

文章编号: 1673-1689(2011)04-0542-07

盐水法和包灰法腌制咸蛋理化性质的比较

潘康¹, 冯枭¹, 李蓉¹, 徐学明^{* 1,2}

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘要: 研究了盐水法和包灰法在腌制咸蛋过程中理化品质的变化。结果表明: 盐水法腌制的咸蛋黄的 DHA 含量是包灰法腌制的 2 倍多, 而硬脂酸含量只有包灰法的 2/3, 其他脂肪酸没有明显差异。两种腌制方法的蛋黄和蛋清蛋白质种类没有差异, 咸蛋清主要是相对分子质量为 45 000 的卵清蛋白, 咸蛋黄的相对分子质量为 46 000、66 000 高密度脂蛋白的载脂蛋白和相对分子质量为 100 000 的低密度脂蛋白的载脂蛋白。包灰法蛋黄硬化率较高, 且盐水法浸油率不如包灰法。包灰法腌制后蛋壳孔比盐水法多且表面粗糙, 壳膜纤维直径由于脱水也比盐水法的纤细。两种方法腌制后可以明显看到蛋黄脂蛋白中油脂和载脂蛋白分离, 包灰法油脂脱离的更多, 蛋白质颗粒直径都在 0.2~2 μm 范围。

关键词: 咸蛋; 盐水法; 包灰法; 理化品质

中图分类号: TS 201.2

文献标识码: A

Study on Chemical and Physical Properties of Duck Egg of Saline Salting and Plant Ash Salting

PAN Kang¹, FENG Xiao¹, LI Rong¹, XU Xue-ming^{* 1,2}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Changes in chemical and physical properties of duck egg of saline salting and plant ash salting were determined in this manuscript. The results indicated that the DHA content in egg yolk of saline salting was more than two times of that of plant ash salting, but the stearic acid content was only two thirds of that of plant ash salting and no significant differences in other fatty acids. No differences in protein patterns of either egg white or egg yolk were observed of saline salting and plant ash salting. For egg white, ovalbumin was the major protein with molecular weight (MW) of 45kDa and egg yolk was low-density lipoproteins (LDL) apoprotein with MW of 100kDa and high-density lipoprotein (HDL) apoprotein with MW of 46kDa and 66kDa. Hardening ratio of egg yolk of plant ash salting was higher than that of saline salting, and oil exudation ratio of saline salting was lower than that of plant ash salting. Much more pore canals were observed in egg shell surface of plant ash salting than that of saline salting and its

收稿日期: 2010-09-16

基金项目: 教育部新世纪优秀人才计划项目(NCET-07-0379)。

* 通信作者: 徐学明(1968-), 男, 江苏苏州人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事食品组分与物性研究。Email: xuxm@jiangnan.edu.cn

surface was much rougher. The diameter of shell membrane fibers were also shorter than that of saline salting due to dehydration. It's obviously observed that oil in egg yolk lipoprotein were separated from apoprotein by using this two methods, but oil separated of plant ash salting were more than that of saline salting and the diameter of the protein granule were at range of 0.2~2 μm .

Key words: salting eggs, saline salting, plant ash salting, chemical and physical properties

咸鸭蛋作为中国传统食品其制作方法早在南北朝农书《齐民要术》中就有记载,大多在清明时节采用盐水浸泡法、草木灰包灰法、稻壳包泥法制作,腌制温度不宜过高,在 20 $^{\circ}\text{C}$ 左右。蛋黄品质松沙出油,蛋白雪白,美味可口。大量用于月饼等焙烤食品、蛋黄包、粽子这些中式食品里,菜肴的烹饪也有广泛的市场需求^[1,2]。企业生产中,用盐水法腌制咸蛋时间短,但质量不易控制,蛋表面易出现黑斑,有腥味,蛋黄硬度不够,要靠防腐剂等来解决。而包灰法腌制咸蛋时间虽长,但品质佳,适宜出口,且不会出现上述问题。已有的研究中没有对不同腌制方法的咸蛋品质差异进行研究,大多咸蛋研究结论较为宏观^[3-5]。因此,有必要对两种不同方法腌制的咸蛋理化品质进行更细致的探索,并找出差异,为实际生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

鲜鸭蛋:购于无锡雪浪镇生态禽类养殖场;草木灰:农田秸秆焚烧后产物。

1.2 试验方法

1.2.1 咸蛋腌制方法

1) 包灰法:将新鲜鸭蛋洗净、标记、称重记录,水烧开后配制质量浓度为 20 g/dL 的食盐水,放置冷却后,将配好的溶液与适量的草木灰混合调稀,裹在鸭蛋的表面约 5 mm 厚,再裹上一层约 3 mm 厚的干草木灰,裹好后用保鲜膜密封,10 $^{\circ}\text{C}$ 放置下,经验认为 60 d 为腌制成熟终点,30 d 为半终点。

2) 盐水法:将新鲜鸭蛋洗净、标记、称重记录,水烧开后配制浓度为 20 g/dL 的食盐水,放置冷却,投入鸭蛋,用玻璃盖压制保证鸭蛋完全浸没,保鲜膜密封,10 $^{\circ}\text{C}$ 放置下,经验认为 20 d 为腌制成熟终点,10 d 为半终点。

1.2.2 咸蛋盐分含量测定 氯化钠含量,硝酸银滴定法测定^[6]。

1.2.3 咸蛋黄质构的变化测定 采用英国 T-A-XT 2i 物性测试仪,用滤纸将咸蛋清和咸蛋黄分离,

采用圆柱形铝制探头(直径 25 mm)将蛋黄压缩到原高度的 50%,质构分析在室温下进行,力-距离形变曲线在探头以 1 mm/s 移动下进行记录硬度(N)、脆性(N)、弹性(mm)、粘性、胶着性(N)、咀嚼度(Nm),通过仪器软件分析。

1.2.4 咸蛋蛋黄中脂肪酸含量测定

1) 蛋黄中的油脂提取:25 g 样品先用 200 mL (氯仿 50、甲醇 100、蒸馏水 50) 混合液溶解,在 11 000 r/min 转速下均质 2 min,匀浆再加 50 mL 氯仿再均质 1 min,25 mL 去离子水加入混合液,于 11 000 r/min 再均质 30 s。混合液于 4 000 r/min 离心 10 min,然后转入分液漏斗,瓶子底部的氯仿有机溶剂倒入三角瓶,加入 1~2 g 脱水硫酸钠,剧烈震荡以除去多余水分。氯仿有机溶剂通过滤纸倒入圆底烧瓶,于旋转蒸发器在 35 $^{\circ}\text{C}$ 去除有机溶剂,残余的氯仿用氮气冲掉,得到的油脂于圆底烧瓶中 0~4 $^{\circ}\text{C}$ 保存等待进一步分析^[7]。

2) 油脂甲酯化:取约 80 mg 油脂样品于 20 mL 试管,加入 0.5 mol/L 的 NaOH-甲醇溶液 2 mL,60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中加热至油珠完全溶解(约 30 min),冷却后加入体积分数 25% BF_3 -甲醇溶液 2 mL,60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴酯化 20 min,冷却后加入 2 mL 正己烷,振摇后,再加入 2 mL 饱和 NaCl 溶液振摇,离心取上层有机相于干燥试管中并加入少量无水硫酸钠以除去微量水分,供分析使用^[7]。

3) 分析条件:色谱柱:PEG 20M, 300 m(柱长) $\times$ 0.32 mm,液膜厚度 0.5 μm ;载气:氮气(N_2),流量 30 mL/min,尾气 30 mL/min;燃烧气: H_2 47 mL/min;助燃气:空气 400 mL/min;程序升温:起始温度 120 $^{\circ}\text{C}$,保留 3 min,10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,至 190 $^{\circ}\text{C}$ (0.1 min),2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,至 220 $^{\circ}\text{C}$ (20 min);分析时间 45 min;检测器:250 $^{\circ}\text{C}$;汽化室:250 $^{\circ}\text{C}$;进样量:0.5 μL ;分流比:10:1^[7]。

1.2.5 咸蛋黄硬化率测定 用滤纸将咸蛋清和咸蛋黄分离,蛋黄称重记录质量 W_0 ,然后用小刀挖去蛋黄内部软的部分,剩下的硬蛋黄部分称重记录质量 W_1 ,蛋黄硬化率(%) = $W_1/W_0 \times 100\%$ ^[7]。

1.2.6 咸蛋黄浸油率测定 称取 3 g 咸蛋黄在 35 mL 的正己烷和异丙醇(3:2 体积比)混合,均质 5 000 r/min 下 10 min,然后滤液通过滤纸收集后,于 55 ℃蒸发掉溶剂,105 ℃干燥恒重,残渣质量 W_0 作为总的脂肪质量。浸出油量测定是采用 5 g 咸蛋黄与 25 mL 去离子水混合在 5 000 r/min 下均质 30 s,匀浆在 25 ℃ 9 000 r 下处理 40 min,然后在上清液添加 25 mL 的正己烷和异丙醇(体积比 3:2)溶解掉悬浮体。有机溶剂脂相层通过分液漏斗获取,于 55 ℃下旋转蒸发,剩下的 105 ℃干燥恒重,残余质量 W_1 作为浸出游离油脂^[7]。

浸油率质量分数(%) = $\frac{\text{游离脂肪质量 } W_1}{\text{总的脂肪质量 } W_0} \times 100\%$ 。

1.2.7 SDS-PAGE 凝胶电泳对咸蛋黄和咸蛋清蛋白种类测定 制备 12 g/dL 的分离胶和 5 mL 的浓缩胶,取咸蛋清和咸蛋黄各 0.8 g 于 1 mL 离心管中,加样品处理液 80 μ L,加热 5 min,振荡混合,确保溶解,在转速 5 000 r/min 下离心 10 min。样品处理好后,加样,在 15 mA 条件下跑胶。结束时,将胶体置于去离子水中保存,用凝胶电泳成像仪拍出清晰度和大小合适的照片,保存^[8]。

1.2.8 扫描电子显微镜对两种不同腌制方法的咸蛋壳和蛋膜观察 蛋壳和蛋膜通过手工分离,清洗后自然凉干取少量并喷金,于荷兰 Quanta 200 扫描电镜下观察。

1.2.9 透射电子显微镜对两种不同腌制方法的咸蛋黄蛋白质和脂肪观察 采用日本 JEM 1230 透射电子显微镜,咸蛋黄样品于室温固定在含有 2.5% 戊二醛的 0.2 mol/L 的磷酸盐缓冲溶液(pH=7.2)下 2 h,用 0.1 mol/L 的对羟基苯甲酸钠溶液(pH=7.4)冲洗 1 h,样品再固定在质量分数 1% 锇溶液和 2% 醋酸铀溶液中 1 h。然后用不同体积分数的乙醇溶液脱水(70%、80%、90%、100%),样品采用连续环氧丙烷浴除去乙醇,再嵌入 EPONE 树脂中于 70 ℃共聚 24 h,采用 LKB Ultramicrotome 钻石刀切取 80 nm 薄片,放于铜网格中,用质量分数 1% 的醋酸铀染色后拍照。

1.2.10 激光共聚焦显微镜对两种不同腌制方法的咸蛋黄蛋白质和脂肪观察 采用德国 ZEISS 公司的 LSM510 激光共聚焦显微镜,咸蛋黄样品溶解在尼罗蓝 A 溶液(1:10)中,然后人工搅拌直到均一,50 μ L 样品溶液涂抹在显微镜片上,然后在荧光模式下,用氦氖红色激光器于激发波长 533 nm 和发射波长 630 nm 下观测脂类,用氦氖绿激光器于激发波长 488 nm 和发射波长 540 nm 下观测蛋

白质。

2 结果与讨论

2.1 盐水法和包灰法腌制咸蛋的盐分含量变化 从图 1 中可以看出,腌制时咸蛋清的含盐量一直比蛋黄高。随着腌制时间延长,蛋清和蛋黄中的含盐量均增加。包灰法腌制到半终点时,蛋清盐分质量分数为 10.96%,蛋黄盐分质量分数为 1.64%;到终点时蛋清盐分质量分数为 14.73%,蛋黄盐分质量分数为 3.05%。盐水浸泡法腌制到半终点时,蛋清盐分质量分数为 12.00%,蛋黄盐分质量分数为 2.06%;到终点时蛋清盐分质量分数为 18.30%,蛋黄盐分质量分数为 3.90%。腌制初期,蛋壳内外的环境 NaCl 浓度差异大,所以渗透压大,NaCl 向蛋内渗透快,后期由于蛋内外浓度差减小,渗透压降低,故 NaCl 向蛋内扩散速度减慢,盐分含量增加缓慢^[9]。在腌制过程中,NaCl 先是通过蛋壳气孔渗入蛋清中,再渐渐向蛋黄渗透。此过程中,两端渗透压变小,故蛋黄含盐量比蛋清小。可以看出,与包灰法相比,盐水法在腌制时蛋清和蛋黄达到相同含盐量的时间较短,这是因为鸭蛋始终浸在溶液环境中,NaCl 扩散系数大造成的。

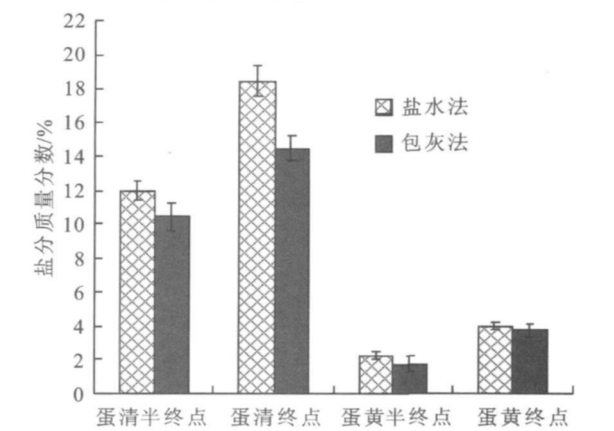


图 1 不同腌制方法咸蛋清和咸蛋黄盐分质量分数变化比较

Fig.1 Effect of saline methods on the Salt content in salted duck egg

2.2 盐水法和包灰法腌制咸蛋的蛋黄质构差异 从表 1 可以看出,随着腌制时间延长蛋黄的硬化率和硬度逐渐提高,但腌制成熟时包灰法的蛋黄硬度和硬化率都比盐水法蛋黄高,从实物图 2 可知,由于硬度不足外观不佳,故通常焙烤食品不采用盐水法腌制的蛋黄。腌制时蛋黄硬化是从外到里由卵黄膜开始逐渐向中心发展的,蛋黄外层先硬化,而内部依然是液态。随外部的脱水,内部开始

变粘稠起来。当蛋黄蛋白质开始浓缩时, 蛋白质分子, 包括脂蛋白分子间开始进行相互作用, 导致像凝胶一样的网络结构形成, 蛋黄自身浸出的脂质油滴会影响蛋黄胶体结构的流变学特性。由于脂类从蛋黄脂蛋白中游离出来, 表明卵黄脂质分子在某种程度参与凝胶结构的形成^[10]。

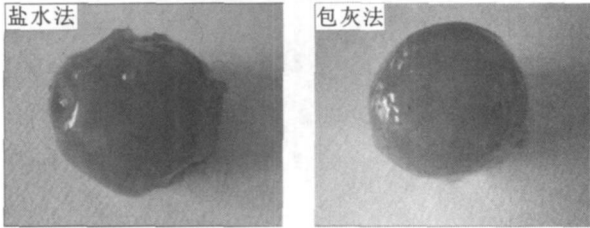


图 2 盐水法和包灰法腌制成熟时的蛋黄实物图

Fig. 2 The Photograph of yolk from saline and plant ash salted duck egg

咸蛋黄由于脱水作用故而有沙质的口感, 沙质感是消费者所接纳咸蛋品质的一个重要指标^[11], 但

物性仪参数中没有直接与其相关的参数来描述沙质口感。随着腌制时间的延长, 蛋黄的其他参数如脆性和胶着力有所增加, 而弹性、粘性、和咀嚼性有所下降。

2 3 盐水法和包灰法腌制咸蛋的蛋黄脂肪酸差异

从表 2 可知, 两种腌制方法下蛋黄脂肪酸种类没有改变, 且大多数脂肪酸含量差异不大。盐水法腌制时蛋黄 DHA 含量是逐渐增加的, 而包灰法蛋黄 DHA 含量是减小的, 且少于盐水法, 成熟时盐水法蛋黄 DHA 含量是包灰法的 2 倍多。两种腌制方法的花生四烯酸 ARA 含量差异不大, 且都是逐渐增加, 亚油酸和亚麻酸含量都呈现逐渐递减趋势。包灰法腌制时蛋黄的豆蔻酸、软脂酸、棕榈酸、硬脂酸和油酸含量几乎无变化, 盐水法腌制时蛋黄的豆蔻酸和软脂酸含量变化不大, 棕榈酸和油酸含量呈递减趋势, 硬脂酸含量则提高。

表 1 不同腌制方法蛋黄硬化率质构变化差异

Tab. 1 Hardening ratio and texture profile analysis (TPA) of yolk from saline and plant ash salted duck egg for different times

腌制方法		硬化率/ %	硬度/ N	脆性/ N	弹性/ mm	粘性	胶着力/ N	咀嚼性/ Nm
包灰法	30 d(半终点)	71.37±3.21 ^a	3.34±1.21	0.27±0.07	0.62±0.25	0.52±0.18	1.37±0.14	2.61±0.92
	60 d(终点)	92.06±3.04	12.67±1.88	5.22±0.97	0.41±0.07	0.16±0.03	1.88±0.34	0.71±0.45
盐水法	10 d(半终点)	61.52±4.25	2.05±0.59	0.11±0.05	0.48±0.20	0.84±0.67	1.48±0.35	3.45±0.22
	20 d(终点)	72.10±3.68	6.94±1.02	3.52±1.04	0.43±0.06	0.44±0.09	1.68±0.23	1.03±0.79

a. 硬化率和质构数据及标准差都是 5 个蛋黄测试结果。

盐水腌制的咸蛋有腥味, 可能跟某些脂肪酸含量变化有关, 且有少量未能确定的 C 峰也可能与盐水蛋腥味有关。在不同品种鸭子的蛋黄脂类中, 其脂肪酸种类是相似的^[12], 但蛋黄中脂肪酸含量是可以由鸭子喂养时的饲料影响。鸭蛋蛋黄脂质具有

独特的脂肪酸, 包括花生四烯酸, 二十二碳六烯酸, 这些在大豆和其他植物中都是没有发现的。花生四烯酸和二十二碳六烯酸附在蛋黄磷脂脂质上, ω 脂肪酸在膳食中, 现在被视为人类大脑功能和视力重要的营养物质^[7]。

表 2 不同腌制方法蛋黄中脂肪酸质量分数差异

Tab. 2 Fatty acid profile of yolk from saline and plant ash salted duck egg for different times %

脂肪酸种类	新鲜蛋黄	包灰法		盐水法	
		半终点脂肪酸	终点脂肪酸	半终点脂肪酸	终点脂肪酸
C14: 0(豆蔻酸)	0.50	0.46	0.37	0.39	0.41
C16: 0(软脂酸)	25.52	26.77	25.82	25.40	26.17
C16: 1(棕榈酸)	3.50	2.58	2.56	3.57	3.08
C18: 0(硬脂酸)	6.17	6.68	7.28	4.73	5.54
C18: 1(油酸)	48.33	46.81	46.73	48.26	45.50
C18: 2(亚油酸)	8.14	9.66	8.98	11.25	9.80
C18: 3(亚麻酸)	0.49	0.33	0.26	0.60	0.20
C20: 4(ARA)	2.68	3.43	4.45	2.83	4.19
C22: 6(DHA)	0.81	0.60	0.54	0.35	1.34

2 4 盐水法和包灰法腌制咸蛋的蛋黄浸油率差异

从图 3 中可知, 盐水法和包灰法腌制的蛋黄浸油率都是逐渐增加的, 而盐水法腌制的蛋黄浸油率比包灰法的蛋黄小, 浸油率越大则是咸蛋黄期望具备的特征^[13]。包灰法腌制半终点时的浸油率为 14.58%, 成熟时为 35.63%。盐水法腌制半终点时的浸油率为 8.02%, 而成熟时为 19.15%。蛋黄中水分的脱离可以增加浸出油量, 因此在腌制过程中的脱水可能是造成浸油率提高的原因。游离状态的脂质主要从低密度脂蛋白中脱离出来, 原因是低密度脂蛋白在脱水和盐分含量增加过程中的结构改变造成。蛋白质脱水导致蛋黄整体特性改变, 并伴随着蛋黄乳化特性的降低。由蛋黄蛋白质脱水形成的弱凝胶体系归因于腌制过程中的蛋黄的疏水作用和氢键破坏^[14]。

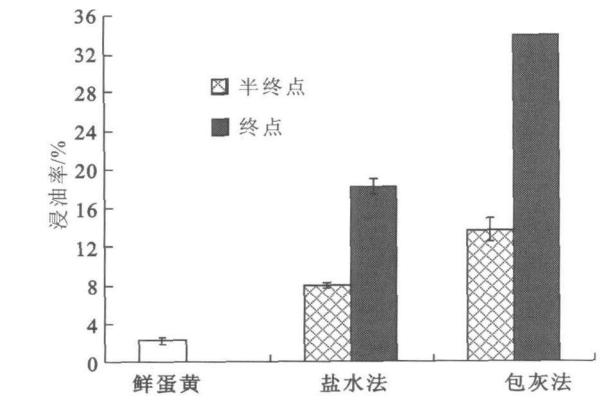


图 3 不同腌制方法的咸蛋黄浸油率变化比较
Fig.3 Oil exudation of yolk from saline and plant ash salted duck egg for different times

2 5 盐水法和包灰法腌制咸蛋的蛋白质差异

从图 4 中可知, 标准蛋白含有 6 条明显的蛋白质条带, 相对分子质量分别是 14 400、20 100、31 000、43 000、66 200、97 400。从咸蛋清和蛋黄的电泳条带中发现, 盐水法腌制和包灰法腌制的咸蛋蛋清和咸蛋黄的蛋白质类型没有显著差异, 与文献的结果相似^[7]。咸蛋清中卵清蛋白属于主要的蛋白质且在 45 000 左右, 是蛋清中最丰富的蛋白质 (54%), 其他蛋白质条带在 76 000 左右的很可能属于伴清蛋白^[15]。咸蛋黄中 46 000 和 66 000 条带都可能属于高密度脂蛋白的载脂蛋白, 而在 100 000 左右区间则属于蛋黄的低密度脂蛋白的载脂蛋白^[16]。蛋黄是一个复杂的蛋白质和脂肪体系, 蛋黄中所有的脂类都和蛋白质结合成脂蛋白形式, 一般分为低密度脂蛋白和高密度脂蛋白。其他的蛋白质条带中可能代表蛋黄中的原生质中的部分低密度脂蛋白^[17]。

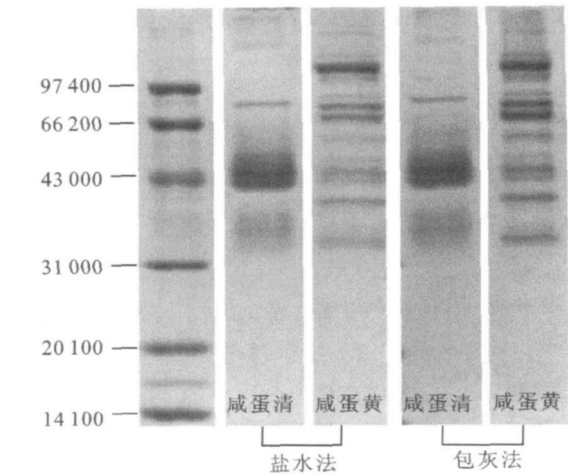


图 4 不同腌制方法成熟时咸蛋清和咸蛋黄蛋白质比较
Fig.4 SDS-PAGE patterns of different portions of saline and plant ash salted duck egg

2 6 扫描电子显微镜观察盐水法和包灰法咸蛋蛋壳膜蛋白差异

由图 5(a)、5(b) 可知, 盐水法和包灰法腌制成熟时咸蛋蛋壳表面孔分布和数量有很大区别。包灰法腌制的咸蛋壳表面孔数量明显要比盐水法腌制的咸蛋壳多, 这可能是包灰法腌制时蛋壳与碱性的草木灰直接接触且脱水严重造成除了本身气孔外的其他孔产生和壳表面粗糙, 草木灰主要成分为 K_2O 和 K_2CO_3 , 而盐水法则不会。两种方法腌制后蛋壳孔径差异不大, 范围均为 0.6~1.2 μm 。由图 5(c)、5(d) 可知, 盐水法和包灰法腌制成熟时蛋壳膜有一定差异。包灰法腌制后, 壳膜纤维直径比盐水法的壳膜纤维要细, 这是由于脱水造成, 并且吸附在膜纤维上的盐分颗粒比盐水法腌制的要少, 颗粒也较小, 这也进一步证明盐水法腌制时, 溶液状态下 $NaCl$ 扩散系数高。

蛋壳由碳酸钙层和内外两层膜的结构组成, 蛋壳表面有漏斗状的小孔称为运输孔。主要是完成气体交换功能, 可以让离子和水自由的进出。蛋壳膜由内膜和外膜组成, 整体是缠绕的线状簇和随机的网状结构。

2 7 透射电子显微镜观察盐水法和包灰法咸蛋黄微观差异

由图 6(a)、(b) 可知, 包灰法腌制的咸蛋黄中脂质从脂蛋白结构中脱离出来的较为完全, 所以浸油率大, 在咸蛋黄的蛋白质球体附近有白色的球状颗粒, 是脂质球, 说明咸蛋黄中的油脂成分从脂蛋白结构中脱离出来^[7]。盐水法腌制时鸭蛋浸泡在水中, 造成蛋黄脱水不完全, 从而脂蛋白中的油脂从载脂蛋白中脱离较少, 包灰法和盐水法的蛋白质球

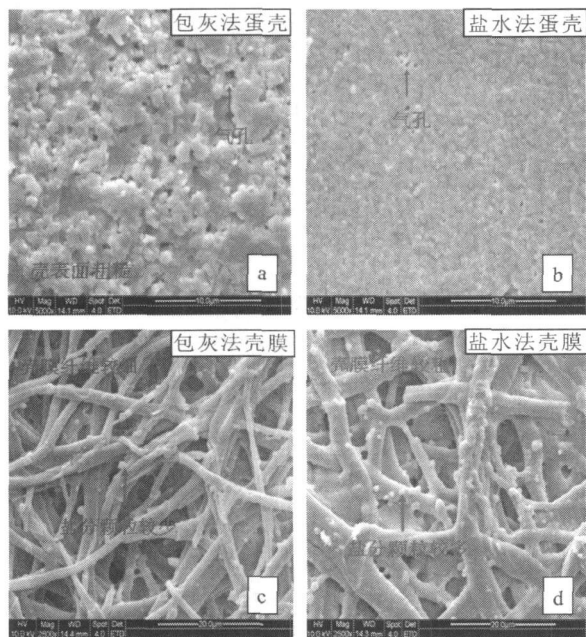


图 5 不同腌制方法成熟时蛋壳和蛋膜 SEM 图

Fig. 5 Scanning electron micrograph of shell and shell membrane from saline and plant ash salted duck egg respectively

状颗粒直径范围都为 0.2~2.0 μm。蛋黄中有 22% 的细粒状物质和 72% 的原生质, 其中细粒状物质 17% 由卵黄高磷蛋白, 70% 高密度脂蛋白和 12% 的低密度脂蛋白组成, 而原生质由 85% 的低密度脂蛋白和 15% 的卵黄球蛋白组成。低密度脂蛋白结构中 90% 由脂类物质组成, 在盐腌制中其脂蛋白结构破坏, 其中的脂类变成游离状态。

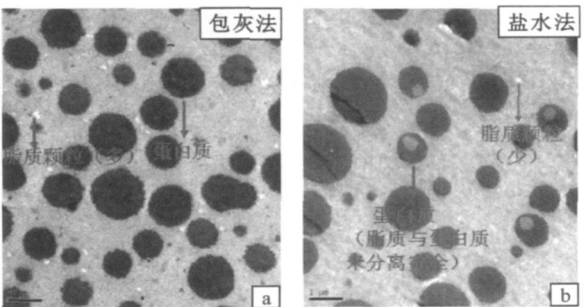


图 6 不同腌制方法成熟时咸蛋黄透射电子显微镜图

Fig. 6 Transmission electron micrograph of saline salted and plant ash salted egg yolk

2.8 激光共聚焦显微镜观察盐水法和包灰法咸蛋黄差异

从图 7(a)、7(b) 可知, 包灰法的蛋黄蛋白质颗粒染色后的图片比盐水法的明亮, 这可能是因为盐水法腌制的咸蛋黄脂蛋白中的蛋白质和脂质没有完全脱离造成, 而蛋白质在共振频率 540 nm 下观

测最为清晰, 所以造成激光共振偏离, 影像模糊。在 630 nm 下观测脂类染色, 由图 7(c)、(d) 可以看出盐水法的油脂含量明显少于包灰法, 这也是由于在盐水浸泡下咸蛋黄中的脂蛋白没有完全分离出脂类的原因。

蛋黄的成分中, 蛋白质可完成对界面水分子的吸附功能, 进而它们有可和界面覆盖的脂类分子相互作用而形成胶体功能。随着腌制过程的进行, 蛋黄脱水越严重, 伴随着的脂肪从脂蛋白中分离的情况就越厉害, 可能降低脂蛋白体中蛋白质部分的乳化功能。激光图像显示蛋黄实际上是蛋白质和脂肪的来源, 且容易在水中分散, 因此可以对其他物质进行乳化, 大多数蛋黄中的蛋白质和极性、非极性脂肪酸分子有序结合成胶束和颗粒结构体。所有的蛋黄中的成分都对油-水相表面有极强的吸附能力。

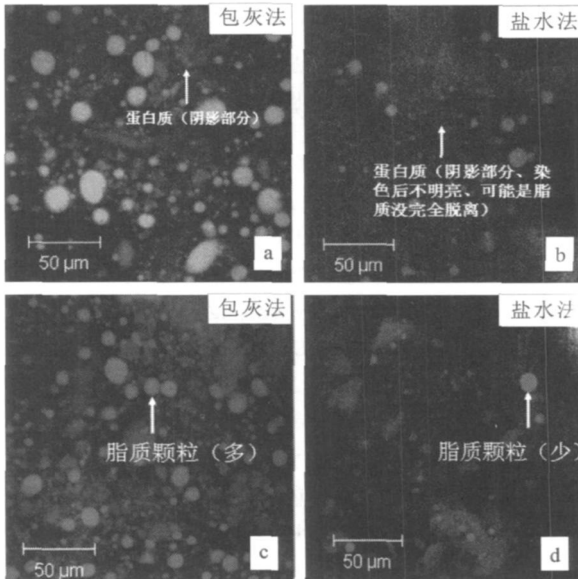


图 7 不同腌制方法成熟时蛋黄激光共聚焦显微镜图

Fig. 7 Confocal laser scanning micrograph of saline salted and plant ash salted egg yolk

3 结 语

盐水法腌制时食盐渗透较快, 鸭蛋达到相同的盐分含量的时间也比包灰法短; 由于脱水不完全, 盐水法腌制的蛋黄硬化率和硬度都比包灰法低, 脂蛋白的脂质不能较好的和载脂蛋白分离, 故浸油率不如包灰法; 盐水法腌制的咸蛋黄的 DHA 含量是包灰法腌制的 2 倍多, 且是逐渐升高, 而硬脂酸含量只有包灰法的 2/3, 其他脂肪酸则没有明显差异; 两种腌制方法的咸蛋黄和蛋清蛋白质种类没有差异, 蛋清主要是 45 000 的卵清蛋白, 蛋黄是 46 000、

66 000 的高密度脂蛋白的载脂蛋白和 100 000 的低密度脂蛋白的载脂蛋白; 由于与草木灰直接接触包灰法腌制后蛋壳孔数量比盐水法多且壳表面粗糙, 壳膜纤维直径因脱水也比盐水法的壳膜纤维细; 两

种方法腌制后可以明显看到蛋黄脂蛋白中油脂和载脂蛋白分离, 包灰法油脂脱离出的更多, 通过激光显微镜图也可以验证, 且两者蛋白质颗粒直径都在 $0.2 \sim 2 \mu\text{m}$ 范围。

参考文献(References):

- [1] 田钊. 鸭蛋腌制过程中某些成分变化规律的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1992(2): 12– 14.
TIAN Chai. Variation of some components of duck egg in salting process[J]. **Journal of Jilin Agriculture University**, 1992 (2): 12– 14. (in Chinese)
- [2] 黄红霞. 天然红心鸭蛋蛋黄粉的生物活性及作用机理研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- [3] 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.
LI Shuai-jin, LING Gang. A quick method for salted duck eggs and its quality improvement[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2006, 27(2): 95– 96. (in Chinese)
- [4] 荣建华, 张正茂, 韩晓, 等. 腌制过程中咸蛋品质变化的动态分析[J]. 华中农业大学学报, 2006, 25(6): 676– 678.
RONG Jian-hua, ZHANG Zheng-mao. Dynamic analysis on quality of salted eggs in pickling process[J]. **Journal of Huazhong Agricultural University(Natural Science Edition)**, 2006, 25(6): 676– 678. (in Chinese)
- [5] 全其根, 宁静, 徐艺青, 等. 咸蛋黄快速腌制方法的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 155– 157.
TONG Qi-gen, NING Jing, XU Yi-qing, et al. Study on rapid salting methods of egg yolk[J]. **Food Science**, 2008, 29(9): 155– 157. (in Chinese)
- [6] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996.
- [7] Thammarat K, Soottawat B, Wonnop V. Changes in chemical composition physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting[J]. **Food Chemistry**, 2009, 112: 560– 569.
- [8] 田亚平. 生化分离技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [9] 荣建华, 张正茂, 冯磊, 等. 咸蛋盐水腌制动力学研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 263– 266.
RONG Jian-hua, ZHANG Zheng-mao, FENG Lei, et al. Pickling dynamics of salted eggs[J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 2007, 23(2): 263– 266. (in Chinese)
- [10] Kiosseoglou V. Egg yolk protein gels and emulsions[J]. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, 2003, 8: 356– 370.
- [11] 张春敏, 张世湘, 吴薇, 等. 咸蛋渗透传质与品质的研究[J]. 食品科技, 2005, (2): 26– 28.
ZHANG Chun-min, ZHANG Shi-xiang, WU Wei, et al. Study on osmotic treatment and the quality of salted duck egg processing[J]. **Food Science and Technology**, 2005, (2): 26– 28. (in Chinese)
- [12] Speake B K, Surai P F, Brotolotti G R. Fatty acid profiles of yolk lipid of five species of wild ducks (Anatidae) differing in dietary preference[J]. **Journal of Zoology**, 2002, 257: 533– 538.
- [13] Schultz J M, Snyder H E, Forsythe R H. Co-dried carbohydrates effect on the performance of egg yolk solids[J]. **Journal of Food Science**, 1968, 33: 507– 513.
- [14] Paraskevopoulou A, Kiosseoglou V, Alevisopoulos S, et al. Small deformation measurements of single and mixed gels of low cholesterol yolk and egg white[J]. **Journal of Texture Studies**, 2000, 31: 225– 244.
- [15] Ternes W. Chemical and functional properties of food proteins[M]. Boca Raton: CRC Press, 2001.
- [16] Raikos V, Hansen R, Campbell L, et al. Separation and identification of hen egg protein isoforms using SDS PAGE and 2D gel electrophoresis with MALDI-TOF mass spectrometry[J]. **Food Chemistry**, 2006, 99: 702– 710.
- [17] Anton M, Martinet V, Dalgalarondo M, et al. Chemical and structural characterization of low density lipoproteins purified from hen egg yolk[J]. **Food Chemistry**, 2003, 83: 175– 183.