

超高温巴氏杀菌对全蛋液功能性质和理化性质的影响

马静, 宋雨齐, 马帅, 代伟长, 王玉华*

(吉林农业大学 食品科学与工程学院, 吉林 长春 130118)

摘要:该文首先比较超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌对全蛋液中3种不同病原微生物的灭活效果, 然后通过分析全蛋液起泡性、泡沫稳定性、乳化性、乳化稳定性、溶解度、巯基含量、表面疏水性质、十二烷基硫酸钠聚丙烯酰胺凝胶电泳(sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE), 比较超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌全蛋液在冷藏(4℃)过程中功能性质和理化性质的变化趋势。结果表明, 超高温巴氏杀菌相对于传统巴氏杀菌更为有效地灭活全蛋液中的大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌。超高温巴氏杀菌与传统巴氏杀菌全蛋液的起泡性、泡沫稳定性均显著高于未杀菌, 但二者之间没有显著差异, 冷藏1周后, 三者起泡性均显著下降, 而泡沫稳定性呈上升趋势, 但是随着冷藏时间延长至6周, 三者均未呈现显著变化。超高温巴氏杀菌全蛋液乳化性及乳化稳定性为先增加后降低, 在整个储藏过程中, 两者间均无显著性差异。不同杀菌方式对全蛋液中蛋白质溶解度、游离巯基影响不显著。超高温巴氏杀菌对全蛋液功能性质和理化特性影响与传统巴氏杀菌没有显著差异, 为其在全蛋液工业生产的应用提供理论依据。

关键词:超高温巴氏杀菌; 全蛋液; 储藏; 理化性质; 功能性质

Effects of Ultra-Pasteurization on the Physicochemical and Functional Properties of Liquid Whole Egg

MA Jing, SONG Yu-qi, MA Shuai, DAI Wei-chang, WANG Yu-hua*

(College of Food Science and Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin, China)

Abstract: Effects of ultra-pasteurization and traditional pasteurization on three different pathogenic microorganisms in liquid whole egg were compared. Additionally, the corresponding changes in the functional and physicochemical properties of samples upon pasteurization were investigated under cold-storage conditions (4℃). Toward this end, the foaming, foaming stability, emulsification, emulsification stability, solubility, sulfhydryl content, hydrophobic properties, and whole-protein profile (via sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis) of the samples were evaluated. The results showed that ultra-pasteurization was more effective than the traditional pasteurization in reducing the numbers of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, and *Staphylococcus aureus* in liquid whole egg. The samples pasteurized either way had significantly more foaming and foaming stability than the unsterilized egg but did not significantly differ from each other. After refrigeration for 1 week, the foaming in all the samples significantly decreased. However, foaming showed an upward trend; but with the extension of the refrigeration period to 6 weeks, none of the samples showed significant changes. There was no significant difference in emulsification or emulsification stability among the samples. The difference in sterilization caused no significant difference in the resulting protein solubility or free sulfhydryl content. In conclusion, the effects of ultra-pasteurization on the functional and physicochemical properties of liquid whole egg are not significantly different from those of the traditional pasteurization. These observations provided a theoretical basis for the application of ultra-pasteurization to

基金项目: 十三五国家重点研发计划(2018YFD0400304)

作者简介: 马静(1994—), 女(汉), 硕士研究生, 研究方向: 蛋品加工。

* 通信作者: 王玉华(1972—), 女(汉), 教授, 博士研究生, 研究方向: 食品微生物资源开发与健康食品创制。

liquid whole egg in industrial settings.

Key words: ultra-pasteurization; liquid whole egg; storge; physicochemical properties; functional properties

引文格式:

马静,宋雨齐,马帅,等.超高温巴氏杀菌对全蛋液功能性质和理化性质的影响[J].食品研究与开发,2021,42(7):83-89.

MA Jing, SONG Yuqi, MA Shuai, et al. Effects of Ultra-Pasteurization on the Physicochemical and Functional Properties of Liquid Whole Egg[J].Food Research and Development, 2021, 42(7):83-89.

液蛋产品是将新鲜鸡蛋去壳,经加工处理包装后的蛋制品总称^[1]。市场上大多是经过巴氏杀菌的液蛋产品,分为全蛋液、蛋白液和蛋黄液^[2]。目前,欧美等国家的液蛋产品已经十分普及,液蛋制品加工量约占其鲜蛋总量的30%~40%^[3],而我国的液蛋产品生产刚刚起步,未来具有非常广阔的发展前景^[4]。但是目前限制液蛋发展的关键因素是其货架期短,运输范围受限,难以得到更好的应用。

在液蛋产品生产过程中,要经过洗蛋、打蛋去壳、蛋液混合及过滤等工艺,都可能受到微生物污染,其中主要包括大肠杆菌、沙门氏菌及金黄色葡萄球菌等^[5],如何减少蛋液中微生物的存在是液蛋应用及食品安全的重中之重,因此杀菌技术是全蛋液生产的关键技术。目前,一些冷杀菌技术例如紫外线、超高压等也受到广泛关注,但是由于设备限制以及高额的成本等原因,并没有在实际生产中应用。目前液蛋实际生产中的主要杀菌技术还是巴氏杀菌技术,但常用的传统巴氏杀菌(64.5℃,3min)具有一定的局限性,杀菌能力差导致产品保质期短,特别是不能有效地杀灭病原微生物,例如H5N1禽流感病毒要在加工时超过70℃才能被杀死^[6],存在安全隐患问题。热处理温度升高和时间延长也会影响蛋液的功能性质(稳定性、起泡性、乳化性)、色泽、风味等。近年来,国外发达国家研究开发了超高温巴氏杀菌系统,全蛋液处理温度达74℃,可以保留全蛋液自身的功能性质并能避免蛋白质的凝结,已经应用于液蛋产品的实际生产^[7]。我国在这方面研究还处于起步阶段,与发达国家仍然存在很大差距。鸡蛋营养成分丰富,这也是影响微生物灭活的重要因素,而不同鸡蛋品种、饲料、环境、饲养模式都会影响鸡蛋的营养成分组成。

本文通过比较不同杀菌方式对3种病原微生物的灭活情况、杀菌全蛋液储藏过程中全蛋液的理化功能性质变化,对超高温巴氏杀菌在液蛋制品工业生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 设备

UV-2800分光光度计:尤尼柯仪器有限公司;TECAN infinite 酶标仪:上海迪奥生物科技有限公司;HH-4水浴锅:苏州威尔实验用品有限公司;JRA-35S高速均质乳化机:上海弗鲁克机电公司。

1.1.2 材料与试剂

新鲜鸡蛋、金龙鱼大豆油:市售;十二烷基硫酸钠(sodium dodecyl sulfate, SDS,分析纯):北京索莱宝科技有限公司;磷酸二氢钠、磷酸氢二钠(分析纯):国药集团化学试剂有限公司;5,5'-二硫代双(2-硝基苯甲酸)[5,5'-Dithiobis-(2-nitrobenzoic acid),DTNB,分析纯];8-苯胺萘磺-1-酸盐(1-anilino-naphthalene-8-sulfonic acid,ANS,分析纯):Sigma公司;BCA试剂盒:赛默飞世尔科技公司。

1.2 方法

1.2.1 全蛋液无菌制备

新鲜鸡蛋清洗后,用75%酒精浸泡消毒,置于无菌环境打蛋,去除系带,混匀。

1.2.2 超高温巴氏杀菌对3种病原微生物的作用效果

取保存于-80℃甘油中的大肠杆菌(*Escherichia coli*)、金黄色葡萄球菌(*Salmonella typhimurium*)、沙门氏菌(*Staphylococcus aureus*)菌液200μL分别加入到5mL LB液体培养基中,在37℃,150r/min恒温摇床振荡培养12h,连续活化3代,此时菌液浓度为10⁷CFU/mL左右。将活化后的3种菌液移取1mL加入到9mL液态蛋中,混匀,置于不同杀菌条件下处理[对照:未杀菌全蛋液;超高温巴氏杀菌(ultra pasteurization, UP):74℃,60s;传统巴氏杀菌(traditional pasteurization, TP):64.5℃,3min],按照GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》检测金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、大肠杆菌含量,观察处理前后菌数变化。

1.2.3 超高温巴氏杀菌对全蛋液功能性质的影响

将混匀后的全蛋液分别采用超高温巴氏杀菌(74 °C, 60 s)、传统巴氏杀菌(64.5 °C, 3 min)处理后,在4 °C条件下储藏6周,测定其功能性质的变化。

1.2.3.1 起泡性及泡沫稳定性测定

使用蒸馏水稀释蛋液至5%,记录此时液体体积 V_0 ,使用高速均质乳化机在25 °C条件下以10 000 r/min搅打1 min,记录液体体积 V_1 ,静置30 min后记录液体体积 V_{30} ,体积单位均为mL,参照公式计算起泡性(foaming capacity, FC),泡沫稳定性(foaming stability, FS)^[8]。

起泡性(FC)见以下公式。

$$FC/\%=(V_1-V_0)/V_0 \times 100$$

泡沫稳定性(FS)见以下公式。

$$FS/\%=(V_{30}-V_0)/(V_1-V_0) \times 100$$

1.2.3.2 乳化性及乳化稳定性测定

用0.5 mol/L的NaCl稀释全蛋液至0.5%,取稀释液12 mL与大豆油8 mL,用高速均质乳化机在25 °C, 10 000 r/min条件下均质1 min制备乳化液,均质后从底部吸取乳化液20 μ L加入到6 mL 0.1% SDS溶液中,以不加样品的SDS为空白对照,在500 nm下测吸光值,以此时吸光值 A_0 表示乳化活性(emulsification, EAI),5 min后在从底部吸取20 μ L乳化液,测吸光值,记此时吸光值与之差为 ΔA ^[9], ΔT 为t min与0 min的差值。

乳化稳定性用乳化稳定指数(emulsification stability, ESI)表示见公式:

$$ESI=A_0 \times \Delta T / \Delta A$$

1.2.4 超高温巴氏杀菌处理后对全蛋液理化性质的影响

将混匀后的全蛋液分别采用超高温巴氏杀菌(74 °C, 60 s)、传统巴氏杀菌(64.5 °C, 3 min)处理后,在4 °C条件下储藏6周,测定其理化性质的变化。

1.2.4.1 溶解度测定

将全蛋液稀释适宜倍数,10 000 r/min离心10 min,取上清液,采用BCA试剂盒分别测定稀释后全蛋液及上清液中蛋白质含量。

1.2.4.2 巯基测定

用Tris-甘氨酸缓冲液稀释全蛋液至10 mg/mL,在1 mL稀释液中加入10 μ L Ellman试剂(DTNB),在室温25 °C下反应15 min后,放入离心机中10 000 r/min反应10 min,在412 nm下测定吸光值^[10]。

1.2.4.3 表面疏水性分析

采用ANS荧光探针法测定全蛋液的表面疏水性^[11-12]。采用磷酸盐缓冲液(pH7.2)稀释全蛋液浓度分别为0.005、0.01、0.05、0.1、0.2 mg/mL 5个不同的蛋白

浓度梯度,取4 mL稀释液与20 μ L ANS(8 mmol/L)混匀后在激发波长395 nm和发射波长475 nm下测荧光值,以蛋白浓度及荧光值做曲线,其初始斜率即为表面疏水性 H_0 。

1.2.4.4 十二烷基硫酸钠聚丙烯酰胺凝胶电泳(sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE)

将全蛋液稀释至蛋白浓度2 mg/mL,将4 \times 上样缓冲液与全蛋液混合并在沸水浴中加热5 min~6 min,冷却后,取10 μ L样品及Maker上样。电泳浓缩胶浓度为12%,分离胶浓度5%。电泳仪条件:浓缩胶电压80 V,分离胶120 V,电泳完成后,染色液染色40 min~60 min,醇脱色剂脱色15 min,10%乙酸静置(8 h~9 h)。

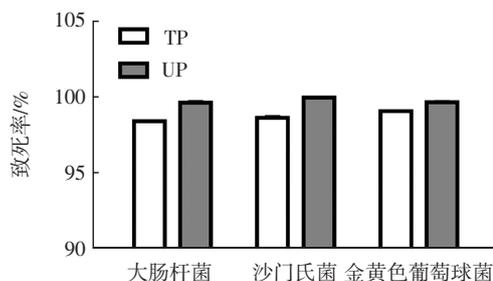
1.2.5 数据统计分析

所得数据均利用SPSS 17.0分析数据,以 $p < 0.05$ 为显著性差异。采用prism7软件进行数据分析和图谱处理。

2 结果与分析

2.1 超高温巴氏杀菌对全蛋液中3种病原微生物的作用

禽蛋在运输储藏及加工过程中易受病原菌的感染,导致禽蛋变质腐败,影响品质及食品安全。其中主要感染的微生物有3种:沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌^[9]。超高温巴氏杀菌与传统巴氏杀菌对全蛋液中的3种病原微生物灭活效果见图1。



UP. 超高温巴氏杀菌全蛋液(74 °C, 60 s); TP. 传统巴氏杀菌全蛋液(64.5 °C, 3 min)。

图1 超高温巴氏杀菌对液体全蛋中3种致病菌(大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌)的影响

Fig.1 Effects of ultra-pasteurization on three pathogenic bacteria (*E. coli*, *S. typhimurium*, *S. aureus*) in liquid whole egg

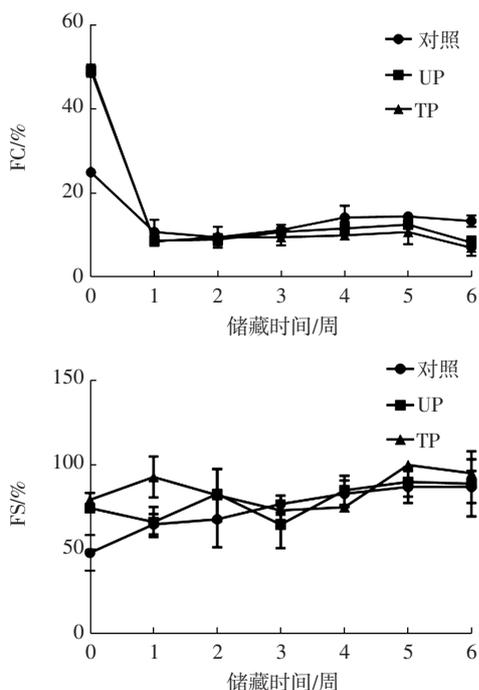
由图1可知,采用传统巴氏杀菌法处理全蛋液中接种的大肠杆菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌,其致死率分别为98.42%、98.64%和99.09%,而超高温巴氏杀菌处理后致死率均有增加,分别为99.65%、99.98%

和99.67%，可见超高温巴氏杀菌的杀菌效果更明显，尤其是对沙门氏菌灭活效果更为突出。超高温巴氏杀菌能够较为有效地保障全蛋液的安全性。

2.2 超高温巴氏杀菌对全蛋液储藏期间功能性质的影响

2.2.1 超高温巴氏杀菌全蛋液储藏期间起泡性及泡沫稳定性变化

起泡性及泡沫稳定性是全蛋液重要的功能性质之一，蛋清以其优异的起泡性能，被广泛应用于蛋糕、曲奇饼、慕斯、甜品壳等烘焙食品，是良好的发泡剂^[13]。然而，高温会引起蛋白质变性、聚集，可能会导致起泡性及泡沫稳定性产生不同程度的变化，本文比较了超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌对全蛋液起泡性及泡沫稳定性的影响，观察不同处理方式的全蛋液储藏期间起泡性及泡沫稳定性的变化见图2。



对照: 未杀菌全蛋液; UP: 超高温巴氏杀菌全蛋液(74 °C, 60 s);
TP: 传统巴氏杀菌全蛋液(64.5 °C, 3 min)。

图2 全蛋液随储藏时间延长起泡性及泡沫稳定性的变化情况

Fig.2 Changes in foaming and foaming stability of liquid whole egg with storage time

由图2可知，第0周时超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌全蛋液起泡性与未杀菌全蛋液比较显著增加，但三者起泡性在储藏1周后均显著下降，分别为8.77%、8.58%和10.83%，三者之间没有显著差异；随着储藏时间的延长，超高温巴氏杀菌全蛋液，先呈现略微上升，5周后又呈下降的趋势，传统巴氏杀菌蛋液及未杀菌蛋液亦有类似趋势，但变化均不显著。随着储

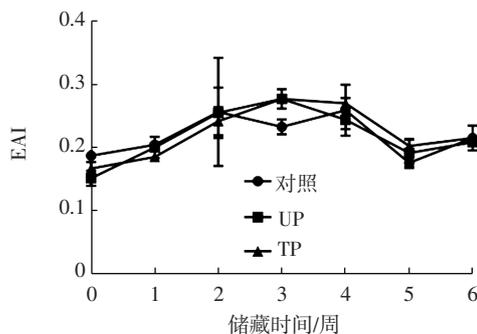
藏时间的延长，全蛋液溶解度降低，可溶性蛋白含量减少，起泡性降低，同时，全蛋液在储藏的过程中蛋白质的结构会发生改变，有的甚至解体变性，导致全蛋液中的起泡性能的蛋白减少，许多蛋白发生聚合，从而使全蛋液的起泡性能降低，但是在冷藏的条件下，蛋白质分子间相互作用力受到影响，从而减弱蛋白质聚合作用，使得后期全蛋液起泡性并未出现明显下降^[14]。超高温巴氏杀菌全蛋液与巴氏杀菌全蛋液相比，在整个储藏期间起泡性之间无显著差异性($p>0.05$)；与未杀菌蛋液相比，只在第5、6周显示出明显高于超高温巴氏杀菌蛋液，这可能与全蛋液在储藏期间蛋白质复合解离等复杂变化有关。

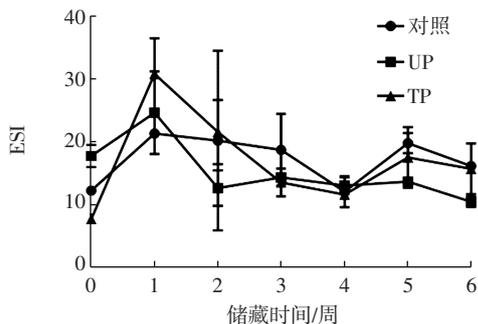
全蛋液泡沫稳定性在冷藏期间略微上升，但基本不变。而超高温巴氏杀菌全蛋液除第0周和第1周外，与传统巴氏杀菌和未杀菌蛋液之间相比，无明显变化。第1周时，虽与传统巴氏杀菌相比有差异性，但同未杀菌蛋液相比无差异性($p>0.05$)，在食品加工中能保持相对稳定的性质。全蛋液的泡沫稳定性受蛋清液和蛋黄液中的多种蛋白影响^[15]，蛋黄和蛋清混合后，热稳定性有所提高，因此，超高温巴氏杀菌未导致蛋白大量聚集，并且提升水-空气界面膜的稳定性，膜破裂程度降低^[16]。并且在储藏期间，卵黏蛋白-溶菌酶复合物解体，蛋白质分子柔韧性增加，泡沫稳定性相对稳定，无明显变化趋势^[17]。

2.2.2 超高温巴氏杀菌全蛋液储藏期间乳化性及乳化稳定性变化

乳化性和乳化稳定性是蛋液的另一个重要功能性质，本文比较了超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌对全蛋液乳化性及乳化稳定性的影响，观察不同处理方式的全蛋液储藏期间乳化性及乳化稳定性的变化见图3。

由图3可知，第0周时超高温巴氏杀菌全蛋液及传统巴氏杀菌全蛋液与未杀菌蛋液相比，乳化性显著下降，而它们两者之间无差异($p>0.05$)。0~6周超高温巴氏杀菌全蛋液与传统巴氏杀菌全蛋液乳化性先上升后下降，在储藏第3周时达到最大值0.28。储藏前





对照. 未杀菌全蛋液;UP. 超高温巴氏杀菌全蛋液(74 °C, 60 s);
TP. 传统巴氏杀菌全蛋液(64.5 °C, 3 min).

图3 全蛋液随储藏时间延长乳化性(EAI)及乳化稳定性(ESI)的变化情况

Fig.3 Changes in emulsification and emulsification stability of liquid whole egg with storage time

期,随着储藏时间的延长,疏水基减少,蛋白质形成的聚合物解离,全蛋液的乳化性升高。储藏后期,蛋白变性导致结构展开,表面疏水性增加,通过疏水作用会使变性的蛋白质形成聚合物,从而降低分子柔韧性,因此蛋清液乳化活力降低。超高温巴氏杀菌全蛋液在冷藏条件下乳化性与传统巴氏杀菌相比无显著性差异,可在商业生产中得到较好的应用。

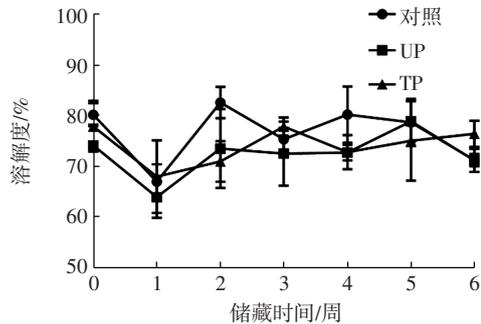
全蛋液经超高温巴氏杀菌及传统巴氏杀菌处理后随储藏时间增加,乳化稳定性先增加后减少然后趋于稳定,在第1周达到最优值24.64、30.82。这可能是由于储藏期间全蛋液中的蛋白质表面疏水性持续上升,硬度和黏度提高所致,一般认为蛋白质的疏水性越大,界面上吸附的蛋白质浓度越大,界面张力越小,乳状液体系也就更稳定^[18],但随着储藏期间全蛋液浓厚蛋白水样化,黏度降低,乳化体系的稳定性会受到破坏。全蛋液储藏过程中除第0周外,经超高温巴氏杀菌处理后其乳化稳定性与传统巴氏杀菌之间无显著差异性($p>0.05$)。

2.3 超高温巴氏杀菌对全蛋液储藏期间理化性质的影响

2.3.1 超高温巴氏杀菌全蛋液储藏期间溶解度的变化

蛋白质的溶解度是蛋白功能性质的基础,蛋白质只有在溶液中充分分散才能更好地与食物中其它组分相互作用^[19]。一般认为,溶解性良好的蛋白往往具有较好的功能性质^[20]。本文比较了超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌对全蛋液溶解度的影响,观察不同处理方式的全蛋液储藏期间溶解度的变化见图4。

由图4可知,超高温巴氏杀菌及传统巴氏杀菌处理均导致全蛋液中溶解度降低,这是由于加热导致蛋白展开,表面疏水性增加,因此溶解度降低。超高温巴



对照. 未杀菌全蛋液;UP. 超高温巴氏杀菌全蛋液(74 °C, 60 s);
TP. 传统巴氏杀菌全蛋液(64.5 °C, 3 min).

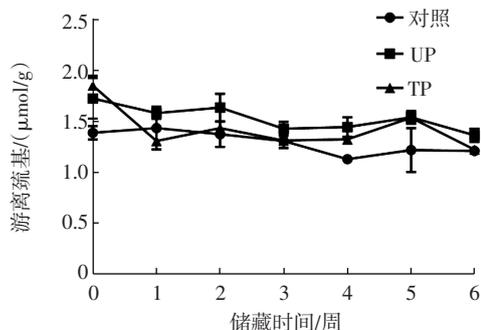
图4 全蛋液随储藏时间延长溶解度的变化情况

Fig.4 Changes in solubility of liquid whole egg with storage time

氏杀菌全蛋液储藏1周后有明显的下降,后又上升之后保持稳定,后期溶解度有所上升可能是由于蛋液浓厚蛋白液化,浓厚蛋白向稀薄蛋白转变,卵黏蛋白复合物降解, β -卵黏蛋白含量降低,不可溶的卵黏蛋白含量减少^[21-22]。蛋液的溶解度对蛋液的功能性质有着直接的作用,溶解度变化趋势与起泡性及泡沫稳定性的变化趋势相符,而未杀菌全蛋液并未显示出明显的变化趋势,3种处理方式使全蛋液均在储藏1周时溶解度出现最低值。超高温巴氏杀菌全蛋液溶解度在储藏过程中除第6周外,均与传统巴氏杀菌法无显著性差异($p>0.05$)。

2.3.2 超高温巴氏杀菌全蛋液储藏期间游离巯基的变化

游离巯基(-SH)含量的变化是二硫键变化的重要指标,二硫键的变化与蛋白质聚集有关,通过减少蛋白质分子间二硫键引起的分子结构的变化,可以改善气泡中膜的形成^[23]。本文比较了超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌对全蛋液游离巯基的影响,观察不同处理方式的全蛋液储藏期间游离巯基含量的变化见图5。



对照. 未杀菌全蛋液;UP. 超高温巴氏杀菌全蛋液(74 °C, 60 s);
TP. 传统巴氏杀菌全蛋液(64.5 °C, 3 min).

图5 全蛋液随储藏时间延长游离巯基的变化情况

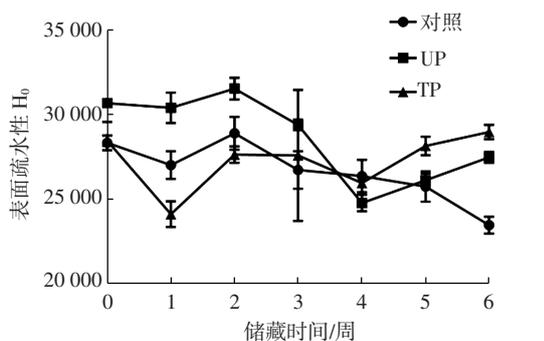
Fig.5 Changes in sulfhydryl of liquid whole egg with storage time

由图5可知,超高温巴氏杀菌全蛋液游离巯基含

量整体看来略高于未杀菌全蛋液和传统巴氏杀菌全蛋液,可能是由于较高的温度导致蛋白质热变性,蛋白质分子展开,暴露出内部包埋的巯基,游离巯基含量增加^[24]。未杀菌全蛋液在储藏期间略有下降但基本不变,传统巴氏杀菌全蛋液游离巯基含量变化无明显变化规律。超高温巴氏杀菌全蛋液游离巯基含量整体上呈现下降的趋势,可能是由于外露的巯基被氧化形成二硫键或是发生交联作用,使含量进一步降低;蛋白质出现变性或是蛋白质之间的相互作用增加,巯基被相互作用的蛋白包裹在一起也可能使巯基含量减少。巯基含量的变化在一定程度上可以表明蛋液蛋白质的结构有着复杂的变化^[25]。游离巯基含量的增加意味着蛋白分子暴露在极性更强的环境中,不利于泡沫的形成,从而降低了泡沫的形成能力。

2.3.3 超高温巴氏杀菌全蛋液储藏期间表面疏水性质的变化

疏水相互作用是维持蛋白质三级结构的最重要的作用力,其对于蛋白质的稳定性、构象与蛋白质的功能性质具有重要意义^[24]。蛋白质分子表面疏水氨基酸形成疏水区域产生的表面性质影响蛋白质在极性不同的两相之间的作用,主要有蛋白质的发泡性质和乳化性质等方面,是影响蛋白质表面性质的主要因素^[26-27]。本文比较了超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌对全蛋液表面疏水性的影响,观察不同处理方式的全蛋液储藏期间表面疏水性的变化见图6。



对照. 未杀菌全蛋液; UP. 超高温巴氏杀菌全蛋液(74℃, 60 s);
TP. 传统巴氏杀菌全蛋液(64.5℃, 3 min)。

图6 全蛋液随储藏时间延长表面疏水性的变化情况

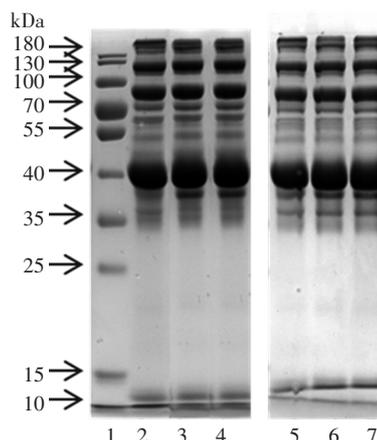
Fig.6 Changes in hydrophobic of liquid whole egg with storage time

由图6可知,超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌全蛋液表面疏水性变化趋势为先降低后上升,表面疏水性最低值分别出现在第4周为24 776,第1周为24 119,未杀菌全蛋液储藏期间表面疏水性呈降低趋势。超高温巴氏杀菌全蛋液表面疏水性在前3周内高于传统巴氏杀菌及未杀菌全蛋液,这可能是由于加热导致全蛋液中蛋白质空间结构变化,疏水性区域暴露,表面疏

水性增加,第4周开始低于传统巴氏杀菌全蛋液可能是由于超高温巴氏杀菌全蛋液随着时间延长,游离巯基含量降低,疏水基团含量减少,造成表面疏水性含量降低,同时蛋白质之间也可能通过疏水作用发生聚集,疏水性降低。后期可能是蛋白质变性程度加大,疏水结构暴露,表面疏水性增加。

2.3.4 超高温巴氏杀菌全蛋液储藏期间 SDS-PAGE 电泳的变化

为了进一步探讨超高温巴氏杀菌对全蛋液造成的影响,本文比较了超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌、未杀菌对全蛋液 SDS-PAGE 的影响,观察不同处理方式的全蛋液储藏期间 SDS-PAGE 的变化见图7。



泳道1为180 kDa的蛋白Marker;泳道2,3,4分别为储藏前未杀菌全蛋液、超高温巴氏杀菌全蛋液、传统巴氏杀菌全蛋液;泳道5,6,7为储藏至第6周末杀菌全蛋液、超高温巴氏杀菌全蛋液、传统巴氏杀菌全蛋液。

图7 全蛋液随储藏前及储藏至第6周 SDS-PAGE 的变化情况
Fig.7 Changes of SDS-PAGE before and after storage of whole egg liquid stored at 6th week

由图7可知,超高温巴氏杀菌、传统巴氏杀菌及未杀菌全蛋液在储藏前并无明显的蛋白变化,泳道2、3、4中无明显的蛋白减少,蛋白变性聚集,表明超高温巴氏杀菌并未对全蛋液中的蛋白质造成显著影响。泳道5、6、7之间可以看到,在10 kDa~15 kDa处,有溶菌酶存在(14.7 kDa),而未杀菌全蛋液条带相对于超高温巴氏杀菌及传统巴氏杀菌全蛋液条带较浅,可能是由于储藏过程中pH值的变化造成的^[28]。除此之外,其他条带并无明显变化。

3 结论

超高温巴氏杀菌及传统巴氏杀菌均对全蛋液中微生物有明显的杀菌效果,但超高温巴氏杀菌的杀菌效果更明显,尤其是对沙门氏菌灭活效果更为突出。第0周时超高温巴氏杀菌与传统巴氏杀菌全蛋液的起

泡性、泡沫稳定性均显著高于未杀菌,但二者之间没有显著差异,冷藏1周后,三者起泡性均显著下降,而泡沫稳定性呈上升趋势,但是随着冷藏时间的延长至6周,三者均未呈现显著变化。超高温巴氏杀菌全蛋液乳化性及乳化稳定性为先增加后降低,在整个储藏过程中,两者间均无显著性差异。不同杀菌方式对全蛋液中蛋白质溶解度、游离巯基的影响差异不显著。超高温巴氏杀菌既能有效灭活蛋液中的微生物,同时保障了超高温巴氏杀菌全蛋液在储藏过程中的功能性,与传统巴氏杀菌相比无明显变化,为超高温巴氏杀菌全蛋液的工业生产和应用提供了理论基础。

参考文献:

- [1] 赵维高,刘文营,黄丽燕,等. 冷冻贮藏对巴氏杀菌全蛋液功能特性的影响[J]. 食品科技, 2012,37(11):50-53.
- [2] 马美湖. 禽蛋制品生产技术[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2003.
- [3] 乔立文. 机械剪切与热处理对于鸡蛋全蛋液功能性质的影响[D]. 无锡:江南大学, 2011.
- [4] 言令. 创造中国的液体蛋行业?——分析国际企业欧福登场中国的影响[J]. 中外食品, 2005(4):19-20.
- [5] GE Z, XUE S, JIANMEI Z, et al. Isolation, identification, and characterization of foodborne pathogens isolated from egg internal contents in China [J]. Journal of food protection, 2016,79 (12):2107-2112.
- [6] 思进. 高致病性H5N1禽流感暴发对食品安全的影响[J]. 中国家禽, 2006(3):42-45.
- [7] 黄小波. 液态蛋冷杀菌关键技术的研究 [D]. 长沙:湖南农业大学, 2008.
- [8] HAMMERSHØJ M, QVIST K B. Research note: Importance of hen age and egg storage time for egg albumen foaming[J]. LWT—Food Science and Technology, 2001,34(2):118-120.
- [9] TANG Chuanhe, YANG Xiaoquan, CHEN Zhong, et al. Physicochemical and structural characteristics of sodium caseinate biopolymers induced by microbial transglutaminase[J]. Journal of Food Biochemistry, 2005, 29(4): 402-421.
- [10] BEVERIDGE T, TOMA S J, NAKAI S. Determination of SH- and SS-groups in some food proteins using Ellman's Reagent[J]. Journal of Food Science, 2006,39(1):49-51.
- [11] ZHANG M, LI J, CHANG C, et al. Effect of egg yolk on the textural, rheology and structural properties of egg gels[J]. Journal of Food Engineering, 2019,246:1-6.
- [12] SHENG L, WANG Y, CHEN J, et al. Influence of high-intensity ultrasound on foaming and structural properties of egg white[J]. Food Research International, 2018,108:604-610.
- [13] DUAN X, LI J, ZHANG Q, et al. Effect of a multiple freeze-thaw process on structural and foaming properties of individual egg white proteins[J]. Food Chemistry, 2017,228(1):243-248.
- [14] 雷铭杨. 液蛋制品贮藏期间加工特性变化研究[D]. 武汉:武汉轻工大学, 2019.
- [15] PLANCKEN I V D, VAN LOEY A, HENDRICKX M E. Effect of heat-treatment on the physico-chemical properties of egg white proteins: A kinetic study[J]. Journal of Food Engineering, 2006,75(3):316-326.
- [16] 徐旭东,吴文琪,尹吉帆,等. 热处理和乳酸钙对蛋液起泡性的影响[J]. 食品研究与开发, 2019,40(3):112-115.
- [17] 刘美玉,任发政,连昭慧等. 不同贮藏条件下鸡蛋清中主要蛋白质特性的变化[J]. 食品安全质量检测学报, 2015(11): 4468-4474.
- [18] 白洁,彭义交,李玉美,等. 超高压加工蛋液贮藏过程中微生物及品质变化研究[J]. 食品科技, 2014,39(11):34-38.
- [19] 陈鸽. 大豆蛋白对牛奶及乳饮料品质的影响 [D]. 无锡:江南大学, 2009.
- [20] 王金梅. 大豆蛋白热聚集行为及界面、乳化性质研究[D]. 广州:华南理工大学, 2012.
- [21] 王晓翠,武书庚,岳洪源,等. 卵黏蛋白:结构组成、理化性质、在浓蛋白液中的作用及营养调控[J]. 动物营养学报, 2015,27(2): 327-333.
- [22] 左思敏. 卵黏蛋白胶凝性质及其在蛋清凝胶中的作用[D]. 武汉:华中农业大学, 2013.
- [23] CHEN Y, SHENG L, GOUDA M, et al. Studies on foaming and physicochemical properties of egg white during cold storage[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2019,582.
- [24] 乔立文,杨新宇,杨严俊. 热处理对于鸡蛋全蛋液功能性质的影响[J]. 食品工业科技, 2011,32(11):134-137.
- [25] 贾英伟. 超巴杀技术的应用对液态蛋功能特性及品质影响[D]. 长春:吉林农业大学, 2014.
- [26] 龙国徽. 大豆蛋白的结构特征与营养价值的关系[D]. 长春:吉林农业大学, 2015.
- [27] MORR C V. Current status of soy protein functionality in food systems[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1990,67(5): 265-271.
- [28] 张铭东. 液态蛋杀菌工艺及其功能性质的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨商业大学, 2015.

加工编辑:姚竣

收稿日期:2020-04-05