

鸡蛋发酵食品(蛋腐乳)工艺探索与优化

沙 菲¹,全其根^{1,2,3,4,*},王 芳²

(1.北京农学院食品科学与工程学院,北京 102206;

2.农产品有害微生物及农残安全检测与控制北京市重点实验室,北京 102206;

3.食品质量与安全北京实验室,北京 102206;

4.蛋品安全生产与加工北京市工程研究中心,北京 100094)

摘要:为了扩充蛋制品的种类,提高蛋的附加值。本文在单因素实验的基础之上,通过正交实验研究了后酵时间、麦芽糖、pH 和磷酸二氢钾四个条件的改变对鸡蛋腐乳品质的影响,以总酸、氨基酸态氮和感官评价作为评价指标,最终确定最优的实验条件为不添加麦芽糖、不改变蛋液的 pH、添加 0.05% 的磷酸二氢钾,后酵 10 周制作鸡蛋腐乳,所得的总酸为 0.695 g/100 g、氨基酸态氮为 0.425 g/100 g、感官评分为 87 分。本实验为增加我国的深加工蛋制品品种进行了探索,并为以后蛋品深加工步入工业化生产做准备。

关键词:鸡蛋腐乳,工艺优化,产品制备

Exploration and optimization of egg fermented food(egg sufu)

SHA Fei¹, TONG Qi-gen^{1,2,3,4,*}, WANG Fang²

(1.Food Science and Engineering College, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China;

2.Beijing Key Laboratory of Agriculture Product Detection and Control of

Spoilage Organisms and Pesticide Residue, Beijing 102206, China;

3.Food Quality and Safety of Beijing Laboratory, Beijing 102206, China;

4.Beijing Egg Safety Production Engineering Research Center, Beijing 100094, China)

Abstract: Egg fermented production(egg sufu) was studied, which could expand the variety of egg products, enrich the market, and increase the added value of eggs. Through single factor experiments and orthogonal experiment method, the effects of four conditions, including post fermentation time, maltose, pH and KH_2PO_4 , were researched, with total acid, amino nitrogen and sensory evaluation be evaluation of egg sufu quality. Ultimately, experimental conditions were maltose 0%, natural egg pH, KH_2PO_4 0.05%, 10 weeks after the fermentation production of egg pickled tofu. Under these conditions, the total acid was 0.695 g/100 g, with amino acid nitrogen 0.425 g/100 g and the sensory evaluation 87. In this study, the post fermentation parameters of egg sufu was optimized, which increased varieties of deep processing of egg product and be helpful to future industrial production.

Key words: egg sufu; optimization; product preparation

中图分类号:TS253.4

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2017)18-0140-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2017.18.027

我国现有深加工蛋制品包括液蛋制品、鸡蛋干、蛋品饮料和发酵蛋制品^[1]。其中,发酵类蛋制品包括:蛋乳及全蛋发酵饮料^[2]、蛋乳发酵酸奶^[3]、臭蛋制品^[4]和霉菌类发酵蛋制品^[5]。霉菌类发酵蛋制品的制作方法与腐乳相类似,是以鸡蛋为原材料,经过霉菌发酵,并利用红曲和面曲后酵成为一种全新调味食品,不但具有比腐乳更加柔糯细腻的口感,同时将蛋白大分子分解成氨基酸和肽的小分子营养成分,更易于人体吸收。李双峰^[5]提出了一种鸡蛋发酵食品的制作方法,将鸡蛋经过菌种发酵形成发酵食品,

但是,其使用菌种、发酵程度及流程方法可以进一步改进。

本文为了扩展发酵蛋制品的种类,优化发酵蛋制品的制作工艺,研发出一种新型发酵蛋制品——鸡蛋腐乳,将鸡蛋制作成鸡蛋干后,经接种霉菌发酵并通过腌制工艺进入后酵过程,最后制成鸡蛋腐乳。本文通过改变后酵时间、麦芽糖、pH 和磷酸二氢钾四个条件,进行单因素实验,以总酸、氨基酸态氮和感官评价作为评价指标,研究了四个条件的改变对鸡蛋腐乳品质的影响;之后通过 $L_9(3^4)$ 正交实验,优

收稿日期:2017-03-20

作者简介:沙菲(1992-),女,硕士研究生,研究方向:农产品加工工程,E-mail:sf735249027@163.com。

*通讯作者:全其根(1962-),男,硕士,教授,研究方向:蛋品、食品添加剂、农产品加工,E-mail:tongqigen@163.com。

基金项目:食品质量与安全北京实验室项目(2016BFS115)。

化了鸡蛋腐乳的后酵工艺,有助于鸡蛋腐乳制品的工业化生产。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜鸡蛋 北京市昌平区回龙观城北市场;麦芽糖 食品级,北京朴禾集;亚硫酸氢钠 北京世纪红星化工有限责任公司;谷氨酰胺转氨酶(TG-M) 酶活力:100 U/g,江苏一鸣精细化工有限公司;氢氧化钠、盐酸 北京化工厂;甲醛溶液、磷酸二氢钾 西陇化工股份有限公司;实验用菌(五通桥毛霉, *mucor wutungkiao*)、后酵汤汁(主要成分为红曲米膏、黄酒、白酒、面曲、白砂糖) 北京二商王致和食品有限公司。

EYEL4 旋转蒸发仪 上海爱朗仪器有限公司;JM-B6002 电子天平 余姚市纪铭称重校验设备有限公司;HH-S 数显恒温水浴锅、85-2 恒温磁力搅拌器 常州翔天实验仪器厂;MJ-25BM04B 美的搅拌机 广东美的精品电器制造有限公司;PHB-4 便携式 pH 计 上海精密科学仪器有限公司;LDZM-80KCS 立式压力蒸汽灭菌器 上海申安医疗器械长;QZK28-A02 高档嵌入式蒸汽烤箱 佛山市雷哲电器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程 用搅拌机将全蛋液均匀打散,将蛋液用不锈钢超细过滤网漏勺过滤以滤去卵黄系带,根据作者先前的实验结果确定,加入 0.05% 的亚硫酸氢钠以保持蛋液的颜色,0.2% 的谷氨酰胺转氨酶(TG-M)以增强蛋白质分子间的作用力,搅拌均匀,45 ℃ 水浴 30 min,在 45 ℃ 条件下用旋转蒸发仪旋蒸 10 min 滤除气泡,80 ℃ 蒸汽烤箱蒸 40 min,晾凉后高压蒸汽灭菌(105 ℃,15 min)制成蛋坯备用。将蛋坯切成 2.5 cm × 2.5 cm × 1.6 cm 的小块,表面均匀喷洒毛霉菌液(每块 1 mL,菌液孢子数为 1 × 10⁶ 个/mL),28 ℃ 前酵 2 d 后搓毛,浸入盐水中腌制 7 d(咸蛋坯的氯化钠含量为 14%),腌制结束后取出装瓶(每瓶装 8 小块),灌入 200 mL 后酵汤汁,25 ℃ 在密封瓶中后酵。

1.2.2 单因素实验

1.2.2.1 后酵时间对鸡蛋腐乳品质的影响 不调整蛋液 pH,不添加麦芽糖和磷酸二氢钾,按照 1.2.1 的方法制作 5 份鸡蛋腐乳,分别后酵 6、8、10、12、14 周,测定总酸、氨基酸态氮和感官评价。

1.2.2.2 麦芽糖对鸡蛋腐乳品质的影响 不调整蛋液 pH,不添加磷酸二氢钾,调整麦芽糖的添加量分别为 0%、3%、6%、9%、12%,按照 1.2.1 的方法制作 5 份鸡蛋腐乳,后酵 10 周,测定总酸、氨基酸态氮和感官评价。

1.2.2.3 pH 对鸡蛋腐乳品质的影响 蛋液中不添加麦芽糖和磷酸二氢钾,调整蛋液的 pH 分别为 7、6、5、4、3,按照 1.2.1 的方法制作 5 份鸡蛋腐乳,后酵 10 周,测定总酸、氨基酸态氮和感官评价。

1.2.2.4 磷酸二氢钾对鸡蛋腐乳品质的影响 不调整蛋液 pH,不添加麦芽糖,调整磷酸二氢钾的添加

量为 0%、0.05%、0.1%、0.15%、0.2%,按照 1.2.1 的方法制作 5 份鸡蛋腐乳,后酵 10 周,测定总酸、氨基酸态氮和感官评价。

1.2.3 正交实验设计 为全面分析及优化工艺参数对鸡蛋腐乳的影响,经过单因素实验,选用 L₉(3⁴) 正交表,选取麦芽糖(A)、pH(B)、磷酸二氢钾(C)和后酵时间(D)四个因素,制作鸡蛋腐乳,以总酸、氨基酸态氮和感官评价作为评价指标。每个因素设 3 个水平,每种样品做三个平行实验,结果取平均值。详见因素水平表 1。

表 1 蛋坯制作工艺 L₉(3⁴) 正交实验因素水平

Table 1 Factors and levels for L₉(3⁴) orthogonal array design

水平	因素			
	A 麦芽糖 (%)	B pH	C 磷酸二氢钾 (%)	D 后酵时间 (周)
1	0	7	0	8
2	3	6	0.05	10
3	6	5	0.10	12

1.2.4 指标测定

1.2.4.1 总酸 采用 SB/T 10170-2007 腐乳的总酸的检测方法。用氢氧化钠标准溶液滴定,以酸度计测定终点,结果以乳酸表示^[6]。

1.2.4.2 氨基酸态氮 采用 SB/T 10170-2007 腐乳的氨基酸态氮的检测方法。利用氨基酸的两性作用,加入甲醛固定氨基的碱性,使羧基显示出酸性,用氢氧化钠标准溶液滴定,以酸度计测定终点^[6]。

1.2.4.3 感官评价 由 10 位感官评价员(腐乳厂的专业感官评价人员)进行感官评定,参考 SB/T 10170-2007 中的腐乳感官要求,并结合鸡蛋腐乳的特性,分别从色泽、块型、香气、滋味、口感这五个方面进行评分。具体评分方法见表 2。

1.3 数据处理

使用 SPSS 和 OriginPro 8 进行实验设计和结果分析。

2 结果与讨论

2.1 单因素实验

2.1.1 后酵时间对鸡蛋腐乳品质的影响 由图 1 可知,随着后酵时间的延长,鸡蛋腐乳的总酸呈先下降后上升的趋势,后酵 6~10 周总酸的数值缓慢下降,后酵 10~14 周总酸的数值大幅度提高。在后酵过程中,微生物中的脂肪酶将蛋坯中的脂肪水解为甘油及脂肪酸,甘油可以被细菌进一步转化为各种有机酸。因此,在微生物的作用下腐乳的总酸总体呈上升的趋势。总酸是评价鸡蛋腐乳后酵程度的指标,总酸过多会抑制蛋白酶的活力。随着后酵时间的延长,鸡蛋腐乳的氨基酸态氮呈先上升后下降的趋势,后酵第 10 周达到最大值。氨基酸态氮是评价腐乳中蛋白质分解程度的重要指标^[7],前期发酵主要利用毛霉分泌蛋白酶,将鸡蛋中的蛋白质水解,使蛋坯中的蛋白质水解为水溶性蛋白(胨和胨),到后期发酵阶段,胨继续水解得到相对分子量更小的多肽,最终

表2 鸡蛋腐乳后酵感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation of post fermentation egg sufu

评价项目	评分标准	感官评分(分)
色泽 (满分15分)	表面颜色一致,呈鲜红色或枣红色;断面呈均匀黄色	12~15
	表面颜色不均,呈红色或浅红色;断面呈均匀的浅粉色	8~11
	表面有白点;断面呈白色	4~7
	表面发黑;断面呈深褐色或青色	0~3
块型 (满分10分)	块型整齐,不破皮、不缺角、不易碎	9~10
	块型整齐,不破皮、不缺角、易碎	6~8
	块型不整齐,不破皮、缺角、易碎	3~5
	块型不整齐,破皮、缺角、易碎	0~2
香气 (满分30分)	香气纯正、具有红腐乳特有香气、有酒香味,无不良气味	24~30
	香气不明显、没有酒香味,无不良气味	16~23
	没有香气,无不良气味	8~15
	有不良气味	0~7
滋味 (满分30分)	有蛋香味、滋味鲜美,咸淡适中,具有红腐乳特有的味道	24~30
	有蛋香味、滋味较好,口味过咸或过淡	16~23
	无蛋香味,腐乳味道不明显	8~15
	有异味或苦涩味,有蛋腥味	0~7
口感 (满分15分)	口感细腻,无颗粒感,软硬适中	12~15
	口感不太细腻,有少许小颗粒,过软或过硬	8~11
	口感较粗糙,有明显颗粒感,过软或过硬	4~7
	口感粗糙,有杂质	0~3

水解为氨基酸^[8]。可能随着后酵时间的延长,鸡蛋中的氨基酸态氮通过某种反应生成大分子物质,使得氨基酸态的含量有所下降。随着后酵时间的延长鸡蛋腐乳的感官评价呈先上升后下降的趋势。因此,结合三个评价指标,选择后酵8、10、12周作为正交实验条件。

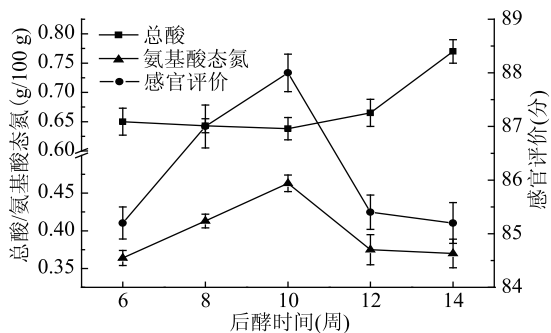


图1 后酵时间对鸡蛋腐乳品质的影响

Fig.1 Effect of post fermentation time on quality of egg sufu

2.1.2 麦芽糖对鸡蛋腐乳品质的影响 由图2可知,随着麦芽糖添加量的增加,鸡蛋腐乳的总酸呈上升

趋势,麦芽糖的添加量为0%~3%时总酸大幅上升,之后上升变缓。在蛋坯的发酵过程中,为了有助于毛霉的生长,需要有适宜的碳源,麦芽糖是双糖,具有还原性,由含淀粉酶的麦芽作用于淀粉而制得,可用作营养剂,也可用于配制培养基。在后酵过程中,腐乳的酸度主要是由酿造中产生的有机酸、游离氨基酸以及脂肪酸等形成的,总酸是评价鸡蛋腐乳后酵程度的指标,总酸过多会抑制蛋白酶的活力。随着麦芽糖添加量的增加,鸡蛋腐乳的氨基酸态氮呈下降趋势,由此可见麦芽糖的添加量的增加会抑制蛋白质的水解。随着麦芽糖添加量的增加,鸡蛋腐乳的感官评价呈下降趋势。因此,结合三个评价指标,选择麦芽糖的添加量0%、3%、6%作为正交实验条件。

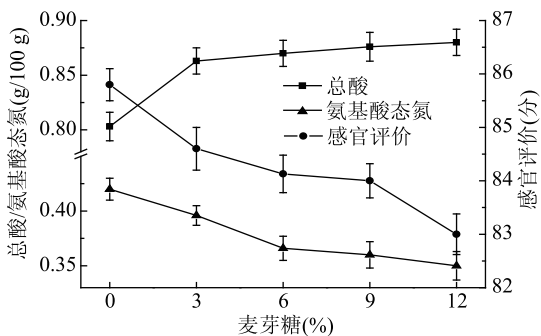


图2 麦芽糖对鸡蛋腐乳品质的影响

Fig.2 Effect of maltose on quality of egg sufu

2.1.3 pH对鸡蛋腐乳品质的影响 由图3可知,在酸性条件下($\text{pH} \leq 7$),随着pH的上升,鸡蛋腐乳的总酸呈下降趋势,pH5~7时总酸大幅下降。由此可见,pH的降低会使总酸升高,在后酵过程中,由酿造产生的有机酸、游离氨基酸以及脂肪酸等形成了腐乳的酸度,但是总酸过多会影响鸡蛋腐乳的品质,因此总酸不能过高。随着pH的上升,鸡蛋腐乳的氨基酸态氮呈上升趋势。随着pH的上升,鸡蛋腐乳的感官评价先上升,pH6后开始下降,感官评价的较大值在pH5~7。因此,结合三个评价指标,选择pH5、6和7作为正交实验的条件。

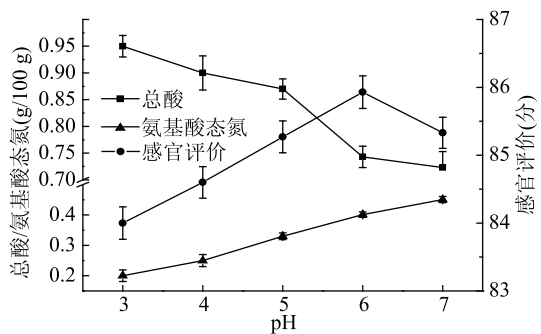


图3 pH对鸡蛋腐乳品质的影响

Fig.3 Effect of pH on quality of egg sufu

2.1.4 磷酸氢二钾对鸡蛋腐乳品质的影响 由图4可知,随着磷酸二氢钾添加量的增加,鸡蛋腐乳的总酸呈上升趋势,磷酸二氢钾的添加量为0%~0.1%时总酸大幅上升,之后上升变缓。王丽英等^[9]在对雅致放射毛霉液体深层培养条件及发酵培养基进行优化研究中,发现添加无机盐会影响毛霉菌丝体的生长。

其中,硫酸镁和磷酸二氢钾可以促进毛霉菌丝体的生长,对蛋白酶的酶活产生较大影响。刘利锋^[10]等研究对谷氨酸发酵有显著影响的无机盐,经过实验表明,发酵过程中,磷盐的用量与菌体变形及生长速度的关系较大。因此,添加适量的磷酸二氢钾会有助于毛霉菌丝的生长。随着磷酸二氢钾添加量的增加,鸡蛋腐乳的氨基酸态氮呈下降趋势,由此可见磷酸二氢钾添加量的增加会抑制蛋白质的水解。随着磷酸二氢钾添加量的增加,鸡蛋腐乳的感官评价呈先上升后下降的趋势,在磷酸二氢钾的添加量为0.05%之后显著下降,说明磷酸二氢钾虽然可以促进菌丝的生长,但是可能会对鸡蛋腐乳的感官评价造成负面影响。因此,结合三个评价指标,选择磷酸二氢钾添加量0%、0.05%、0.1%作为正交实验的条件。

2.2 正交实验

结合单因素的实验结果设计正交实验,采用 $L_9(3^4)$ 正交实验优化鸡蛋腐乳的制作工艺,选择麦

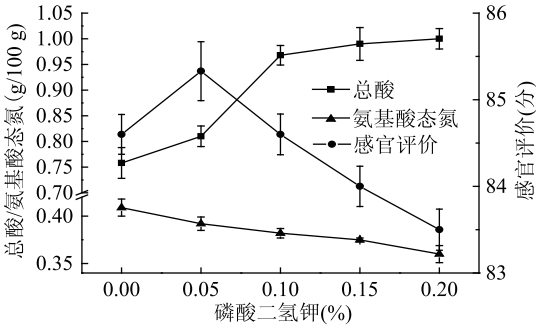


图4 磷酸二氢钾对鸡蛋腐乳品质的影响

Fig.4 Effect of KH_2PO_4 on quality of egg sufu

芽糖(A)、pH(B)、磷酸二氢钾(C)和后酵时间(D)四个因素为自变量,以总酸、氨基酸态氮和感官评价为指标,实验结果和极差分析结果见表3,方差分析结果见表4。

根据表3 总酸的极差分析可知, $R_B > R_D > R_C >$

表3 正交实验结果

Table 3 Results of orthogonal test

实验号	A	B	C	D	总酸 (g/100 g)	氨基酸态氮 (g/100 g)	感官评价 (分)
1	1	1	1	1	0.810	0.413	88.00
2	1	2	2	2	0.698	0.420	86.60
3	1	3	3	3	0.878	0.285	83.40
4	2	1	2	3	0.923	0.396	84.40
5	2	2	3	1	0.729	0.300	84.00
6	2	3	1	2	0.833	0.322	86.00
7	3	1	3	2	1.103	0.455	85.60
8	3	2	1	3	0.810	0.259	83.80
9	3	3	2	1	0.756	0.288	86.00
总酸	k_1	0.795	0.945	0.818	0.765		
	k_2	0.828	0.746	0.792	0.878		
	k_3	0.890	0.822	0.903	0.870		
	R	0.095	0.200	0.111	0.113		
氨基酸态氮	k_1	0.373	0.421	0.331	0.334		
	k_2	0.339	0.326	0.368	0.399		
	k_3	0.334	0.298	0.347	0.313		
	R	0.039	0.123	0.037	0.086		
感官评分	k_1	86.00	86.00	85.93	86.00		
	k_2	84.80	84.80	85.67	86.07		
	k_3	85.13	85.13	84.33	83.87		
	R	1.20	1.20	1.60	2.20		

表4 方差分析结果

Table 4 Results of variance analysis

因素	总酸					氨基酸态氮					感官评价				
	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
A	0.026	2	0.013	5.071	0.018 *	0.007	2	0.003	5.101	0.018 *	8.402	2	4.201	5.121	0.017 *
B	0.145	2	0.073	27.985	0 **	0.07	2	0.035	51.719	0 **	6.535	2	3.267	3.983	0.037 *
C	0.045	2	0.023	8.728	0.002 **	0.005	2	0.002	3.365	0.057	10.788	2	5.394	6.575	0.007 **
D	0.056	2	0.028	10.787	0.001 **	0.037	2	0.019	27.498	0 **	29.726	2	14.863	18.119	0 **
误差	0.047	18	0.003			0.012	18	0.001			14.766	18	0.82		
总和	18.782	27				3.295	27				196930.885	27			

注: ** 为差异极显著($p < 0.01$), * 为差异显著($p < 0.05$)。

R_A ,对鸡蛋腐乳总酸的影响大小为: $pH(B) > \text{后酵时间}(D) > \text{磷酸二氢钾}(C) > \text{麦芽糖}(A)$ 。根据表4总酸的方差分析可知, pH 、磷酸二氢钾和后酵时间对鸡蛋腐乳总酸结果的影响表现极显著($p < 0.01$),麦芽糖对鸡蛋腐乳总酸结果的影响表现显著($p < 0.05$)。在实验范围内,得到的最佳条件为 $A_1B_2C_2D_1$,即不添加麦芽糖,将蛋液的 pH 调到6,添加0.05%的磷酸二氢钾,后酵8周制作鸡蛋腐乳。

根据表3氨基酸态氮的极差分析可知, $R_B > R_D > R_A > R_C$,对鸡蛋腐乳氨基酸态氮的影响大小为: $pH(B) > \text{后酵时间}(D) > \text{麦芽糖}(A) > \text{磷酸二氢钾}(C)$ 。根据表4氨基酸态氮的方差分析可知, pH 和后酵时间对鸡蛋腐乳氨基酸态氮结果的影响表现极显著($p < 0.01$),麦芽糖对鸡蛋腐乳氨基酸态氮结果的影响表现显著($p < 0.05$)。在实验范围内,得到的最佳条件为 $A_1B_1C_2D_2$,即不添加麦芽糖,不改变蛋液的 pH ,添加0.05%的磷酸二氢钾,后酵10周制作鸡蛋腐乳。

根据表3感官评价的极差分析可知, $R_D > R_C > R_A = R_B$,对鸡蛋腐乳感官评价的影响大小为:后酵时间(D) > 磷酸二氢钾(C) > 麦芽糖(A) = $pH(B)$ 。根据表4感官评价的方差分析可知,磷酸二氢钾和后酵时间对鸡蛋腐乳感官评价结果的影响表现极显著($p < 0.01$),麦芽糖和 pH 对鸡蛋腐乳感官评价结果的影响表现显著($p < 0.05$)。在实验范围内,得到的最佳条件为 $A_1B_1C_1D_2$,即不添加麦芽糖、不改变蛋液的 pH 、不添加磷酸二氢钾,后酵10周制作鸡蛋腐乳。

结合正交实验的三个评价指标的实验结果分析,麦芽糖的改变对鸡蛋腐乳品质的影响显著,并且三个指标均显示不添加麦芽糖的实验组结果较好; pH 的改变对鸡蛋腐乳品质的影响显著,但是 pH 的改变会影响总酸结果的准确性,因此通过氨基酸态氮和感官评价结果来确定最优实验结果,即不改变蛋液的 pH ;磷酸二氢钾的改变对鸡蛋腐乳的总酸和感官评价的结果影响极显著,并且对总酸影响的显著性更大,因此通过总酸得出的最优水平确定,添加0.05%的磷酸二氢钾;后酵时间的改变对鸡蛋腐乳品质的影响均为极显著,其中对氨基酸态氮和感官评价的结果影响更为显著,因此选择后酵时间为10周。

综上所述得到的最佳条件为 $A_1B_1C_2D_2$,即为不添加麦芽糖、不改变蛋液的 pH 、添加0.05%的磷酸二氢钾,后酵10周制作鸡蛋腐乳,所得的总酸为0.695 g/100 g、氨基酸态氮为0.425 g/100 g、感官评

价为87分。得到此结果的一部分原因是北京二商王致和食品有限公司提供的五通桥毛霉,作为腐乳厂的生产用菌经过长期使用,具有菌株活力高、繁殖速度快、产蛋白酶能力强等特点^[8]。并且,鸡蛋中蛋白质、脂肪、氨基酸及维生素含量丰富,可以保证菌株在前酵过程中的正常生长,并顺利进行后期发酵,产生大量的蛋白酶,以促进蛋白质分解成各种氨基酸,制作出理化品质和感官品质良好的鸡蛋腐乳。

3 结论

以单因素实验结果为依据,利用正交实验的方法优化后酵时间、麦芽糖、 pH 和磷酸二氢钾四个因素,最终确定的最优实验方案为:不添加麦芽糖、不改变蛋液的 pH 、添加0.05%的磷酸二氢钾,后酵10周制作鸡蛋腐乳,所得的总酸为0.695 g/100 g、氨基酸态氮为0.425 g/100 g、感官评价为87分。通过此次实验,优化了发酵鸡蛋食品(蛋腐乳)的后酵工艺。之后还需要对前酵菌种以及后酵汤汁进行深入研究,研究出更加适宜鸡蛋发酵的菌种,以及通过改变汤汁来丰富发酵蛋制品的风味,为以后蛋品深加工步入工业化生产做准备。

参考文献

- [1] 张强,黄丽燕,刘文营,等.我国传统蛋制品加工方法综述[J].农产品加工·学刊,2012(9):79-81.
- [2] 张晶,张红星,谢远红,等.藏灵菇源酵母菌和乳酸菌降胆固醇蛋乳发酵饮料的研制[J].中国酿造,2013,32(9):50-53.
- [3] 闫金蛟,李斌,杨凌霄,等.蛋乳发酵酸奶工艺的探讨[J].食品工业科技,2011,32(7):474-477.
- [4] 于楠楠.臭蛋及其制造方法:中国,CN103120324A[P].2013-05-29.
- [5] 李双峰.一种鸡蛋发酵食品及其制备方法:中国,CN103054070A[P].2013-04-24.
- [6] 中国调味品协会.SB/T 10170-2007,腐乳质量标准和检测方法[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [7] Feng Z, Xu M, Zhai S, et al. Application of autochthonous mixed starter for controlled Kedong sufu fermentation in pilot plant tests[J].Journal of Food Science,2014,80(1):129-136.
- [8] 王瑞芝.中国腐乳酿造[M].北京:中国轻工业出版社,2009:124-190.
- [9] 许喜林,彭晓群,石美芬.雅致放射毛霉产孢子培养基组成及培养条件的优化[J].中国酿造,2013,32(7):28-31.
- [10] 刘利锋,于卫红.磷酸盐用量对谷氨酸发酵影响的研究[J].发酵科技通讯,2007,36(1):4.

(上接第139页)

partial characterization of ostrich skeletal muscle cathepsin D and its activity during meat maturation[J].Meat Science,2011,87(3):196-201.

[26] Venugopal A, Kumar N S. Biochemical characterization of cathepsin D from the mussel *Lamellidens corrianus* [J]. Comparative Biochemistry & Physiology Part B Biochemistry & Molecular Biology,2014,169(1):25-30.

[27] Jamdar S N, Harikumar P. Purification, Identification and

Characterization of Aspartic Proteases of Chicken Intestine[J]. Journal of Food Biochemistry,2015,40(4):451-462.

[28] Draper A M, Zeece M G. Thermal Stability of Cathepsin D [J].Journal of Food Science,1989,54(6):1651-1652.

[29] Jiang S T, Her Y H, Lee J J, et al. Comparison of the Cathepsin D from Mackerel (*Scomber australasicus*) and Milkfish (*Chanos chanos*) Muscle [J]. Bioscience Biotechnology & Biochemistry,1993,57(4):571-577.