 要:**针对千张豆腐生产工艺中的点卤工艺影响产品品质及产量不稳定的问题,在传统千张豆腐生产工艺的基础上,对机制千张豆腐生产工艺中的点卤工艺进行标准化。通过单因素试验和正交试验对点卤工艺中的凝固剂种类、添加量、点浆温度、豆浆浓度等因素进行优化,结合感官评分、理化指标测定及质构特性分析得出的千张豆腐点卤工艺标准化参数为:凝固剂石膏与盐卤的配比(g:g)为 1.875:1.100、点浆温度 85℃、豆浆浓度 9°。验证试验结果表明:标准化生产的千张豆腐与传统工艺制作的千张豆腐相比质量显著提高,含水量增加 4.92%,总蛋白质含量增加 2.87%,出品率增加 7.87%,弹性增加 1.63 mm,咀嚼性增加 20.92 mJ,硬度降低 313.00 g,粘性降低 0.03 mJ,损耗率降低 3.36%。

**关键词:**千张豆腐;点卤工艺;标准化

## Research on Processing Standardization of the Qianzhang Tofu

TIAN Ya<sup>1</sup>, HU Ping<sup>1</sup>, WANG Dian<sup>2</sup>, TAN Hua<sup>3</sup>

(1. School of Liquor & Food Engineering University, Guiyang 550025, China; 2. Food Industry Office of Guiyang, Guiyang 550081, China; 3. Guizhou Long Yuan Sheng Bean Industry Co. Ltd, Longli 551200, China)

**Abstract:** In this study, the bean curd coagulating condition of mechanical manufactured Qianzhang tofu was optimized based on traditional technique. In order to solve the problem of quality and yield instability of Qianzhang tofu affected by coagulating processing condition, the single factor and the orthogonal experiment were conducted to optimize the coagulant type, addition amount, temperature and soymilk concentration. Combined with analysis of sensory evaluation, physical and chemical indicators and texture properties, the standardization parameters of coagulating condition were obtained as follows: The ratio of coagulants gypsum and bittern(g:g) was 1.875:1.100, the temperature of coagulation was 85℃, the concentration of soybean milk was 9°. Verification test indicated that the Qianzhang tofu showed significant improvement in quality compared with traditional Qianzhang tofu in which the water, total protein, yield, elasticity and chewiness increased by 4.92%, 2.87%, 7.87%, 1.63 mm, 20.92 mJ, respectively. The hardness, viscosity and loss decreased by 313.00 g, 0.03 mJ and 3.36%, respectively.

**Keywords:** Qianzhang tofu; Coagulation technique; Standardization

千张豆腐,属半脱水类豆制品,以盐类、复合式类等凝固剂点卤<sup>[1-2]</sup>,采用急压、缓压结合的压榨手法压制成型<sup>[3]</sup>。千张豆腐具有许多营养价值,同时,以千张豆腐为原材料制作的美食享誉盛名,深受大众的喜爱<sup>[4]</sup>。我国豆制品加工企业生产规模普遍较小,生产集中程度低,90%都是小型手工作坊式生产,设备工业化程度低、卫生条件差、产品保质期短,难以实施标准化管理<sup>[5]</sup>。

豆制品行业作为农副产品加工业中最具市场潜力的一部分,近年来越来越受到人们的关注<sup>[6-7]</sup>。豆制品加工企业虽然在逐步实现千张豆腐点卤工艺的自动化,且机制点卤及压榨设备和工艺的改进也使得千张豆腐的加工水平得到提升,但仍然存在

许多问题,如工艺参数模糊、凝固剂配比使用不合理、生产操作流程不规范、产品产量和品质不稳定等,使得实际生产中产品品质差异较大,致使豆制品加工企业的盈利低,同时也阻碍了工业化水平的提升。

本研究针对千张豆腐生产工艺中的点卤工艺影响产品品质及产量不稳定的问题,在传统千张豆腐生产工艺的基础上,对机制千张豆腐生产工艺中的点卤工艺进行标准化,通过单因素试验和正交试验对点卤工艺中的凝固剂种类、添加量、点浆温度、豆浆浓度等因素进行优化,得出千张豆腐点卤工艺的标准化参数,旨在解决千张豆腐生产中的关键技术问题,提高产品质量和产量,为制定千张豆腐标

收稿日期:2018-01-04

基金项目:贵州省农业攻关项目(黔科合 NY[2014]3009 号)。

第一作者简介:田亚(1995-),男,硕士,主要从事食品营养与安全研究。E-mail:1051274939@qq.com。

通讯作者:胡萍(1970-),女,博士,教授,主要从事食品营养与安全研究。E-mail:phu1@gzu.edu.cn。

准化生产操作流程提供数据支撑,为提升千张豆腐的自动化生产工艺提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆:东北豆,黑龙江墨河农场;硫酸钙(石膏):湖北龙源石膏有限公司;食用氯化镁(盐卤):天津市塘沽金轮盐化有限公司格尔木分公司;消泡剂:天津塘沽金轮盐化有限公司。

1.2 仪器

凯式自动定氮仪:定氮仪, KDN-C; 消化炉, KDN-08(上海新嘉电子有限公司);恒温干燥箱, 101-2A(天津市泰斯特仪器有限公司);分析天平, FA2004N(上海菁海仪器有限公司);电子天平, JY1002(上海蒲春计量仪器有限公司);质构测定仪, CT-3(美国 Brookfield 博勒飞);搅拌机, WXJB-01(上海旺欣豆制品设备有限公司);摊布机, WXJZ-II(上海旺欣豆制品设备有限公司);液压机, WXYJ-2(上海旺欣豆制品设备有限公司);剥布机, WXJC-02(上海旺欣豆制品设备有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 千张豆腐的制作方法 筛选大豆,去除杂质后清洗,按比例加入一定量的水浸泡6~7 h,加水用磨豆机反复研磨2次后测定豆浆浓度;将豆浆加热至80~85℃,不断搅动防止豆浆糊底;将煮好的豆浆放入点浆桶内,继续加热至80℃时加入消泡剂;采用人工点浆,先将石膏溶入盆中,搅匀;用瓢在点浆缸中左右摇摆,使豆浆上下匀速翻滚起来,然后再慢慢加入石膏溶液。石膏溶液用完后,继续用配置好的盐卤溶液点浆,使凝固剂与豆浆充分混合,之后闷浆13~16 min。用破脑铲将豆腐脑上下左右翻滚几下进行破脑,插入打花装置,启动开关,左右循环将豆脑打碎至豆花细如沙粒,无明显颗粒即可。打好的豆花趁热放入放花桶中,启动搅拌装置,使豆花保持细状,不再凝固之后开始浇注,浇注完成后进行成品压榨。先轻压后急压,轻压时间为2~3 min,急压2 min。压好的千张半成品需要趁热从包布中剥下来。剥下的坯子用摊凉架进行摊凉。对摊凉后坯子进行整理,剔除破碎和不合格的坯料,按照产品规格大小进行切坯,去除毛边即得产品<sup>[8-10]</sup>,将成品千张豆腐静置10 min,然后取出进行出品率、含水量、总蛋白质含量及质构特性的测定并进行感官评定。

1.3.2 千张豆腐品质评价方法

(1)感官评价方法:千张豆腐的感官评分小组以9人的食品专业人员组成,分别以成品豆腐的色

泽、口感、质地、风味作为评判指标,在实验厂家技术人员的指导下进行评分水平的设定。百分制的感官评分总分由各指标分数之和得出,详见表1。

表1 千张豆腐感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standards of Qianzhang tofu		
评价指标	评分标准	分值
Index	Grading	Score
色泽	白色	10
	白中带黄,杂色	15
	浅黄色,均一	20
	金黄色,均一	25
口感	质地粗糙,无弹性	10
	质地较细腻,有一定弹性	15
	质地细腻,弹性较好	25
质地	块型不完整	10
	块型较完整	15
	块型完整	25
风味	有异味	10
	有淡淡豆香味	15
	豆香味浓郁	25

(2)得率(出品率)的测定:将新鲜千张豆腐(去除损耗)在室温下静置10 min后,称重,计算每100 g大豆所得千张豆腐重量,即为千张豆腐得率<sup>[11]</sup>。

(3)总得率(总出品率)的测定:将通过剥布机剥布的新鲜千张豆腐(不论损耗)在室温下静置10 min后,称重,计算每100 g大豆所得千张豆腐重量,即为千张豆腐总得率。

(4)损耗率的测定:将损耗的新鲜千张豆腐在室温下静置10 min后,称重,计算每100 g大豆所得千张豆腐重量,即为千张豆腐损耗率。

(5)含水量的测定:含水量参照GB5009.3-2010直接干燥法进行测定。

(6)总蛋白含量的测定:总蛋白含量参照GB5009.5-2010进行测定。

硫酸标准滴定溶液 $[c(\frac{1}{2}H_2SO_4)=0.0500\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}]$ 的制备参考GB/T601-2002。

(7)质构特性的测定:参照刘灵飞的方法<sup>[16]</sup>将千张豆腐切成10 mm×10 mm×1 mm的长方体,叠加8层,采用质构仪进行2次压缩试验(TPA-TA-XT2i)测定硬度、弹性、咀嚼性、粘性。

选择TA41型探头;触发点负载:5.0 g;下压距离:3.00 mm;负载单元10 000 g;测试速度2 mm·s<sup>-1</sup>;返回速度1 mm·s<sup>-1</sup>;预测试速度2 mm·s<sup>-1</sup>;夹具TA-RT-KIT;循环次数2.0;目标5.0 mm;同一触发点;数据频率10 point·s<sup>-1</sup>。同一个样品选择3个不同的部位进行测定,取其平均值。

(8) 豆浆浓度测定:在实验厂技术员的指导下,将煮好的豆浆取少许置于手持豆浆浓度测定器的镜面上,视线平行于测定器刻度线观察,刻度线对应的数值即为此时豆浆的浓度。

(9) 单因素试验:①凝固剂配比:将磨好的豆浆加热至 80℃ 时加入消泡剂,继续加热至 85℃ 后加入凝固剂,石膏 + 盐卤的配比(g:g):A :1.775:1.000; B :1.825:1.050; C :1.875:1.100; D:1.925:1.150; E:1.975:1.200,测定千张豆腐出品率、含水量、总蛋白质含量与感官评分。②点浆温度:将由实验厂技术员调试好的豆浆浓度为 9.0° 的豆浆加热至 80℃ 时加入消泡剂,分别将豆浆继续加热至 80,85,90℃ 时按石膏 + 盐卤配比(g:g)1.875:1.100 加入凝固剂,测定千张豆腐的出品率、含水量、总蛋白质含量与感官评分。③豆浆浓度:将由实验厂技术员调试好的豆浆浓度分别为 8.5°、9.0°、9.5° 的豆浆加热至 80℃ 时加入消泡剂,继续加热至 85℃ 后按石膏 + 盐卤配比(g:g)1.875:1.100 加入凝固剂,测定千张豆腐的出品率、含水量、总蛋白质含量与感官评分。

各单因素水平梯度的设定均参照实验厂原有数据。

(10) 正交试验:在单因素试验基础上,选择凝固剂配比(石膏:盐卤/gg),点浆温度(℃),豆浆浓度(°)及一组空列作为考察因素,以千张豆腐含水量、总蛋白质含量、出品率和感官评分为考察指标,设计  $L_9(3^4)$  正交试验。设置一组空列的目的是为便于各因素间的极差分析的比较,若某一试验因素的极差值小于空列极差值,则可直观表明其对成品千张豆腐的品质无显著影响。

1.4 数据分析

所有试验均进行 3 次平行试验,最终结果用“平均值 ± 标准差”的方式表示。采用 SPSS 22.0 对千张豆腐的出品率、含水量、总蛋白质含量及感官

评分进行数据统计分析,采用 WPS 和 Excel 2016 进行数据作图。

1.5 实际应用检验

本研究确定的最佳工艺组经贵州芳馨豆业有限公司实际运用,制作的千张豆腐品质和出品率与原车间产品进行对比。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 不同凝固剂配比对千张豆腐品质的影响  
由图 1 和图 2 可知,千张豆腐的含水量、总蛋白质含量、出品率及感官评分随着凝固剂添加量的增加而增加,当点卤剂的配比(石膏:盐卤/g:g)为 1.875:1.100 时达到峰值。随着凝固剂添加量的继续增加,千张豆腐的含水量、总蛋白质含量、出品率及感官评分不再继续增加反而出现下降的趋势,因此,选择凝固剂配比(石膏:盐卤/g:g)为 1.875:1.100 作为最佳配比。

2.1.2 不同点浆温度对千张豆腐品质的影响  
由图 3 和图 4 可知,随着点浆温度的增加,千张豆腐成品的含水量、总蛋白质含量、出品率及感官评分呈现线性增长的趋势。当点浆温度达到 85℃ 时,千张豆腐成品的相关指标达到峰值,此后,继续增加点浆温度,其理化指标及感官评分呈现下降趋势,因此,选择点浆温度为 85℃ 作为最佳点浆温度。

2.1.3 不同豆浆浓度对千张豆腐品质的影响  
由图 5 和图 6 可知,随着豆浆浓度的增加千张豆腐成品的含水量、总蛋白质含量、出品率及感官评分呈先升高后下降的趋势。当豆浆浓度达到 9.0° 时到达峰值,此后随着豆浆浓度的继续增加,千张豆腐的含水量、总蛋白质含量、出品率及感官评分开始下降,因此,选择豆浆浓度为 9.0° 作为最佳豆浆浓度。

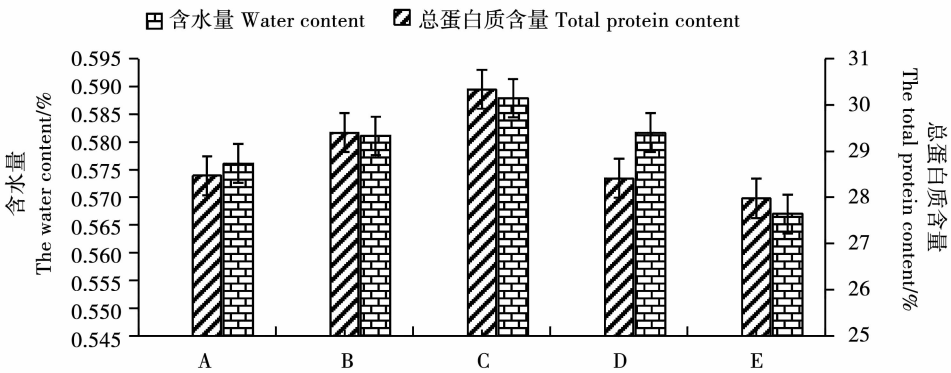


图 1 不同凝固剂配比对千张豆腐含水量和总蛋白质含量的影响  
Fig. 1 Effect of the different ratios of coagulants gypsum and bittern on water content and total protein content of Qianzhang tofu

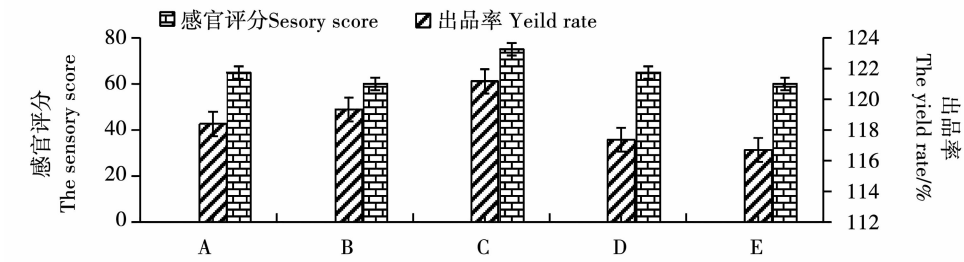


图 2 不同凝固剂配比对千张豆腐出品率和感官评分的影响

Fig. 2 Effect of the different ratios of coagulants gypsum and bittern on yield rate and sensory score of Qianzhang tofu

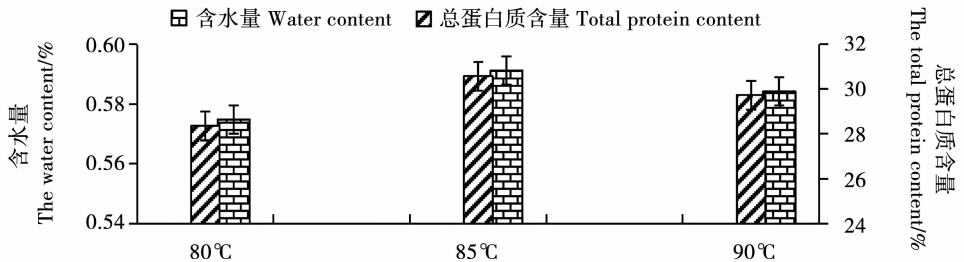


图 3 不同点浆温度对千张豆腐含水量和总蛋白质含量的影响

Fig. 3 Effect of the different temperatures of pulp-point on water content and total protein content of Qianzhang tofu

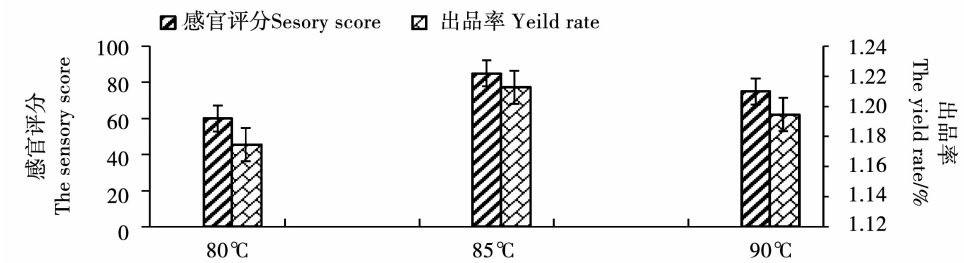


图 4 不同点浆温度对千张豆腐出品率和感官评分的影响

Fig. 4 Effect of the different temperatures of pulp-point on yield rate and sensory score of Qianzhang tofu

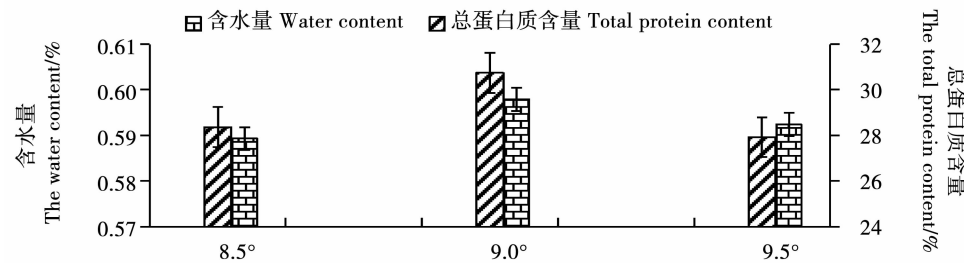


图 5 不同豆浆浓度对千张豆腐含水量和总蛋白质含量的影响

Fig. 5 Effect of the different concentrations of soybean milk on water content and total protein content of Qianzhang tofu

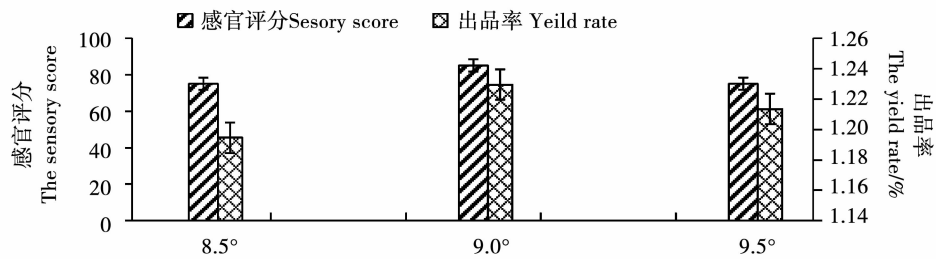


图6 不同豆浆浓度对千张豆腐出品率和感官评分的影响  
Fig. 6 Effect of the different concentrations of soybean milk on yield rate and sensory score of Qianzhang tofu

2.2 正交试验

根据单因素试验结果,设计正交因素水平(表2),正交试验结果如表3所示。

由表3可知:根据R值,以感官评价为评价指标,各因素对千张豆腐品质的影响从大到小依次是A>B>C>D,最优组合为A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>;以出品率为评价指标,各因素对千张豆腐品质的影响从大到小依次是A>C>B>D,最优组合为A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>;以含水量为评价指标,各因素对千张豆腐品质的影响从大到小

依次是A>C>B>D,最优组合为A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>;以总蛋白质含量为评价指标,各因素对千张豆腐品质的影响从大到小依次是A>C>B>D,最优组合为A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>。3组试验因素分别与空列对比,发现极差R值均大于空列组R值,说明该3组试验因素对成品千张豆腐的品质均有影响,且综合分析影响程度大小从高到底依次是:凝固剂配比>豆浆浓度>点浆温度。

表2 正交因素水平  
Table 2 Orthogonal factor level

水平 Level	因素 Factor			
	A	B	C	D
	凝固剂石膏:盐卤配比/(g:g) The ratio of coagulants gypsum and bittern	点浆温度/℃ The temperature of pulp-point	豆浆浓度/° The concentration of soybean milk	空列 The vacant column
1	1.875:1.100	80	8.5	1
2	1.825:1.050	85	9.0	2
3	1.925:1.150	90	9.5	3

表3 正交试验结果  
Table 3 The result of orthogonal test

试验号 Test number	实验因素 Factor				评价指标 Index			
	A	B	C	D	出品率 The yield rate/%	总蛋白质含量 The total protein content%	含水量 The water content%	感官评分 The sensory score/分
1	1	1	1	1	121.14	28.41	58.41	70
2	1	2	2	2	122.95	31.37	59.79	85
3	1	3	3	3	120.83	29.32	58.57	75
4	2	1	2	3	117.41	28.34	58.63	65
5	2	2	3	1	118.46	28.55	58.28	70
6	2	3	1	2	116.21	27.65	58.14	70
7	3	1	3	2	117.84	28.88	57.81	55
8	3	2	1	3	117.62	28.46	58.21	70
9	3	3	2	1	118.63	28.53	58.41	65

以出品率作为评价指标 Yeild ratio as evaluation index					以含水量作为评价指标 Water content as evaluation index				
	A	B	C	D		A	B	C	D
K1 <sub>j</sub>	364.92	356.39	354.97	358.23	K1 <sub>j</sub>	176.77	174.85	174.76	175.10
K2 <sub>j</sub>	355.08	359.03	358.99	357.00	K2 <sub>j</sub>	175.05	176.58	176.83	175.74
K3 <sub>j</sub>	354.09	355.67	357.13	355.84	K3 <sub>j</sub>	174.43	175.12	174.66	175.41
k1 <sub>j</sub>	121.64	118.80	118.32	119.41	k1 <sub>j</sub>	58.92	58.28	58.25	58.37
k2 <sub>j</sub>	118.36	119.68	119.66	119.00	k2 <sub>j</sub>	58.35	58.86	58.94	58.58
k3 <sub>j</sub>	118.03	118.56	119.04	118.62	k3 <sub>j</sub>	58.14	58.37	58.22	58.47
R <sub>j</sub>	3.61	1.12	1.34	0.79	R <sub>j</sub>	0.78	0.58	0.72	0.21
E	A > C > B > D				E	A > C > B > D			
F	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>		F	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	
G	A <sub>1</sub> C <sub>2</sub> B <sub>2</sub>				G	A <sub>1</sub> C <sub>2</sub> B <sub>2</sub>			
以总蛋白质含量作为评价指标 Protein content as evaluation index					以感官评分作为评价指标 Sensory score as evaluation index				
	A	B	C	D		A	B	C	D
K1 <sub>j</sub>	89.10	85.63	84.52	85.49	K1 <sub>j</sub>	230	190	210	205
K2 <sub>j</sub>	84.54	88.38	8824	87.90	K2 <sub>j</sub>	205	225	215	210
K3 <sub>j</sub>	85.57	85.50	86.75	86.12	K3 <sub>j</sub>	190	210	200	210
k1 <sub>j</sub>	29.70	28.54	28.17	28.50	k1 <sub>j</sub>	76.67	63.33	70.00	68.33
k2 <sub>j</sub>	28.18	29.46	29.41	29.30	k2 <sub>j</sub>	68.33	75.00	71.67	70.00
k3 <sub>j</sub>	28.62	28.50	28.92	28.71	k3 <sub>j</sub>	63.33	70.00	66.67	70.00
R <sub>j</sub>	1.52	0.96	1.24	0.80	R <sub>j</sub>	13.34	11.67	5.00	1.67
E	A > C > B > D				E	A > B > C > D			
F	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>		F	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	
G	A <sub>1</sub> C <sub>2</sub> B <sub>2</sub>				G	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>			

E:主次关系; F:优水平; G:最优组合。  
E:Primary and secondary relationship; F:Optimal level; G:Optimal combination.

综合分析得出:凝固剂配比(石膏:盐卤/g:g)为1.875:1.100,点浆温度为85℃,豆浆浓度为9.0°,初拟为千张豆腐生产中心卤工艺的最佳工艺参数。

2.3 以初拟最佳工艺参数改进的生产工艺与传统工艺对比

分别测定以初拟最佳工艺参数改进的生产工艺和传统工艺制作的成品千张豆腐的含水量、总蛋白质含量、出品率和质构特性,同时进行感官评价(表4)。

以初拟最佳工艺参数改进的生产工艺制作的千张豆腐与传统工艺制作的千张豆腐对比,含水量增加4.92%,总蛋白质含量增加2.87%,出品率增加7.87%,总出品率增加3.41%,损耗率降低3.36%。

以初拟最佳参数改进的生产工艺制作的千张豆腐与传统工艺制作的千张豆腐质构特性对比,硬度降低313.00 g,弹性增加1.63 mm,咀嚼性增加20.92 mJ,粘性降低0.03 mJ。

综合分析可知,以初拟最佳参数改进的生产工艺制作的千张豆腐与以传统工艺制作的千张豆腐对比,成品的含水量、总蛋白质含量、出品率、总出品率、感官评分、弹性、咀嚼性均有所增加,而损耗率、硬度、粘性均有所下降,因此,可将初拟最佳工艺参数作为千张豆腐点卤工艺的标准化参数。

表4 不同生产工艺制作的成品千张豆腐对比  
(豆浆浓度:9°)

Table 4 Different production process of finished products compared to Qianzhang tofu (The concentration of soybean milk: 9°)		
评价指标 Index	传统工艺 The Traditional crafts	改进的生产工艺 Improved crafts
含水量 The water content/%	(54.72 ± 1.82)	(59.64 ± 0.70)
总蛋白质含量 The total protein content/%	(28.44 ± 1.14)	(31.41 ± 0.62)
出品率 The yield rate/%	(114.86 ± 1.99)	(123.13 ± 1.06)
总出品率 The total yield rate/%	(147.90 ± 1.76)	(151.64 ± 1.07)
损耗率 The Loss rate/%	(20.56 ± 2.12)	(17.20 ± 1.91)
感官评分 The sensory score	(65.00 ± 4.33)	(85.00 ± 2.50)
硬度 Hardness/g	(1557.00 ± 185.39)	(1244.00 ± 87.73)
弹性 Elasticity/mm	(4.67 ± 0.26)	(6.32 ± 0.35)
咀嚼性 Chewiness/mJ	(53.50 ± 5.96)	(74.43 ± 6.07)
粘性 Viscosity/mJ	(0.03 ± 0.12)	(0 ± 0.1)

3 讨论

查阅相关资料发现,在一定范围内,随着凝固剂配比的增加,蛋白分子间的斥力逐渐减小,引力逐渐增大,相互结合速率加快,产品出品率高,但凝

固剂比例过高时,形成的蛋白质三维网状结构粗厚,豆腐凝胶强度高,而保水性低<sup>[12]</sup>。由此,可以解释成品千张豆腐出品率随着点卤剂的增加出品率、感官评分、水分含量先上升,后迅速下降的情况。点浆温度对嫩豆腐品质的影响与大豆蛋白活性高低有关。当点浆温度过低时,大豆蛋白活性低,相互结合的速率低,凝固时间长,而凝固时间过长对豆腐的凝胶保水性有不利影响<sup>[13]</sup>。随着加热温度的增加和保温时间的延长,可形成的凝胶网络的变性蛋白分子增多,因此豆腐的强度增大,失水率降低。但是,在95℃下保温时间超过10 min,反而不利于豆腐的形成<sup>[14]</sup>。从试验结果可以看出,当点浆温度超过85℃时,豆腐的品质开始下降,由此,将点浆温度确定为85℃。大豆蛋白浓度是决定豆腐凝胶形成的决定性因素<sup>[15]</sup>,影响豆浆浓度及千张豆腐的品质。低浓度蛋白溶液不易与溶剂相互作用使体系形成凝胶;而高浓度蛋白溶液使蛋白质之间的相互作用力占主导,使豆腐形成凝胶,凝胶强度也不断增强。从试验结果可以看出,在豆浆浓度到达9°时,成品千张豆腐的品质到达最佳,由此,将豆浆浓度确定为9°。正交试验结果表明,尽管考察的评价指标不同,但所得的因素主次关系及优化组合排列却差别不大。

4 结 论

在影响千张豆腐品质的各因素中,凝固剂对比对千张豆腐的品质的影响最大,其次为豆浆浓度,再次为点浆温度。千张豆腐点卤工艺标准化后的参数分别为:凝固剂石膏与盐卤的配比(g:g)为1.875:1.100,点浆温度85℃,豆浆浓度9°。标准化后生产的千张豆腐与传统工艺制作的千张豆腐相比质量显著提高:含水量增加4.92%,总蛋白质含量增加2.87%,出品率增加7.87%,总出品率增加3.41%,弹性增加1.63 mm,咀嚼性增加20.92 mJ,硬度降低313.00 g,粘性降低0.03 mJ,损耗率降低3.36%。

参考文献

[1] 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 tofu coagulant[J]. Chinese Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2006 (1): 78-79. )

[2] 宋莲军,张莹,乔明武,等. 豆腐凝固剂的筛选与复配[J]. 江西农业学报, 2011, 23(3):143-146. (Song L J, Zhang Y, Qiao M W, et al. Screening and compounding of tofu coagulant [J]. Journal of Jiangxi Agricultural Sciences, 2011, 23 (3): 143-146. )

[3] 孙义章. 豆腐的制作技巧[J]. 中国农村小康科技, 2001(1):

31. (Sun Y Z. Tofu production skills [J]. China's Rural Well-off Technology, 2001 (1): 31-31. )

[4] 宋国安,仇守忠. 对我国大豆综合开发利用的思考[J]. 西部粮油科技, 1994(2):3-7. (Song G A, Qiu S Z. On China's soybean comprehensive development and utilization of thinking [J]. West Cereals, Oils Science and Technology, 1994 (2):3-7. )

[5] 于寒松,张岚,王玉华,等. 传统食用豆制品加工现状及发展趋势[J]. 粮油加工(电子版), 2015(3):40-45. (Yu H S, Zhang L, Wang Y H, et al. Current situation and development trend of traditional edible bean products processing [J]. Cement Oil Processing(Electronic Edition), 2015 (3): 40-45. )

[6] Amir M N, Susan M T, Lorna W, et al. Effect of soy protein subunit composition and processing conditions on stability and particle size distribution of soymilk[J]. LWT Food Science and Technology, 2009, 42(7):1245-1252.

[7] Cruz N S, Capellas M, Jaramillo D P, et al. Soymilk treated by ultra high-pressure homogenization: Acid coagulation properties and characteristics of a soy yogurt product [J] Food Hydrocolloids, 2009, 23:490-496.

[8] 汪永辉. 芜湖千张的制作[J]. 农家科技, 1996(11):37. (Wang Y H. The production of Qianzhang tofu in Wuhu city [J]. Farming Science and Technology, 1996 (11): 37. )

[9] 杜连起. 豆腐加工新技术(一)[J]. 农产品加工, 2009(5): 32-33. (Du L Q. The new technology of Tofu processing (a) [J]. Agricultural Products Processing, 2009 (5): 32-33. )

[10] 余有贵,曾传广,危兆安,等. 邵阳风味豆干生产中过程控制的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12):219-221. (Yu Y G, Zeng C G, Wei Z A, et al. Process control of Shaoyang-style dried bean curd production [J]. Food Science, 2008, 29 (12): 219-221. )

[11] Cai T D, Chang K C. Processing effect on soybean storage proteins and their relationship with tofu quality [J]. Journal Agriculture Food Chemistry, 1999, 47(2): 720-727.

[12] 刘志胜,李里特,辰巳英三. 豆腐盐类凝固剂的凝固特性与作用机理的研究[J]. 中国粮油学报, 2000, 15(3):39-42. (Liu Z S, Li L T, Chen Si Y S. Coagulation characteristics of tofu salt coagulant and its mechanism of action [J]. Chinese Cereals and Oils Journal, 2000, 15 (3): 39-42. )

[13] 刘志胜,李里特,辰巳英三. 大豆原料对豆腐得率和质构的影响[J]. 中国农业大学学报, 1999(6): 101-105. (Liu Z S, Li L T, Chen Si Y S. Impact on tofu yield and texture of soybean material [J]. China Agricultural University, 1999 (6):101-105. )

[14] 李里特,辰巳英三. 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, Chen Si Y S. Effect of heat-denatured soy protein on quality of tofu [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oil-rich, 2002, 17 (1): 1-4. )

[15] 姜燕,温其标,唐传核. 微生物谷氨酰胺转移酶对大豆分离蛋白凝胶性能的影响[J]. 食品研究与开发, 2006(5): 59-62. (Jiang Y, Wen Q B, Tang C H. Protein gel properties of microbial trans-glutaminase isolated soybean[J]. Food Research and Development, 2006(5): 59-62. )

[16] 刘灵飞,徐倩婷,施小迪,等. 无浸泡制浆法对豆乳及豆腐品质特性影响研究[J]. 大豆科技, 2015(5):37-42. (Liu L F, Xu J T, Shi X D, et al. Effect of non-immersion pulping of soymilk and tofu quality characteristic[J]. Soybean Science and Technology, 1015(5):37-42.