

Sous Vide 处理温度对鲶鱼品质的影响

Effects of different heating temperature of Sous Vide on preservation quality of catfish

唐彬^{1,2,3} 张敏^{1,2,3} 冯丽萍^{1,2,3} 折弯弯^{1,2,3}

TANG Bin^{1,2,3} ZHANG Min^{1,2,3} FENG Li-ping^{1,2,3} SHE Wan-wan^{1,2,3}

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 农业部农产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室(重庆), 重庆 400715; 3. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-products on Storage and Preservation (Chongqing), Chongqing 400715, China; 3. Chongqing Engineering Research Center for Special Foods, Chongqing 400715, China)

摘要:研究 Sous Vide 处理(中心温度分别 60, 70, 80 °C, 热持续时间均为 5 min)对冷藏(3 °C + 1 °C)鲶鱼保鲜品质的影响,为 Sous Vide 处理技术应用于鱼类保鲜领域提供理论依据。结果表明,与对照组相比, Sous Vide 处理组鱼肉汁液流失率和 pH 值显著增加($P < 0.05$),并具有较高的脂肪氧化水平($P < 0.05$),而颜色 L^* 值保持较稳定,极显著高于对照组($P < 0.01$)。Sous Vide 处理还延缓了贮藏后期鲶鱼肉硬度的下降,显著延缓冷藏鲶鱼挥发性盐基氮含量的增加,并显著抑制鲶鱼整个贮藏期间微生物的生长与繁殖($P < 0.05$)。经综合评价,中心温度 70 °C/5 min 的 Sous Vide 处理,能有效地延长冷藏环境中鲶鱼的货架期。

关键词: Sous Vide; 鲶鱼; 保鲜; 加热温度; 品质

Abstract: The Sous Vide technology at different center temperature conditions (core temperatures were 60, 70, and 80 °C, respectively, heated for 5 min) on the preservation qualities of catfish during refrigerated storage (3 °C + 1 °C) was studied to provide theoretical basis for the application of Vide Sous technology in the preservation of fish. The results showed that, compared with the control group, the drip loss and pH of catfish increased significantly ($P < 0.05$) in the Sous Vide treatments. Moreover, a high fat oxidation level was maintained during the refrigerated storage ($P < 0.05$). The L^* value of color in three groups treated with Sous Vide were quite stable and higher than the control during the storage significantly ($P < 0.01$).

基金项目:重庆市科委社会事业与民生保障科技创新专项(编号: cstc2015shmszx80036)

作者简介:唐彬,男,西南大学在读硕士研究生。

通信作者:张敏(1975—),男,西南大学副教授。

E-mail: zmqx123@163.com

收稿日期:2017-01-04

Sous Vide treatment could delay the decrease of catfish hardness and the increase of total volatile basic nitrogen content in the later periods of refrigerated storage, and significantly inhibit the microbial growth and reproduction during the entire storage ($P < 0.05$). By comprehensively analyzing, Sous Vide technology could effectively extend the shelf life of catfish during refrigerated storage when heated at the center temperature of 70 °C for 5 min.

Keywords: Sous Vide; catfish; freshness; heating temperature; quality

随着消费者生活标准的不断提升,那些营养丰富且食用便利的冷藏食品越来越受到重视^[1]。鱼类作为一种重要的蛋白质来源,其需求量日益增长。然而,宰杀后的鱼肉极易腐败,合理添加防腐剂虽能有效抑制其快速腐败^[2],且是安全的,却无法解决消费者对食品安全的担忧。而传统的冻藏保鲜,成本较高,不易实施,且会导致鱼肉发生不可逆的破坏,严重影响口感及风味^[3]。Sous Vide 技术,也称为真空低温烹饪技术,其作为一种加工手段,亦可用于保鲜领域。Sous Vide 技术是将食品原料装入热稳定性好的真空袋内,抽真空、密封后,在设定温度下(低于 100 °C)处理一定时间,快速冷却后进行低温贮藏的一种技术^[4-5]。该技术能够使一些食品原料保持与新鲜食品相似的品质^[6],并延长其货架期。美国国家食品加工者协会(the National Food Processors Association, USA)将经过 Sous Vide 技术处理的食品归类为“新一代冷藏食品”^[7]。

Sous Vide 技术容易实施,在国外运用较为广泛,但是在鱼产品保鲜上,中国还处于研究阶段,尚未有相关文献报道。Espinosa 等^[8]探讨了 Sous Vide 处理对鲷鱼微生物含量的影响,结果表明在整个贮藏期内鱼体微生物数量保持稳定,且

沙门氏菌和单增李氏特菌未被检出,但该处理对鱼体鲜度品质保持效果不佳。González-Fandos等^[9]探讨了65℃/5 min、90℃/10 min、90℃/15 min的*Sous Vide*处理对后续贮藏于2℃和10℃环境中鲑鱼微生物的影响,结果表明,90℃/15 min处理组在45 d后,需氧、厌氧的芽孢杆菌未被检出,但在90℃下,鲑鱼肉颜色偏白,蛋白质变性严重。因此,在*Sous Vide*技术的研究中,如何既控制好微生物生长又能尽量保持产品原有品质,是目前国内外研究的一个重要方向。本试验拟立足于中国餐饮业的鱼类保鲜,以鲶鱼为研究对象,将其通过3种*Sous Vide*处理(中心温度60℃/5 min、70℃/5 min、80℃/5 min)后,探究该技术对冷藏过程中鲶鱼微生物控制及品质变化的综合影响,旨在为*Sous Vide*处理技术应用于鲶鱼保鲜提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

新鲜鲶鱼:重庆市北碚区市售。要求同批采购的活鲶鱼,重量一致(2.0 kg±0.1 kg);

盐酸:分析纯,重庆吉元化学有限公司;

95%乙醇:分析纯,重庆北碚化学试剂厂;

酚酞指示剂:分析纯,天津市化学试剂研究所;

三氯乙酸、硼酸:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;

甲基红、亚甲基蓝:指示剂,成都市科龙化工试剂厂;

高氯酸:分析纯,天津市鑫源化工有限公司;

2-硫代巴比妥酸:生物试剂,上海科中实业有限公司。

1.2 主要仪器与设备

恒温水浴锅:DZKW-S-4型,北京市永光明医疗仪器厂;

内切式匀浆机:XHF-D型,宁波新芝生物科技有限公司;

电热恒温培养箱:DHP-系列,上海一恒科学仪器有限公司;

全自动紫外分光光度计:UV-2450型,日本岛津公司;

测色仪:UltraScan® PRO型,上海韵鼎国际贸易有限公司;

物性测定仪:TA.XT2i型,英国Stable micro system公司;

pH计:PHS-3C型,上海雷磁仪器厂。

1.3 方 法

1.3.1 样品准备 将鲶鱼去内脏、头、皮,取鲶鱼侧线上方、背鳍附近肌肉切成鱼片(5 cm×4 cm×1 cm)。所有样品置于PA/PE真空包装袋(90 μ,20 cm×15 cm)中,用真空包装机抽真空(0.1 MPa)并密封。鱼肉分成4个处理组:①对照组(CK组),不加热;②65℃水浴加热,当中心温度达到60℃时立即取出,进行60℃水浴并保持5 min;③75℃水浴加热,当中心温度达到70℃时立即取出,进行70℃水浴并保持5 min;④85℃水浴加热,当中心温度达到80℃时立即取出,进行80℃水浴并保持5 min。然后立即捞出所有处理组,置于冰水中快速冷却,使鱼肉中心温度冷却至(3+

1)℃^[10]。处理好的鱼肉置于(3+1)℃环境中冷藏。每组样品质量65 g,每组3个平行,每4 d测定一次指标。

其中,鲶鱼片中心温度的测定方法:真空包装好的鱼肉在进行水浴加热之前,取平行组中的某一袋将一块隔热材料(2 cm×2 cm×2 cm)粘贴在鱼体的几何中心外部,然后将温度探针由粘有该隔热材料的几何中心外部插入鱼体的几何中心内部,随后一起置于水浴锅中,进行水浴加热。在加热过程中保证鱼体浸没水中,该隔热材料上面露出水面,避免热水接触温度计影响测定结果。

1.3.2 汁液流失率的测定 参照文献^[11]。

1.3.3 硬度测定 参照文献^[12],略有改动。采用TA.XT2i物性测定仪对肉样进行压缩试验。将鱼肉样品切成长宽高分别为15,15,5 mm。模式参数设定:探头类型为P/5;测量前探头下降速度3.0 mm/s;测试速度0.5 mm/s;测量后探头回程速度3.0 mm/s;压缩比例50%;触发力5 g;两次压缩时间间隔:5 s。测试时力的方向与肌纤维方向垂直。重复测定6次,计算平均值。

1.3.4 表观颜色L*值的测定 使用UltraScan® PRO测色仪测量,测样之前需要做空白校正。先切割肉样,色差计放在肉样的切面上进行测试。颜色的数值化表示采用CIELab系统,L*(lightness)称为明度指数,L*=0表示黑色,L*=100表示白色,中间有100个等级。每个样品取上表面均匀分布的6处不同位置进行测量并求其平均值。

1.3.5 pH值测定 准确称取10 g鱼肉,加入100 mL预先煮沸冷却的蒸馏水,均质1 min后过滤,滤液用pH计直接测定,平行3次^[13]。

1.3.6 挥发性盐基氮的测定 按SC/T 3032—2007《水产品中挥发性盐基氮的测定》执行。

1.3.7 硫代巴比妥酸值(TBARS)测定 参照文献^[14]。

1.3.8 菌落总数测定 按GB 4789.2—2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》执行。

1.4 数据 分析

利用Microsoft Excel 2007软件对各指标进行数据计算,求取平均值与标准差。使用SPSS 17.0软件进行显著性差异分析,通过Duncan新复极差法进行显著性分析,P<0.05表示具有显著性差异,P<0.01表示具有极显著性差异,P>0.05表示差异不显著。

2 结果与分 析

2.1 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼汁液流失率的影响

对照组在第12天出现腐臭味,失去食用价值,故对照组只观测到第12天。由图1可知,在贮藏0~12 d时,各贮藏时间下,*Sous Vide*处理组的汁液流失率一直极显著高于对照组(P<0.01)。储藏期间,对照组和处理组汁液流失率整体呈上升趋势,这是因为汁液流失率与肌原纤维蛋白的持水力相关^[15],对于对照组而言,汁液流失率增加的主要原因是腐败菌引起鱼肉蛋白质降解,肌原纤维蛋白的持水能力降低,从而引起肌肉持水能力的降低^[16]。对于*Sous Vide*处理组而言,其汁液流失率会增加,主要是因为加热导致蛋白质

变性,鱼肉持水性能下降^[17]。贮藏 0~24 d 时,各贮藏时间下,70 °C 处理组汁液流失率均显著高于 60 °C 处理组($P < 0.05$),并显著低于 80 °C 处理组($P < 0.05$)。Sous Vide 处理使鱼体汁液损失率增加,与对照组相比,虽对产品品质造成一定影响,但是该技术对应用于餐饮行业的鱼体保鲜尤其是已经煮熟的鱼体保鲜仍具有很大实际应用价值。综上可知,贮藏期内,相同贮藏时间下,Sous Vide 处理组的汁液流失率极显著高于对照组($P < 0.01$),且 80 °C 处理组汁液流失率显著高于 70 °C 和 60 °C 处理组($P < 0.05$)。

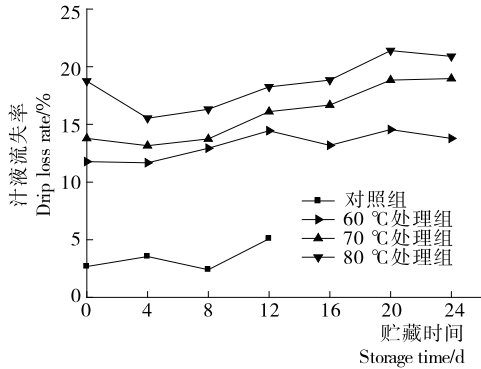


图 1 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼汁液流失率的影响

Figure 1 Effect of *Sous Vide* on the drip loss rate of catfish muscle

2.2 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼硬度的影响

由图 2 可知,与对照组相比,各 *Sous Vide* 处理组在第 0 天硬度都有增加,差异显著($P < 0.05$),可能是肉中蛋白质因加热变性凝固,肉中的汁液流失,导致肌肉容积缩小逐渐变硬引起的^[18]。在贮藏期间,各处理组鱼肉的硬度呈现下降的趋势,可能是质构特性与蛋白质理化性质密切相关,鱼肉蛋白质易在水解酶与微生物双重作用下发生水解,致使鱼肉组织结构破坏,使鱼体硬度呈现下降趋势。贮藏 0~12 d 时,60 °C 处理组能够延缓鲶鱼肉硬度的下降,贮藏期第 4~8 天,其硬度值显著高于 70,80 °C 处理组($P < 0.05$)。在贮藏后期,70 °C 处理组鱼肉的硬度下降趋势比较平缓,70 °C *Sous Vide* 处理明显减缓了冷藏条件中鲶鱼肉硬度的下降。贮藏期第 24 天,60,70,80 °C 处理组的硬度值分别降低至

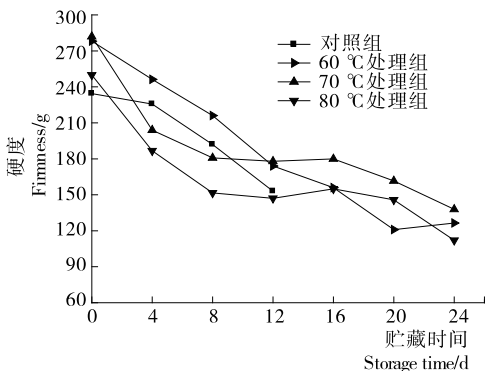


图 2 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼硬度的影响

Figure 2 Effect of *Sous Vide* on the firmness of catfish muscle

126.5,137.9,112.0 g,其中 80 °C 处理组的硬度显著低于 60,70 °C 处理组($P < 0.05$),但 60 °C 处理组与 70 °C 处理组之间差异并不显著($P > 0.05$)。综上可知,不同加热温度的 *Sous Vide* 处理在第 0 天都会使鲶鱼肉硬度增大,贮藏时间越长,硬度呈下降趋势;60 °C 处理组在贮藏前期,能够延缓鱼肉硬度下降;70 °C 处理组在贮藏后期,下降趋势比较平缓。

2.3 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼亮度值(L^*)的影响

L^* 值大小反应了鲶鱼的亮度。由图 3 可知,在贮藏期 0~12 d 内,各贮藏时间下,Sous Vide 处理组的 L^* 值均极显著大于对照组($P < 0.01$)。贮藏期第 12 天,60,70,80 °C 处理组间的差异不显著($P > 0.05$)。贮藏期第 24 天,80 °C 处理组的 L^* 值显著高于 60,70 °C 处理组($P < 0.05$)。对照组的 L^* 值在贮藏 0~4 d 时呈现上升的趋势,可能是鲶鱼肌肉内蛋白质与水的结合能力降低,使自由水增多引起的^[19]。整个贮藏期间,Sous Vide 处理组的 L^* 值变化比较稳定。Diaz 等^[20]研究了 *Sous Vide* 技术对冷藏条件下水煮鲑鱼保鲜品质的影响,结果发现,经 *Sous Vide* 处理的鲑鱼表观色泽并没有发生显著变化,这与本试验 *Sous Vide* 处理组鲶鱼 L^* 值变化比较稳定的结果相似。

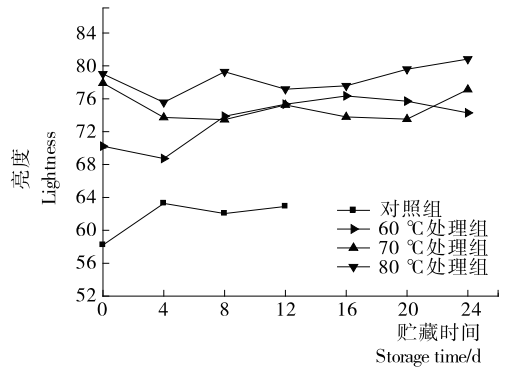


图 3 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼亮度值(L^*)的影响

Figure 3 Effect of *Sous Vide* on the lightness (L^*) of catfish muscle

2.4 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼 pH 值的影响

pH 值是衡量水产动物宰后品质变化的重要指标^[21]。由图 4 可知,贮藏 0~12 d 时,60,70,80 °C 处理组 pH 值呈下降趋势,可能是肉中的微生物在初期无氧条件下分解糖类物质,生成乳酸、醋酸等弱有机酸,使得 pH 值呈缓慢下降趋势^[22]。对于对照组而言,在贮藏 0~4 d 时,对照组 pH 值呈下降趋势同样是由于微生物分解糖类物质,生成弱有机酸引起,而贮藏 4~12 d 时,对照组 pH 值明显升高,是因为大量微生物活动分解蛋白质,生成了碱性含氮化合物。贮藏 0~8 d 时,对照组中鲶鱼的 pH 值均显著低于 *Sous Vide* 处理组($P < 0.05$),*Sous Vide* 处理组中鱼肉呈现较高的初始 pH 值,可能是肌肉蛋白质发生热变性,使得酸性基团被包埋或改变而变少,导致初始 pH 值较高^[23]。贮藏后期,各 *Sous Vide* 处理组 pH 值呈上升趋势,这与组织蛋白的分解相关,贮藏后期由于内源性酶和微生物的共同作用引起脱氨反应,生成

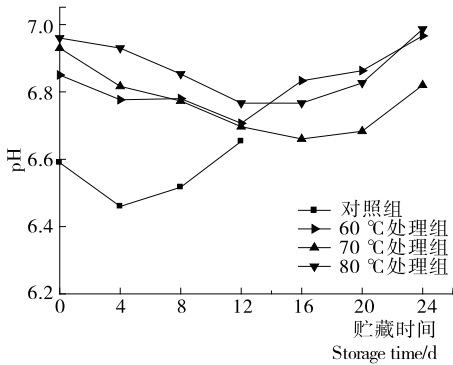


图4 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼 pH 值的影响

Figure 4 Effect of *Sous Vide* on the pH of catfish muscle

了氨、三甲胺等碱性分解产物^[24]。贮藏期第 24 天, 60, 70, 80 °C 处理组的 pH 值分别增加至 6.97, 6.82, 6.99, 其中 70 °C 处理组与 60, 80 °C 处理组间差异显著 ($P < 0.05$), 但 60, 80 °C 处理组之间差异不显著 ($P > 0.05$), 说明 70 °C 处理组能够有效抑制组织蛋白分解。综上可知, *Sous Vide* 处理后, 鱼肉 pH 值呈先下降后上升的趋势; 70 °C *Sous Vide* 处理组能更有效地抑制鲶鱼肉 pH 值上升。

2.5 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼挥发性盐基氮的影响

挥发性盐基氮 (TVB-N) 是水产品在细菌和酶的作用下分解产生的氨及低级胺类, 通常作为肉类的鲜度指标^[25]。由图 5 可知, 各 *Sous Vide* 处理组鲶鱼的挥发性盐基氮 (TVB-N) 含量均随贮藏时间的延长而增加, 与对照组相比, *Sous Vide* 处理组挥发性盐基氮的增加趋势比较缓慢。贮藏 0~12 d 时, 对照组鱼肉的 TVB-N 含量一直高于 *Sous Vide* 处理组, 并从贮藏期第 4 天开始, 对照组鱼肉的 TVB-N 含量显著高于各 *Sous Vide* 处理组 ($P < 0.05$); 在贮藏期第 12 天, 对照组的 TVB-N 含量已经达到 22.2 mg/100 g, 此时鲶鱼已经散发出腐臭味, 失去了食用价值。贮藏前期, 各 *Sous Vide* 处理组鱼肉的 TVB-N 含量呈现缓慢增加的趋势, 可能是经过热处理的鲶鱼含有的微生物数量大大减少, 从而降低了微生物对鲶鱼蛋白质的降解程度。随着贮藏期的延长, 贮藏 4~24 d 时, *Sous Vide* 处理组中, 60 °C 处理组的 TVB-N 含量一直显著高于 80 °C 处理组 ($P < 0.05$)。贮藏期第 24 天,

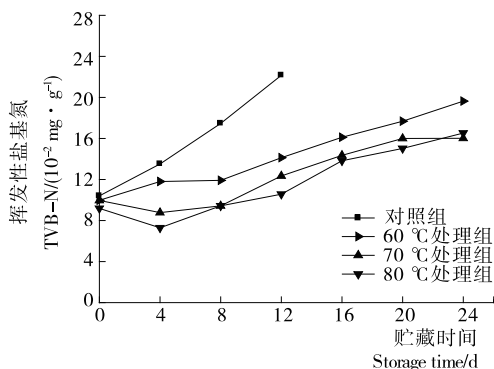


图5 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼挥发性盐基氮 (TVB-N) 的影响
Figure 5 Effect of *Sous Vide* on the total volatile basic nitrogen (TVB-N) of catfish muscle

60, 70, 80 °C 处理组的挥发性盐基氮含量分别达到 19.64, 16.02, 16.53 mg/100 g, 其中 60 °C 处理组显著高于 70 °C 与 80 °C 处理组 ($P < 0.05$), 而 70 °C 与 80 °C 处理组之间差异不显著 ($P > 0.05$); 并且在贮藏末期, *Sous Vide* 处理组的鱼肉仍具有一定的食用价值。综上可知, 对照组鱼肉 TVB-N 含量增长较快; 70 °C 和 80 °C *Sous Vide* 处理组能一定程度地抑制鱼肉贮藏期内 TVB-N 含量的上升。

2.6 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼硫代巴比妥酸值的影响

丙二醛是脂质氧化反应后的一种主要终产物, 试验中常用硫代巴比妥酸值表征脂质氧化次级产物中丙二醛的含量, 从而说明脂质氧化的程度^[26]。由图 6 可知, 贮藏 0~12 d 时, 各 *Sous Vide* 处理组的硫代巴比妥酸值 (TBARS) 均显著高于对照组 ($P < 0.05$)。这是由于热处理能够促进脂质过氧化而使丙二醛 (MDA) 的含量增加^[26]。Conchillo 等^[27] 提出, 加热通常会使得肉类产生更高的 TBARS 值, 因此与生肉相比, 不同类型的熟肉制品中会呈现更高的 TBARS 值。贮藏 0~12 d 时, 60 °C 处理组的 TBARS 值高于 70 °C 与 80 °C 处理组, 且相同贮藏时间, 60 °C 与 70 °C 处理组以及 60 °C 与 80 °C 处理组间差异显著 ($P < 0.05$)。同时发现贮藏 0~12 d 时, *Sous Vide* 处理中心温度越高, TBARS 值越低, 这与 Roldan 等^[28] 和 Sánchez 等^[29] 的研究结果一致。Roldan 等^[28] 用 60, 70, 80 °C *Sous Vide* 处理羊腰, 结果表明 80 °C 处理组 TBARS 值最低, 60 °C 处理组 TBARS 值最高。Sánchez 等^[29] 研究表明, 80 °C *Sous Vide* 处理较 60 °C *Sous Vide* 处理, 猪肉的 TBARS 值更低。Adams 等^[30] 在一项系统模拟试验中也发现, 较高的加热温度能促使丙二醛含量快速减少。Roldan 等^[28] 和 Sonia^[31] 认为这是因为较高的加热温度促使丙二醛与肉中的蛋白质、磷脂、DNA 或氨基酸等一些包含伯胺基团的化合物发生反应, 最终使 TBARS 值降低。随着贮藏期的延长, 贮藏 16~24 d 时, 各处理组 TBARS 值呈明显上升的趋势。贮藏期第 20~24 天, 70 °C 处理组鱼肉 TBARS 值增加速度较 60 °C 与 80 °C 处理组更加缓慢, 并显著低于 60, 80 °C 处理组 ($P < 0.05$)。这说明, 在贮藏后期, *Sous Vide* 处理组中, 70 °C 处理组能够有效延缓鲶鱼肉 TBARS 值的增加。

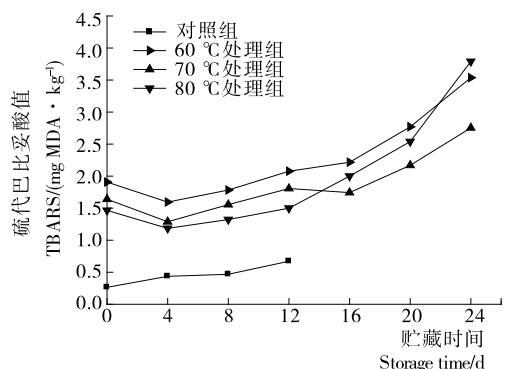


图6 *Sous Vide* 保鲜对鲶鱼硫代巴比妥酸值 (TBARS) 的影响
Figure 6 Effect of *Sous Vide* on the thiobarbituric acid (TBARS) of catfish muscle

2.7 *Sous Vide* 保鲜对鲢鱼菌落总数的影响

高水分含量食品的腐败主要是由微生物的作用引起的, 鱼死后机体的腐败速度与初始的微生物数量密切相关, 因此可以通过降低原料鱼自身的微生物数量来延长鱼肉的保鲜期。由图 7 可知, 各试验组菌落总数在贮藏期内呈上升趋势, 这是因为细菌利用鱼肉中蛋白质及糖原等营养成分进行繁殖, 使菌落总数逐渐增加^[32]。在(3+1) °C 贮藏条件下, 对照组鱼肉的菌落总数增长迅速, 第 12 天时, 已经出现腐臭味。贮藏 0~12 d 时, 各贮藏时间下, 各 *Sous Vide* 处理组的菌落总数均极显著低于对照组($P < 0.01$), 说明 *Sous Vide* 技术对鲢鱼贮藏中微生物的控制有较好的效果。并且整个贮藏期间, 在 *Sous Vide* 处理的 3 种温度条件中, 处理温度越高, 微生物的控制效果越好。在整个贮藏期间, 各贮藏时间下, 80 °C 处理组菌落总数均显著低于 70 °C 处理组($P < 0.05$), 70 °C 处理组菌落总数均显著低于 60 °C 处理组($P < 0.05$)。Mol 等^[33] 发现, 狐鲶经 *Sous Vide* 处理(中心温度 70 °C/10 min)后, 其嗜温菌和嗜冷菌的数量分别可以从原料鱼中的 3.46, 2.72 lg(CFU/g) 减少至无法检测的水平, 即 < 1.00 lg(CFU/g)。经过 *Sous Vide* 技术处理的鱼肉, 越高的热处理温度可以使鱼肉中嗜温菌、嗜冷菌的数量越少^[34-35]。说明 *Sous Vide* 技术有良好的灭菌效果, 但是也有学者^[9] 提出, 虽然 *Sous Vide* 技术中高温长时加热能明显降低微生物数量, 但高温也可以降低该产品的品质。因此, 在 *Sous Vide* 技术的实际应用中, 需要综合考虑微生物的控制及品质来选择原料的热处理温度、时间。

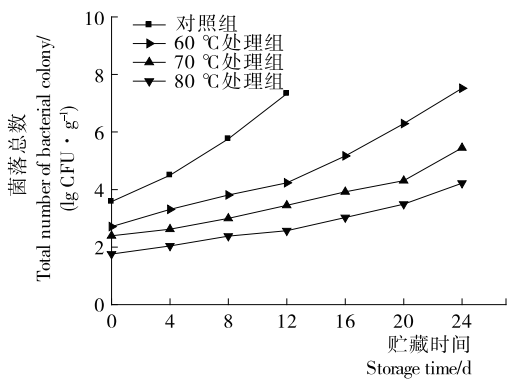


图 7 *Sous Vide* 保鲜对鲢鱼菌落总数的影响

Figure 7 Effect of *Sous Vide* on the total number of bacterial colony of catfish muscle

3 结论

本研究探讨了 3 种加热条件(中心温度 60 °C/5 min, 70 °C/5 min, 80 °C/5 min) *Sous Vide* 处理对鲢鱼在冷藏环境中菌落总数及其品质的影响。结果表明, 虽然 80 °C 处理组可以最显著性地抑制微生物的生长繁殖($P < 0.05$), 但在整个贮藏期都保持较高的汁液流失率, 保鲜品质较差。而 70 °C 处理组较 60 °C 处理组能更好地抑制鱼肉菌落总数的增加($P < 0.05$), 并且有效延缓了鲢鱼肉 TBARS 值的上升, 抑制鲢鱼肉 TVB-N 含量和 pH 值上升, 延缓了贮藏后期鲢

鱼肉硬度的下降, 其保鲜品质较好。因此, 综合评价后表明, 中心温度 70 °C/5 min 的 *Sous Vide* 处理可以有效控制冷藏环境中鲢鱼菌落总数的同时最大程度地保持鱼体品质。*Sous Vide* 技术对于鲢鱼保鲜有着重要意义, 与传统巴氏杀菌相比, *Sous Vide* 技术的优势在于, 真空包装结合热处理杀菌的同时, 还能消除贮藏中二次污染的风险, 其次迅速冷却并保持温度 ≤ 3 °C, 能够抑制芽孢萌发以及微生物的生长, 更好地保持鲢鱼原有的品质, 该技术对应用于餐饮行业的鲢鱼鱼体保鲜有着一定的实际价值。但本研究仍未能很好地解决鲢鱼经 *Sous Vide* 处理后汁液流失的问题, 这对鱼体的保鲜品质会有一定影响, 有待后续进一步研究。

参考文献

- [1] EVANS J. Consumer handling of chilled foods: Perception and practice[J]. International Journal of Refrigeration, 1992, 15(5): 299-306.
- [2] GRAM L, HUSS H H. Microbiological spoilage of fish and fish products[J]. International Journal of Food Microbiology, 1996, 33(1): 121-137.
- [3] 蔡青文, 谢晶. 微冻保鲜技术研究进展[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 248-252.
- [4] SCHELLEKENS M. New research issues in sous-vidé cooking [J]. Trends in Food Science & Technology, 1996, 7(8): 256-262.
- [5] ARMSTRONG G A, MCILVEEN H. Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes [J]. Food Quality and Preference, 2000, 11(5): 377-385.
- [6] CREED P G. Principles and applications of sous vide processed foods[M]. Gaithersburg: Aspen, 1998: 25-56.
- [7] JUNEJA V K, NOVAK J S, SAPERS G M, et al. Sous-vidé processed foods: safety hazards and control of microbial risks [M]. Taylor and Francis: CRC Press, 2003: 97-126.
- [8] ESPINOSA M C, LÓPEZ G, DÍAZP, et al. Development of a convenience and safety chilled sous vide fish dish: Diversification of aquacultural products[J]. Food Science and Technology International, 2015, 22(3): 185-195.
- [9] GONZÁLEZ-FANDOS E, VILLARINO-RODRIGUEZ A, GARCIA-LINARES M C, et al. Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method[J]. Food Control, 2005, 16(1): 77-85.
- [10] BALDWIN D E. Sous vide cooking: A review[J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2012, 1(1): 15-30.
- [11] 谢晶, 李建雄, 潘迎捷. 冰温结合不同比例氧气气调对冷却肉的保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 307-311.
- [12] 李婷婷. 大黄鱼生物保鲜技术及新鲜度指示蛋白研究[D]. 浙江: 浙江工商大学, 2013: 33-34.
- [13] FAN Wen-jiao, CHI Yuan-long, ZHANG Shuo. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice[J]. Food Chem-

- istry, 2008, 108(1): 148-153.
- [14] SINNHUBER R O, YU Tien-chun. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils[J]. Journal of Japan Oil Chemists Society, 1977, 26(5): 259-267.
- [15] SIKORSKI Z E, RUITER A. Changes in proteins and nonprotein nitrogen compounds in cured, fermented, and dried seafoods[M]. Seafood Proteins: Springer U S, 1995: 113-126.
- [16] BINSI P, VIJI P, VISNUVINAYAGAM S, et al. Microbiological and shelf life characteristics of eviscerated and vacuum packed freshwater catfish (*Ompok pabda*) during chill storage [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(3): 1 424-1 433.
- [17] 路钰希, 林玉海, 李学英, 等. 冻藏温度对鲈鱼品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2015, 16(3): 105-111.
- [18] 武运, 靳焯. 热加工工艺对肉制品质量的影响[J]. 肉类工业, 1997, 23(12): 17-19.
- [19] 佟辉, 陈杰, 杨晓静, 等. 背最长肌肌红蛋白 mRNA 表达与肉色表现性状之间的相关[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(3): 94-98.
- [20] DÍAZ P, GARRIDO M D, BAÑÓN S. Spoilage of sous vide cooked salmon (*Salmo salar*) stored under refrigeration [J]. Food Science and Technology International, 2011, 17(1): 31-37.
- [21] SOMWANG S, PAIRAT S, JANTHIRAK, et al. Quality changes in oyster (*Crassostrea belcheri*) during frozen storage as affected by freezing and antioxidant [J]. Food Chemistry, 2010, 123(2): 286-290.
- [22] 王天佑, 王玉娟, 秦文. 猪肉挥发性盐基氮指标与其感官指标的差异研究[J]. 食品工业科技, 2007, 14(12): 124-126.
- [23] BELL J W, FARKAS B E, HALE S A, et al. Effect of thermal treatment on moisture transport during steam cooking of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) [J]. Journal of Food Science, 2001, 66(2): 307-313.
- [24] ANACLETO P, TEIXEIRA B, MARQUES P, et al. Shelf-life of cooked edible crab (*Cancer pagurus*) stored under refrigerated conditions [J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(6): 1 376-1 382.
- [25] 王秀娟, 张坤生, 任云霞. 壳聚糖涂膜保鲜虾的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(7): 519-522.
- [26] WEBER J, BOCHI V C, RIBEIRO C P, et al. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets [J]. Food Chemistry, 2008, 106(1): 140-146.
- [27] CONCHILLO A, ANSORENA D, ASTIASARÁN I. Combined effect of cooking (grilling and roasting) and chilling storage (with and without air) on lipid and cholesterol oxidation in chicken breast [J]. Journal of Food Protection, 2003, 66(5): 840-846.
- [28] ROLDAN M, ANTEQUERA T, ARMENTEROS M, et al. Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins [J]. Food Chemistry, 2014, 149(149): 129-136.
- [29] SÁNCHEZ D P J, GÁZQUEZ A, RUIZ C J. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time [J]. Meat Science, 2012, 90(3): 828-835.
- [30] ADAMS A, DE K N, VAN B M A. Modification of casein by the lipid oxidation product malondialdehyde [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(5): 1 713-1 719.
- [31] SONIA V, MARIO E, CARMEN L D, et al. Phospholipid oxidation, non-enzymatic browning development and volatile compounds generation in model systems containing liposomes from porcine *Longissimus dorsi* and selected amino acids [J]. European Food Research and Technology, 2007, 225(5): 665-675.
- [32] 黄和, 曹湛慧, 曹增梅, 等. 番石榴多酚对虾肉糜的保鲜效果研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 159-161.
- [33] MOL S, OZTURAN S, COSANSUS. Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged bonito (*Sarda, Bloch, 1793*) stored at 4 and 12 °C [J]. Journal of Food Quality, 2012, 35(35): 137-143.
- [34] GARCÍA-LINARES M C, GONZALEZ-FANDOS E, GARCÍA-FERNÁNDEZ M C, et al. Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: Influence of fat content [J]. Journal of Food Quality, 2004, 27(5): 371-387.
- [35] PAIK H D, KIM H J, NAMK J, et al. Effect of nisin on the storage of sous vide processed Korean seasoned beef [J]. Food Control, 2006, 17(12): 994-1 000.

(上接第 114 页)

- [11] KATHERINE M N, COLIN G, JITENDRA P, et al. Antimicrobial activity of oregano oil against antibiotic-resistant *Salmonella enterica* on organic leafy greens at varying exposure times and storage temperatures [J]. Food Microbiology, 2013, 34(1): 123-129.
- [12] HONARY S, ZAHIR F. Effect of Zeta potential on the Properties of Nano-Drug Delivery Systems - A Review (Part 2) [J]. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 2013, 12(2): 265-273.
- [13] VALCOURT C, SAULNIER P, UMERSKA A, et al. Synergistic interactions between doxycycline and terpenic components of essential oils encapsulated within lipid nanocapsules against gram negative bacteria [J]. International Journal of Pharmaceutics, 2016, 498(1/2): 23-31.
- [14] YE Ai-qian, JOHN F, HARJINDER S. Formation of stable nanoparticles via electrostatic complexation between sodium caseinate and gum Arabic [J]. Biopolymers, 2006, 82(2): 121-133.