

钢混结构咸蛋快速腌制系统设计与试验

Design and experiment of steel-concrete composite structure fast curing system for salted eggs

李赛飞 王树才 李振强 王玉泉

LI Sai-fei WANG Shu-cai LI Zhen-qiang WANG Yu-quan

(华中农业大学工学院, 湖北 武汉 430070)

(College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China)

摘要:针对工厂中传统咸蛋腌制方式腌制周期长、劳动强度大、咸蛋破损率高以及市面现有咸蛋快速腌制装置存在的缺陷等问题,研发了一套钢混结构咸蛋快速腌制系统。该系统由腌制装置、管道系统、加热系统与 PLC 控制系统等部分组成,该系统可实现加压、减压、压力脉动循环、温度控制、腌制液内循环与腌制液外循环等功能。在常压下进行试验,温度设定值为 42 ℃,内循环时间间隔为 0.5 h,维持时间为 0.5 h,外循环时间间隔为 8 h,维持时间为 0.5 h。试验结果表明,通过该系统可以将咸蛋的腌制周期由 30 d 缩短至 12 d,咸蛋的破损率由 10.6% 降低至 3.2%,腌制的咸蛋鲜嫩可口,咸度适中,煮熟后蛋黄出油明显。

关键词:钢混结构;咸蛋;快速腌制

Abstract: Aiming at the problems of long curing cycle, labor intensity, high salted eggs breakage rate for the traditional salted egg pickling method in the factory and defects in the existing salted egg quick pickling device on the market, a steel-concrete composite structure fast curing system for salted eggs has been designed. The system consists of pickling device, pipeline system, heating system and PLC control system. The system can realize functions such as pressurization, decompression, pressure pulsation circulation, temperature control, internal and external circulation of pickling liquid. The test was carried out under normal pressure at a temperature setting of 42 ℃, an internal circulation time interval of 0.5 hours and maintenance time of 0.5 hours, an external circulation time interval of 8 hours and maintenance time of 0.5 hours. The test results show that the salting period of salted eggs can be shortened from 30 days to 12 days by this system, which reduces the breakage rate of salted eggs from 10.6% to

3.2%. The salted eggs are fresh and delicious, the saltiness is moderate, and the egg yolk has obvious oil after cooking.

Keywords: steel-concrete composite structure; salted egg; fast salted

禽蛋是人们饮食中重要组成部分,中国是世界上禽蛋生产与消费大国^[1],禽蛋产业在国民经济中的地位举足轻重,是中国农业的支柱产业之一。咸鸭蛋是禽蛋产业中的重要组成部分,咸鸭蛋中含有丰富的蛋白质与脂肪酸^[2-4],因具有口感鲜美、营养丰富、贮藏时间长等优点,深受人们的喜爱^[5-7]。咸鸭蛋的加工方法主要有浸泡法、包泥法和包灰法 3 种方式^[8-9]。采用传统的腌制方式生产时,咸鸭蛋的腌制周期较长,夏季腌制时间在 20~30 d,春季和秋季腌制时间在 40~50 d^[10],为了缩短腌制周期,国内学者对咸鸭蛋的腌制方式做了大量的试验研究,郑玉锴等^[11-12]将超声波技术应用于咸蛋的腌制,并从黏度的角度初步揭示了超声波的作用机理,能显著缩短咸蛋的腌制周期;李德洪^[13]对磁电辅助腌制咸鸭蛋的工艺进行了分析,得出合适的磁电参数在缩短咸蛋腌制周期的基础上,可以有效提高蛋清盐分、蛋黄盐分和蛋黄的出油率;刘良忠等^[14-15]研究发现酸性或碱性食品添加剂与香辛料可以促进盐分向蛋内扩散;王石泉等^[16]通过超声波—脉动压联用试验,将咸蛋的腌制周期缩短了 90%,极大提高了咸蛋的生产效率。

目前,中国咸蛋腌制的自动化程度较低^[17],工厂中仍然主要采用传统的腌制方式。中国市面现有的咸蛋腌制装置主要有方形不锈钢腌制罐^[18]和圆柱形不锈钢腌制罐^[19],其中方形不锈钢腌制罐不能进行压力腌制,无法较大幅度地缩短咸蛋的腌制周期;由于工厂中的蛋框为长方体结构,当采用圆柱形不锈钢腌制罐腌制咸蛋时,容积利用率较低。针对传统腌制方式及市面现有腌制装置的不足之处,在充分吸收和消化咸蛋快速腌制理论的基础上,提出并设计一种钢混结构咸蛋快速腌制系统,在咸

基金项目:湖北省创新方法推广与应用示范(编号:2016IM020200);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(编号:2662015PY125)

作者简介:李赛飞,男,华中农业大学在读硕士研究生。

通信作者:王树才(1966—),男,华中农业大学教授,博士。

E-mail: wsc01@mail. hzau.edu.cn

收稿日期:2018-12-12

蛋腌制过程中,提高容积利用率,减少咸蛋破损率,实现温度控制、压力幅值控制、压力脉动比控制、腌制液内循环^[20]与外循环控制。试验中通过控制温度参数与腌制液内外循环,并与传统腌制方式进行对比试验,验证钢混结构咸蛋快速腌制系统的优越性。

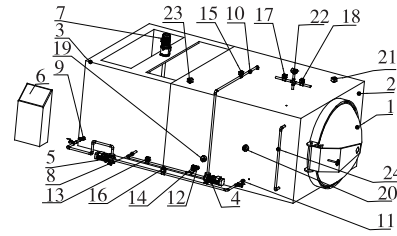
1 咸蛋快速腌制系统结构与工作原理

1.1 腌制系统结构

钢混结构咸蛋快速腌制系统主要有腌制装置、管道系统、加热系统与 PLC(Programmable Logic Controller) 控制系统等部分组成,各个系统有机结合,能够完成温度控制、压力幅值控制、压力脉动比控制、腌制液内循环与外循环控制。其中腌制装置主要由腌制房和配液池组成,腌制房采用钢混结构;管道系统主要由不锈钢管道、水泵与电磁阀组成;加热系统主要由不锈钢散热器、电动调节阀、蒸汽管道与锅炉组成。腌制系统结构如图 1 所示,加热系统的结构示意图如图 2 所示。

1.2 系统工作原理

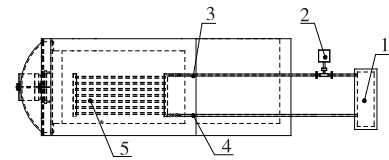
基于钢混结构的咸蛋快速腌制系统主要通过管道系统、PLC 控制系统及加热系统的相互配合实现进液、加压、减压、内循环、外循环与加热等多种工作状态,完成咸蛋的快速腌制。进液状态即 1 号水泵启动,1 号电磁阀、3 号电磁阀与放气阀打开;加热状态即电动调节阀启动,将腌制液温度加热并维持在设定温度;内循环状态即 1 号水泵启动,2 号电磁阀与 3 号电磁阀打开;加压状态即 1 号水泵启动,1 号电磁阀与 3 号电磁阀打开;保压状态即所有水泵与阀都关闭,腌制房内部保持密闭状态;减压状态即 2 号水泵启动,4 号电磁阀打开;外循环状态即 1 号与 2 号水泵



1. 密封门 2. 腌制房 3. 配液池 4. 1 号水泵 5. 2 号水泵 6. 电气控制柜 7. 搅拌机 8. 抽液管道 9. 回液管道 10. 进液管道 11. 出液管道 12. 内循环管道 13. 1 号电磁阀 14. 2 号电磁阀 15. 3 号电磁阀 16. 4 号电磁阀 17. 放气阀 18. 安全阀 19. 1 号温度变送器 20. 2 号温度变送器 21. 3 号温度变送器 22. 压力变送器 23. 双浮球开关 24. 液位观察管

图 1 咸蛋快速腌制系统结构图

Figure 1 Structure diagram of fast salting eggs system

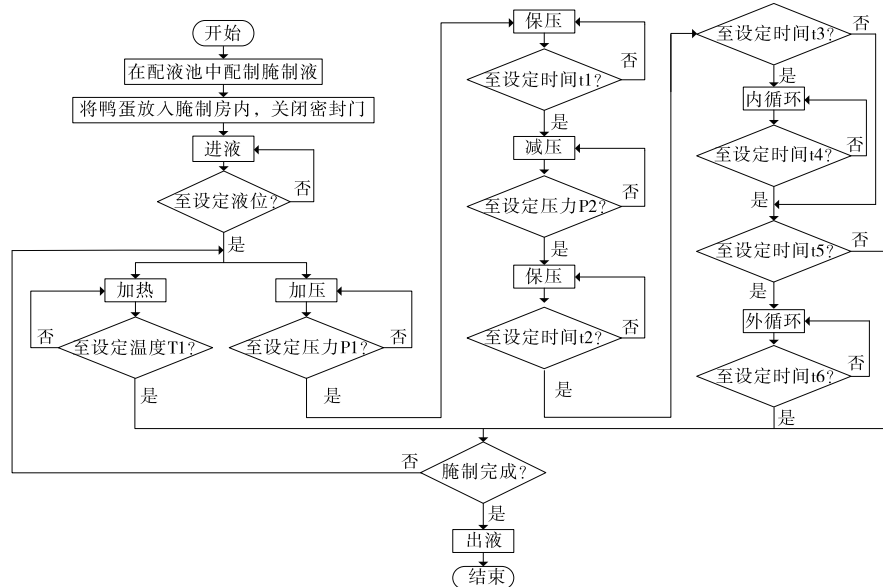


1. 蒸汽锅炉 2. 电动调节阀 3. 蒸汽进口管道 4. 蒸汽出口管道 5. 不锈钢散热器

图 2 加热系统示意图

Figure 2 Schematic diagram of heating system

同时启动,1 号电磁阀、3 号电磁阀与 4 号电磁阀打开;出液状态即 2 号水泵启动,4 号电磁阀与放气阀打开。其中内循环可以使腌制房内腌制液温度与浓度保持均匀;由于咸蛋在腌制过程中,腌制房内腌制液浓度降低,通过在配液池中补充腌制液浓度,利用外循环可以使腌制房内腌制液浓度保持相对恒定。咸蛋腌制流程如图 3 所示。



T1. 温度设定值 P1. 高压设定值 P2. 低压设定值 t1. 高压保持时间 t2. 低压保持时间 t3. 内循环间隔时间 t4. 内循环保持时间 t5. 外循环间隔时间 t6. 外循环保持时间

图 3 咸蛋腌制流程图

Figure 3 Flow chart of salted egg pickling

2 控制系统设计

2.1 控制系统结构与硬件配置

钢混结构咸蛋快速腌制系统的控制部分采用 PLC 控制器, 控制系统的结构如图 4 所示, HMI (Human Machine Interface) 人机界面与 PLC 之间通过 RS485 串口通信^[21-22], 可以实时监控 PLC 中采集到的温度信号与压力信号, 同时可以实现对 PLC 的控制, PLC 控制器根据 HMI 人机界面的控制信号、液位信号、温度信号与压力信号, 实现对水泵、搅拌机、电磁阀、放气阀与电动调节阀的逻辑控制。

根据咸蛋的腌制工艺与系统的控制要求, 设计了 HMI 触摸屏的界面^[23], 监控界面如图 5 所示。

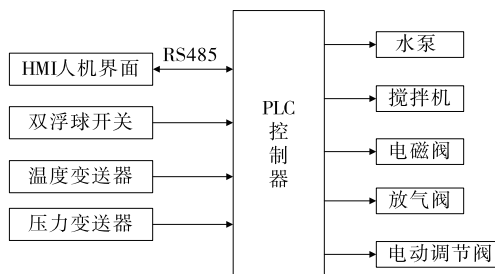


图 4 控制系统结构图

Figure 4 Structure diagram of control system

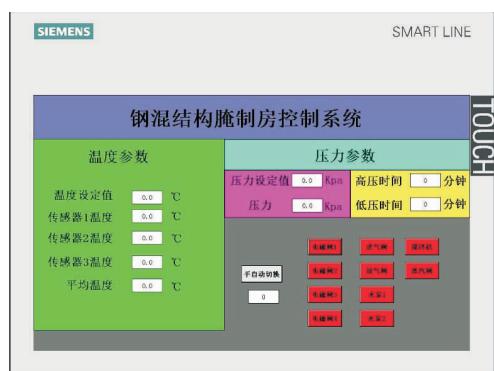


图 5 监控界面

Figure 5 Monitoring interface

腌制系统的硬件配置包括 CPU226CN 西门子 PLC、西门子 EM235 模拟量输入输出模块、西门子 smart line 触摸屏、冠羊 40FX-18 型水泵、ZDPL-16P 型电动调节阀、SRB 型不锈钢散热器、A27W-16T 型安全阀、CWX-15Q 型电动阀、2W350-35 电磁阀、荣光 FBWD-WG 型温度变送器、荣光 FB-WG 型压力变送器、干簧管式双浮球开关、有机玻璃液位观察管、CHNT-JZX 型中间继电器、CHJX2-CJX2 型接触器。

2.2 控制流程

根据咸蛋快速腌制的工艺要求, 结合 PLC 控制器逻辑控制特点, 系统采用手动与自动两种控制模式, 通过

HMI 人机界面可以在手动控制与自动控制之间进行切换, 手动模式主要用于系统的调试, 实现各个元件的独立控制, 自动模式下可以根据咸蛋腌制的工艺要求完成咸蛋的快速腌制; PLC 通过采集到的液位信号、温度信号与压力信号, 结合内部的程序进行逻辑判断, 自动实现进液、加热、加压、保压、减压、内循环、外循环和出液等多个步骤。快速腌制系统的控制流程如图 6 所示。

3 腌制试验与分析

3.1 试验材料

新鲜鸭蛋、精制食盐: 湖北安陆神丹健康食品有限公司;

硝酸银、铬酸钾: 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司。

3.2 试验装置

钢混结构咸蛋腌制装置: HZAU 型, 华中农业大学自制;

均质机: EJ-200 型, 上海标本模型厂;

电子天平: FA2004 型, 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;

电热鼓风干燥箱: 101-1ES 型, 北京永光明医疗仪器厂;

质构仪: TA.XT.Plus 型, 英国 Stable Micro Systems 公司。

3.3 咸蛋的腌制工艺

咸蛋腌制温度设定为 42℃, 每 0.5 h 进行 1 次内循环, 维持时间为 0.5 h, 每 8 h 进行 1 次外循环, 维持时间为 0.5 h。试验组为通过腌制房腌制的咸蛋, 对照组是通过传统腌制方式腌制的咸蛋。

(1) 对照组(采用传统方式): 新鲜鸭蛋→照检→洗蛋→晾干→在腌制缸中配制饱和食盐水→将鸭蛋放入腌制房中, 将腌制缸密封→抽样检查

(2) 试验组: 新鲜鸭蛋→照检→洗蛋→晾干→在配液池中配制饱和食盐水→将鸭蛋放入腌制房中, 关闭密封门→将饱和食盐水抽入腌制房中→加热腌制房中的饱和食盐水, 并维持在 42℃→内循环→外循环→抽样检查

3.4 检测项目及方法

3.4.1 食盐含量测定 采用莫尔法检测蛋清与蛋黄中的食盐含量^[24], 配制 0.01 mol/L 的硝酸银溶液和 5% 的铬酸钾溶液; 取 4 个咸蛋煮熟后分别取同一部位的蛋清(蛋黄)固体于烧杯中用玻璃棒压碎并搅拌均匀, 每 1 组用分析天平取 5 g 蛋清(蛋黄)于烧杯中加入蒸馏水 100 mL, 以 5 000 r/min 均质 2 min, 静置 10 min, 取上清液 10 mL 于锥形瓶中, 加入 6~7 滴 5% 的铬酸钾试剂, 摇晃均匀后, 用 0.01 mol/L 的硝酸银滴定至出现红黄色沉淀且摇晃均匀后一段时间砖红色沉淀不褪色, 含盐量按式(1)计算。

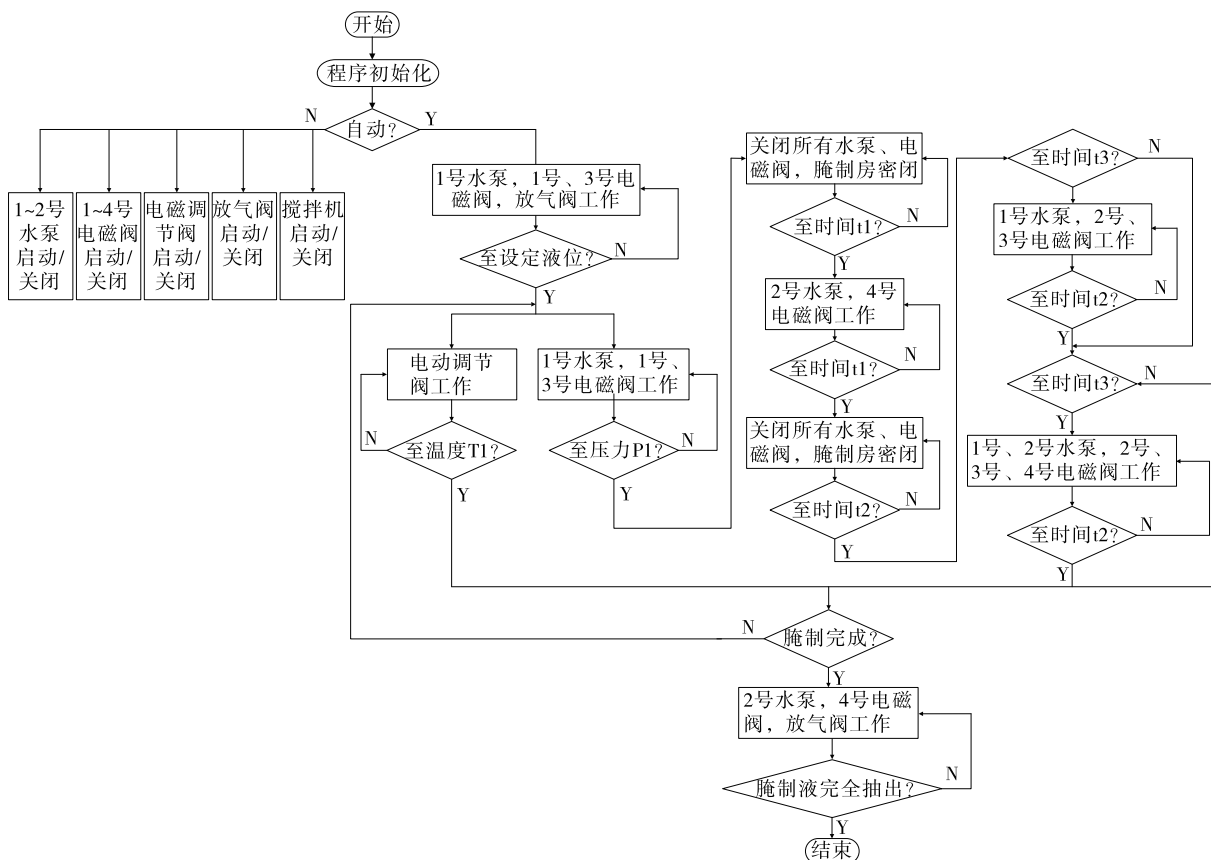


图 6 控制流程图

Figure 6 Flow chart of control

$$N = \frac{0.0588 \ 4 \times 0.01 \times v_0}{0.5}, \quad (1)$$

式中:

N ——NaCl 的质量分数, %;

 v_0 ——硝酸银溶液的滴定量, mL。

3.4.2 蛋黄指数测定 取咸蛋蛋黄部分,放在干净光滑的白板上,用游标卡尺测量其直径,旋转 120° 测量 3 次,求得平均值记为 D ;将游标卡尺尾部插入蛋黄中部测量其高度,旋转 120° 测量 3 次,求得平均值记为 H ,则蛋黄指数按式(2)计算^[25]。

$$C = \frac{H}{D} \text{ ,} \quad (2)$$

式中:

C——蛋黄指数, %;

H ——蛋黄高度, mm;

D ——蛋黄直径, mm。

3.4.3 质构 将咸蛋煮 20 min 成熟,将蛋白与蛋黄分离,蛋白切成 1 cm×1 cm×0.5 cm 均匀的小块,将蛋黄切成 2 个半球。另取腌制成熟的生蛋黄切成 2 个半球。蛋白样品用压缩柱状探针(型号 P/36R)压缩,测试速率 1 mm/s,侧后速率 5 mm/s。将蛋白压缩形变为原来的

50%,蛋黄压缩形变为原来的80%。

3.4.4 蛋黄色度 用罗氏比色扇测定。

3.4.5 破损率 咸蛋腌制完成后,将咸蛋取出,进行人工照检。咸蛋的破损率为腌制系统的重要参数,按式(3)计算。

$$\delta = \frac{n}{N} \times 100\%, \quad (3)$$

式中:

 δ ——咸蛋破损率, %;

n ——咸蛋破损个数；

N ——咸蛋总数。

3.4.6 感官评价标准 随机选取试验组与对照组咸蛋各 10 枚,煮熟后由 10 人组成评价小组对咸蛋进行感官评价,取平均分,评分标准采用 10 分制,具体评分细则如表 1 所示^[26]。

3.5 结果与分析

3.5.1 蛋清含盐量的变化 如图 7 所示,随着腌制时间的延长,试验组与对照组的蛋清含盐量增加,试验组蛋清含盐量在腌制前期增加较快,腌制后期增加速度减慢,对照组蛋清含盐量在腌制前期增加速度缓慢,腌制中期增加速度加快,腌制后期增加速度减慢,与对照组相比,试

表 1 感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation criteria

评价指标	评价标准	分数
蛋白	洁净,无斑点,细嫩	1.5
	咸度适中	2.0
蛋黄	呈现橘黄色,煮熟后有明显出油	2.5
	咸度适中	1.0
口感	咸度适中,鲜嫩可口	3.0

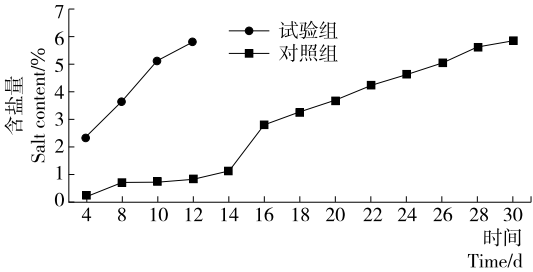


图 7 蛋清含盐量

Figure 7 Salt content of egg white

验组将腌制周期由 30 d 缩短至 12 d,大大缩短了咸蛋的腌制周期。

3.5.2 蛋黄含盐量的变化 如图 8 所示,试验组与对照组的蛋黄含盐量均随腌制时间的延长而增加,试验组腌制 12 d 的咸蛋蛋黄含盐量与对照组腌制 30 d 的接近,与对照组相比,试验组加速了咸蛋蛋黄的成熟,缩短了咸蛋的腌制周期。

3.5.3 蛋黄指数的变化 如图 9 所示,在试验组与对照组中,咸蛋的蛋黄指数均随腌制时间延长而变大,随着腌制时间的延长,蛋黄指数逐渐接近 1,但始终小于 1,试验

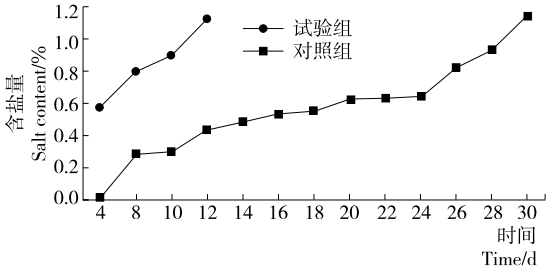


图 8 蛋黄含盐量的变化

Figure 8 Salt content of egg yolk

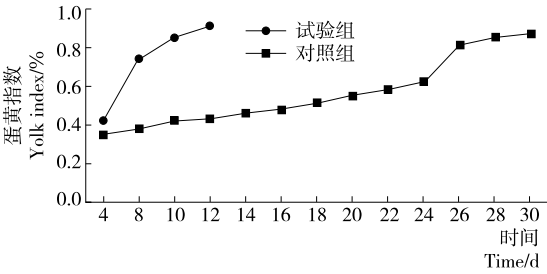


图 9 蛋黄指数的变化

Figure 9 Change of yolk index

组的咸蛋蛋黄指数增长较快,在腌制 12 d 时达到 0.91,对照组蛋黄指数变化缓慢,在腌制 30 d 时为 0.87,分析可知通过腌渍房腌制咸蛋缩短了咸蛋的成熟周期。

3.5.4 质构参数 表 2 所示为通过钢混结构咸蛋快速腌制系统腌制的咸蛋质构参数,其中蛋白(熟)、蛋黄(熟)分别表示煮熟后的咸蛋蛋白与蛋黄,蛋黄(生)表示腌制完成后的生蛋黄。由表 2 分析可知,咸蛋生蛋黄的硬度,弹性,黏结性与胶着性均高于煮熟后的咸蛋蛋黄。

表 2 质构参数

Table 2 Texture parameters

样品	硬度/g	弹性/mm	黏结性	胶着性/g
蛋白(熟)	538.307±80.892	0.884±0.054	0.747±0.026	401.302±55.214
蛋黄(熟)	547.060±37.450	0.366±0.018	0.283±0.014	165.304±29.514
蛋黄(生)	693.765±38.840	0.950±0.011	0.652±0.015	452.155±18.841

3.5.5 咸蛋色度变化 在咸蛋腌制过程中通过抽样检查,并与罗氏比色扇对比咸蛋蛋黄色度的变化,通过对比分析可知,随着腌制时间的延长,蛋黄的色度值逐渐增加,咸蛋开始腌制时蛋黄的色度值是 11,咸蛋成熟时蛋黄的色度值是 14。

3.5.6 破损率检测 咸蛋破损率是咸蛋工业生产的重要参数,采用传统方式进行腌制时,在咸蛋腌制完成后,需要将咸蛋逐个从腌制容器中取出,取用不方便,容易打破蛋壳,故咸蛋的破损率较高;采用钢混结构咸蛋快速腌制系统腌制咸蛋时,咸蛋放置在蛋框中,然后整体放入腌制房内进行腌制,咸蛋腌制成熟时后,整框取出,咸蛋的破

损率大大降低。对照组与试验组的数据如表 3 所示。

3.5.7 感官评价 通过感官评价,煮熟后试验组腌制的咸蛋,蛋白光滑细嫩,蛋黄色泽呈现橘黄色,蛋黄与蛋白咸度适中,蛋黄有明显的出油,咸蛋整体表现为鲜嫩可

表 3 咸蛋破损率相关数据

Table 3 Relevant breakage rate data of salted egg

项目	对照组	试验组
咸蛋总数	4 000	4 000
破损数	127	423
破损率	3.2%	10.6%

口,总体评分 9.1 分;对照组腌制的咸蛋,蛋白洁净无破损,但咸味过重,蛋黄咸度适中,煮熟后出油明显,部分蛋黄外层有黑圈,咸蛋的整体表现为蛋白偏咸,蛋黄咸味适中,总体评分为 8.0 分。感官评分如表 4 所示。

表 4 感官评价分数

Table 4 Sensory evaluation score

评价指标	试验组	对照组
蛋白	3.1	2.7
蛋黄	3.2	2.8
口感	2.8	2.5
总分	9.1	8.0

4 结论

(1) 针对传统咸蛋腌制方式的弊端和市面上现存腌制装置的缺陷,结合工厂高效、自动化腌制咸蛋的需求,设计了钢混结构咸蛋快速腌制系统,包括腌制系统结构设计和控制系统设计。本试验主要利用控温、内循环和外循环腌制咸蛋,其中温度设定值为 42 ℃,内循环间隔时间 0.5 h,外循环间隔时间 8 h,内外循环维持时间均 0.5 h。试验证明,钢混结构咸蛋快速腌制系统工作稳定,咸蛋的破损率由 10.6%降低到 3.2%,完全符合工业生产的需求。

(2) 腌制试验表明,通过钢混结构咸蛋快速腌制系统可以将咸蛋的腌制周期由常温腌制的 30 d 缩短至 12 d,大大缩短了咸蛋的腌制周期;通过钢混结构咸蛋快速腌制系统腌制的咸蛋味道鲜嫩可口,蛋白与蛋黄咸度适中,煮熟后蛋黄有明显的出油,能够满足工厂的生产要求。

(3) 在后续的试验研究中,可以对试验条件进行优化,通过温度、压力、压力脉动比等单因素和正交试验,确定咸蛋腌制的最佳工艺条件,进一步缩短咸蛋的腌制周期。

参考文献

[1] 马美湖. 我国禽蛋产业发展现状及需解决的重大科技问题[J]. 中国家禽, 2010(5): 12-18.

[2] THAMMARAT Kaewmanee, SOOTTAWAT Benjakul, WONNOP Visessanguan. Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting[J]. Food Chemistry, 2009, 112(3): 560-569.

[3] GANESAN P, KAEWMANEE T, BENJAKUL S, et al. Comparative Study on the Nutritional Value of Pidan and Salted Duck Egg[J]. Korean Society for Food Science of Animal Resources, 2014, 34(1): 1-6.

[4] 肖小年, 范青生, 余世望, 等. 蛋黄油的营养成分分析[J]. 食品工业, 1998(4): 46.

[5] 马美湖. 禽蛋制品生产技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 35-43.

[6] 苏鹤, 杨瑞金, 赵伟, 等. 咸鸭蛋的快速腌制及品质控制技术研究进[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(17): 205-208.

[7] 李雪斌, 伍广, 江章应, 等. 改善咸蛋品质加工技术的研究[J]. 大众科技, 2009(1): 143-144.

[8] 吴文锦, 汪兰, 张依洁, 等. 不同养殖及腌制方式下咸鸭蛋的贮藏期研究[J]. 中国家禽, 2015, 37(12): 35-38.

[9] 伍广, 江章应, 陈长有, 等. 国内外蛋品加工技术的研究进展[J]. 大众科技, 2008(12): 150-151.

[10] 任发政. 咸蛋的腌制机理及其加工方法[J]. 农产品加工, 2009(5): 24-25.

[11] 郑玉销, 刘树滔, 陈躬瑞, 等. 超声波技术在咸蛋腌制中的应用及其机理初探[J]. 福州大学学报: 自然科学版, 1996(3): 71-74.

[12] KHOA Luu Mai Dang, TUAN Quoc Le, SIRICHA Songsermpong. Effect of Ultrasound Treatment in the Mass Transfer and Physical Properties of Salted Duck Eggs[J]. Kasetsart Journal, 2016, 48(6): 942-953.

[13] 李德洪. 电磁辅助快速腌制咸鸭蛋的工艺分析[J]. 电子测试, 2016(17): 172-175.

[14] 刘良忠, 文友先, 张声华, 等. 几种食品添加剂与香辛料对咸蛋加工的影响[J]. 食品工业科技, 2003, 18(1): 48-50.

[15] 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]. 食品科技, 2003(1): 36-37.

[16] 王石泉, 王树才, 张益鹏, 等. 超声波-脉动压联用快速腌制咸鸭蛋的工艺参数优化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(23): 286-292.

[17] 林向阳, 赖宜萍, 朱榕壁, 等. 咸蛋腌制过程中超声波预处理技术参数优化[J]. 中国食品学报, 2011, 11(6): 68-76.

[18] 王爱军. 一种节能型腌制釜: 中国, 201620531996.3[P]. 2017-01-11.

[19] WANG Shi-quan, WANG Shu-cai, MA Mei-hu. Design of the highly active salting egg can's control system based on ARM [C]//Yichang: IEEE Computer Society, 2011: 2 991-2 994.

[20] 蒲跃进, 杜金平, 梁振华, 等. 循环水腌制咸蛋工艺研究[J]. 中国家禽, 2010, 32(16): 25-31.

[21] 陈忠平, 侯玉宝, 李燕. 西门子 S7-200 PLC 从入门到精通[M]. 北京: 中国电力出版社, 2015: 322-328.

[22] 向晓汉, 苏高峰. PLC 工业通信完全精通教程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013: 72-93.

[23] 廖常初, 陈晓东. 西门子人机界面(触摸屏)组态与应用技术[M]. 北京: 中国机械出版社, 2016: 35-42.

[24] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 27-30.

[25] 刘国庆, 江力, 钱晓勇, 等. 咸鸭蛋快速腌制工艺优化研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 234-237.

[26] 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.