

咸蛋黄超高压成型与质构分析

杜冰¹ 夏雨¹ 李燕杰¹ 张延杰² 邬海雄² 杨公明¹

(1. 华南农业大学食品学院, 广州 510642; 2. 咀香园健康食品(中山)有限公司, 中山 528436)

【摘要】 通过超高压技术使蛋白质变性来加工咸蛋黄,可有效解决原料利用率低、腌制周期长等问题。以新鲜蛋黄为原料,浸入氯化钠溶液中进行超高压处理,考察了浸泡时间、压力和保压时间对咸蛋黄品质的影响,并采用正交试验法探讨成型的最佳条件。试验结果表明:室温下浸泡4 h,400 MPa下保压15 min可快速加工咸蛋黄。质构分析结果表明:超高压咸蛋黄在各项质构指标上均优于快速腌制,其中咀嚼性改善最好,其次为粘性与黏着性。因此,利用超高压技术可快速加工成型咸蛋黄。

关键词: 咸蛋黄 超高压 成型 质构分析

中图分类号: TS261.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)06-0142-05

Ultrahigh Pressure Molding and Texture Analysis on Salty Egg-yolk

Du Bing¹ Xia Yu¹ Li Yanjie¹ Zhang Yanjie² Wu Haixiong² Yang Gongming¹

(1. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

2. The Ju Xiangyuan Health Food (Zhongshan) Co., Ltd., Zhongshan 528436, China)

Abstract

The ultrahigh pressure technology was used to make yolk rapidly denaturalize and molded. It could effectively solve those problems such as material's utilization lowing, the processing period's long, and so on. Taking the fresh egg-yolk as raw material, it was molded by ultrahigh pressure in salt solution. The influence on salty egg-yolk's quality by the immersion times, the pressures and presses times was researched separately. Orthogonal test was used to discuss the optimal technological conditions. The results of optimal processing technology were as follows: the yolk could be rapidly molded when it was immersed at room temperature for 4 hour and kept under 400 MPa pressure for 15 minutes. The molding salty egg-yolks achieved the standard of salty egg-yolk which could be used in moon cake. The texture analysis results indicated: the texture index of ultrahigh salty egg-yolk was better than quickly salty egg-yolk. The mastication index had the best improvement. The coherency and adhesiveness had better improvement. Therefore, the salty egg-yolk could be molding by ultrahigh pressure technology.

Key words Salty egg-yolk, Ultrahigh pressure technology, Molding, Texture analysis

引言

咸蛋是我国传统的腌制食品,其中咸蛋黄常作为菜肴的佐料和食品的馅料。目前,咸蛋黄普遍采用传统腌制咸蛋并从中分离的制作方法,但蛋清盐浓度过高而无法再次利用,此方法造成原料利用率低且生产周期较长。近年来,咸蛋加工的研究主要

采用压力腌制、超声波、添加香辛料和添加剂等方法快速腌制来缩短咸蛋加工时间,提高咸蛋品质。其中脉冲压力能够提高咸蛋加工效率10倍左右,并具有更佳的品质^[1-2]。

超高压技术是以压力作为能量因子,以液体作为压力传递介质对放在专门密封超高压容器内的食品进行加压,可达到杀菌、抑酶及改善食品性质的效

果^[3-9]。由于超高压处理未经过高温过程,不会破坏食品的新鲜度和其中的营养成分,能较好地保持食品固有营养成分^[10-12],符合消费者对食品营养和风味的要求。Lee 和 Ahmed 等研究了液态蛋在超高压下的流变学特性^[13-14]。本文运用超高压技术将鲜蛋黄加工成咸蛋黄,以压力作为能量因子使蛋白质变性凝固加工咸蛋黄,大大缩短加工时间。蛋内盐分在短时间内提高,有助于抑制微生物生长、改善咸蛋黄的品质^[15]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

鸭蛋;精制食盐;蒸馏水;硝酸银、铬酸钾,分析纯;干燥箱;水浴锅。

1.2 超高压试验装置

自制 UHP900MPa-2×2(Ⅱ)超高压试验装置,由超高压容器、超高压供给系统、控制系统3部分构成,作用压力范围为100~900 MPa,压力容积缸2个,每个容积为2 L,远程计算机控制系统。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

工艺流程为:新鲜鸭蛋→打蛋→分离蛋黄→质量分数为20%氯化钠溶液浸泡→调节氯化钠质量分数为6%→密封包装→超高压处理→包装成品→品质分析。

1.3.2 超高压试验

以质量分数为20%氯化钠溶液作为浸泡剂,分别考察了浸泡时间、压力和保压时间对产品品质的影响,试验因素水平如表1所示。

表1 正交试验因素水平

Tab.1 Factors and levels of orthogonal designs

水平	因素		
	压力/MPa	保压时间/min	浸泡时间/h
1	400	10	2
2	450	15	3
3	500	20	4

1.4 咸蛋黄品质分析

1.4.1 感官指标及评定

将咸蛋黄放在干净的盘中,进行形态、色泽、气味和滋味等项目的检验,记录检验结果。感官指标评分标准如表2所示。

1.4.2 含水率测定

取2.0~3.0 g 咸蛋黄,置于蒸发皿内,于80℃干燥箱中干燥12 h后测定含水率。

表2 感官指标评分标准

Tab.2 Point scale of sensory index

项目	指标	满分
形态	完整隆起较结实,凝重粘实,有油析出	2
色泽	色泽呈朱红色或淡红色(或橙黄)、沙油	3
气味	具有咸鸭蛋固有香味和风味,无异味	2
滋味	具咸鸭蛋固有滋味,咸淡适中,松沙可口	3

1.4.3 氯化钠含量的测定

参照 GB/T 12457—2008。

2 结果与分析

2.1 浸泡时间

2.1.1 感官指标

将蛋黄在质量分数为20%的氯化钠溶液中分别浸泡0、1、2、3、4 h后调节氯化钠溶液质量分数为6%,在400 MPa下保压10 min,然后进行感官评定,结果如表3所示。

表3 不同浸泡时间下咸蛋黄感官评定

Tab.3 Sense organ evaluation of salty egg-yolk sense under different immersion time

项目	浸泡时间/h				
	0	1	2	3	4
形态	2	2	2	2	2
色泽	2	2	3	3	3
气味	1	2	2	2	2
滋味	2	2	2	3	3
总评	7	8	9	10	10

从表3可以看出,随着浸泡时间的延长,咸蛋黄的感官品质逐渐变好。浸泡时间小于2 h的蛋黄在色泽和滋味方面较差。浸泡时间达到3 h后,咸蛋黄的感官品质较好。同时,浸泡时间对咸蛋黄的形态影响不大。

2.1.2 含水率

将蛋黄浸泡在质量分数为20%的氯化钠溶液中,分别浸泡0、1、2、3、4 h。取两组样品,一组不经超高压处理,直接测定蛋黄中的含水率;另一组在常温下,400 MPa下保压10 min,然后测定咸蛋黄中的含水率,结果如图1所示。

从图中可以看出,蛋黄含水率随浸泡时间的延长而呈下降趋势,且经超高压处理后,其含水率较超高压处理前更低。即超高压处理有助于蛋黄中水分的渗出,提高其生产效率。

2.1.3 氯化钠含量

将蛋黄在质量分数为20%的氯化钠溶液中浸

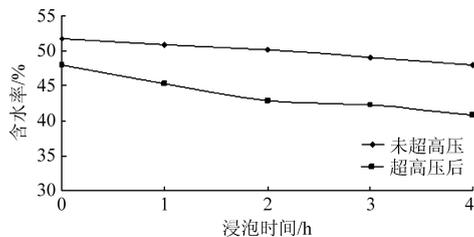


图1 不同浸泡时间对咸蛋黄含水率的影响
Fig.1 Influence of different immersion time for salty egg-yolk water content

泡0、1、2、4、5、6 h后调节氯化钠溶液质量分数为6%，在400 MPa下保压10 min，然后测定氯化钠含量，结果如图2所示。

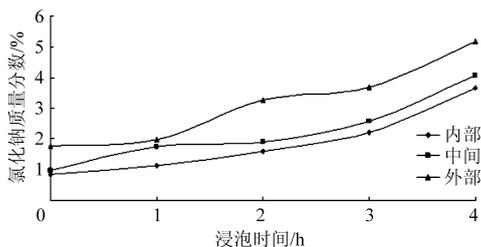


图2 不同浸泡时间对氯化钠含量的影响
Fig.2 Influence of different immersi on time for egg-yolk salinity

从图中可以看出：随着浸泡时间的延长，蛋黄中氯化钠质量分数呈上升趋势，且由内而外呈梯度分布。

2.2 压力

将蛋黄在质量分数为20%的氯化钠溶液中浸泡3 h后调节氯化钠溶液质量分数为6%，分别在400、450、500、550、600 MPa下保压10 min，然后测定各项指标随压力变化。

2.2.1 感官指标

感官评定结果如表4所示。

表4 不同压力下咸蛋黄感官指标评定

Tab.4 Sense organ evaluation of salty egg-yolk sense under different pressures

项目	压力/MPa				
	400	450	500	550	600
形态	2	2	2	2	2
色泽	3	3	2	1	0
气味	2	2	2	1	1
滋味	3	2	2	2	1
总评	10	9	8	6	4

从表可以看出，随着压力的增加，蛋黄的感官评分呈下降趋势，即压力对蛋黄品质呈负相关性。在500 MPa下蛋黄的感官较好，但压力达到500 MPa以上时，蛋黄开始熟化，形态上更加结实，结构上更

加致密，硬度也更大；色泽呈浅黄色；口感较咸，且无腌制咸蛋黄的特殊风味。

2.2.2 含水率

蛋黄含水率随压力的变化如图3所示。

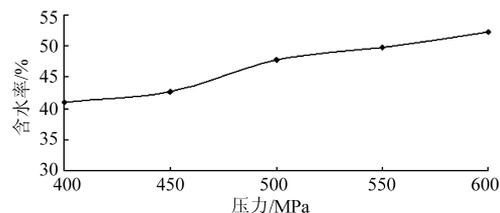


图3 不同压力对咸蛋黄含水率的影响
Fig.3 Influence of different pressures to salty egg-yolk water content

从图中可以看出，蛋黄含水率随压力的增大而增加，且在450~500 MPa之间，蛋黄含水率变化较大。

2.2.3 氯化钠含量

蛋黄氯化钠含量随压力变化如图4所示。

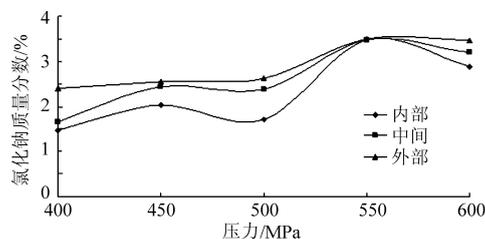


图4 不同压力对蛋黄氯化钠含量的影响
Fig.4 Influence of different pressures on egg-yolk salinity

从图中可以看出，蛋黄氯化钠含量随压力的增大呈上升趋势，且在450~500 MPa之间，蛋黄氯化钠含量变化较大。

2.3 保压时间

将蛋黄在20%的氯化钠溶液中分别浸泡3 h后调节氯化钠溶液质量分数为6%，分别在400 MPa下保压5、10、15、20、25 min，然后测定各项指标随保压时间的变化。

2.3.1 感官指标

感官评定结果如表5所示。

表5 不同保压时间下咸蛋黄感官指标评定

Tab.5 Sense organ evaluation of salty egg-yolk sense under different pressure times

项目	保压时间/min				
	5	10	15	20	25
形态	1	2	2	2	2
色泽	3	3	3	2	2
气味	2	2	2	2	2
滋味	2	2	3	3	1
总评	8	9	10	9	7

从表可以看出：保压时间在 10 ~ 20 min 之间，蛋黄的感官品质最佳。保压 5 min 时，蛋黄的成型效果不好；保压 25 min 时，蛋黄呈煮熟特征，均不利于咸蛋黄的加工。因此，选择保压时间为 10 ~ 20 min 时咸蛋黄的感官品质较好。

2.3.2 含水率

蛋黄含水率随保压时间的变化如图 5 所示。

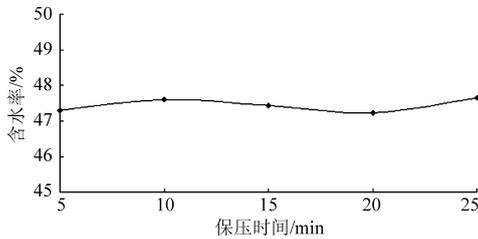


图 5 不同保压时间对咸蛋黄含水率的影响

Fig. 5 Influence of different pressure times on salty egg-yolk water content

从图 5 中可以看出：保压时间在 5 ~ 25 min 之间，蛋黄含水率变化不大，各样品的含水率差异在 1% 以内。

2.3.3 氯化钠含量

蛋黄氯化钠含量随保压时间的变化如图 6 所示。

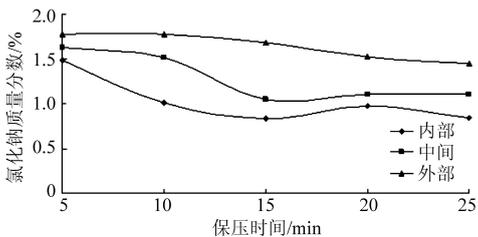


图 6 保压时间对咸蛋黄氯化钠含量的影响

Fig. 6 Influence of different pressure times on salty egg-yolk salinity

从图中可以看出：随着保压时间的延长，蛋黄中氯化钠含量呈下降趋势，但变化不明显。

2.4 正交试验结果

为了综合评价咸蛋黄品质，以感官指标、含水率和氯化钠含量 3 个指标对咸蛋黄品质进行评价。感官指标以感官评分为基准，评分越高品质越好。咸蛋黄腌制成熟过程中，其含水率会越来越小，即含水率越小越好。同时，腌制过程中氯化钠含量会越来越大，但并非越大越好，相关标准以氯化钠含量 2% 为最佳。因而进行标准化，以便对咸蛋黄品质的评价。

含水率的标准化

$$Y_2 = 5 + 5 \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

氯化钠质量分数的标准化

$$Y_3 = 10 - 5 \frac{|X - 2|}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中 X ——测定值

X_{\max} ——测定值中最大值

X_{\min} ——测定值中最小值

正交试验结果分析如表 6 所示。

表 6 正交试验结果

Tab. 6 Test design and results of orthogonal

试验序号	压力 A/MPa	保压时间 B/min	浸泡时间 C/h	感官评分 Y_1	含水率 Y_2	氯化钠含量 Y_3	综合评价 Y
1	1	1	1	9	8.57	7.51	25.08
2	1	2	2	10	8.75	7.53	26.28
3	1	3	3	8	10.00	8.96	26.96
4	2	1	2	9	8.01	9.24	26.25
5	2	2	3	8	8.96	9.07	26.03
6	2	3	1	7	5.97	8.12	21.09
7	3	1	3	6	6.02	5.00	17.02
8	3	2	1	5	5.04	7.93	17.97
9	3	3	2	5	5.00	7.60	17.60
<hr/>							
K_1	78.32	68.36	64.14				
K_2	73.37	70.28	70.13				
Y_2	K_3	52.59	65.64	70.01			
	R	25.73	4.64	5.99			
<hr/>							
k_1	26.11	22.79	21.38				
Y_3	k_2	24.46	23.43	23.38			
	k_3	17.53	21.88	23.34			
	R	8.58	1.55	2.00			

从表 6 的直观分析可知，各因素影响效果的主要顺序为 A、C、B，即压力、浸泡时间、保压时间。根据表 7 方差分析可以看出，压力对咸蛋黄品质影响显著，而浸泡时间和保压时间对咸蛋黄品质影响不显著。由于在各因素的综合作用下，保压时间对咸蛋黄的综合品质影响不大。考虑效率问题，保压时间选择在 15 min 较为适宜，故最优组合为 $A_1B_2C_3$ ，即压力为 400 MPa，保压时间为 15 min，浸泡时间为 4 h。

表 7 方差分析

Tab. 7 Variance analysis

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
A	124.257 1	2	19.797 65	$F_{0.05}(2, 8) = 19.00$	*
B	3.623 822	2	0.460 721	$F_{0.01}(2, 8) = 99.00$	
C	7.824 574	2	0.994 791		
误差	143.571 1	6			

2.5 咸蛋黄产品的感官评价与质构分析

2.5.1 咸蛋黄产品的感官评价

采用质量分数为 20% 的氯化钠溶液直接浸泡

36 h 快速腌制和先用质量分数 20% 的氯化钠溶液浸泡 3 h 后,再调节氯化钠质量分数为 6%,400 MPa 下保压 10 min 制备咸蛋黄,其产品感官和形态如图 7 所示。

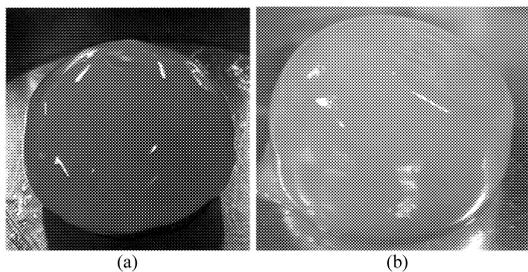


图 7 快速腌制与超高压加工产品

Fig. 7 Product of quickly curing and ultrahigh pressure processing

(a) 快速腌制 (b) 超高压加工

从图 7 可以看出,两种方法加工的咸蛋黄色泽呈金黄色,具有油腻感。快速腌制的产品形态呈扁平形,而超高压加工产品成型更接近于球体。经测量,快速腌制蛋黄的高度为 16 mm,而超高压产品为

25 mm。所以,利用超高加工的咸蛋黄在感官和形态上优于快速腌制。

2.5.2 咸蛋黄产品的质构分析

将快速腌制咸蛋黄和超高压加工咸蛋黄分别进行质构分析。利用 12 mm 圆柱形探头,采用 TPA 模式。测试条件为:探头速度 1 mm/s,触发力 0.1 mm,压缩率 80%,测定结果如表 8 所示。

从表可以看出:超高压加工咸蛋黄在各项质构指标均比快速腌制的咸蛋黄要大,其中咀嚼性相差最大,其次为粘性与黏着性,而硬度、黏聚性、弹性和破碎力均比快速腌制的大两倍左右。所以,超高压技术可以明显改善咸蛋黄的各项质构指标,提高咸蛋黄的品质。

3 结论

(1) 利用传统腌制方法将氯化钠渗入蛋黄内,再利用超高压技术使蛋黄成型,可以极大地缩短咸蛋黄加工时间。最佳工艺条件为:在室温下浸泡 4 h,在常温 400 MPa 下保压 15 min。

表 8 快速腌制和超高压咸蛋黄的各项质构指标对比

Tab. 8 Texture target contrasts of salty egg-yolk using quickly curing and ultrahigh pressure

样品	硬度/N	黏聚性	弹性/mm	粘性/N	咀嚼性/N·mm	破碎力/N	黏着性/N
快速腌制	1.38	0.146	3.562	0.19	0.69	1.305	0.342
超高压法	2.99	0.272	7.243	0.82	5.93	2.949	1.060

(2) 对比快速腌制和超高压加工咸蛋黄可知,两种方法加工的咸蛋黄色泽呈金黄色,具有油腻感。快速腌制的产品形态呈扁平形,而超高压加工产品成型更接近于球体。其质构分析结果表明:超高压

咸蛋黄在各项质构指标上均优于快速腌制,其中咀嚼性改善最好,其次为粘性与黏着性,硬度、黏聚性、弹性和破碎力均优于快速腌制。

参 考 文 献

- 1 佟林功,李根祥. 快速压力腌制方法与装备:中国,CN85103390[P]. 1986-10-15
- 2 陈石头,高振江. 脉动压力腌制禽蛋的试验研究[J]. 农业工程学报,2006,22(增刊):163~166.
Chen Shitou, Gao Zhenjiang. Study on the process of salted eggs under pulsed pressure[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(Supp.):163~166. (in Chinese)
- 3 周家春. 食品工业新技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- 4 Raso J, Barbosa-Cánovas G V. Nonthermal preservation of foods using combined processing techniques[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition,2003,43(3):265~285.
- 5 López-Pedemonte T, Roig-Sagués A, de Lamo S, et al. Reduction of counts of *Listeria monocytogenes* in cheese by means of high hydrostatic pressure[J]. Food Microbiology,2007,24(1):59~66.
- 6 曾庆梅,潘见,谢慧明,等. 超高压天活枯草芽孢杆菌(A S1.140)的参数优化[J]. 农业工程学报,2005,21(4):158~162.
Zeng Qingmei, Pan Jian, Xie Huiming, et al. Optimization of ultra high pressure processing parameters on survivors of *Bacillus subtilis* A S1. 140[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(4):158~162. (in Chinese)
- 7 Jao C L, Hwang J S, Ko W C, et al. A kinetic study on inactivation of tilapia myosin Ca-ATPase induced by high hydrostatic pressure[J]. Food Chemistry,2007,101(1):65~69.
- 8 Buckow R, Heinz V, Knorr D. High pressure phase transition kinetics of maize starch[J]. Journal of Food Engineering, 2007,81(2):469~475.

- Journal of Zhejiang University Science A, 2007, 8(10): 1584 ~ 1587.
- 5 杨奎武. 嵌入式无线传感器网络网关节点的设计与实现[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版, 2007, 24(3): 54 ~ 88.
Yang Kuiwu. Design and implementation gateway based on GPRS model in wireless sensor networks[J]. Journal of Chongqing Normal University: Natural Science Edition, 2007, 24(3): 54 ~ 88. (in Chinese)
 - 6 何明星. 基于 ZigBee 与 GPRS 技术的无线传感器网络网关的设计[J]. 矿工自动化, 2009(8): 106 ~ 109.
He Mingxing. Design of wireless sensor network gateway based on ZigBee and GPRS technology[J]. Industry and Mine Automation, 2009(8): 106 ~ 109. (in Chinese)
 - 7 韩华峰, 杜克明, 孙忠富, 等. 基于 ZiBee 网络的温室环境远程监控系统设计与应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 158 ~ 163.
Han Huafeng, Du Keming, Sun Zhongfu, et al. Design and application of ZigBee based telemonitoring system for greenhouse environment data acquisition[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 158 ~ 163. (in Chinese)
 - 8 Wang Ning, Zhang Naiqian, Wang Maohua. Wireless sensors in agriculture and food industry—recent development and future perspective[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2006, 50(1): 1 ~ 14.
 - 9 郭祥东. 基于无线传感器网络的海洋环境监测预警系统设计[J]. 山西大同大学学报:自然科学版, 2009, 25(4): 22 ~ 25.
Guo Xiangdong. Design on marine environment monitor system and forecast based on wireless sensor network[J]. Journal of Shanxi Datong University: Natural Science, 2009, 25(4): 22 ~ 25. (in Chinese)
 - 10 曾峰, 巩华洪, 曾波. 印刷电路板(PCB)设计与制作[M]. 第2版. 北京: 电子工业出版社, 2005: 76 ~ 77.
 - 11 张潜, 杨祥龙, 郭希山, 等. 低成本适用型温室环境测控系统[J]. 农业机械学报, 2008, 39(2): 195 ~ 197.
 - 12 冯友兵, 张荣标, 沈敏. 面向精确灌溉的无线传感器网络构建[J]. 农业机械学报, 2009, 40(1): 56 ~ 59.
Feng Youbing, Zhang Rongbiao, Shen Min. Construction of wireless sensor networks for precision irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(1): 56 ~ 59. (in Chinese)
 - 13 郭志伟, 张云伟, 李霜, 等. 基于 GSM 的农田气象信息远程监控系统设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(3): 161 ~ 166.
Guo Zhiwei, Zhang Yunwei, Li Shuang, et al. GSM-based remote monitoring system of farm field meteorological information[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 161 ~ 166. (in Chinese)
 - 14 Ruiz-Garcia L, Barreiro P, Robla J I. Performance of ZigBee-based wireless sensor nodes for real-time monitoring of fruit logistics[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(3): 405 ~ 415.
 - 15 LpezRiquelm J A, Soto F, Suarda J, et al. Wireless sensor networks for precision horticulture in Southern Spain[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 68(1): 25 ~ 35.
 - 16 张喜海, 张长利, 房俊龙, 等. 面向精细农业的土壤温度监测传感器节点设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(增刊): 237 ~ 240.
Zhang Xihai, Zhang Changli, Fang Junlong, et al. Smart sensor nodes for wireless soil temperature monitoring systems in precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(Supp.): 237 ~ 240. (in Chinese)

(上接第 146 页)

- 9 Considine T, Patel H A, Anema S G, et al. Interactions of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments: a review[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2007, 8(1): 1 ~ 23.
- 10 Marcos B, Aymerich T, Dolors Guardia M, et al. Assessment of high hydrostatic pressure and starter culture on the quality properties of low-acid fermented sausages[J]. Meat Science, 2007, 76(1): 46 ~ 53.
- 11 Master A M, Krebbers B, Berg R, et al. Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products[J]. Trends in Food Science & Technology, 2004, 15(2): 79 ~ 85.
- 12 San Martín M F, Barbosa-Cánovas G V, Swanson B G. Food processing by high hydrostatic pressure[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2002, 42(6): 627 ~ 645.
- 13 Dong-Un Lee, Volher Heinz, Dietrich Knorr. Evaluation of processing criteria for the high pressure treatment of liquid whole egg: rheological study[J]. LWT-Food Science and Technology, 1999, 32(5): 299 ~ 304.
- 14 Ahmed J, Ramaswamy H S, Alli L, et al. Effect of high pressure on rheological characteristics of liquid egg[J]. LWT-Food Science and Technology, 2003, 36(5): 517 ~ 524.
- 15 韦来红, 张晓娟. 咸蛋腌制过程中几项理化指标变化规律的研究[J]. 中国家禽, 1997(11): 44 ~ 45.