

蛋壳内蛋液残留量与悬置时间及 Haugh 单位的关系

黄店升 王树才 李伟克 夏高兵

华中农业大学工学院, 武汉 430070

摘要 为提高打蛋机工作效率,减少蛋壳内蛋液残留量,测定蛋壳内蛋液残留量及其与蛋壳悬置时间和鲜蛋 Haugh 单位关系。结果表明:在静止状态下,被打蛋器打开的鸡蛋壳悬置 0.8 s 之前,蛋壳内蛋液残留量不稳定,1 s 后基本稳定,1.4 s 时蛋内 97.9% 的蛋液已流出蛋壳,仅残留 2.1%; 后续时间内蛋壳内蛋液残留量变化微小,据此可确定蛋壳最佳悬置时间为 1.4 s。在蛋壳悬置 1.4 s 的情况下,不同 Haugh 单位的鲜蛋,蛋壳内蛋液残留量变化显著($P=0.03<0.05$),趋势是随 Haugh 单位的减小而减小。根据鲜蛋合格标准,确定打蛋时最佳 Haugh 单位为 57.5~60.0,并据此决定鲜蛋库存时间。

关键词 打蛋机; 蛋液; 残留量; 悬置时间; Haugh 单位

中图分类号 TS 253 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)05-0127-05

打蛋机是鸡蛋深加工的关键设备,随着鸡蛋深加工行业迅速发展,需求量越来越大,性能要求也越来越高^[1]。由于国内打蛋机技术发展缓慢,目前只有小型圆盘式打蛋机,不能满足鸡蛋深加工的需求,所以大部分鸡蛋深加工企业选择引进国外大型多排链式打蛋机^[2-5]。因鸡蛋原料品种和质量标准的差异,故进口打蛋机在使用过程中存在诸多问题,如难以达到设备设计生产能力,蛋壳内蛋液残留量较大等现象。在进口链式打蛋机中,随着机器速度的提高,蛋壳悬置于蛋杯之上的时间缩短,蛋壳内蛋液残留量增加,悬置时间延迟,机器运行速度降低,因此,必须确定蛋壳在打蛋器单体上的最佳悬置时间。

鸡蛋的 Haugh 单位是反映鸡蛋新鲜度的主要指标,刚产下的鸡蛋 Haugh 单位 ≥ 72 ,随着储藏时间的延长,Haugh 单位逐渐降低。Haugh 单位 72 以上为 AA 级,Haugh 单位 60~72 为 A 级,30~60 为 B 级,鲜销的壳蛋要求达到 A 级以上标准。通常打蛋机打蛋前,鸡蛋的 Haugh 单位为 50~70,在此范围内对最终产品的质量影响甚微,但 Haugh 单位的大小直接影响蛋壳内蛋液残留量^[6-7]。

鸡蛋储存天数与 Haugh 单位显著相关,且存储条件、鸡蛋品种和个体差异也影响 Haugh 单位的大小^[8-9]。本试验通过分析鲜蛋 Haugh 单位与打蛋时

蛋壳内蛋液残留量的关系,确定打蛋时最佳 Haugh 单位和鲜蛋库存时间,并为研发大型国产化打蛋机提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试鸡蛋采自湖北神地农业科贸有限公司,为无公害品种的鲜鸡蛋,由于长途运输的原因,试验前鸡蛋已在常温下储藏 5~7 d。

测试蛋壳悬置时间与蛋壳内蛋液残留量关系试验的鲜蛋,取回编号后立即进行试验;测试 Haugh 单位与蛋壳内蛋液残留量关系试验的鲜蛋,编号分组后存储在恒温箱内(温度为 25 °C),每间隔 3 d 取出 1 组进行试验。

1.2 仪器和设备

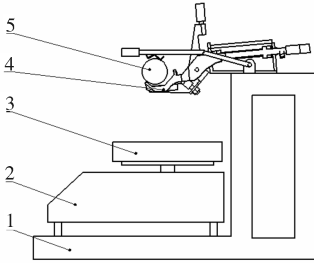
主要仪器和设备:蛋壳内蛋液残留量试验台,打蛋器单体(PELBO 公司生产的 SIMPLEX 5S100 打蛋器单体),电子秤(0.01 g),蛋品质分析仪(05-UM-001 Version E),恒温箱(0~50 °C,宁波市科技园区新江南仪器有限公司产品)。将打蛋器单体固定在试验台上,其下方放置电子秤,盛放蛋液的托盘放置在电子秤上,将电子秤调零(去皮),构成打蛋器悬置试验台(图 1)。

收稿日期: 2014-06-03

基金项目: 农业部“948”项目(2013-Z25); 湖北省公益性科技研究项目(GYN0090)

黄店升, 硕士研究生. 研究方向: 农业电气化与自动化. E-mail: 272602004@qq.com

通信作者: 王树才, 博士, 教授. 研究方向: 农产品无损检测技术与设备. E-mail: wsc01@mail.hzau.edu.cn

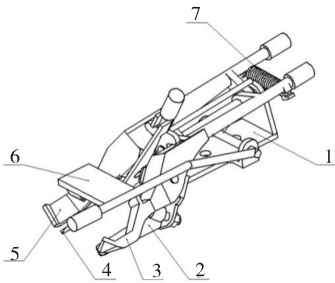


1. 试验台 Testing desk; 2. 电子秤 Electronic scale; 3. 托盘 Glass dish; 4. 打蛋器 Eggbeater; 5. 鸡蛋 Egg.

图 1 打蛋器悬置试验装置

Fig.1 Eggbeater mounting testing device

打蛋器单体结构如图 2 和图 3 所示, 蛋壳分开后蛋液流出的状态如图 4 所示, 鸡蛋被夹持在左右托杆和压板之间, 左右刀片在弹簧作用下打破蛋壳, 然后左右托杆和左右刀片分开, 将蛋壳掰开一条裂口, 蛋液从张开的两刀片间流出, 落入托盘内, 被电子秤实时记录下蛋液质量。



1. 固定支架 Stationary barrier; 2. 左刀片 Left blade; 3. 左托杆 Left tow bar; 4. 右刀片 Right blade; 5. 右托杆 Right tow bar; 6. 压板 Platen; 7. 拉伸弹簧 Extension spring.

图 2 打蛋器单体的结构图(刀片分开蛋壳后的状态)

Fig.2 Monomer structure diagram of the eggbeater (state of eggshell separation)

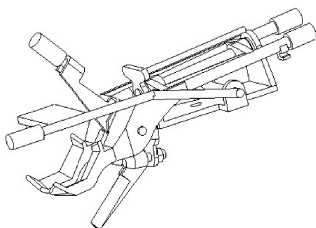
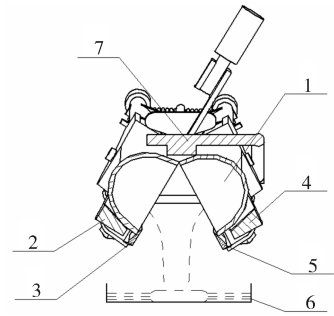


图 3 打蛋器单体的结构图(刀片打入蛋壳前状态)

Fig.3 Schematic diagram of the state of the monomer eggbeater prior to work



1. 鸡蛋 Egg; 2. 右托杆 Right tow bar; 3. 右刀片 Right blade; 4. 左托杆 Left tow bar; 5. 左刀片 Left blade; 6. 托盘 Glass dish; 7. 压板 Platen.

图 4 打蛋器打蛋原理及蛋液流出示意图

Fig.4 Principle of beating eggs of the eggbeater and the diagram of the outflow of the egg liquid

1.3 蛋液残留量的测定

首先将试验鸡蛋称量获得总蛋质量 M , 然后将鸡蛋放到试验台上打蛋, 读取电子秤显示的落入托盘中的蛋液质量 M_{ii} , 试验完成后将蛋壳洗净, 干燥, 称量获得蛋壳质量 M_k , 则蛋壳内蛋液绝对残留量 $M_c = M - M_{ii} - M_k$, 所有称量精确到 0.01 g。

1.4 蛋壳最佳悬置时间的计算

在环境温度 25 °C 下, 将鸡蛋放于打蛋器的左右托杆和压板间固定, 压下开刀片后弹起将鸡蛋打破, 左右托杆和左右刀片分离使蛋液落入托盘内, 用摄像机记录刀片打入蛋壳直至蛋壳悬置 1 min 的全部蛋液流出过程, 慢速回放, 从视频中读出不同时刻电子秤中蛋液的质量 M_{ii} , 蛋壳悬置 1 min 后, 可流出蛋壳的蛋液已基本流出, 剩余粘附在蛋壳上的少量残留蛋液, 即使将蛋壳悬置更长时间, 其从蛋壳内流出量也极少, 显然这部分残留蛋液用延长蛋壳悬置时间的方法使其流出是得不偿失的。

为消除鸡蛋质量与蛋壳质量的个体差异, 将悬置 10 min 流入托盘中的蛋液视为鸡蛋中全部蛋液质量 M_y , 用 $\eta = (1 - M_{ii} / M_y) \times 100\%$ 作为蛋壳内蛋液残留的相对值进行比较分析。用已编号的 20 枚鲜鸡蛋重复试验 20 次, 记录试验数据, 用于分析蛋壳内蛋液残留量与蛋壳静态悬置时间的关系, 确定最佳悬置时间。

1.5 蛋液残留量 Haugh 单位的测定

为获得不同 Haugh 单位的鸡蛋, 将准备的试验材料 120 枚鸡蛋, 分 6 组置于恒温箱中, 每隔 3 d 取出 1 组进行试验, 测定步骤如下:

(1) 用蛋品分析仪称鸡蛋总质量 M ;

(2)将鸡蛋放于打蛋器的左右托杆和压板间固定,压下开刀片后弹起将鸡蛋打破,左右托杆和左右刀片分离使蛋液落入托盘内,用摄像机记录刀片打入蛋壳直至蛋壳悬置 1 min 的全部蛋液流出过程,慢速回放,从视频中读出 1.4 s 时刻电子秤中蛋液的质量 $M_{1.4}$;

(3)将盛有蛋黄和蛋清的托盘放入蛋品分析仪中测出 Haugh 单位;

(4)称蛋壳质量 M_k 。

2 结果与分析

2.1 蛋壳悬置时间对蛋液残留量的影响

从表 1 可以看出,在蛋壳刚被打破分开的 0.8 s 之前,85% 以上的蛋液已经从蛋壳流出,但蛋壳内蛋液残留量不稳定;1 s 后基本稳定,1.4 s 时蛋内平均 97.8% 的蛋液已流出蛋壳,仅残留 2.2%;后续时间内蛋壳内蛋液残留量变化微小,故可确定蛋壳最佳悬置时间为 1.4 s。

表 1 蛋壳悬置时间与蛋壳内蛋液残留量

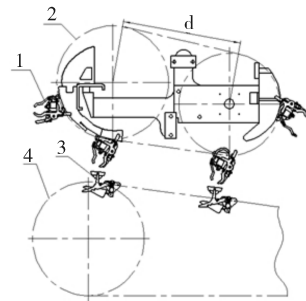
Table 1 Suspended time of the eggshell and the residue of the egg liquid in the eggshell

序号 No.	M/g	M_y/g	M_k/g	不同悬置时间下的 $M_{ii}(g)$ 和对应的相对残留量 $\eta(\%)$									
				The $M_{ii}(g)$ in different suspended time and its corresponding relative residues $\eta(\%)$									
				0.2 s	0.4 s	0.6 s	0.8 s	1.0 s	1.2 s	1.4 s	1.8 s	2.2 s	3 s
1	58.02	50.03	5.79	13.32/73.4	24.99/50.0	36.79/26.5	47.36/5.3	47.36/5.3	47.71/4.6	47.97/4.1	48.24/3.6	48.33/3.4	48.41/3.2
2	57.45	49.60	6.08	2.84/94.3	15.55/68.6	27.48/44.6	39.47/20.4	48.06/3.1	48.06/3.1	48.22/2.8	48.43/2.4	48.53/2.2	48.65/1.9
3	70.75	61.67	6.66	1.11/98.2	16.80/72.8	31.59/48.8	46.61/24.4	60.09/2.6	60.09/2.6	60.48/1.9	60.74/1.5	60.80/1.4	60.84/1.3
4	52.91	45.59	5.33	1.85/95.9	3.06/93.3	6.41/85.9	17.18/62.3	27.02/40.7	36.87/19.1	44.28/2.9	44.28/2.9	44.48/2.4	44.61/2.1
5	64.62	56.08	6.85	1.73/96.9	1.73/96.9	30.64/45.4	44.40/20.8	55.11/1.7	55.11/1.7	55.18/1.6	55.20/1.6	55.30/1.4	55.33/1.3
6	59.24	51.36	6.55	13.68/73.4	26.35/48.7	38.93/24.2	50.62/1.4	50.62/1.4	50.63/1.4	50.74/1.2	50.83/1.0	50.86/1.0	50.89/0.9
7	58.89	51.27	6.36	8.62/83.2	22.14/56.8	34.66/32.4	47.22/7.9	50.30/1.9	50.30/1.9	50.37/1.8	50.42/1.7	50.43/1.6	50.44/1.6
8	61.46	54.27	5.81	14.90/72.5	27.96/48.5	41.11/24.2	52.67/2.9	52.67/2.9	52.87/2.6	52.97/2.4	53.07/2.2	53.12/2.1	53.21/2.0
9	58.95	51.94	5.71	7.08/86.4	21.51/58.6	34.19/34.2	46.91/9.7	49.60/4.5	50.95/1.9	51.06/1.7	51.17/1.5	51.19/1.4	51.20/1.4
10	65.46	56.92	6.92	1.74/96.9	7.91/86.1	22.90/59.8	36.67/35.6	48.80/14.3	55.50/2.5	55.50/2.5	55.83/1.9	56.00/1.6	56.15/1.4
11	61.59	53.19	6.57	9.49/82.2	23.16/56.5	35.24/33.7	49.39/7.1	52.59/1.1	52.59/1.1	52.71/0.9	52.82/7	52.89/0.6	52.94/0.5
12	56.90	49.75	5.87	12.12/75.6	24.30/51.2	36.53/26.6	48.79/1.9	49.03/1.4	49.16/1.2	49.26/1.0	49.38/0.7	49.42/0.7	49.46/0.6
13	61.79	53.02	6.81	5.41/89.8	19.23/63.7	32.04/39.6	44.94/15.2	51.67/2.5	51.67/2.5	51.86/2.2	52.08/1.8	52.22/1.5	52.40/1.2
14	66.82	58.05	6.73	14.36/75.3	28.46/51.0	42.61/26.6	56.69/2.3	56.69/2.3	56.83/2.1	56.94/1.9	57.06/1.7	57.11/1.6	57.19/1.5
15	57.14	49.65	5.89	2.76/94.4	15.05/69.7	27.58/44.5	39.43/20.6	47.44/4.5	47.44/4.5	47.67/4.0	47.86/3.6	47.96/3.4	48.11/3.1
16	54.26	47.37	5.43	11.67/75.4	23.12/51.2	34.61/26.9	46.04/2.8	46.04/2.8	46.12/2.6	46.12/2.6	46.13/2.6	46.21/2.4	46.22/2.4
17	60.88	53.16	5.96	6.35/88.1	20.69/61.1	33.71/36.6	46.78/12.0	52.43/1.4	52.43/1.4	52.55/1.1	52.66/0.9	52.71/0.8	52.74/0.8
18	59.90	51.73	6.68	13.20/74.5	25.75/50.2	38.39/25.8	51.05/1.3	50.58/2.2	50.71/2.0	50.76/1.9	50.80/1.8	50.82/1.8	50.83/1.7
19	52.62	43.86	5.97	5.21/88.1	16.47/62.4	26.99/38.5	37.54/14.4	42.22/3.7	42.31/3.5	42.39/3.4	42.50/3.1	42.53/3.0	42.60/2.9
20	55.35	47.25	6.35	11.11/76.5	22.21/53.0	33.51/29.1	44.92/4.9	45.64/3.4	45.85/3.0	45.96/2.7	46.04/2.6	46.19/2.2	46.37/1.9
平均值 Average value				84.5	61.2	37.7	13.7	5.2	3.3	2.2	2.0	1.8	1.7

PELBO 公司生产的 SIMPLEX 5S100 打蛋机(图 5),其蛋液流出蛋壳段纵向运动距离为 430 mm,约等于图中打蛋器链轮的中心距 d ,计算确定打蛋机的最佳工作速度为 304 mm/s。设计新的打蛋机时,为了提高工作效率,往往要提高机器的工作速度,即工作速度 $v > 304$ mm/s,此时可以通过扩大打蛋器链轮的中心距 d ,保证最佳蛋壳悬置时间不变。

2.2 鲜蛋 Haugh 单位对蛋液残留量的影响

使用蛋品分析仪,可同时显示蛋质量、蛋黄高度、蛋黄颜色、Haugh 单位,Haugh 单位的计算公式^[10-14]: $H_u=100\lg(h+7.57-1.7M^{0.37})$,式中, H_u 为鸡蛋 Haugh 单位, h 为蛋白高度, M 为鸡蛋的质量。通过公式可计算出蛋壳悬置 1.4 s 时蛋壳内蛋液绝对残留量 M_c : $M_c=M-M_{1.4}-M_k$,式中: M 为鸡蛋总



1.打蛋器单体 Monomer eggbeater; 2.打蛋器链轮链条组 Sprocket wheel and chain groups of eggbeater; 3.蛋液分离器单体 Egg separator (monomer); 4.蛋液分离器链轮链条组 Sprocket wheel and chain groups of egg separator.

图 5 打蛋机部分传动原理图

Fig.5 Part of the transmission principle diagram of the egg beat machine

质量, $M_{1.4}$ 为蛋壳悬置 1.4 s 时托盘内的蛋液质量, M_k 为蛋壳质量。

120 枚鸡蛋的蛋壳内蛋液绝对残留量 M_c 随 Haugh 单位变化规律如图 6 所示。由图 6 可知, 蛋壳内蛋液绝对残留量 M_c 随 Haugh 单位的减小而减小, 在高 Haugh 单位区域 (Haugh 单位 >70), 有少数样本残留较少, 这主要是因为蛋清与蛋黄粘附紧密, 在蛋黄重力作用下随蛋黄一起全部流出造成, 但在该区域多数样本残留量较大; 在低 Haugh 单位区域 (Haugh 单位 <40), 有少数样本残留反而变大, 这主要是由于蛋黄黏壳造成, 此种鸡蛋不能使用, 生产中应剔除。

将 Haugh 单位分为 10 个水平, 分别为 30~40、40~45、45~50、50~55、55~57、57~60、60~62、62~65、65~70、70~75; 计算每个水平下的蛋壳内蛋液绝对残留量 M_c 的平均值和方差, 分别为 2.93 ± 0.16 、 3.03 ± 0.24 、 2.88 ± 0.22 、 3.20 ± 0.37 、 3.24 ± 0.35 、 3.34 ± 0.21 、 3.45 ± 0.52 、 3.77 ± 0.56 、 3.66 ± 0.39 、 4.12 ± 0.57 。

对不同水平的 Haugh 单位的蛋壳内蛋液绝对残留量做单因素方差分析, 结果是不同 Haugh 单位对蛋壳残留量有显著性影响 ($P < 0.05$), Haugh 单位在 57.5~60.0 范围内蛋壳内蛋液残留量较少, 平均为 3.34 g, 而且数据收敛度较好, 表明此区域蛋壳内蛋液残留量稳定, 也适合鸡蛋深加工对原料蛋的质量要求。

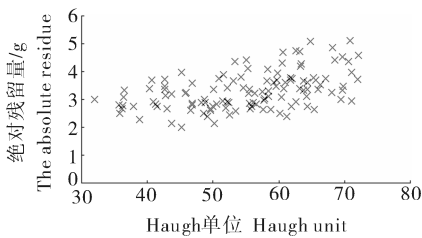


图 6 蛋壳内蛋液绝对残留量随 Haugh 单位变化规律

Fig.6 Principle of the absolute residue of egg liquid in the eggshell changing with the Haugh unit

3 讨论

本试验结果表明: 在静止状态下, 被打蛋器打开的鸡蛋壳悬置 0.8 s 之前, 蛋壳内蛋液残留量不稳定; 1 s 后基本稳定, 1.4 s 时蛋壳内平均蛋液残留为 2.1%; 后续时间内蛋壳内蛋液残留量变化微小, 打蛋后最佳蛋壳悬置时间为 1.4 s。由于打蛋器振动会加速蛋壳内蛋液流出, 本试验不足之处是在没有

振动的情况下进行, 而实际上打蛋器在机器上是有一定的振动, 因此, 今后应探讨在不同的振动频率下打蛋后最佳蛋壳悬置时间。

在蛋壳悬置 1.4 s 的情况下, 不同 Haugh 单位的鲜蛋, 蛋壳内蛋液残留量变化显著 ($P = 0.03 < 0.05$), 趋势是随 Haugh 单位的减小而减小, 综合考虑蛋壳内蛋液残留量、鲜蛋合格标准和企业库存需求, 确定打蛋时最佳 Haugh 单位为 57.5~60.0。一般情况下, 鲜蛋从养殖场收集后, 存储在 4 °C 的冷库中, Haugh 单位降至 57.5~60.0 需经过 60 d 左右^[15], 完全可以满足生产企业库存要求。低 Haugh 单位的鸡蛋, 虽然蛋壳内蛋液残留量有所降低, 但对鸡蛋深加工产品质量有影响, 且由于鸡蛋存储中的呼吸消耗, 实际蛋液的产量也有所降低, 不建议采用; 高 Haugh 单位的鸡蛋, 品质新鲜, 虽然蛋壳残留有所增加, 但可以通过提高打蛋时鸡蛋的温度或增加一定程度的振动, 使蛋壳内蛋液残留降低, 在企业库存允许的情况下建议采用。

参 考 文 献

- [1] 饶遵全, 张卿, 顾长乐, 等. 我国禽蛋制品的发展现状综述[J]. 安徽农学通报, 2012, 18(10): 44-52.
- [2] JIANG S, JIANG X, CHEN Z, et al. Theoretical analysis and experimental verification on influencing factors of obliquity of eggs on conveyor supporting rollers[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(13): 244-250.
- [3] 陈金泉, 任奕林, 任祖方. 禽蛋加工技术与装备的研究现状及发展趋势[J]. 湖北农机化, 2010(3): 55-57.
- [4] 朱剑凯. 国外禽蛋加工产业发展动向及启示[J]. 河南农业, 2013(9): 56-57.
- [5] KRISTENSEN J K, HOLST J H, SORENSEN M. Method of monitoring the breaking of eggs, an egg receiving device for holding the contents of an egg, and an egg breaking apparatus comprising such an egg receiving device: U.S. Patent 8,367,131[P]. 2013-02-05.
- [6] 黄小波, 马美湖, 钟凯民, 等. 液态蛋生产现状与关键技术探讨[J]. 中国家禽, 2007, 28(23): 38-42.
- [7] 杨伟平, 白润成, 阮智明. 鸡蛋保鲜技术的应用现状与展望[J]. 广东农业科学, 2010, 37(7): 142-143.
- [8] 黄会明, 胡桂仙. 鸡蛋新鲜度与影响因素的灰色关联分析[J]. 浙江农业学报, 2009, 21(6): 623-626.
- [9] 刘燕德, 乔振先. 鸡蛋新鲜度与贮存条件的相关性分析[J]. 江西农业大学学报, 2002, 24(1): 48-51.
- [10] HAUGH R R. The Haugh unit for measuring egg quality[J]. US Egg Poultry Magazine, 1937, 43: 552-555.

- [11] 朱曜.鲜蛋品质检验法:哈夫单位[J].畜牧与兽医,1981(5):10.
- [12] 翁志龙.蛋白质主要指标之一:哈夫单位[J].家禽,1981(1):27.
- [13] BHALE S, NO H K, PRINYWIWATKUL W, et al. Chitosan coating improves shelf life of eggs [J]. Journal of Food Science, 2003, 68(8): 2378-2383.
- [14] CANER C. The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85(1): 1897-1902.
- [15] 刘美玉, 连海平, 任发政. 不同贮藏温度对鸡蛋呼吸强度及品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(6): 270-274.

Relationship between residual egg liquid inside the eggshell and Haugh unit

HUANG Dian-sheng WANG Shu-cai LI Wei-ke XIA Gao-bing

College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract In order to increase the working efficiency of egg breaking machine, decrease the residual quantity in the eggshell at the same time and improve the economical benefit of deep processing enterprise, we have studied the relationship between the residual quantity in the eggshell, eggshell suspended time and Haugh unit. The experimental result shows that: under static condition, the residual quantity in eggshell broken by egg breaker is unstable before 0.8 s, generally stable after 1 s and 97.9% of the egg liquid has flowed out at the time of 1.4 s, the residual of which is only 2.1%. The residual quantity changes little during the follow-up time. The best suspended time is at the time of 1.4s according to the research. Then the working velocity can be determined. At the suspended time of 1.4 s, the residual quantity changes significantly in different fresh eggs with different Haugh unit ($P=0.03<0.05$) and the tendency is that it decreases as the decrease of Haugh unit. The best Haugh unit is decided to be between 57.5 and 60 in consideration of the standard of fresh egg. And the fresh egg storage time can be decided according to the study result.

Key words egg breaker; egg liquid; residual quantity; suspended time; Haugh unit

(责任编辑:陈红叶)