

金属盐对清料法腌制皮蛋品质的影响

刘焱^{1,2}, 刘伦伦¹, 周赞¹, 罗灿¹

(1. 湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南长沙 410128)

(2. 湖南农业大学食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南长沙 410128)

摘要: 以鸭蛋为原料, 通过比较不同金属盐清料法加工的皮蛋的安全性能和感官性质, 研究了金属盐的种类和添加量对皮蛋品质的影响。试验结果表明: 分别添加了 CuSO_4 、 $\text{CuSO}_4\cdot\text{ZnSO}_4=1:1$ 和 $\text{ZnSO}_4\cdot\text{FeSO}_4=1:1$ 腌制的皮蛋的感官品质都较好, 评分分别为 90.60 ± 2.40 、 89.80 ± 3.20 、 88.20 ± 2.70 ; 添加了 ZnSO_4 溶液次之, 感官评分为 85.80 ± 3.80 ; 单独添加 FeSO_4 、 MgSO_4 盐腌制的皮蛋感官品质比较低; 添加 $\text{CuSO}_4\cdot\text{ZnSO}_4=1:1$ 的溶液腌制的皮蛋, 锌铜的残留量 (铜离子 4.12 ± 0.11 mg/kg, 锌离子 8.32 ± 0.19 mg/kg) 比显著低于分别添加锌盐 (12.96 ± 0.22 mg/kg) 和铜盐 (铜离子 8.55 ± 0.28 mg/kg) 的低皮蛋 ($P<0.05$); 不同锌盐对皮蛋感官品质的影响有区别, 用氧化锌生产的皮蛋锌的残留量 (9.27 ± 0.09 mg/kg) 和感官评分显著低于其他锌盐腌制的皮蛋, 综合考虑, ZnSO_4 是腌制皮蛋较适合的锌盐; 添加 CuSO_4 或 $\text{CuSO}_4\cdot\text{ZnSO}_4=1:1$ 生产的皮蛋, 蛋黄的溏心指数较高 (0.66、0.57), 皮蛋的弹性、硬度、咀嚼度较好, 因此, 从感官品质和金属的残留量两方面考虑, 用 CuSO_4 和 ZnSO_4 混合清料法腌制皮蛋比较好, 而单独添加 FeSO_4 生产皮蛋明显不适合。

关键词: 清料法; 皮蛋; 安全性能; 感官品质; 金属盐

文章编号: 1673-9078(2015)2-196-204

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.2.033

Effect of Metal Salts on the Immersion Method for the Preparation of Preserved Eggs

LIU Yan^{1,2}, LIU Lun-lun¹, ZHOU Zan¹, LUO Can¹

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

(2. Hunan Province Key Laboratory of Food Science and Biotechnology, Changsha 410128, China)

Abstract: Using duck eggs as raw material, the effects of the type and amount of added metal salts on the quality of preserved eggs were studied by comparing the safety performance and sensory quality of preserved eggs prepared by the immersion method, using different metal salt solutions. The experimental results showed that good sensory quality was obtained in preserved eggs prepared by the addition of CuSO_4 , $\text{CuSO}_4\cdot\text{ZnSO}_4=1:1$, or $\text{ZnSO}_4\cdot\text{FeSO}_4=1:1$, with evaluation scores of 90.6 ± 2.4 , 89.8 ± 3.2 , or 88.2 ± 2.7 , respectively. The sensory quality of the preserved egg prepared by the addition of ZnSO_4 was slightly lower, with an evaluation score of 85.80 ± 3.80 . Low sensory quality was obtained in preserved eggs prepared by the addition of FeSO_4 or MgSO_4 . For the preserved eggs prepared by the addition of $\text{CuSO}_4\cdot\text{ZnSO}_4=1:1$, the concentrations of residual zinc and copper ions (Cu^{2+} : 4.12 ± 0.11 mg/kg, Zn^{2+} : 8.32 ± 0.19 mg/kg) were significantly lower than those of preserved eggs prepared by the addition of zinc salt (Zn^{2+} : 12.96 ± 0.22 mg/kg) or copper salt (Cu^{2+} : 8.55 ± 0.28 mg/kg). The impacts of different zinc salts on the sensory quality of the preserved eggs were different. The concentration of residual zinc ions (Zn^{2+} : 9.27 ± 0.09 mg/kg) and sensory evaluation score of preserved eggs prepared by adding zinc oxide were significantly lower than those of preserved eggs prepared by adding other zinc salts. Based on this comprehensive evaluation, ZnSO_4 was found to be a suitable zinc salt for the preparation of preserved eggs. For preserved eggs prepared by the addition of CuSO_4 or $\text{CuSO}_4\cdot\text{ZnSO}_4=1:1$, the runny-yolk index was high (0.66 or 0.57, respectively), with good elasticity, hardness, and chewiness. Therefore, considering the sensory quality and the level of metal residues, the qualities of preserved eggs prepared by the immersion method, using CuSO_4 and ZnSO_4 solutions, were relatively good, while the addition of FeSO_4 alone was not suitable for the preparation of preserved eggs.

Key words: immersion method; preserved eggs; safety performance; sensory quality; metal salt

收稿日期: 2014-06-28

基金项目: 2013年度公益性行业(农业)科研专项项目(201303084)

作者简介: 刘焱(1970-), 女, 博士, 副教授, 主要从事畜禽产品贮藏与加工研究

皮蛋作为我国的一种传统蛋制品,不仅味道鲜美、爽口,而且富含营养物质,腌制过程中蛋内部分蛋白质分解成氨基酸和简单蛋白质,使得皮蛋中蛋白质更容易吸收。此外,皮蛋中的脂肪和热量降低,矿物质有所增加^[1]。皮蛋的风味独特,备受国内外消费者的青睐。但随着生活水平的提高,人们对饮食的要求不仅仅是安全无毒,还得有营养,对皮蛋也相应的提出了更高的要求。由于传统皮蛋大都用腌制泥腌制,不但皮蛋品质不稳定,而且皮蛋重金属超标影响了消费者的健康。因此在皮蛋传统腌制工艺的基础上涌现了大量新型皮蛋加工研究^[2~11],出现了很多新的皮蛋品种,例如添加铁盐、锌盐、铜盐腌制的皮蛋^[12]。新工艺的实际生产使用,特别是NaOH清料法代替生石灰和纯碱直接腌制皮蛋的方法,解决了传统腌制工艺质量不稳定,皮蛋质量不易控制等问题,而且在一定程度上提高了皮蛋的安全性能,代铅工艺的应用还在一定程度上补充了人体所必须的微量元素,例如皮蛋中含有的铜、锌、铁等元素都是人体所需要的元素。从另一方面来说,清料法生产皮蛋的清料液可以循环利用,有利于降低成本和保护环境。但是近年来,食物中毒的报告屡见不鲜,因此,清料法生产皮蛋虽然没有铅元素的食用,但还是存在一定的安全隐患,需要加以控制。

本研究分别用不同浓度和不同种类的金属盐腌制皮蛋,并通过对腌制过程中和成熟出缸的皮蛋的碱度、pH值、皮蛋中金属离子含量、皮蛋蛋清的色度、蛋黄的凝固程度以及皮蛋物性的测定,综合评价不同金属盐对清料法加工皮蛋的品质的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜鸭蛋:购于湖南农业大学东之源超市;茶叶,红茶末:湖南岳阳君山茶叶厂;氯化钡、盐酸、无水乙醇、碳酸氢钠、水合茛三铜、抗坏血酸、乙酸、硝酸、高氯酸、碳酸钠(均为分析纯):国药集团化学试剂有限公司;氯化钠、氢氧化钠、五水硫酸铜、硫酸亚铁、硫酸镁、氧化钙、硫酸锌、氯化锌、乙酸锌、乳酸锌、氧化锌(均为食品级):徐瑞多生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

TAS-986 原子吸收分光光度计,北京普析通用有限责任公司;UV-2450 紫外分光光度计,日本岛津公司;WSC-S 型色度仪,上海物理光学仪器厂;DS-1

型组织捣碎机,上海标本模型厂;KDM 型调温电热套,山东鄞城华鲁电热仪器有限公司;KSW-5D-12 箱式电阻炉,沈阳市节能电炉厂;LXJ-II 电子天平,梅特勒托利多有限公司;PHS-3BpH 计,上海精科仪器有限公司;质构仪,TA.XT.plus Texture Analyser,英国 Stable Micro Systems 公司

1.3 试验方法

1.3.1 皮蛋感官评价方法

组织10名感官评定人员对皮蛋进行感光评定(人员组成:8~20岁人员2名,21~35岁人员3名,36~50岁人员3名,51岁~60岁人员2名)。主要从皮蛋蛋壳、蛋清、蛋黄和风味四个方面来评价,具体评分标准见表1:

表1 皮蛋感官评定标准

指标	性状	得分
蛋壳 (10分)	蛋壳完整、表面不清洁、有裂纹、斑点多	0~2
	蛋壳完整、表面清洁、有裂纹、斑点多	3~5
	蛋壳完整、表面清洁、无裂纹、斑点多	6~8
	蛋壳完整、表面清洁、无裂纹、无斑点	9~10
蛋清 (20分)	粘壳、不透明、棕褐色、无弹性、无松花	0~5
	不粘壳、不透明、棕褐色、弹性一般、较少松花	6~10
	不粘壳、半透明、棕褐色、弹性好、松花较多	11~15
蛋黄 (30分)	不粘壳、半透明、棕褐色、弹性好、松花多、色彩鲜明	16~20
	外层墨绿色、色层不明显、蛋黄塘心直径大于2 cm	0~7
	外层墨绿色、色层基本上明显、蛋黄塘心直径大于2 cm	8~15
风味 (40分)	外层墨绿色、色层明显、蛋黄塘心直径1~2 cm	16~21
	外层墨绿色、色层明显、蛋黄塘心直径小于1 cm	22~30
	碱位重、口感差	0~10
风味 (40分)	少量碱味、口感一般	11~20
	气味清香、口感适中	21~30
	清香爽口、口感完美	31~40

1.3.2 理化指标测定

1.3.2.1 皮蛋碱度测定

将5个皮蛋洗净,去壳后,按照质量比皮蛋:水的比例为2:1加入水,在组织捣碎机中捣成匀浆。准确称取10.00 g皮蛋匀浆于50 mL瓷坩埚中,先炭化至无烟产生,然后移入马弗炉中550℃灰化1 h,取出坩埚冷却。用热水将灰分洗于烧杯中,加入50.0 mL 0.1 mol/L的盐酸标准溶液,烧杯上盖上表面皿,小心加热至微沸5 min,放冷,加30 mL 400 g/L氯化钙溶液

及酚酞指示剂 10 滴,以 0.1 mol/L 氢氧化钠标准溶液滴定至溶液初显微红色,30 s 不褪色为终点。

计算方法:皮蛋中总碱度计算方法如下:

$$X = (c_1V_1 - c_2V_2) \times 40 / 100m$$

注: X: 试样中的总碱度(以氢氧化钠计),单位为毫克每百克(mg/100 g); c_1 : 盐酸标准滴定溶液的实际浓度,单位为摩尔每升(mol/L); V_1 : 加入盐酸标准滴定溶液的体积,单位为毫升/mL; c_2 : 氢氧化钠标准滴定溶液的实际浓度,单位为摩尔每升(mol/L); V_2 : 试样消耗氢氧化钠标准滴定溶液的体积,单位为毫升/mL; m: 试样质量,单位为克/g。

1.3.2.2 pH值测定

测定原理:待测溶液中氢离子(H^+)浓度与玻璃电极的膜电位呈一定的函数变化关系,可直接从酸度计上读取被测溶液的 pH 值。

将生产的皮蛋各选取 5 个,去壳称量,按照质量比皮蛋:水为 2:1 的比例加水,在组织捣碎机中捣碎至皮蛋完全匀浆化。

分别准确称取 15.00 g 皮蛋匀浆(相当于 10.00 g 皮蛋),加水搅匀,稀释至 150 mL,双层纱布过滤,用 pH 计测量皮蛋 pH 值。

1.3.2.3 金属元素测定方法

皮蛋中铜、锌、铅元素和无机砷含量的测定分别采用 GB 5009.13、GB 5009.14、GB 5009.12、和 GB 5009.11;铁元素含量的测定参照 GB 5413.21-2010 中的火焰原子吸收分光光度法。

1.3.2.4 皮蛋质构特性测定

将皮蛋蛋清部分切成 $5 \times 5 \times 5(\text{mm}^3)$ 样品,在常温下用质构仪进行测定。测定条件:探头 P/100,压缩百分比为 60%,中间间隔 5 s,测试速度 1 mm/s。

1.3.2.5 溏心指数测定

使用游标卡尺来测量皮蛋蛋黄和溏心的直径,以溏心直径除以蛋黄直径=溏心指数来衡量蛋黄的凝固程度。

1.3.2.6 皮蛋色度测定

将皮蛋切成 1 cm 的薄片,室温下用 WSC-S 色差仪测定样品色度。其中 L^* 为亮度,其值 0~100 表示全黑至全白; a^* 值由小至大表示绿色至红色; b^* 值由小至大表示蓝色至黄色。

1.3.3 试验设计

1.3.3.1 不同金属种类对皮蛋感官品质的影响

为了研究不同金属对皮蛋品质及安全性的影响,采用浸泡工艺,在 10 kg 蒸馏水、500 g NaOH、50 g CaO、300 g NaCl、300 g 红茶的基础上,分别添加 CuSO_4 、 ZnSO_4 、 MgSO_4 、 FeSO_4 (添加量为 30 g),并设立空白试验,比较各组皮蛋感官品质,研究适合生

产皮蛋的金属盐种类。

1.3.3.2 不同锌盐对皮蛋品质的影响

以感官评价为指标,研究了在皮蛋腌制工艺中不同锌盐成分(硫酸锌、氯化锌、乙酸锌、乳酸锌、氧化锌)对皮蛋品质的影响(锌离子浓度均为 2%, m/V),工艺同 1.3.3.1 所提到的试验方法。

1.3.3.3 混合盐和单一盐对皮蛋安全性的影响

通过对皮蛋感官评价,金属含量,皮蛋质构特征和理化性质的测定,研究混合盐和单一盐对皮蛋感官品质和安全性的影响,添加的金属盐分别为 CuSO_4 、 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{ZnSO}_4 = 1:1$ 、 ZnSO_4 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 = 1:1$ 、 FeSO_4 (添加量为 30 g),工艺同 1.3.3.1 所提到的试验方法。

1.3.4 试验数据处理

采用 Excel 软件作图,SPSS 19.0 软件对数据进行处理和分析,差异显著性分析采用 Duncan 新复极差测验法(SSR),数据表示采用平均数±标准差和标记字母法。

2 结果与分析

2.1 金属离子对皮蛋品质的影响

2.1.1 不同金属对腌制皮蛋感官的影响

为了研究不同金属离子对腌制皮蛋的影响,选择了 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 作为试验因素,且为了避免酸根的影响,使用的是相同酸根的盐。即分别随机抽取用硫酸铜、硫酸锌、硫酸亚铁和硫酸镁腌制成熟出缸的皮蛋进行感官评分和色度测定,感官评分结果见图 1。

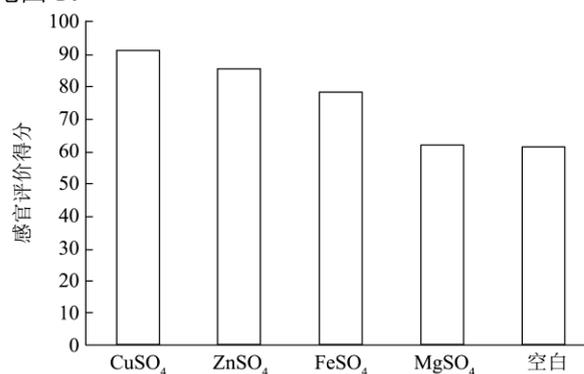


图 1 不同金属腌制皮蛋感官评分

Fig.1 Sensory scores of preserved eggs prepared using different single metal salts

由图 1 可以看出,铜、锌、铁、镁盐腌制皮蛋,皮蛋蛋白和蛋黄的感官品质差异较大,其中金属盐对皮蛋感官品质影响能力的大小为: $\text{CuSO}_4 > \text{ZnSO}_4 > \text{FeSO}_4 > \text{MgSO}_4$,其中 CuSO_4 、 ZnSO_4 对皮蛋感官品质提高有较好的效果, FeSO_4 次之, MgSO_4 对皮蛋感官品质提高没有明显作用。这主要是因为金属元素铜溶

解于强碱溶液中生成对应的酸根，在腌制过程中加速腌制液的渗透速率，铜与 H_2S 反应生成硫化铜，硫化铜堵塞弹孔，抑制碱渗透作用，但是铜法生产的皮蛋蛋壳上黑色斑点多，而且皮蛋中后期溏心变小的速度减慢，铜法生产的皮蛋一般容易出现大的溏心，降低皮蛋的品质；锌与 H_2S 反应生成沉淀 ZnS 的 $K_{sp}ZnS=2.00 \times 10^{-22}$ ， ZnS 极不稳定，易分解，在强碱溶液中被重新溶解，丧失其堵塞气孔的效果，因此锌法皮蛋其表层清洁，基本上没有什么斑点，溏心直径小，但是锌法皮蛋有轻微的碱伤现象；在强碱性条件下，铁主要是以非溶解态的方式存在于腌制液中，腌制液中以离子状态形式存在的铁含量很低，与 H_2S 或含硫有机物时形成 FeS 的量较少，不足以堵塞气孔，而且铁与 H_2S 反应生成沉淀 FeS 的 $K_{sp}FeS=1.59 \times 10^{-19}$ ， FeS 的稳定性差，部分新形成的 FeS 强碱性条件下容易重新溶解，因此铁法工艺中后期堵眼效果很差，皮蛋易出现碱伤。而在强碱条件下， $MgSO_4$ 易于碱反应生成氢氧化镁沉淀，在腌制前期就可能堵塞气孔，导致腌制效果不好。

2.1.2 不同金属对腌制皮蛋蛋清色度和蛋黄凝固程度的影响

表 2 不同金属对皮蛋蛋清色度的影响

Table 2 Effect of different single metal salts on the chromaticity of preserved eggs

试验	蛋清色泽值		
	L*	a*	b*
硫酸铜	33.54±0.56 ^{Aa}	23.81±0.21 ^{Aa}	11.56±0.62 ^{Bb}
硫酸锌	24.03±0.48 ^{Bb}	25.93±0.45 ^{Aa}	10.57±0.33 ^{Bb}
硫酸亚铁	14.06±0.42 ^{Dd}	15.95±0.62 ^{Bb}	17.59±0.85 ^{Aa}
硫酸镁	17.61±0.51 ^{Cd}	16.70±0.48 ^{Bb}	14.91±0.55 ^{Aab}
空白	14.01±0.52 ^{Dd}	15.33±0.34 ^{Bb}	14.32±0.64 ^{Aab}

注：在每一列中，数值后不同大写字母表示差异显著 ($P<0.05$)；不同小写字母表示差异极显著性 ($P<0.01$)。

皮蛋色泽变化一部分原因是由于蛋白质遇碱分解产生 H_2S 与 NH_3 ，与腌制液中金属化合物和某些氧

化还原活性大的蛋白络合体发生反应，生成各种不同的色素物质，使皮蛋呈色。还有一部分原因是蛋白质、多肽、氨基酸的氨基和游离糖类的醛基发生美拉德反应，生成褐色物质，使蛋白颜色由白色变成棕褐色。不同金属对皮蛋色度的影响见表 2。

从表 2 可以看出，相同酸根的单金属盐对皮蛋色度影响明显。硫酸铜腌制的皮蛋 L^* 值最大，其亮度显著高于用硫酸锌、硫酸亚铁和硫酸镁腌制的皮蛋；由表中数据可以看出，硫酸铜和硫酸锌腌制的皮蛋的 a^* 值显著高于硫酸亚铁和硫酸镁腌制的，而 b^* 值显著低于后二者，说明硫酸铜和硫酸锌腌制的皮蛋的蛋清色泽以红色和蓝色色调为主，形成半透明的棕褐色，硫酸亚铁和硫酸镁腌制的皮蛋则以黄绿色为主。因此，就消费者的偏好而言，用硫酸铜或硫酸锌腌制的皮蛋的色泽较合适，且用硫酸铜腌制的皮蛋的亮度较高，有利于提高皮蛋的感官品质。

不同金属对皮蛋凝固程度的影响见表 3。

表 3 不同金属对皮蛋凝固程度的影响

Table 3 Effect of different single metal salts on the degree of solidification of preserved eggs

试验	蛋黄凝固程度		
	蛋黄直径/cm	溏心直径/cm	溏心指数
硫酸铜	3.60±0.01	2.38±0.01	0.66±0.00
硫酸锌	3.55±0.01	2.01±0.01	0.57±0.00
硫酸亚铁	3.55±0.02	0.99±0.01	0.28±0.00
硫酸镁	3.60±0.01	0.94±0.01	0.26±0.00
空白	3.50±0.02	0.90±0.02	0.26±0.01

从表 3 可以看出，添加不同金属离子腌制的皮蛋，其蛋黄直径几乎没有差别。但金属离子的种类对腌制皮蛋的溏心直径影响比较大，添加铜离子或锌离子腌制的皮蛋溏心直径有很大提高，即皮蛋溏心指数的增加明显，而亚铁离子、镁离子对溏心指数的提高作用不明显。因此，生产溏心皮蛋可以适量的添加含铜离子、锌离子的盐。

2.1.3 不同金属对腌制皮蛋质构的影响

表 4 不同金属对皮蛋弹性、硬度、咀嚼度、黏聚性和粘附性的影响

Table 4 Effect of different single metal salts on the elasticity, hardness, chewiness, cohesiveness, and adhesiveness of preserved eggs

试验	质构特性				
	弹性	硬度/g	咀嚼度	黏聚性	粘附性
硫酸铜	0.95±0.06 ^{Aa}	451.89±0.56 ^{Aa}	315.45±0.09 ^{Aa}	0.66±0.01 ^{Aa}	-13.96±0.07 ^{Bb}
硫酸锌	0.92±0.05 ^{Aa}	243.77±0.67 ^{Bb}	287.89±0.18 ^{Bb}	0.73±0.02 ^{Aa}	-15.93±0.02 ^{Bb}
硫酸亚铁	0.65±0.06 ^{Aa}	125.36±0.05 ^{Dd}	77.28±0.16 ^{Cc}	0.98±0.03 ^{Aa}	-20.68±0.05 ^{Aa}
硫酸镁	0.60±0.01 ^{Aa}	136.70±0.01 ^{Cc}	78.86±0.26 ^{Cc}	0.80±0.01 ^{Aa}	-20.90±0.01 ^{Aa}
空白	0.58±0.03 ^{Aa}	125.30±0.05 ^{Dd}	77.28±0.16 ^{Cc}	0.98±0.03 ^{Aa}	-20.18±0.03 ^{Aa}

注：在每一列中，数值后不同大写字母表示差异显著 ($P<0.05$)；不同小写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。

不同金属对皮蛋弹性、硬度、咀嚼度、黏聚性和粘附性的影响见表4。

由表4可知,用不同种类金属离子腌制的皮蛋的物性有明显的区别。用硫酸铜或硫酸锌腌制的皮蛋弹性、硬度、咀嚼度高于试验中的其他金属离子和空白组,但后者的硬度和咀嚼度显著低于前者;用硫酸铜或硫酸锌腌制的皮蛋的黏聚性、粘附性比试验中的其他组

小,更能说明其质地更好;用硫酸亚铁和硫酸镁腌制的皮蛋物性,总体上与空白组没有很大差别,质地都比较柔软,加工食用时可能易碎。

2.1.4 不同金属对皮蛋中铅和无机砷含量的影响

检测相同酸根的不同金属盐腌制的皮蛋中的铅和无机砷含量,检测结果见表5。

表5 不同金属盐腌制的皮蛋中的铅和无机砷含量测定结果

Table 5 Levels of lead and inorganic arsenic in preserved eggs pickled using different metal salts

指标	硫酸铜	硫酸锌	硫酸亚铁	硫酸镁	空白
铅×10 ⁻² /(mg/kg)	1.12±0.01 ^{Aa}	1.10±0.01 ^{Aa}	1.11±0.01 ^{Aa}	1.03±0.02 ^{Aa}	1.04±0.01 ^{Aa}
无机砷×10 ⁻⁴ /(mg/kg)	2.00±0.00 ^{Aa}	3.10±0.01 ^{Aa}	3.00±0.03 ^{Aa}	2.10±0.02 ^{Aa}	3.00±0.02 ^{Aa}

注:在每一行中,数值后不同大写字母表示差异显著(P<0.05);不同小写字母表示差异极显著(P<0.01)。

从表5可以看出,添加硫酸铜、硫酸锌、硫酸亚铁、硫酸镁和空白组的皮蛋中铅和无机砷的含量低于国家标准限定值(分别为2.0 mg/kg和0.05 mg/kg),食用安全性较高。皮蛋中铅和无机砷的来源可能是环境和饲料中的铅和无机砷在鸭体内积累,并使其产的蛋也有残留;或者是来自腌制皮蛋的水和试剂。因此,为降低皮蛋中铅和无机砷的含量,在使用其他金属盐代替铅时,也应提高原辅材料的质量。

虽然,食品法典委员会(CAC RCP 15-1976)对蛋品卫生国际操作规范进行了详细说明,但国外皮蛋生产的相关标准几乎处于空白状态,这可能是因为皮蛋在国际上的接受度不高,没有形成普遍的消费。欧盟关于食品污染物最高限量的最新法规(EC 1881/2006)中铅的最高限量在双壳贝类中最高(1.5 mg/kg),乳类制品最低(0.02 mg/kg),没有对皮蛋的规定。而国内皮蛋标准中铅的限量值是2.0 mg/kg,为将皮蛋推进国外市场,此值可能需要降低;本试验生产的皮蛋铅的检出值仅为0.01 mg/kg,安全性较高。因此,为提高国内外消费者对皮蛋营养价值和食用安全性的认识,国内标准的制定应综合考虑国内生产情况和国外的标准制定要求,皮蛋生产商应参照CAC蛋品卫生国际操作规范加强生产管理,同时将有害物质的残留量严格控制国家标准规定的安全范围内。

2.2 不同锌盐对皮蛋品质的影响

2.2.1 不同锌盐对皮蛋感官性质的影响

为了研究同种金属离子的不同盐对腌制皮蛋的影响,选择了不同锌盐进行试验。分别用硫酸锌、氯化锌、乙酸锌、乳酸锌和氧化锌五种不同的锌盐腌制皮蛋,对不同锌盐生产皮蛋进行感官评价,具体评定结果见表6。

表6 不同锌盐对皮蛋感官品质的影响

Table 6 Effects of different zinc salts on the sensory quality of preserved eggs

试验	性状	总分
硫酸锌	蛋白凝固完整,但软化,轻微碱伤,松花较少;蛋黄外观墨绿,两层色环,橙红色溏心适中	85.80±1.20 ^{Aa}
氯化锌	蛋白凝固完整,弹性不好,皮蛋易出现碱伤,个别皮蛋有松花,蛋黄外观呈暗褐色,溏心较小	82.10±2.30 ^{Bab}
乙酸锌	蛋白凝固完整,偏软,有轻微的碱伤,松花较少,外观墨绿色,两层色环明显,溏心呈橙红色,大小适中	85.20±2.70 ^{ABa}
乳酸锌	蛋白凝固完整,软化,有轻微的碱伤,松花较少,外观墨绿色,两层色环明显,溏心呈橙红色,大小适中	85.50±1.80 ^{Aa}
氧化锌	蛋白凝固较好,弹性不好,皮蛋易出现碱伤,个别皮蛋有松花,蛋黄外层深绿色,色层不明显,溏心适中	79.10±1.70 ^{Cb}

注:在每一列中,数值后不同大写字母表示差异显著(P<0.05);不同小写字母表示差异极显著(P<0.01)。

从表6可以看出,用硫酸锌、氯化锌、乙酸锌、乳酸锌和氧化锌腌制的皮蛋的感官评分大小依次是:硫酸锌>乳酸锌>乙酸锌>氯化锌>氧化锌;经过数据的显著性分析,硫酸锌、乳酸锌、乙酸锌腌制的皮蛋感官评分没有明显的差异,且评分都比较高(85.80±1.20, 85.50±1.80, 85.20±2.70);而氯化锌和氧化锌腌制的皮蛋感官评分低于乳酸锌、硫酸锌和乙酸锌腌制的皮蛋,P<0.05时,氯化锌与乙酸锌差异不显著,与其他锌盐的差异显著,即氯化锌腌制的皮蛋感官明显次于硫酸锌、乳酸锌腌制的皮蛋,但明显比

氧化锌腌制的皮蛋好；氧化锌腌制的皮蛋感官评分最低，仅为 79.10±1.7，显著低于试验中的其他锌盐，这可能是因为在皮蛋腌制过程中产生的硫化氢，氧化锌与氢氧化钠反应生成了偏锌酸钠，没有形成堵塞气孔的沉淀，使得氢氧化钠渗透速度较快，皮蛋易出现碱伤。

2.2.2 不同锌盐对腌制皮蛋色度和蛋黄凝固程度的影响

不同锌盐对腌制皮蛋蛋清色度和蛋黄凝固程度的影响见表 7 和表 8。

表 7 不同锌盐对皮蛋蛋清色度的影响

Table 7 Effect of different zinc salts on the chromaticity of preserved eggs

试验	蛋清色泽值		
	L*	a*	b*
硫酸锌	24.53±0.56 ^{Aa}	25.31±0.41 ^{Aa}	11.56±0.62 ^{Aa}
氯化锌	24.04±0.48 ^{Aa}	24.43±0.46 ^{Aa}	10.57±0.33 ^{Aa}
乙酸锌	24.06±0.42 ^{Aa}	25.55±0.65 ^{Aa}	11.59±0.85 ^{Aa}
乳酸锌	23.61±0.51 ^{Aa}	24.10±0.48 ^{Aa}	11.91±0.55 ^{Aa}
氧化锌	20.01±0.52 ^{Ba}	18.33±0.33 ^{Bb}	11.32±0.64 ^{Aa}

注：在每一列中，数值后不同大写字母表示差异显著

表 9 不同锌盐对皮蛋弹性、硬度、咀嚼度、黏聚性和粘附性的影响

Table 9 Effect of different zinc salts on the elasticity, hardness, chewiness, cohesiveness, and adhesiveness of preserved eggs

试验	质构特性				
	弹性	硬度/g	咀嚼度	黏聚性	粘附性
硫酸锌	0.93±0.07 ^{Aa}	252.40±0.11 ^{Aa}	287.89±0.28 ^{Aa}	0.70±0.02 ^{Aa}	-15.96±0.01 ^{Aa}
氯化锌	0.91±0.04 ^{Aa}	233.00±0.69 ^{Bb}	259.47±0.32 ^{Bb}	0.72±0.03 ^{Aa}	-15.78±0.04 ^{Aa}
乙酸锌	0.89±0.02 ^{Aa}	221.00±0.32 ^{Cc}	247.89±0.14 ^{Cc}	0.73±0.02 ^{Aa}	-15.93±0.02 ^{Aa}
乳酸锌	0.90±0.01 ^{Aa}	210.40±0.64 ^{Dd}	223.55±0.27 ^{Dd}	0.73±0.01 ^{Aa}	-15.90±0.01 ^{Aa}
氧化锌	0.79±0.07 ^{Aa}	145.30±0.56 ^{Ec}	177.28±0.32 ^{Ec}	0.88±0.03 ^{Aa}	-16.78±0.03 ^{Aa}

注：在每一列中，数值后不同大写字母表示差异显著 (P<0.05)；不同小写字母表示差异极显著 (P<0.01)。

表 10 不同锌盐皮蛋内锌、铅和无机砷含量

Table 10 The contents of zinc, lead, and inorganic arsenic in preserved eggs pickled using different zinc salts

测定指标	硫酸锌	氯化锌	乙酸锌	乳酸锌	氧化锌
锌/(mg/kg)	12.56±0.18 ^{ABa}	11.56±0.13 ^{ABa}	13.89±0.24 ^{Aa}	12.78±0.19 ^{Aa}	9.27±0.09 ^{Ba}
铅×10 ⁻² /(mg/kg)	1.01±0.02 ^{Aa}	1.10±0.01 ^{Aa}	1.21±0.02 ^{Aa}	1.00±0.02 ^{Aa}	1.12±0.01 ^{Aa}
无机砷×10 ⁻⁴ /(mg/kg)	2.00±0.00 ^{Aa}	2.20±0.01 ^{Aa}	2.00±0.03 ^{Aa}	2.10±0.02 ^{Aa}	2.00±0.02 ^{Aa}

注：在每一行中，数值后不同大写字母表示差异显著 (P<0.05)；不同小写字母表示差异极显著 (P<0.01)。

由表9可知，硫酸锌、氯化锌、乙酸锌、乳酸锌腌制的皮蛋弹性较好，且弹性值接近，但比氧化锌腌制的皮蛋高；5种锌盐腌制的皮蛋的硬度和咀嚼度存在显著差异，但用硫酸锌、氯化锌、乙酸锌、乳酸锌腌制的皮蛋硬度和咀嚼度较合适，而用氧化锌腌制的皮蛋硬度和咀嚼度稍差，质地相对要柔软，易破碎。

2.2.4 不同锌盐生产皮蛋的锌、铅元素和无机

(P<0.05)；不同小写字母表示差异极显著 (P<0.01)

根据表8，硫酸锌、氯化锌、乙酸锌、乳酸锌腌制皮蛋的蛋清色度和蛋黄凝固程度相差不大，其中亮度显著优于氧化锌腌制的皮蛋；试验组中不同锌盐腌制的皮蛋都以红色和蓝色调为主。根据表8，用硫酸锌、氯化锌、乙酸锌、乳酸锌腌制皮蛋的溏心指数相近，且溏心直径较大；但用氧化锌腌制的皮蛋溏心直径比其他锌盐腌制的皮蛋小。

表 8 不同锌盐对皮蛋凝固程度的影响

Table 8 Effects of different zinc salts on the degree of solidification of preserved eggs

试验	蛋黄凝固程度		
	蛋黄直径/cm	溏心直径/cm	溏心指数
硫酸锌	3.62±0.01	2.08±0.02	0.57±0.01
氯化锌	3.50±0.01	2.00±0.02	0.57±0.01
乙酸锌	3.55±0.02	1.99±0.01	0.56±0.00
乳酸锌	3.60±0.02	1.94±0.01	0.54±0.00
氧化锌	3.58±0.01	1.68±0.01	0.47±0.00

2.2.3 不同锌盐对皮蛋质构的影响

不同锌盐对皮蛋弹性、硬度、咀嚼度、黏聚性和粘附性的影响见表 9。

砷含量

分别用硫酸锌、乙酸锌、氯化锌、乳酸锌和氧化锌代替氧化铅，采用清料法工艺生产皮蛋，对不同锌盐腌制成熟的皮蛋内锌、铅元素和无机砷含量进行测定，研究同一金属不同盐清料法腌制，对皮蛋内锌、铅元素和无机砷的影响。测定结果见表 10。

乙酸锌生产的皮蛋中锌元素含量最高，乳酸锌、

硫酸锌其次,用氧化锌生产的皮蛋中锌元素含量最少,乳酸锌、硫酸锌、乙酸锌、氯化锌腌制的皮蛋中锌元素含量明显高于用氧化锌生产的皮蛋 ($P<0.05$)。本次试验中,皮蛋中锌的残留量都严格控制在国家标准范围之内 (≤ 20 mg/kg)。

虽然,氧化锌腌制的皮蛋锌的残留量低于试验组中的其他锌盐,但用其腌制的皮蛋感官和物性也明显低于其他锌盐,又因为本次试验中,皮蛋中锌的残留量都严格控制在国家标准范围之内,用于加工皮蛋都是安全的。因此,综合考虑不同锌盐对皮蛋的感官性质的影响,在皮蛋的腌制液中添加适量的硫酸锌,对皮蛋的安全性影响不大,且有利于提高皮蛋的感官品质。此外,由本次试验可以推测相同金属离子的不同盐,对腌制皮蛋的品质也会有影响,在使用过程中,应综合考虑其对感官品质和安全性质的影响。

从表 10 中可以看出,该组试验皮蛋中铅和无机砷

的检出值都严格控制在国家标准范围之内,食用安全。

2.3 铜锌铁添加量对皮蛋质量影响

从试验结果 2.1 和 2.2 中可知,单独用硫酸铜或硫酸锌都能成功腌制皮蛋,但添加单一金属离子,必然此种金属离子的残留量会比较大;而复合法中各金属离子添加量降低,从而使此种金属离子的残留量也会降低;其次,复配金属离子之间也可能会有协同作用。因此,此次试验是以铜锌铁三种离子进行复配,并与单一金属离子进行了比较。

2.3.1 皮蛋感官评定结果与分析

按照试验 1.3.1 皮蛋感官评定方法,对锌法、铜法、铁法、锌铁混合法以及锌铜混合法工艺腌制成熟出缸的皮蛋进行感官评价打分,具体评定结果见表 11。

表 11 铜锌铁添加量对皮蛋感官品质的影响

Table 11 Effect of the addition amounts of Cu^{2+} , Zn^{2+} , and Fe^{2+} on the sensory quality of preserved eggs

试验	性状	总分
硫酸铜	蛋白茶褐透明,完整光洁,弹性好,有 1 至数枚小松花; 蛋黄外观墨绿,三层色环,凝固约 6mm,大溏心	90.60±2.40 ^{Aa}
硫酸铜:硫酸锌 (1:1)	蛋白茶褐透明,完整光洁,弹性好; 蛋黄外观墨绿,三层色环,中溏心	89.80±3.20 ^{ABa}
硫酸锌	蛋白凝固虽完整,但软化,轻微“伤碱”; 蛋黄外观墨绿,两层色环,橙红色中溏心	85.80±3.80 ^{Ba}
硫酸锌:硫酸亚铁 (1:1)	蛋白光洁完整,硬度大,有松花; 蛋黄外观绿,三层色环中溏心	88.20±2.70 ^{ABa}
硫酸亚铁	蛋白小头完全溶化,严重伤碱;蛋黄蜡黄,小溏心	61.30±4.50 ^{Cb}

注:在每一列中,数值后不同大写字母表示差异显著 ($P<0.05$);不同小写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。

从表 11 可以看出,锌法、铜法、锌铁混合法和锌铜混合法都能生产出合格的皮蛋,铁法很难得到合格的皮蛋。加工试验结果表明:铜法感官最优,评分为 90.60±2.40,锌铜混合法和锌铁混合法次之,评分分别为 89.80±3.20、88.20±2.70,但三者差异不显著;铜

法显著优于锌法,铁法不能成功。

2.3.2 铜锌铁添加量对皮蛋理化性质的影响

用不同添加量的铜锌铁金属盐腌制皮蛋,分别测定各组皮蛋的 pH 值,皮蛋碱度和金属离子含量,测定结果见表 12。

表 12 铜锌铁添加量对皮蛋化学成分的影响

Table 12 Effect of the addition amounts of Cu^{2+} , Zn^{2+} , and Fe^{2+} on the chemical composition of preserved eggs

试验	pH 值	皮蛋碱度 /%	铜离子 / (mg/kg)	锌离子 / (mg/kg)	铅 $\times 10^{-2}$ / (mg/kg)	无机砷 $\times 10^{-4}$ / (mg/kg)
硫酸铜	9.62±0.12 ^{Aa}	4.10±0.36 ^{Aa}	8.55±0.28 ^{Aa}	0 ^{Cb}	1.00±0.01 ^{Aa}	2.10±0.02 ^{Aa}
硫酸铜:硫酸锌(1:1)	9.81±0.38 ^{Aa}	4.30±0.14 ^{Aa}	4.12±0.11 ^{Bab}	8.32±0.19 ^{Ba}	1.13±0.02 ^{Aa}	2.41±0.02 ^{Aa}
硫酸锌	10.08±0.18 ^{Aa}	4.50±0.26 ^{Aa}	0 ^{Cb}	12.96±0.22 ^{Aa}	1.21±0.02 ^{Aa}	3.01±0.01 ^{Aa}
硫酸锌:硫酸亚铁(1:1)	9.97±0.67 ^{Aa}	4.40±0.27 ^{Aa}	0 ^{Cb}	10.57±0.41 ^{Aa}	1.02±0.01 ^{Aa}	2.01±0.02 ^{Aa}
硫酸亚铁	10.92±0.56 ^{Aa}	5.30±0.11 ^{Aa}	0 ^{Cb}	0 ^{Cb}	1.00±0.01 ^{Aa}	2.26±0.01 ^{Aa}

注:在每一列中,数值后不同大写字母表示差异显著 ($P<0.05$);不同小写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。

根据国家相关规定,皮蛋中铜元素含量不得超过

10 mg/kg,锌元素含量不得超过 20 mg/kg,通过表 12 可

以看出,铜法、锌法、铁法、锌铜法和锌铁法工艺生产的皮蛋,其铜、锌、铅元素和无机砷含量都严格控制在国家标准范围之内。从金属离子安全性角度方面考虑,铜法、锌法、铁法、锌铜法和锌铁法工艺生产的皮蛋都是安全的。

试验测定结果表明,外源金属盐的添加直接影响皮蛋内金属的残留量。锌铜混合法(1:1)工艺生产的皮蛋中铜离子含量(4.12±0.11 mg/kg)明显低于铜法(8.55±0.28 mg/kg)生产的,锌离子含量(8.32±0.19 mg/kg)明显低于锌法(12.96±0.22 mg/kg)生产的,由此可见,锌铜混合法(1:1)生产的皮蛋更加安全。同样的,外源锌的加入明显影响了Zn²⁺含量,锌铁混合法(1:1)工艺生产的皮蛋中锌离子含量(10.57±0.41 mg/kg)也比锌法生产的低。综上所述,锌铜混合法和锌铁混合法比单一添加铜盐、锌盐、铁盐安全性更好。

从表12可以看出,5组试验pH值和碱度没有显著差异,因为pH值和碱度的影响因素主要是NaOH的浓度,锌法工艺同锌铜混合工艺相比较,锌法皮蛋pH比锌铜混合工艺皮蛋pH高0.27,表明了锌铜混合处理对碱进入皮蛋内部有一定的限制作用,能够抑制伤碱的发生,可能是因为锌铜与碱反应生成了沉淀,堵住了部分蛋壳气孔,扩散渗透速度减慢。铁法生产的皮蛋碱度是最高的,因此铁法生产皮蛋的容易发生伤碱。

不同添加量的铜锌铁金属盐对皮蛋蛋清色度、蛋黄凝固程度和质构的影响见表13、表14和表15。

由表13可见,铜法、铜锌复配法腌制的皮蛋亮度显著高于锌法、锌铁复配法和铁法,而且锌铁复配法腌制的皮蛋亮度也显著高于单独使用锌法和铁法,具有较好的协同效果;铜法、铜锌复配法、锌法及锌铁复配法腌制的皮蛋a*较大,b*较小,即以红色和蓝色调为主,形成半透明的棕褐色。

从表14可以看出,试验测得的蛋黄直径相近,说

表15 铜锌铁添加量对皮蛋弹性、硬度、咀嚼度、黏聚性和粘附性的影响

Table 15 Effect of the addition amounts of Cu²⁺, Zn²⁺, and Fe²⁺ on the elasticity, hardness, chewiness, cohesiveness, and adhesiveness of preserved eggs

试验	质构特性				
	弹性	硬度/g	咀嚼度	黏聚性	粘附性
硫酸铜	0.96±0.07 ^{Aa}	452.70±0.01 ^{Aa}	315.45±0.09 ^{Aa}	0.66±0.01 ^{Aa}	-13.96±0.07 ^{BCb}
硫酸铜:硫酸锌(1:1)	0.98±0.05 ^{Aa}	453.00±0.09 ^{Aa}	299.67±0.12 ^{Bb}	0.68±0.05 ^{Aa}	-10.98±0.05 ^{Cb}
硫酸锌	0.93±0.02 ^{Aa}	243.00±0.02 ^{Cc}	287.89±0.18 ^{Cc}	0.73±0.02 ^{Aa}	-15.93±0.02 ^{Bb}
硫酸锌:硫酸亚铁(1:1)	0.90±0.11 ^{Aa}	316.70±0.01 ^{Bb}	203.56±0.26 ^{Dd}	0.70±0.01 ^{Aa}	-12.90±0.01 ^{BCb}
硫酸亚铁	0.68±0.03 ^{Aa}	125.30±0.05 ^{Dd}	77.28±0.16 ^{Ee}	0.98±0.03 ^{Aa}	-20.68±0.03 ^{Aa}

注:在每一列中,数值后不同大写字母表示差异显著(P<0.05);不同小写字母表示差异极显著(P<0.01)。

从表15可以看出,铜法、锌铜混合法(1:1)、锌法、锌铁混合法(1:1)生产的皮蛋的弹性较好,铁法

明铜锌铁添加量对蛋黄直径的影响不明显;而溏心直径差异明显,测得的铜法生产的皮蛋溏心直径是2.38 cm,溏心指数为0.66;锌铜混合法(1:1)、锌法、锌铁混合法(1:1)也能生产出溏心皮蛋,溏心指数依次为0.57、0.51、0.54;但铁法生产的皮蛋溏心直径只有0.98 cm,溏心指数0.28,因此,要生产溏心皮蛋用铁盐是不适合的。

表13 铜锌铁添加量对皮蛋色度的影响

Table 13 Effects of the addition amounts of Cu²⁺, Zn²⁺, and Fe²⁺ on the chromaticity of preserved eggs

试验	蛋清色泽值		
	L*	a*	b*
硫酸铜	33.54±0.56 ^{Aa}	23.81±0.21 ^{Aa}	11.56±0.62 ^{Aa}
硫酸铜:硫酸锌(1:1)	32.03±0.68 ^{Aa}	22.93±0.45 ^{Aa}	10.97±0.33 ^{Aa}
硫酸锌	24.06±0.52 ^{Cb}	20.95±0.62 ^{Aa}	11.59±0.85 ^{Aa}
硫酸锌:硫酸亚铁(1:1)	27.61±0.51 ^{Bb}	20.70±0.48 ^{Aa}	11.91±0.55 ^{Aa}
硫酸亚铁	14.01±0.52 ^{Dc}	15.33±0.34 ^{Bb}	14.32±0.64 ^{Aa}

注:在每一列中,数值后不同大写字母表示差异显著(P<0.05);不同小写字母表示差异极显著(P<0.01)。

表14 铜锌铁添加量对皮蛋凝固程度的影响

Table 14 Effect of the addition amounts of Cu²⁺, Zn²⁺, and Fe²⁺ on the degree of solidification of preserved eggs

试验	蛋黄凝固程度		
	蛋黄直径/cm	溏心直径/cm	溏心指数
硫酸铜	3.60±0.01	2.38±0.01	0.66±0.00
硫酸铜:硫酸锌(1:1)	3.50±0.01	2.00±0.02	0.57±0.01
硫酸锌	3.50±0.02	1.79±0.01	0.51±0.00
硫酸锌:硫酸亚铁(1:1)	3.60±0.01	1.94±0.01	0.54±0.00
硫酸亚铁	3.50±0.01	0.98±0.02	0.28±0.01

生产的皮蛋弹性相对较低。铜法生产的皮蛋硬度与锌铜混合法(1:1)生产的没有明显差别,但二者的硬度

都显著大于锌法、锌铁混合法(1:1)和铁法生产的皮蛋。5组试验中皮蛋的咀嚼度相互之间的差异较显著。铁法生产的皮蛋黏聚性和粘附性较大,说明其质地比较软,加工和食用过程中易碎,质量不够好。

此外,由本次试验可以推测出用金属离子复配腌制皮蛋,一方面可以降低各金属离子的残留量,使皮蛋的安全性更高,而且丰富了金属离子种类,可以补充人体所需的矿物质;另一方面复配法,金属离子之间有一定的协同作用,如试验中,添加锌铜复配法的金属盐腌制皮蛋的质量优于锌盐腌制的皮蛋,添加锌铁复配法的金属盐腌制皮蛋质量优于单独用锌盐或铁盐腌制的皮蛋,特别是相对于用铁盐腌制的皮蛋,质量提高的幅度很大。

3 结论

主要通过对皮蛋进行感官评价、皮蛋碱度的检测、pH值测定、蛋黄凝固程度、皮蛋物性以及皮蛋中金属离子含量的测定,综合评价不同金属盐对皮蛋品质的影响,试验结论如下:

3.1 CuSO_4 , ZnSO_4 , FeSO_4 , MgSO_4 不同金属腌制皮蛋单因素实验表明,感官评价得分 $\text{CuSO}_4 > \text{ZnSO}_4 > \text{FeSO}_4 > \text{MgSO}_4$, MgSO_4 对皮蛋感官品质的提高几乎没有影响。

3.2 不同锌盐生产的皮蛋其感官品质虽然存在着一定的差异,用氧化锌生产的皮蛋感官明显低于其他锌盐;不同锌盐生产的皮蛋中锌元素含量,用氧化锌生产的最低,而在其他锌盐之间没有很明显的差异;综合考虑皮蛋的感官评分和锌的残留量,用硫酸锌生产皮蛋比较合适。

3.3 锌法、铜法、锌铁混合法以及锌铜混合法都能生产出合格的皮蛋,铁法很难得到合格的皮蛋。其中铜法最优,锌铜混合法及锌铁混合法次之且优于锌法或铁法。

3.4 从皮蛋理化性质方面分析,锌法、铜法、锌铁混合法和锌铜混合法皮蛋的金属离子浓度、pH值、皮蛋碱度都严格控制在国家标准范围之内,总体而言都是安全的。但是铜法工艺中铜离子浓度到达 8.55 mg/kg ,铁法工艺和锌铁混合工艺中皮蛋 pH 值分别达到了 10.92 mg/kg 和 10.08 mg/kg ,都接近国家标准范围。在实际生产工艺中,应尽量减少铜的加入,适当的加入锌和铁,既可以确保食品安全,又有利于皮蛋的快速腌制。

3.5 本次试验铅和无机砷的检测值严格控制在国家标准范围内;为提高皮蛋的食用安全性,在不添加铅元素生产皮蛋的同时,也应提高原辅材料的安全性。

参考文献

- [1] 孙静,马美湖,吴玲,等.热处理对皮蛋生产周期和品质的影响[J].农业工程学报,2011,27(5):367-372
SUN Jing, MA Mei-hu, WU Ling, et al. Effects of heat treatment on production cycle and quality of pidan [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(5): 367-372
- [2] 李军鹏.皮蛋腌制动力学及品质评价模型的研究[D].华中农业大学,2009
LI Jun-peng. Study on pickling dynamics and quality evaluation model of preserved eggs [D]. Huazhong Agricultural University, 2009
- [3] Tu Yonggang, Zhao Yan, Xu Mingsheng, et al. Simultaneous determination of 20 inorganic elements in preserved egg prepared with different metal ions by ICP-AES [J]. Food Anal., 2013: 667-676
- [4] Zhang X, Jiang A, Chen M, et al. Effect of different alkali treatments on the chemical composition, physical properties, and microstructure of pidan white [J]. J Food Sci. Technol., 2013: 1-8
- [5] Ganasen P, Benjakul S. Physical properties and microstructure of pidan yolk as affected by different divalent and monovalent cations [J]. LWT-Food Sci. Technol., 2010, 43: 77-85
- [6] Ganasen P, Benjakul S. Chemical composition, physical properties and microstructure of pidan white as affected by different divalent and monovalent cations [J]. J. Food Biochem., 2011a, 35(5): 1528-1537
- [7] Ganasen P, Benjakul S. Effect of green tea and Chinese tea on the composition and physical properties of pidan white [J]. J. Food Processing and Preservation, 2011c, 35(6): 907-916
- [8] Zhang XW, Guo SG, Jiang AM, Zhang JL. Studies on processing technology of lead-free preserved egg with zinc and copper salt [J]. Chin. J. Food Mach., 2011a, 27(2): 149-152
- [9] Wang J, Fung DYC. Alkaline-fermented foods: a review with emphasis on pidan fermentation [J]. Crit. Rev. Microbiol., 1996, 22(2): 101-138
- [10] Zhang F X. Changes of alkalinity during preserved chicken egg processing [J]. Food and Fermentation Industries, 2004, 30: 81-83
- [11] 季玲,刘会平,曹春玲,等.皮蛋风味物质的测定[J].现代食品科技,2012,28(2):233-236
JI Ling, LIU Hui-ping, CAO Chun-ling, et al. Analysis of volatile compounds in preserved egg prepared with low

- pressure-vacuum method [J]. Modem Food Science and Technology, 2012, 28(2): 233-236
- [12] 阎华.铜锌铁清料法加工皮蛋的应用研究[D].华中农业大学,2003
- YAN Hua. The applied research on using a fluid contain Copper, Zinc, Iron for Pidan processing [D]. Huazhong Agricultural University, 2009

现代食品科技