

KCl 部分替代 NaCl 腌制咸蛋效果的比较研究

吴 玲, 孙 静, 乐立强, 马美湖 *

(华中农业大学 国家蛋品加工技术研究分中心, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 用 KCl 5%、6.5%、8.5%、12.5% 不同质量分数的替代量部分替代 NaCl 进行咸蛋腌制, 25% 的饱和食盐水浸泡作为腌制对照组, 通过这种混合腌制的方法可直接降低食盐的添加量, 改善腌制过程中咸蛋白口感偏重的问题, 以腌制出品质优良的低盐咸蛋; 另外, 对咸蛋中 NaCl 含量、蛋黄出油率、水分的相关理化指标、质地结构、色泽及对微观结构影响的测定, 并且对咸蛋品质进行综合感官评定。结果表明: 用 6.5% 部分替代 NaCl 组较好, 蛋清 NaCl 含量从 54.4mg/g 降到 40.1mg/g, 降幅为 26.29%。感官评定的结果表明: K 含量过多会有苦涩味, 用 KCl 替代物的方式腌制的咸蛋质地结构、蛋黄松沙、出油口感上没有明显的差异性, 所以用 KCl 部分替代法降低咸蛋 Na 含量是可行的。

关键词: 鸭蛋; 低盐腌制; KCl; 不同替代量

Effect of Potassium Chloride as Partial Sodium Chloride Substitution in Salted Duck Eggs

WU Ling, SUN Jing, LE Li-qiang, MA Mei-hu*

(National R&D Center for Egg Processing, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Salted eggs are important egg products in our country. Sodium chloride (NaCl) is an essential component in the manufacturing of salted eggs, and can improve the structure and texture of eggs and special flavor formation. In this study, potassium chloride (KCl) was added at ratios of 5%, 6.5%, 8.5% and 12.5% as a partial substitute for NaCl to process salted duck eggs and 25% saturated NaCl immersion was used as the blank. Using this mixed method, the amount of salt addition was directly reduced, and partial substitution with KCl could improve the salting process. In addition, the oil release rate of egg yolk, the water contents of egg white and yolk, and the NaCl content, texture, structure, color parameters and microstructure of whole salted eggs were determined and the sensory quality of salted eggs was comprehensively evaluated. The results indicated that 6.5% sodium chloride was the best addition. The NaCl content in egg white protein was decreased from 54.4 to 40.1 mg/g with a range of 26.29%. Sensory evaluation revealed that potassium ions at excess concentrations could result in bitter taste. However, partial substitution of NaCl with KCl did not affect egg texture and the oil release rate and loose sand-like mouthfeel of egg yolk. Therefore, this method is feasible for reducing sodium content.

Key words: duck egg; low salt salting; potassium chloride; different substitution amounts

中图分类号: S879.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)13-0005-06

咸蛋又称盐蛋、腌蛋、味蛋等, 是我国传统加工蛋品之一, 早在 1600 多年前, 我国就有用盐水储藏蛋的记载^[1]。咸蛋为我国传统加工蛋品之一, 通常以涂敷法或浸渍法使食盐进入蛋内, 增加蛋的风味和保存性^[2]。然而, 近十年来, 有许多报告指出食盐中所含的 Na⁺ 为导致人类高血压的主要因素之一, 因此造成消费者食用咸蛋时的忧虑^[3-4]。

现代医学研究表明饮食高 Na 与心血管病发生有正

相关系, 长期过多食入食盐会导致高血压等心血管疾病的发生, 并加重肾脏负担, 对人体健康有不利作用^[5]。然而 NaCl 是咸蛋加工中必不可少的物质, 一定浓度的饱和食盐水形成高的渗透压, 促进盐分向蛋内的渗入, 水分向外渗出, 蛋清黏度下降, 蛋黄脂肪析出出油、色泽发生改变, 口感松沙。此外, 盐的渗入降低了水分活度, 从而延长了产品的货架期^[6-7]。

通常情况下, 咸蛋制品的蛋黄口感松沙油, 可是

收稿日期: 2010-11-15

基金项目: 国家“948”项目(2006-G-36); 国家现代农业产业技术体系建设专项(4011-08112601)

作者简介: 吴玲(1985—), 女, 硕士研究生, 主要从事畜产食品加工研究。E-mail: ringxyz@yahoo.com.cn

* 通信作者: 马美湖(1957—), 男, 教授, 博士, 主要从事肉类蛋品科学理论及技术研究。

E-mail: mameihuhn@yahoo.com.cn

蛋白已经很咸了,改善其品质可以通过减少 Na 含量,方法包括^[4]: 1)减少 NaCl 的添加量; 2)用其他物质替代 NaCl; 3)改进加工技术。

KCl 替代 NaCl 的摄入没有功能性损失,食用性是消费者可以接受的,但是金属味和苦涩味会影响其使用效果^[4]。用 LiCl 和 KCl 替代 NaCl 已经在传统的火腿制品中研究过^[5],但是 LiCl 有毒理性,33.3% 的 KCl 替代会有轻微的苦涩味,达到 50% 甚至以上是不可接受性的味道^[4]。因此,本实验主要研究不同替代量的 KCl 腌制,对鸭蛋理化性质、质地结构和微观结构的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜鸭蛋 华中农业大学农贸市场。

精制食盐、KCl(食用级) 武汉金瑞成公司。

1.2 仪器与设备

FP640 火焰光度计 上海精密仪器仪表有限公司;
EJ-200 高效分散均质机 上海标本模型厂; TA-XTplus 质构仪 北京微讯超技术仪器技术中心; XE U3763 色度测定仪 美国 HunterLab 公司; JSM-6390LV 扫描电子显微镜 日本 NTC 公司。

1.3 方法

1.3.1 腌制方法

1.3.1.1 咸蛋的腌制原理

咸蛋是以生鲜鸭蛋或鸡蛋为原料,经过含盐的黄泥、红泥、草木灰等包裹或采用盐水浸泡等方法腌制成的具有特殊风味的再生蛋^[1]。目前盐水浸泡法成为最主要的咸蛋加工方法,盐水浸泡法腌制咸蛋的主要原理是利用盐水溶液高渗透压作用,从高浓度向低浓度的区域扩散,与此同时蛋中的水分向溶液中渗透^[5]。食盐通过蛋壳及蛋壳膜向蛋内扩散,通过脱水作用、盐溶盐析作用、调味作用、抑菌作用等形成了咸蛋特殊的风味^[8-9]。

1.3.1.2 腌制预处理

本实验采用盐水浸泡法腌制咸蛋。原料鲜蛋清洗后,用质量分数为 5.0% 的 NaOH 溶液浸泡消毒 15min^[2],再用清水冲洗干净,捞出、沥干,放入洗净消毒后的食用级塑胶。

1.3.2 实验设计

表 1 不同质量分数 KCl 部分替代 NaCl 设计
Table 1 The design of substitution using potassium chloride

组别	不同替代量质量分数/%	
	NaCl	KCl
I	20	5
II	18.5	6.5
III	16.5	8.5
IV	12.5	12.5
V(对照组)	25	0

1.3.3 指标测定

1.3.3.1 NaCl 含量的测定

火焰光度计测定 Na⁺ 含量,将样品用消化的方法处理,配制成离子溶液编号预备,上仪器进行测定,用 Na⁺ 标准曲线进行计算^[10-12]。

1.3.3.2 感官评价方法与标准

表 2 咸蛋感官评价标准
Table 2 Sensory evolution criteria of salted eggs

项目	指标
外观	蛋壳清洁完整,不得有霉变,蛋壳光洁白净
形态	生咸鸭蛋大小均匀,气室小,蛋白呈液态,有黏性,蛋白完整隆起。熟咸鸭蛋拨壳后蛋白完整,不粘壳,蛋白无“蜂窝状”现象,蛋黄较结实,含油
色泽	蛋黄呈深黄色,生咸鸭蛋蛋白透明,熟蛋白白净
气味与滋味	具有咸鸭蛋固有的鲜香味与滋味,蛋白口感细嫩,咸淡适中,不过于偏咸或是偏淡
出油	蛋黄松沙可口,有油滴渗出

1.3.3.3 色度测定

采用色度仪测定。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^* 值表示由小到大表示蓝色至黄色^[13]。

1.3.3.4 咸蛋剖面质地分析(TPA)

TPA 可以用带有 TA-XTplus 质地分析仪法测定^[14-15]。测定前预处理样品,将咸蛋用高压锅蒸煮 20min 成熟,剥壳蛋白切成 1cm × 1cm × 0.5cm 均一的大小块状,将蛋黄切成平均的两个半球。蛋白样品用压缩柱状铝探针(型号为 P36R)压缩,每个样品进行两次轴向压缩,蛋白形变为原来的 50%,蛋黄压缩形变为原来的 20%,组织结构的分析在室温条件下完成。力距形变可在 5mm/s 的测前速率,5mm/s 测后速率下,测试速率为 1mm/s,记录。从质构曲线上可得到:硬度、凝聚力、胶黏性和咀嚼性)等质构参数。这些参数通过软件进行分析。

1.3.3.5 咸蛋含水量测定

用电子天平准确称取约 3.0000g 样品,同一样品 3 次平行。置于烘干的洁净铝盒(含盒盖)中,称量烘干前样品和铝盒的总质量。将称量好的样品放入 105℃ 的烘箱中干燥 6h,取出后放入干燥器中冷却,称量烘干后样品和铝盒的总质量,直到两次称量至质量差不超过 0.4mg 为止^[16],计算公式如下:

$$\text{水分含量}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100 \quad (1)$$

式中: m_1 为干燥前样品质量 + 铝盒质量/g; m_2 为

干燥后样品质量 + 铝盒质量 / g; m 为样品质量 / g。

1.3.3.6 蛋黄出油率的测定^[17]

3g 蛋黄样加入 35mL 的正己烷-异丙醇(体积比 3:2), 在均质器中以 5000r/min 的速度均质 10min。用滤纸过滤, 在沸水浴 55℃ 中浓缩蒸发后在 105℃ 烘干至质量恒定, 称滤渣质量作为总的脂质质量。取蛋黄 5g 加 25mL 蒸馏水, 5000r/min 均质 30s, 在 25℃ 条件下 1000r/min 离心 30min, 然后在上清液中加入体积分数为 3:2 正己烷-异丙醇用来溶解悬浮物。脂质层可用分液漏斗分离, 脂质层中的溶剂可在沸水浴中蒸发再 105℃ 加热至质量恒定, 称残渣质量作为游离脂质的质量。可用游离脂质量与总的脂质量的比表示油类渗出物^[17], 计算公式如下:

$$\text{蛋黄油类渗出物} \% = \frac{\text{游离脂质含量}}{\text{总脂质含量}} \times 100 \quad (2)$$

1.3.3.7 扫描电子显微镜观察蛋黄的微观结构

测定仪器为扫描电子显微镜^[18]。把咸蛋的蛋黄切成 3mm × 3mm × 1mm 体积大小的块状, 室温条件下放在含 2.5% 戊二醛中浸泡过夜, 以此来定形蛋黄形状。接着把蛋黄样品取出, 放在冷冻干燥机中进行干燥, 除去水分。处理好样品后, 用胶裱在 SEM 的板上, 样品涂上一层金后用扫描电子显微镜观察。

2 结果与分析

2.1 KCl 不同替代量对咸蛋中 NaCl 渗透性的影响

用 KCl 不同替代量腌制咸蛋, 腌制液产生不同的渗透压影响 NaCl 分子的渗透, 不同腌制天数时, NaCl 的渗透量也不同(百分含量表示), 结果如表 3 所示。

表 3 KCl 不同替代量腌制咸蛋的 NaCl 含量($n=10$)

Table 3 Changes in NaCl content of salted egg white and yolk during salting with various substitution amounts ($n=10$) %

组别	腌制时间 /d			
	0	7	14	21
蛋清	I 0.43 ± 0.00 ^a	1.26 ± 0.1 ^{ab}	3.33 ± 0.00 ^a	4.13 ± 0.06 ^b
	II 0.43 ± 0.00 ^a	1.1 ± 0.00 ^{bc}	3.1 ± 0.01 ^c	4.01 ± 0.00 ^c
	III 0.43 ± 0.00 ^a	1.15 ± 0.00 ^c	3.0 ± 0.00 ^d	3.98 ± 0.01 ^c
	IV 0.43 ± 0.00 ^a	1.09 ± 0.00 ^c	3.1 ± 0.00 ^b	3.76 ± 0.01 ^d
	V 0.43 ± 0.00 ^a	1.34 ± 0.06 ^a	3.02 ± 0.00 ^e	5.44 ± 0.06 ^a
蛋黄	I 0.21 ± 0.00 ^a	0.38 ± 0.06 ^a	0.59 ± 0.06 ^a	1.12 ± 0.06 ^b
	II 0.21 ± 0.00 ^a	0.33 ± 0.01 ^{ab}	0.56 ± 0.05 ^a	1.06 ± 0.03 ^c
	III 0.21 ± 0.00 ^a	0.30 ± 0.01 ^{bc}	0.60 ± 0.00 ^a	1.00 ± 0.00 ^d
	IV 0.21 ± 0.00 ^a	0.24 ± 0.01 ^c	0.58 ± 0.01 ^a	1.00 ± 0.00 ^d
	V 0.21 ± 0.00 ^a	0.38 ± 0.06 ^a	0.55 ± 0.00 ^a	2.25 ± 0.00 ^a

注: 同列肩标字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

在混合盐中, KCl 不同替代量腌制, 咸蛋中 NaCl

含量有显著性差异($P < 0.05$)。NaCl 相对分子质量比 KCl 要小, 在相同浓度下, NaCl 溶液的渗透性要大于 KCl 的, KCl 溶液的部分替代只能起到部分渗透作用。盐溶液浓度是产生渗透压最重要的因素, 根据 1886 年范霍夫的实验数据公式: $\Pi = cRT$ ^[19], 可以得到 25% 的 NaCl 溶液相当于 12.13MPa 的渗透压。用 KCl 来部分替代 NaCl 达到低 Na 腌制, 降低 Na 含量, 保持部分渗透压, 达到近似的腌制效果。

一般情况下, 蛋清中 NaCl 含量 3.5% 时最为适口, 是大众比较能接受的, 从腌制 21d 咸蛋中看到, 25% 的对照组中蛋清 NaCl 含量为 5.44%, 已经较咸, 12.5% 替代组为 3.76%, 口感较好, 但是 K 含量高会有苦涩和金属味, 综合看来 6.5% 替代组是较好的, 蛋黄中 NaCl 为 1.06% 也较好。

从表 3 可看出, 蛋黄 NaCl 含量的增加要明显小于蛋清。盐类物质的渗透对蛋清的影响要显著大于蛋黄。

2.2 KCl 不同替代量对咸蛋感官品质的影响

咸蛋腌制 21d 已经成熟较好, 蛋黄松沙, 蛋白鲜嫩可口, 综合感官评定分数见表 4。

表 4 咸蛋腌制 21d 感官综合评定结果($n=10$)

Table 4 Comprehensive sensory evaluation of salted eggs with various substitution amounts ($n=10$)

组别	蛋内品质指标					
	外观 (总分 10)	出油率 (总分 20)	色泽 (总分 15)	气味 (总分 15)	滋味 (总分 40)	综合评分 (总分 100)
I	8	26	11	13	26	84
II	8	27	12	14	28	89
III	8	26	12	12	26	84
IV	7	25	11	12	24	79
V	8	27	13	14	28	90

通过感官评定得出 21d 咸蛋蛋白咸度整体较好, 表 4 为 21d 样品的综合感官评定结果, 每组样品分别找 10 个不同的人进行品尝, 并且打分, 取平均数得到最后的综合分数。II 组 6.5%KCl 替代组评分最高, 可接受性好, 与对照组评分最为接近, 综合来看, II 组蛋白口感较合适, 蛋黄出油与对照组较为接近。

2.3 KCl 不同替代量对咸蛋色泽的影响

将腌制不同天数的咸蛋隔天进行抽样、煮熟、切片进行蛋黄色泽的测定, 结果见表 5。

蛋黄色素主要是脂溶性色素, 色素等级随着含油量的提高而提高。腌制 21d 蛋黄亮度明显降低, 因为油的渗出, L^* 值随着腌制时间的减小, 蛋黄由鲜鸭蛋黄的亮黄色逐渐变暗, 变深, 其中腌制到 21d 下降变的缓慢, 咸蛋黄接近于成熟状态, L^* 值变化不如 14d 明显。参照 b^* 值, 随着腌制的进行, 其值略有增加, 腌制

21d KCl 6.5% 组更接近于对照组的红黄色, 且腌制时间增加颜色加深。 a^* 值随着腌制时间的变化没有明显的规律, 其值在较小范围内上下波动, 并未对蛋黄色泽变化起到影响作用。

表 5 KCl 不同替代量腌制咸蛋的蛋黄色度($n=20$)

Table 5 Changes in color parameters of salted egg yolk during salting with KCl various substitution amounts ($n=20$)

腌制时间/d	组别	L^*	a^*	b^*
7	I	87.22 ± 1.48 ^{ab}	4.96 ± 0.67 ^a	44.07 ± 3.20 ^a
	II	87.75 ± 0.83 ^{ab}	5.00 ± 0.27 ^a	43.16 ± 0.80 ^a
	III	87.44 ± 0.13 ^{ab}	5.28 ± 1.39 ^a	43.59 ± 2.81 ^a
	IV	87.90 ± 1.26 ^a	4.03 ± 0.07 ^a	40.42 ± 1.24 ^a
	V	85.63 ± 1.70 ^b	5.12 ± 0.85 ^a	43.59 ± 4.29 ^a
14	I	86.07 ± 0.66 ^{bc}	4.34 ± 1.00 ^a	49.08 ± 4.27 ^a
	II	86.84 ± 0.62 ^{ab}	5.40 ± 0.78 ^a	44.63 ± 0.89 ^{ab}
	III	85.59 ± 0.46 ^c	5.57 ± 1.20 ^a	43.39 ± 4.91 ^{ab}
	IV	87.52 ± 0.52 ^a	4.06 ± 0.33 ^a	42.7 ± 1.97 ^b
	V	85.43 ± 0.39 ^c	5.92 ± 1.05 ^a	44.07 ± 1.09 ^b
21	I	81.37 ± 1.60 ^c	4.83 ± 0.89 ^a	49.13 ± 0.19 ^a
	II	83.21 ± 0.67 ^b	5.29 ± 0.03 ^{ab}	45.21 ± 1.25 ^{ab}
	III	79.33 ± 0.49 ^d	5.14 ± 0.73 ^b	44.01 ± 0.63 ^{ab}
	IV	84.49 ± 0.73 ^{ab}	4.08 ± 0.23 ^b	43.22 ± 1.08 ^b
	V	85.25 ± 0.40 ^a	5.88 ± 0.12 ^{ab}	45.38 ± 1.14 ^b

2.4 KCl 不同替代量对咸蛋质构特性的影响

将腌制不同天数的咸蛋隔天进行抽样、煮熟、切片进行质地结构的测定, 结果如表 6、7 所示。

表 6 KCl 不同替代量对熟制蛋白质构特性的影响($n=20$)

Table 6 Effect of KCl amount on texture characteristics of boiled salted egg white ($n=20$)

腌制时间/d	组别	硬度/g	凝聚力	胶黏性/g	咀嚼性/g
0		1059.81 ± 12.43 ^c	0.74 ± 0.01 ^a	780.77 ± 12.67 ^a	720.94 ± 21.40 ^a
7	I	987.65 ± 237.14 ^a	0.75 ± 0.01 ^{ab}	746.04 ± 150.50 ^a	524.71 ± 28.19 ^c
	II	965.40 ± 40.48 ^b	0.75 ± 0.01 ^{ab}	779.23 ± 63.18 ^b	587.19 ± 6.68 ^b
	III	947.43 ± 105.46 ^a	0.74 ± 0.00 ^b	674.61 ± 66.37 ^a	614.18 ± 30.36 ^a
	IV	899.88 ± 205.58 ^a	0.73 ± 0.01 ^b	674.30 ± 136.80 ^a	577.09 ± 13.97 ^a
	V	955.47 ± 52.46 ^a	0.79 ± 0.05 ^a	653.63 ± 53.52 ^a	567.21 ± 31.25 ^d
14	I	918.57 ± 81.22 ^b	0.68 ± 0.04 ^a	632.71 ± 37.27 ^b	476.94 ± 45.79 ^a
	II	947.08 ± 33.15 ^a	0.77 ± 0.10 ^a	749.36 ± 9.67 ^a	586.37 ± 45.79 ^b
	III	848.52 ± 36.66 ^{bc}	0.71 ± 0.01 ^a	635.13 ± 28.32 ^b	479.10 ± 70.03 ^a
	IV	814.69 ± 57.35 ^c	0.75 ± 0.02 ^a	569.39 ± 64.82 ^b	498.73 ± 179.32 ^{ab}
	V	811.43 ± 21.72 ^c	0.68 ± 0.02 ^a	561.16 ± 7.06 ^b	525.61 ± 48.03 ^a
21	I	666.80 ± 23.68 ^b	0.64 ± 0.01 ^b	501.27 ± 15.66 ^c	421.77 ± 26.93 ^b
	II	758.00 ± 6.50 ^a	0.70 ± 0.02 ^a	565.84 ± 10.58 ^b	552.46 ± 32.17 ^a
	III	779.38 ± 34.24 ^a	0.69 ± 0.00 ^a	589.74 ± 19.26 ^a	466.59 ± 25.97 ^b
	IV	739.91 ± 36.04 ^a	0.70 ± 0.03 ^a	537.18 ± 34.22 ^a	460.33 ± 48.51 ^b
	V	804.15 ± 37.25 ^d	0.69 ± 0.01 ^a	448.40 ± 43.94 ^d	437.98 ± 25.14 ^b

从表 6 可知, 随腌制时间的延长熟制蛋白硬度均减小, 在腌制 21d 时, 不同添加量组与对照组间有显著性

差异($P < 0.05$)。凝聚力随着腌制时间的延长第 I、III 组有略微的减小, 其他组呈现上线波动的情况, 规律不明显。胶黏性及咀嚼性的特性也随着减小, 其中腌制 21d 时, 不同添加量的胶黏性与对照组有显著性差异($P < 0.05$), 主要是因为随着腌制的进行, 蛋清呈水样化、黏度降低, 将蛋清煮熟后比鲜鸭蛋白更为水嫩。

表 7 KCl 不同替代量对熟制蛋黄质构特性的影响($n=20$)

Table 7 Effect of KCl amount on texture characteristics of boiled salted egg yolk ($n=20$)

腌制时间/d	组别	硬度/g	凝聚力	胶黏性/g	咀嚼性/g
0		524.36 ± 51.39 ^a	0.89 ± 0.01 ^a	387.17 ± 45.75 ^a	365.71 ± 41.31 ^a
7	I	534.52 ± 49.49 ^a	0.86 ± 0.02 ^a	393.389 ± 25.62 ^{ab}	334.22 ± 44.70 ^{ab}
	II	415.77 ± 39.03 ^b	0.87 ± 0.01 ^a	450.28 ± 45.92 ^a	400.37 ± 26.52 ^a
	III	445.56 ± 111.90 ^{ab}	0.89 ± 0.03 ^a	403.52 ± 64.14 ^{ab}	354.60 ± 86.46 ^{ab}
	IV	340.87 ± 23.99 ^b	0.88 ± 0.01 ^a	349.542 ± 7.85 ^b	306.01 ± 3.09 ^b
	V	397.91 ± 63.57 ^b	0.89 ± 0.01 ^a	411.267 ± 51.18 ^{ab}	350.24 ± 44.14 ^{ab}
14	I	487.14 ± 14.85 ^{ab}	0.81 ± 0.04 ^a	377.65 ± 19.14 ^a	267.13 ± 25.58 ^a
	II	540.13 ± 64.00 ^a	0.83 ± 0.02 ^a	297.60 ± 29.28 ^b	312.03 ± 32.14 ^a
	III	500.80 ± 49.77 ^{ab}	0.80 ± 0.05 ^a	287.10 ± 73.93 ^{bc}	212.00 ± 27.42 ^a
	IV	418.68 ± 13.88 ^b	0.84 ± 0.01 ^a	220.60 ± 14.65 ^c	212.90 ± 28.83 ^a
	V	499.35 ± 73.34 ^{ab}	0.83 ± 0.02 ^a	241.13 ± 32.34 ^{bc}	205.85 ± 19.24 ^a
21	I	217.19 ± 32.93 ^a	0.71 ± 0.05 ^{ab}	185.78 ± 27.33 ^a	262.25 ± 19.60 ^a
	II	253.92 ± 37.65 ^a	0.72 ± 0.01 ^a	221.43 ± 29.88 ^a	207.42 ± 25.93 ^b
	III	252.00 ± 21.76 ^a	0.64 ± 0.01 ^c	223.33 ± 24.10 ^a	169.11 ± 49.07 ^{bc}
	IV	253.54 ± 27.05 ^a	0.65 ± 0.00 ^{bc}	224.02 ± 25.2 ^a	125.43 ± 11.13 ^c
	V	253.11 ± 21.58 ^a	0.61 ± 0.06 ^c	224.64 ± 20.40 ^a	132.55 ± 18.10 ^c

从表 7 可知, KCl 不同替代量的蛋黄硬度 7~14d 时先变大, 从 14~21d 时又减小, 只有第 I 组是下降趋势。此现象与咸蛋黄在腌制过程中逐渐变硬出油有关, 越腌制到后期, 蛋黄更加松沙出油, 硬度又呈下降趋势, 第 I 组的情况应该属于蛋的个体差异性原因的存在。不同添加量组别之间差异性不明显。

凝聚力、胶黏性和咀嚼性随着时间的变化, 各组别均呈现下降的趋势, 其中只有第 IV 组的胶黏性从 14~21d 时略有波动, 其中各添加量组别间显著性差异不明显。

不同添加量对蛋黄质地影响不大, 使其保持原有特性, 说明 KCl 替代对蛋黄质地结构不会产生明显的差异性。与生蛋黄质地结构随着腌制时间变坚韧不同的是熟蛋黄变的松沙出油。

2.5 KCl 不同替代量对咸蛋水分含量的影响

在腌制过程中每隔 7d 进行抽样, 蛋清和蛋黄的水分含量随着腌制的进行也逐渐变化, 结果如表 8 所示。

在腌制过程中, 随着盐分的渗入蛋内, 蛋内容物中的水分和气体也不断的向外渗出, 从蛋黄到蛋清再到外界腌制液环境, 由表 8 可知, 蛋清含水量降幅较小, 蛋黄有很明显的降幅, 其中蛋清含水量降幅为 3%~5%

左右,而蛋黄降幅为22%~25%左右。通过差异性分析,不同KCl替代组间差异性不明显,只有在腌制第7天时不同添加量组别的蛋黄水分与对照组有显著性差异($P < 0.05$),说明在腌制初期蛋黄脱水较为严重。

不同腌制时间条件下蛋清、蛋黄中水分含量呈下降趋势,可以看出不同组别的降低幅度均较为相似。

表8 KCl不同替代量腌制咸蛋水分含量的变化($n=10$)

Table 8 Effect of KCl amount on water content in salted eggs ($n=10$)

		腌制时间/d				%
组别		0	7	14	21	
蛋清	I	86.53 ± 0.48 ^a	82.85 ± 0.10 ^d	83.60 ± 2.22 ^a	81.34 ± 1.44 ^b	
	II	86.53 ± 0.48 ^a	85.39 ± 0.44 ^c	83.99 ± 2.52 ^a	83.87 ± 0.04 ^a	
	III	86.53 ± 0.48 ^a	86.37 ± 0.47 ^a	82.98 ± 2.10 ^a	82.74 ± 1.04 ^{ab}	
	IV	86.53 ± 0.48 ^a	86.22 ± 0.10 ^{ab}	85.35 ± 0.1 ^a	82.46 ± 0.97 ^{ab}	
	V	86.53 ± 0.48 ^a	85.74 ± 0.03 ^{bc}	84.38 ± 0.18 ^a	83.87 ± 0.37 ^a	
蛋黄	I	49.05 ± 0.37 ^a	27.48 ± 0.66 ^d	24.33 ± 0.24 ^{ab}	22.16 ± 0.67 ^c	
	II	49.05 ± 0.37 ^a	38.23 ± 0.22 ^{bc}	27.35 ± 0.16 ^b	27.41 ± 1.10 ^a	
	III	49.05 ± 0.37 ^a	43.55 ± 0.05 ^b	28.99 ± 4.88 ^{ab}	24.34 ± 0.35 ^b	
	IV	49.05 ± 0.37 ^a	42.34 ± 0.67 ^c	34.32 ± 5.67 ^a	24.66 ± 0.03 ^b	
	V	49.05 ± 0.37 ^a	45.32 ± 0.16 ^a	30.16 ± 2.69 ^{ab}	25.80 ± 2.31 ^{ab}	

2.6 KCl不同替代量对蛋黄出油率的影响

随着腌制的进行,煮熟的蛋黄变得松沙多油,对其蛋黄出油率的测定结果见表9。

表9 KCl不同替代量腌制蛋黄出油率的变化($n=10$)

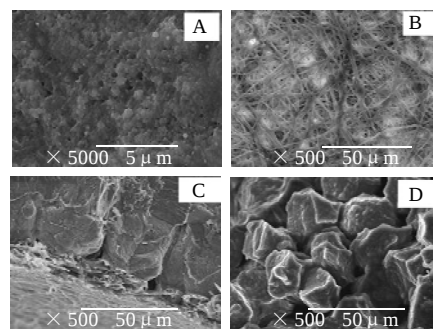
Table 9 Effect KCl amount on oil release rate in salted egg yolk ($n=10$)

组别	腌制时间/d			
	0	7	14	21
I	12.05 ± 0.00 ^a	10.88 ± 1.70 ^c	20.71 ± 0.52 ^d	66.41 ± 0.69 ^b
II	12.05 ± 0.00 ^a	15.54 ± 0.06 ^b	22.43 ± 0.41 ^c	65.57 ± 0.45 ^c
III	12.05 ± 0.00 ^a	15.57 ± 0.04 ^b	23.57 ± 0.20 ^b	63.74 ± 0.30 ^d
IV	12.05 ± 0.00 ^a	14.83 ± 0.01 ^b	21.85 ± 0.45 ^c	57.70 ± 0.29 ^e
V	12.05 ± 0.00 ^a	18.63 ± 0.03 ^a	30.44 ± 0.07 ^a	71.03 ± 0.21 ^a

由表9可知,蛋清油的渗出率随着腌制时间的延长而增加。在分别腌制7、14、21d时,各添加量组别与对照组间有显著性差异($P < 0.05$)。与内部蛋黄部分相比,在外层蛋黄中有更多的油渗出率。油渗出物是咸蛋中最为显著的特性。本实验主要是将蛋黄研磨均匀后测定整蛋黄的出油率。水从蛋黄中的渗出增加了脂质聚集的机会。因此,在腌制中的脱水可能提高油渗出物。游离脂质从低密度脂蛋白胶束中释放出来,由于脱水引起的低密度脂蛋白的结构变化。蛋白质脱水可能由蛋黄蛋白质变性所致,与在腌制时乳化性丧失有关。弱凝胶性的卵黄蛋白的脱水是由于疏水相互作用和氢键联结,从而使脂质颗粒相结合。

2.7 在腌制过程中微观结构的变化

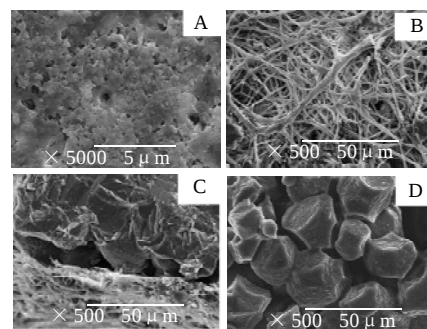
咸蛋在腌制过程中,盐类物质能通过蛋壳气孔、壳膜渗透,有其特别的结构特征,在腌制成熟了以后咸蛋蛋黄颗粒也发生了结构的变化,NaCl腌制组见图1, KCl替代腌制组见图2。



A 蛋壳表面; B 蛋壳内表面; C 蛋壳剖面; D 蛋黄。

图1 NaCl腌制组咸蛋微观结构变化

Fig.1 Scanning electron micrograph of salted duck egg shell and yolk after 21-day immersion in NaCl



A.蛋壳表面; B.蛋壳内表面; C.蛋壳剖面; D.蛋黄。

图2 添加6.5% KCl替代腌制组咸蛋微观结构变化

Fig.2 Scanning electron micrograph of salted duck egg shell and yolk after 21-day immersion in NaCl/KCl

腌制21d后对NaCl组和6.5%KCl替代组进行电镜扫描,可以看出图1A、图2A上有孔状结构,这些漏斗状的小孔是用来与外界气质交换,允许盐和水在腌制时通过。蛋壳膜包括内外层膜,由图1B、图2B可知,结构缠绕成线或随机地织成网的形状。图1A、B、C和图2A、B、C没有差异性。咸蛋黄多面体颗粒大小约为50μm,如图1D和图2D所示。Yang等^[20]曾报道过蛋黄多面体颗粒直径大致在23~127μm之间。咸蛋黄通过SEM扫描可以很明显的看出随着腌制的进行多面体颗粒更紧密的排列在一起,主要是因为腌制中蛋黄脱水,同时这种多面体的存在使得蛋黄有坚韧的纹理结构,所以叠层的颗粒是腌制出油咸蛋黄的现象解释。图1D和图2D中蛋黄都是多面体颗粒状排列,从微观结构来看,用KCl替代腌制没有明显的差异性。

3 结 论

从以上实验结果可以看出, 1)利用 KCl 能够加工出合格的低盐咸蛋, 并且有效的降低咸蛋产品中 Na 的含量; 2)经过不同质量分数 KCl 的替代实验, 利用 KCl 法腌制的咸蛋渗透到蛋清中的 NaCl 含量 3.5%~4.1% 左右, 比全部用 NaCl 溶液腌制的咸蛋其渗透量达到 5.44% 要小。在此溶度范围内, 生产出的低 Na 保健咸蛋其外观、口感、内部质量均较好; 3)本实验在降低咸蛋中 Na 含量的同时, 又有效的提高了咸蛋中 K 的含量。因此, 产品具有低 Na、高 K 的双重功效; 4)减少 NaCl 的用量, 随着腌制进行使得蛋黄变硬, 蛋清变稀, 通过对不同添加量组的比较, 6.5%KCl 的替代组是最为接近对照组的实验效果。以 KCl 取代部分 NaCl, 确可明显降低蛋白和蛋黄中 Na 含量, 但是需要考虑 KCl 对咸蛋风味的影响, 其取代量宜低于 NaCl 总质量分数的 26%; 5)咸鸭蛋含有丰富的蛋白质和脂肪, 与鲜鸭蛋相比, 在腌制中一系列的变化使得咸蛋鲜香出油, 用部分 KCl 替代达到降低 Na 含量的方法是可行的; 6)在以后的研究中, 可以在低 Na 腌制液腌制的同时加上一些工艺上的改进^[21], 促进 Na 尽可能多的渗透到蛋中, 达到更为理想的品质。

参考文献:

- [1] 侯大军. 方便风味蛋理化特性及其加工工艺研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [2] 李和平, 隋继学, 安森亚, 等. 浸泡法五香咸蛋的研制及最佳配方筛选[J]. 农产品加工: 学刊, 2008, 148(9): 47-49.
- [3] 冯彩平, 任发政, 高平. 低盐腊肉的研制及其贮藏性能的研究[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(5): 131-133.
- [4] GELABERT J, GOU P, GUERRERO L, et al. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages[J]. Meat Science, 2003, 65(2): 833-839.
- [5] COMAPOSADA J, AMAU J, GOU P. Sorption isotherms of salted minced pork and of lean surface of dry-cured hams at the end of the resting period using KCl as substitute for NaCl[J]. Meat Science, 2007, 77(4): 643-648.
- [6] 程定均, 侯大军, 尚永彪, 等. 影响咸蛋加工中食盐传递的因素[J]. 食品工业科技, 2009, 3(2): 323-325.
- [7] 张春敏, 张世湘, 吴薇, 等. 咸蛋渗透质与品质的研究[J]. 食品科技, 2005, 26(2): 26-28.
- [8] 李帅俊, 凌刚. 咸鸭蛋的快速腌制技术及改善其品质的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(2): 95-96.
- [9] 刘良忠, 姜春杰, 文友先, 等. 缩短咸蛋加工时间及改善咸蛋品质的研究[J]. 食品技术, 2003, 24(1): 36-37.
- [10] 王宝罗, 徐坤荣, 张安丽. 常见块根类蔬菜中钾钠含量的火焰光度法测定[J]. 化工时刊, 2006, 20(10): 30-41.
- [11] 余碧钰, 刘向农, 程玉龙. ICP-AES 法测定青壳鸡蛋中的 13 种元素[J]. 光谱实验室, 2000, 17(5): 522-524.
- [12] 赖天兵, 冯家力, 丁力. 原子发射光谱法测定低钠保健盐中 NaCl[J]. 实用预防医学, 2001, 8(3): 236-237.
- [13] GANASEN P, BENJAKUL S. Physical properties and microstructure of pidan yolk as affected by different divalent and monovalent cations[J]. LWT-Food Science & Technology, 2010, 43(1): 77-85.
- [14] MARTINEZ O, SALMERON J, GUILLEN M D, et al. Texture profile analysis of meat products treated with commercial liquid smoke flavourings[J]. Food Control, 2004, 15(6): 457-461.
- [15] 侯大军, 李洪军. 碱处理对风味皮蛋物理品质的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(5): 119-121.
- [16] KAEWMANEE T, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W. Effect of salting processes on chemical composition textural properties and microstructure of duck egg[J]. J Sci Food Agric, 2009, 89(4): 625-633.
- [17] LAI K M, CHI S P, KO W C. Changes in yolk states of duck egg during long-term brining[J]. J Agric & Food Chem, 1999, 47(2): 733-736.
- [18] KAEWMANEE T, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W. Changes in chemical composition physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting[J]. Food Chemistry, 2009, 112(3): 560-569.
- [19] 陈石头. 脉动压力腌制咸蛋试验研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [20] YANG S C, HSU H K. Scanning electron microstructure of the yolk of duck egg and duck egg products[J]. Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society, 1989, 27(4): 460-472.
- [21] 王晓拓, 高振江. 脉动压技术腌制鸡蛋工艺优化[J]. 食品科学, 2010, 31(8): 97-101.