

包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品贮藏品质的影响

张 维¹, 李海露¹, 王金厢^{1*}, 李学鹏¹, 步 营¹, 励建荣¹, 郭晓华², 季广仁³

(1. 渤海大学食品科学与工程学院, 生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心, 国家鱼糜及鱼糜制品加工技术研发分中心, 锦州 121013;
2. 山东美佳集团有限公司, 日照 276815; 3. 锦州笔架山食品有限公司, 锦州 121007)

摘 要: **目的** 研究不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品贮藏期品质的影响。**方法** 对四角蛤蜊卤制风味产品进行普通包装、真空包装、30% CO₂+70% N₂、50% CO₂+50% N₂、30% N₂+70% CO₂ 气调包装, 并在 4 °C 贮藏条件下, 测定菌落总数、质构特性、色差、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值、风味特性等理化指标, 选择最佳的包装方式。**结果** 普通包装样品在第 3 d、真空包装组样品在第 6 d 时菌落总数超标, 而气调包装组的货架期可达 12 d 左右。气调包装组的硬度、弹性、咀嚼性的下降程度都低于普通包装和真空包装组, 气调包装的护色效果也优于其他 2 组。气调包装对 TVB-N 值、2-硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值、pH 值变化的延缓作用明显优于真空包装和普通包装。**结论** 不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品贮藏品质的保持能力依次为气调包装、真空包装、普通包装, 其中 50% CO₂+50% N₂ 气调包装保鲜效果最佳, 能显著延长产品货架期。

关键词: 四角蛤蜊; 卤制风味产品; 真空包装; 气调包装; 货架期

Effects of packaging methods on the quality of marinated *Macra quadrangularis* during storage

ZHANG Wei¹, LI Hai-Lu¹, WANG Jin-Xiang^{1*}, LI Xue-Peng¹, BU Ying¹, LI Jian-Rong¹,
GUO Xiao-Hua², JI Guang-Ren³

(1. College of Food Science and Technology, Bohai University, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural Products, National R & D Branch Centre for Surimi and Surimi Products Processing, Jinzhou 121013, China;
2. Shandong Meijia Group Co., Ltd., Rizhao 276815, China; 3. Jinzhou Bijiaoshan Food Co., Ltd., Jinzhou 121007, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of different packing methods on the shelf life quality of marinated *Macra quadrangularis*. **Methods** The marinated clams were packaged by air packaging, vacuum packaging, and modified atmosphere packaging of 30% CO₂+70% N₂, 50% CO₂+50% N₂, 30% N₂+70% CO₂, then stored at 4 °C. the physical and chemical indexes such as the total number of colonies, texture characteristics, color difference TVB-N value, flavor characteristics, and so on, were measured, and the best packaging method was selected. **Results** The

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0400603)

Fund: Supported by the National Key R & D Program (2018YFD0400603)

*通讯作者: 王金厢, 硕士, 工程师, 主要研究方向为水产品贮藏加工。E-mail: jinxiang1008@163.com

*Corresponding author: WANG Jin-Xiang, Master, Engineer, College of Food Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China. E-mail: Jinxiang1008@163.com

total bacterial colonies of ordinary packaging samples were exceeded on day 3, and the samples of vacuum packaging group were exceeded on day 6, while the shelf life of the modified atmosphere packaging group were up to about 12 d. The degrees of decrease hardness, elasticity and chew ability of the modified atmosphere packaging group were all lower than those of the ordinary packaging and vacuum packaging group, and the color protection effect of the modified atmosphere packaging group was also better than the other 2 groups. The delayed effect of modified atmosphere packaging on the change of (total volatile basic nitrogen) TVB-N, thiobarbituric acid (TBA) and pH value was obviously better than that of vacuum packaging and ordinary packaging. **Conclusion** The storage quality of the *Mactra quadrangularis* with different packaging methods is maintained in the following order: modified atmosphere packaging, vacuum packaging and ordinary packaging, among which the 50% CO₂+50% N₂ modified atmosphere packaging could obtain the longest shelf life of samples during storage.

KEY WORDS: *Mactra quadrangularis*; marinated products, vacuum packing; modified atmosphere packaging; shelf life

1 引言

四角蛤蜊, 俗名为白蚬子、泥蚬子, 是我国沿海主要的低值贝类^[1], 主要分布于我国山东和辽宁。四角蛤蜊的肉质细嫩、滋味鲜美, 富含多种营养成分和大量呈味物质, 并兼具滋阴、利水等功效^[2], 是开发休闲风味产品的理想原料^[3]。但是四角蛤蜊的加工形式比较单一, 多为手工加工形式, 制成半干制品销售, 深加工产品较少。于笛等^[4]发现真空喷雾干燥方式对四角蛤蜊酶解物抗氧化性最佳。本实验室前期采用真空滚揉卤制法将四角蛤蜊制成卤制风味产品, 为其市场开发和增值提供了参考途径^[5]。

卤制水产品风味独特, 深受消费者欢迎。因其水分含量较高、营养丰富, 且为保持原有风味, 产品多不经高温杀菌而直接销售, 因此在贮藏及加工过程中极易被微生物污染而导致腐败变质。改良产品包装方式是改善卤制水产品货架期短等问题的重要手段, 常用的改良包装方式为真空包装和气调包装。真空包装可使产品与外界隔绝, 抑制微生物的生长, 减缓蛋白质、脂肪发生氧化分解反应, 进而延长产品的货架期。真空包装具有良好的阻隔性和密封性, 包装效果较好, 但是在密封过程中包装袋收缩, 会使袋内产品受到挤压, 使部分产品汁液流失、产品发生变形^[6]。气调包装可通过调节包装袋内产品的贮藏环境、抑制微生物生长、减缓食品呼吸速率、生理代谢活动、延长食品贮藏期。气调保鲜的主要气体组成为 O₂、N₂ 和 CO₂, 将 3 种气体按照一定的比例充入包装容器内。CO₂ 对霉菌的生长起抑制作用, N₂ 常常不参与任何反应而是作为缓冲剂, O₂ 能够对厌氧菌起抑制作用^[7]。有研究表明, 40%~60% CO₂ 和同等量的 N₂ 被用来保鲜高脂鱼类^[8]。李敬等^[9]研究表明, 通过气调包装可以延长大菱鲆的货架期, 抑制微生物生长。齐凤生等^[10]采用复合保鲜剂和气调包装结合, 研究对扇贝柱保鲜效果的影响, 发现能够延长扇贝柱的货架期。

本研究以实验室前期研发的四角蛤蜊卤制风味产品为研究对象^[5], 分别对其进行普通包装、真空包装、30% CO₂+70% N₂、50% CO₂+50% N₂、30% N₂+70% CO₂ 气调包装, 在 4 °C 贮藏条件下测定其菌落总数、质构特征、挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)值等理化指标, 分析不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品的贮藏期品质的影响, 以期改善卤制水产品贮藏品质与货架期提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 材料、试剂与仪器

四角蛤蜊(锦州市太和区凌西大街农贸水产市场); 食盐、白砂糖、味精、呈味核苷酸二钠、生姜粉、辣椒粉、花椒粉、白胡椒粉、八角粉、生抽、料酒, 均为市售, 食品级。

平板计数琼脂(plate count agar, PCA)(青岛高科技工业园海博生物技术有限公司); 氯化钠、氯化钾、酒石酸[分析纯, 福晨(天津)化学试剂有限公司]; 2-硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)、三氯乙酸(trichloroacetic acid, TCA)(分析纯, 天津市风船化学试剂科技有限公司)。

GRZK50 真空滚揉机(河北晓进机械制造有限公司); DHG-9 123A 电热恒温鼓风干燥箱(常州金坛良友仪器有限公司); JA4103 电子天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司); DZ-800/2S 真空包装机(诸城旭康食品机械厂); LDZX-50FBS 立式压力蒸汽灭菌器(上海申安医疗器械厂); PEN3 电子鼻(德国 Air Sense 公司); Taste Sensing SA402B 电子舌(日本 INSENT 公司); CR-400 色彩色差计(日本 Konica-Minolta 公司); TA.XT plus 质构仪(英国 Stable Micro Systems 公司); UV-2550 型紫外-可见分光光度计(日本岛津公司); T25 basic 型高速分散均质机(德国 IKA 公司); MS105DU 分析天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; Agilent 7890A/5975C 气相色谱/质谱联用仪(美国 Agilent 公

司); DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器(巩义市科瑞仪器有限公司美国); FOSS 8400 全自动定氮仪(瑞典 FOSS 公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 四角蛤蜊卤制风味产品加工工艺流程

原料筛选→净化吐沙→蒸煮去壳→卤料配制→真空滚揉卤制→烤制脱水→包装→高温灭菌→成品。

2.2.2 不同包装处理

普通包装组: 原料选择→净化吐沙→蒸煮去壳→卤制→烤制→普通包装。

真空包装组: 原料选择→净化吐沙→蒸煮去壳→卤制→烤制→真空包装。

气调包装组: 原料选择→净化吐沙→蒸煮去壳→卤制→烤制→气调包装(30% CO₂+70% N₂, 50% CO₂+50% N₂, 70% CO₂+30% N₂)。

将包装后的四角蛤蜊卤制风味产品置于 4 ℃ 冰箱中, 每隔 3 d 进行取样以及各项品质指标的测定。

2.2.3 菌落总数的测定

参照 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》^[11]的方法进行检测。

2.2.4 质构特性的测定

使用 TP-X 质构仪的质构分析(texture profile analysis, TPA)模式测定。设定参数为: 探头类型 p/5, 测前速度 1 mm/s, 测试速度 0.5 mm/s, 测后速度 1 mm/s, 压缩比例 40%, 感应力 5.0 g, 测定时间 5 s。选取硬度、弹性、咀嚼性进行质构分析, 每个样品重复测定 6 次, 结果选取平均值。

2.2.5 色差的测定

使用色差计测定产品的 L*值、a*值和 b*值, 测定前先用标准白板校正色差计, 每组 6 个平行, 结果最后选取平均值。

2.2.6 pH 值的测定

参照 He 等^[12]的方法, 并略作修改。称取 5 g 绞碎后的蛤蜊肉, 加入 45 mL 的纯净水, 均质, 静置 30 min 后用 pH 计测定。

2.2.7 TVB-N 值的测定

参照 GB 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》^[13]中自动凯氏定氮仪法测定。

2.2.8 TBA 值的测定

参照 Chaijan 等^[14]的方法, 并作适当改动。准确称取 10.00 g 搅匀的蛤蜊肉于烧杯内, 加入 25 mL 浓度为 5% TCA 溶液和 25 mL 蒸馏水。均质后静置 30 min, 用滤纸过滤 3 次, 准确取 5 mL 滤液于试管中, 加入 5 mL 0.02 mol/L TBA 溶液, 80 ℃ 的水浴锅中加热 40 min 后冷却至室温, 于波长为 532 nm 处测定其吸光度。以 1,1,3,3-四乙氧基丙烷作标准曲线计算丙二醛的含量, 用来表示 TBA 值, mg/kg。

2.2.9 感官品评

感官评定由 12 名 18~30 岁经过专门感官培训的人员组成, 其中 6 名男性, 6 名女性, 总分计为 40 分, 最后计算

平均值。四角蛤蜊卤制品的感官评分标准见表 1。

表 1 四角蛤蜊卤制品的感官评分标准
Table 1 Sensory evaluation criteria for marinated product of *Macra quadrangularis*

指标	评分标准	得分/分
色泽及外观	色淡, 有汤汁	1~2
	色较深, 个体缩小明显	3~4
	色稍深, 表面干爽	5~6
	淡黄色, 表面基本干爽	7~8
	淡黄色, 表面干爽	9~10
质地	较硬, 易塞牙	1~2
	稍硬	5~6
	软硬较适中	7~8
	软硬适中	9~10
味道	有苦味, 口感稍差	1~2
	略带苦味, 口感较差	3~4
	太咸或太淡, 口感不协调	5~6
	偏咸或偏淡, 口感不太协调	7~8
风味	咸淡适口, 口感协调	9~10
	滋味差, 略腥	1~2
	滋味较差, 香味不足	3~4
	滋味较好, 香味不足	5~6
	味鲜美, 香味较好	7~8
	味鲜美, 香味足	9~10

2.2.10 电子鼻分析

准确称取 5 g 绞碎后的蛤蜊肉样品, 放于 50 mL 烧杯中, 迅速用 3 层保鲜膜封口, 室温下静置 30 min 后用电子鼻 PEN3 系统进行顶空检测。每组样品 3 个平行。检测条件: 传感器清洗时间 100 s、测定时间为 120 s、进样流量为 300 mL/min。电子鼻配备 W1C、W5S、W3C、W6S、W5S、W1S、W1W、W2S、W2W、W3S 10 个传感器。

2.2.11 电子舌分析

参考李双艳等^[15]的方法并稍作改动。准确称取 20.0 g 粉碎后的蛤蜊肉加入 100 mL 蒸馏水, 搅拌后均质, 于 4 ℃ 10000 r/min 离心条件下离心 10 min, 取上清液进行抽滤, 量取 80 mL 滤液进行滋味测定。电子舌配备 CA0、C00、AE1、CT0、AAE 4 个测试传感器。

2.2.12 数据处理

实验数据采用 SPSS 22.0 软件进行方差分析, $P < 0.05$ 为差异显著, 采用 Origin 2018 软件绘图, 采用 Design-Expert.V 8.0.6 统计软件进行实验设计和数据分析。

3 结果与分析

3.1 包装方式对贮藏过程中产品菌落总数的影响

菌落总数是判断产品货架期的重要依据, 与其内部

化学组分密切相关^[16]。不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品菌落总数的影响如图1所示。由图1可以看出,各处理组中的菌落总数初始值为2.55 [lg(CFU/g)],说明样品最初的卫生情况良好。在贮藏期间,各组样品菌落总数均随着时间的延长而呈现上升趋势。普通包装组在第3 d时的菌落总数达到5.65 [lg(CFU/g)],真空包装组在贮藏第6 d时达到5.60 [lg(CFU/g)],均超过了微生物限值。气调包装组样品菌落总数在贮藏的前6 d增长较慢;在第12 d时,30% CO₂+70% N₂气调包装组的菌落总数超过了5 [lg(CFU/g)],但其他2组气调包装在第12 d时均未超出限值。由此可以看出,与普通包装相比,真空包装和气调包装都能够对该卤制风味产品微生物腐败起到抑制作用,且气调包装的抑菌效果更佳。这可能是真空包装抑制好氧微生物的生长,但是气调包装的气体比例环境能够更好的抑制微生物的生长导致的^[17]。

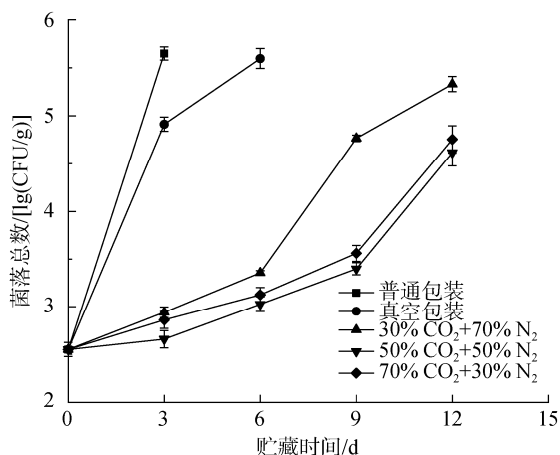


图1 包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品菌落总数的影响($n=3$)
Fig.1 Effects of different packaging methods on the total bacterial colonies of *Mactra quadrangularis* ($n=3$)

3.2 包装方式对贮藏过程中产品质构特性的影响

5种不同包装组样品在贮藏期间质构特性(硬度、弹性和咀嚼性)的变化见图2。硬度的大小能够反映产品内部结构的紧密程度^[18],从图2可以看出,随着贮藏时间的延长,5种不同包装组样品硬度呈不断下降的趋势,气调包装组在9~12 d内硬度稍有上升,而气调包装组对硬度的保持整体上优于普通包装组和真空包装组。硬度下降可能与微生物生长代谢、肉质发生脂肪氧化以及蛋白质水解反应有关,气调包装能够抑制微生物的生长,减缓发生蛋白质水解及脂肪氧化反应的发生,进而有助于保持产品硬度^[19]。气调包装组在9~12 d内,硬度逐渐上升的原因可能是,随着贮藏期的延长,高氧和高二氧化碳的气体环境都会影响样品的硬度^[20]。

各组样品的弹性在贮藏期间均呈逐渐下降趋势。与普

通包装组相比,真空包装组与气调包装组的下降趋势较平缓,表明真空包装组与气调包装组对产品弹性有一定保护作用。导致弹性下降的原因可能是由于贮藏时间的延长,样品中的水分含量逐渐减少,蛋白质的结构被破坏,引起弹性降低。李大宇^[21]研究发现,与普通包装相比,真空包装和气调包装方式均能减缓弹性值的降低,而气调包装组的效果更优,与本实验结果相似。

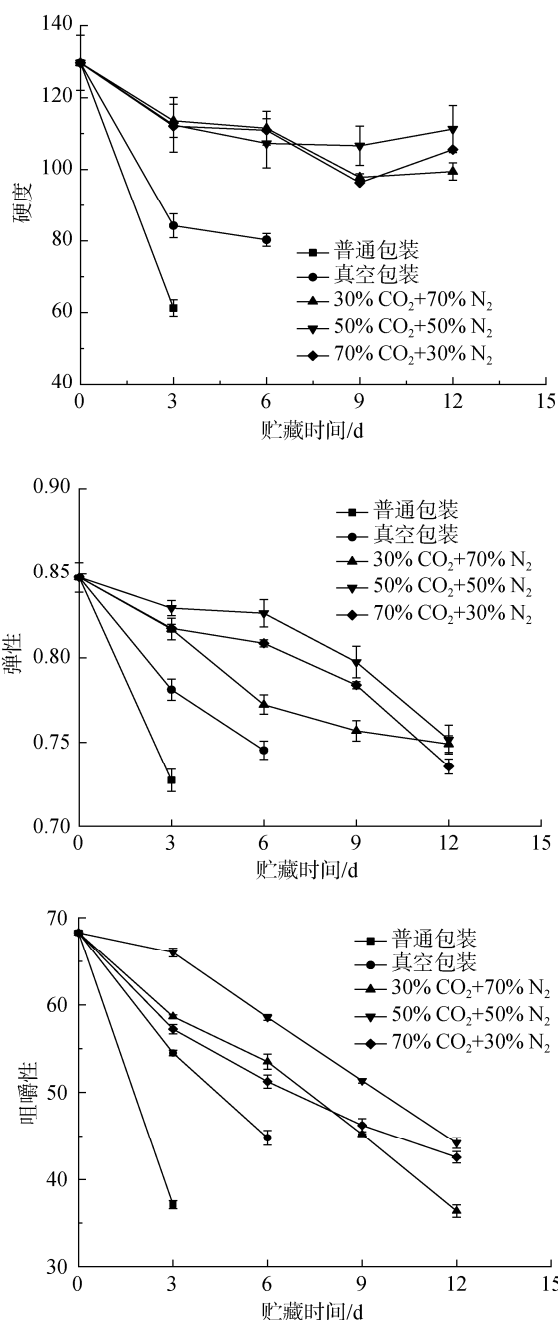


图2 不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品质构特性的影响($n=6$)
Fig.2 Effects of different packaging methods on the texture of marinated clams ($n=6$)

在贮藏期间,不同包装组样品的咀嚼性也呈逐渐下降的趋势。有研究发现,硬度与咀嚼性有一定的联系,硬度降低会导致肌肉细胞之间的凝聚力降低,咀嚼性会随硬度的下降而降低^[19]。由图 2 可知,真空包装组的咀嚼性要高于普通包装组,而气调包装组的咀嚼性在整体上要高于其他 2 组,其中 50% CO₂+50% N₂ 气调包装组的咀嚼性最高,这表明气调包装对产品的咀嚼性也有一定的保持作用。

3.3 不同包装方式对贮藏过程中产品色差的影响

5 种不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品色泽(L^* 、 a^* 、 b^*)的影响见图 3。 L^* 值表示产品的明亮度,能够反映产品的新鲜度。由图 3 可知,5 种不同包装组的 L^* 值均呈下降趋势,产生的原因可能是由于贮藏时间的延长,蛤蜊肉中的脂质氧化物、蛋白发生非酶促褐变以及氧化反应导致变色,使 L^* 值下降^[22]。与普通包装组相比,真空包装组与气调包装组 L^* 值的下降趋势较平缓。各组样品的 a^* 值、 b^* 值整体呈下降趋势,但气调包装组的 a^* 值高于其他 2 组,可能是气调包装减缓了样品氧化变色反应的发生。由此可知,真空包装组和气调包装组都能对维持样品色泽方面起到积极作用,减缓样品发生氧化变质,且气调包装组在维持色泽方面更佳。

3.4 包装方式对贮藏过程中产品 pH 值的影响

不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品 pH 值的影响见图 4。水产品贮藏过程中,其肌肉组织中的 pH 值会随内源酶及微生物的作用而发生变化,影响产品的新鲜度^[23]。从图 4 可以看出,多数样品 pH 值呈先下降后上升的趋势。不同气体比例的气调包装组的 pH 要低于普通包装组和真空包装组,产生的原因可能是由于气调包装中的部分 CO₂ 与样品中的水反应生成碳酸,降低了样品的 pH 值。在贮藏期的第 6 d,气调包装组的 pH 开始升高,可能是由于样品中的蛋白质发生自溶和在微生物的作用下生成碱性物质所导致^[19]。综上所述,气调包装和真空包装都能对样品 pH 值的升高起到一定减缓作用。

3.5 包装方式对贮藏过程中产品 TVB-N 值的影响

挥发性盐基氮是判断肉质好坏的重要指标,与腐败程度紧密相关^[24]。5 种不同包装方式对贮藏过程中四角蛤蜊卤制风味产品 TVB-N 值的影响见图 5。随着贮藏时间的延长,各组样品 TVB-N 值含量均呈逐渐增加的趋势。普通包装组和真空包装组在贮藏 3~6 d 内,TVB-N 值快速增加,而气调包装组在整个贮藏期 TVB-N 值增长较为缓慢,与菌落总数变化相似。这与汤璐瑶等^[25]研究不同气调包装对蟹肉贮藏期 TVB-N 的变化结果相似。

其可能是由于气调包装中的 CO₂ 有一定的抑菌作用,

可以抑制好氧微生物的生长,减缓蛋白质发生分解反应,从而减少产生碱性物质,也可能是因为气调包装中的 CO₂ 与样品中的酸性物质发生反应后,生成的物质再与 TVB-N 值的胺类物质发生反应,消耗部分的 TVB-N 值^[26]。

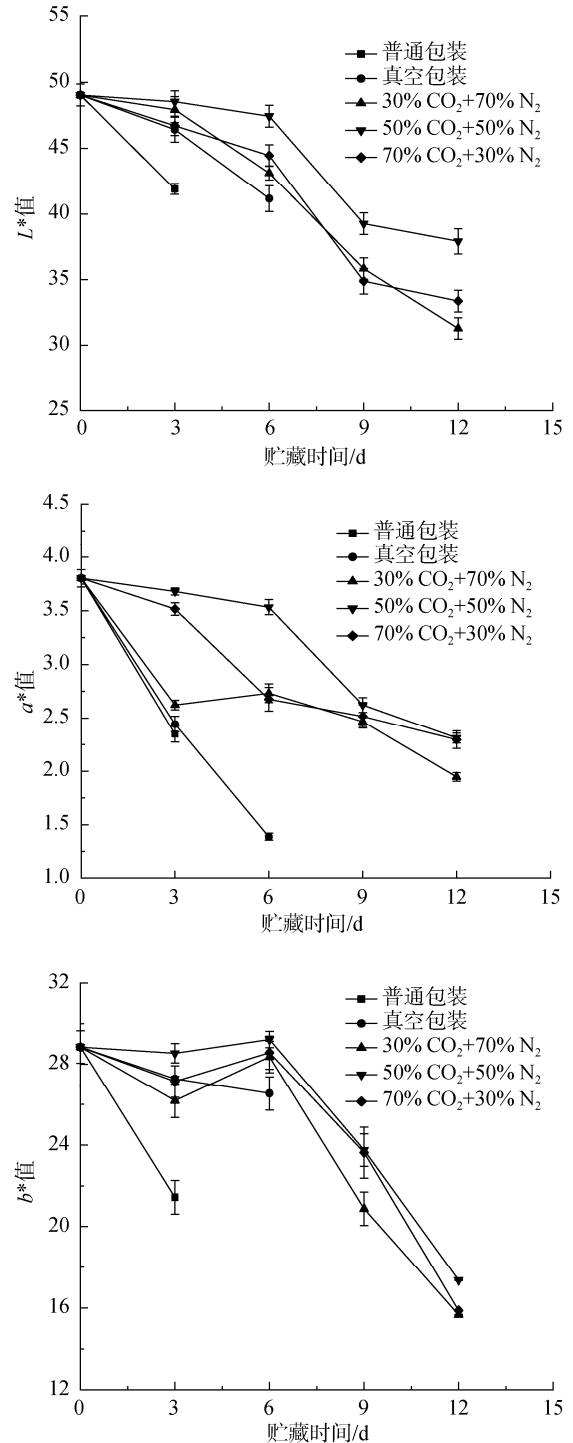


图 3 不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品色差的影响 ($n=3$)

Fig.3 Effects of different packaging methods on the color of *Mactra quadrangularis* ($n=3$)

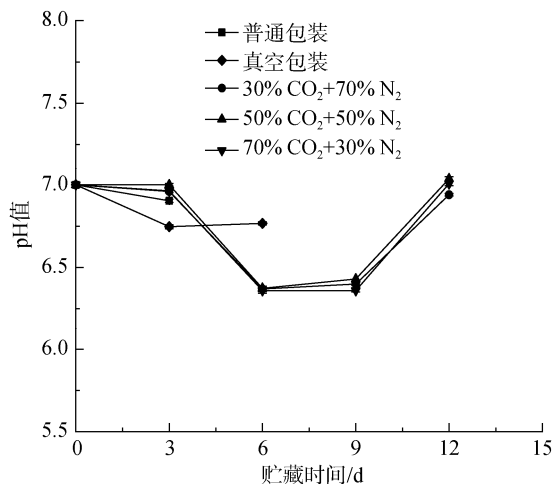


图 4 不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品 pH 值的影响($n=3$)
Fig.4 Effects of different packaging methods on pH of *Mactra quadrangularis* ($n=3$)

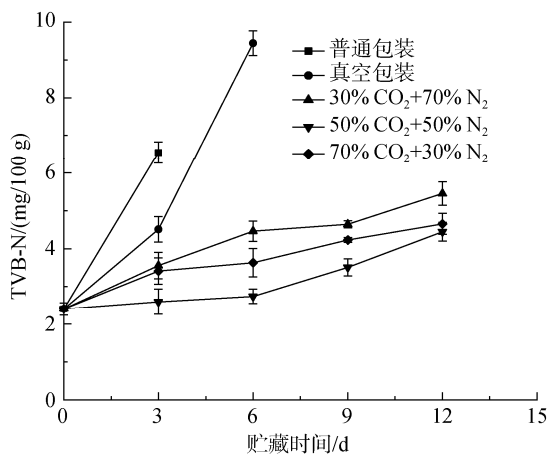


图 5 不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品 TVB-N 值的影响($n=3$)
Fig.5 Effects of different packaging methods on TVB-N of *Mactra quadrangularis* ($n=3$)

3.6 不同包装方式对贮藏过程中 TBA 值的影响

TBA 值常用来反映脂肪氧化的程度, 脂肪氧化越严重, 则 TBA 值就会越高。不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品 TBA 值的影响见图 6。与普通包装组相比, 不同气调包装组的气调包装组的 TBA 值增长趋势较平缓, 普通包装组 TBA 值迅速增长。可能是由于普通包装组内含有氧气, 促使微生物生长, 加速脂肪氧化反应的发生。在贮藏第 3 d, 真空包装组的 TBA 值开始迅速增加, 这表明氧化腐败的程度开始加深。气调包装组中的 N_2 和 CO_2 能够隔绝氧气, 减缓样品氧化的速度, 其中 50% CO_2 +50% N_2 气调包装组的抑制氧化效果最佳。Guo 等^[27]对烤鸡分别进行空气包装与不同比例的气调包装, 研究对其贮藏期的影响, 结果发现,

空气包装组的 TBA 值快速增长, 而气调包装组增长的较缓慢。综上表明, 一定比例的气调包装能够减缓样品氧化的速度, 延长其贮藏期。

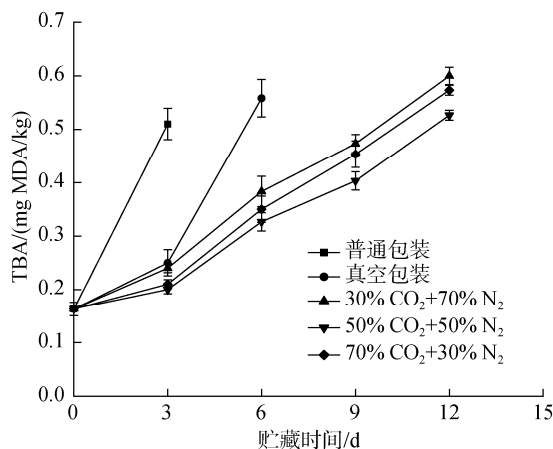


图 6 不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品 TBA 值的影响($n=3$)
Fig.6 Effects of different packaging methods on TBA value of *Mactra quadrangularis* ($n=3$)

3.7 包装方式对贮藏过程中产品感官评分的影响

不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品感官评价的影响见图 7。普通包装组和气调包装组的感官评分下降趋势极为显著, 而气调包装组的感官评分下降趋势较慢。普通包装组由于微生物的生长会产生令人不愉快的气味, 在贮藏 3 d 后就已经不能食用。真空包装组在贮藏前期对产品腐败能够起到一定抑菌作用, 但是随着时间的延长, 样品发生腐败, 在贮藏第 6 d 时, 样品不能食用。这与张雪等^[28]研究休闲调味卤制卤豆干品质的变化研究结果一致。

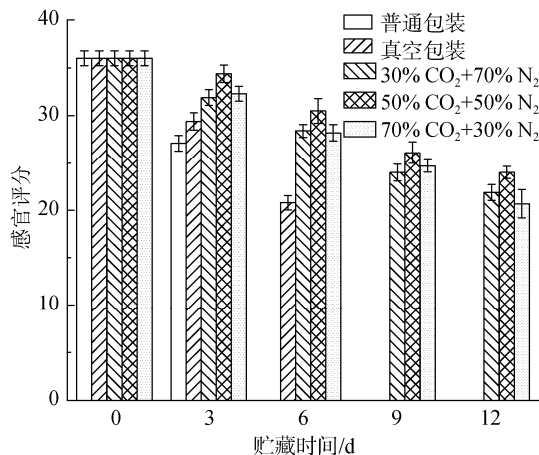
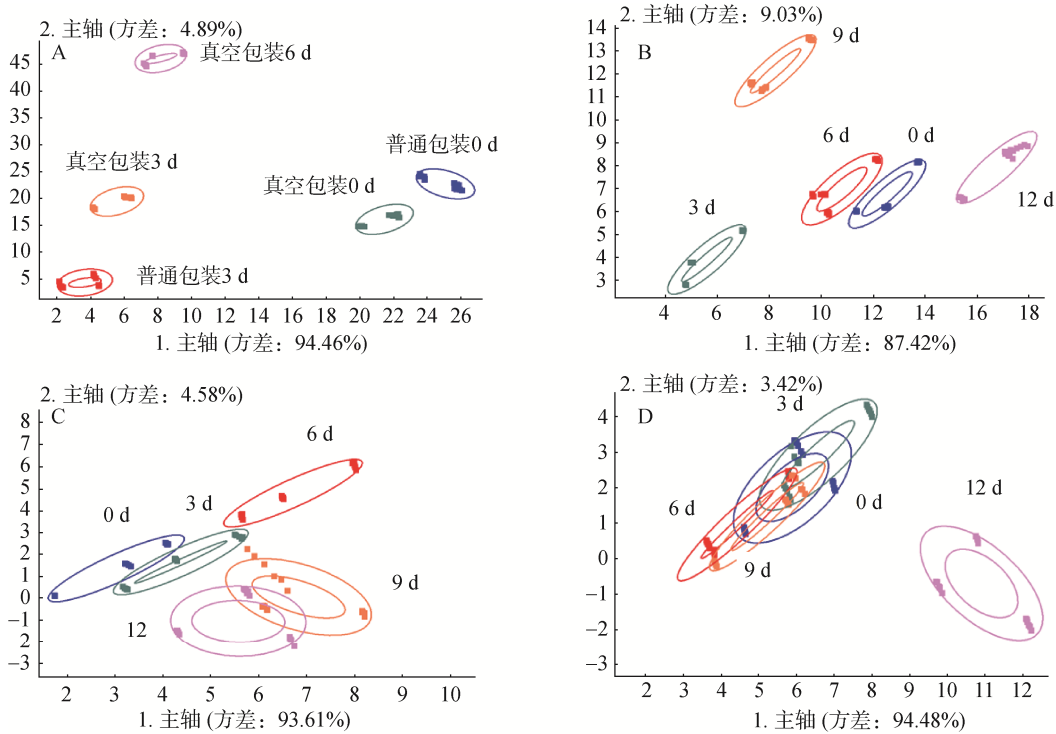


图 7 不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品感官评价的影响($n=3$)
Fig.7 Effects of different packaging methods on the sensory score of marinated clams ($n=3$)

3.8 不同包装方式对贮藏过程中产品气味特征的影响

在贮藏期间不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品电子鼻的影响见图 8。图 8A 中, 第 1 主成分为 94.46%, 第 2 主成分为 4.89%; 图 8B 中, 第 1 主成分为 87.42%, 第 2 主成分为 9.03%; 图 8C 中, 第 1 主成分为 93.61%, 第 2 主成分为 4.58%; 图 8D 中第 1 主成分为 94.48%, 第 2 主成分为 3.42%, 4 组累计贡献值分别为 99.35%、96.45%、98.19%、97.9%, 4 组的累计贡献值均大于 85%, 说明 4 个主成分已经能够代表样品的主要信息特征, 也表明不同包装方式的四角蛤蜊卤制风味产品在贮藏期间气味特征均能很好的用 PEN3 电子鼻系统进行区分。由图 8A 可以看出, 贮藏期间在 0~3 d 的普通包装组和 0~6 d 的真空包装组椭圆区域的

距离较远, 表明在贮藏期间, 普通包装组和真空包装组气味变化较大, 保鲜效果较差。由图 8B 可以看出, 30% CO₂+70% N₂ 包装组在第 0 d 和第 6 d 的椭圆区域距离较近, 而第 3、6、9 d 的椭圆距离较远, 表明在第 0 d 和第 6 d 的气味成分相似, 而第 3、6、9 d 的气味成分变化较大。由图 8C 可知, 50% CO₂+50% N₂ 气调包装组, 在贮藏期 0~6 d 椭圆区域距离较近, 在 9~12 d 距离较远, 表明样品在贮藏前期气味成分变化不大, 后期变化较大。由图 8D 可知, 70% CO₂+30% N₂ 的气调包装组, 在贮藏第 0~9 d 内, 椭圆区域出现相互重叠的现象, 说明新鲜度的差异不大, 在贮藏第 12 d 时, 椭圆区域和其他组的距离较远, 说明样品开始腐败, 生成令人不愉快的气味。这与徐嘉忆^[29]研究不同包装方式对秘鲁鱿鱼在贮藏过程中风味特征的变化结果一致。



注: A: 普通包装和真空包装组; B: 30% CO₂+70% N₂ 包装组; C: 50% CO₂+50% N₂ 包装组; D: 70% CO₂+30% N₂ 包装组

图 8 不同包装方式四角蛤蜊卤制风味产品贮藏期间电子鼻 PCA 图

Fig.8 PCA map of electronic nose analysis of marinated clams with different packaging methods during storage

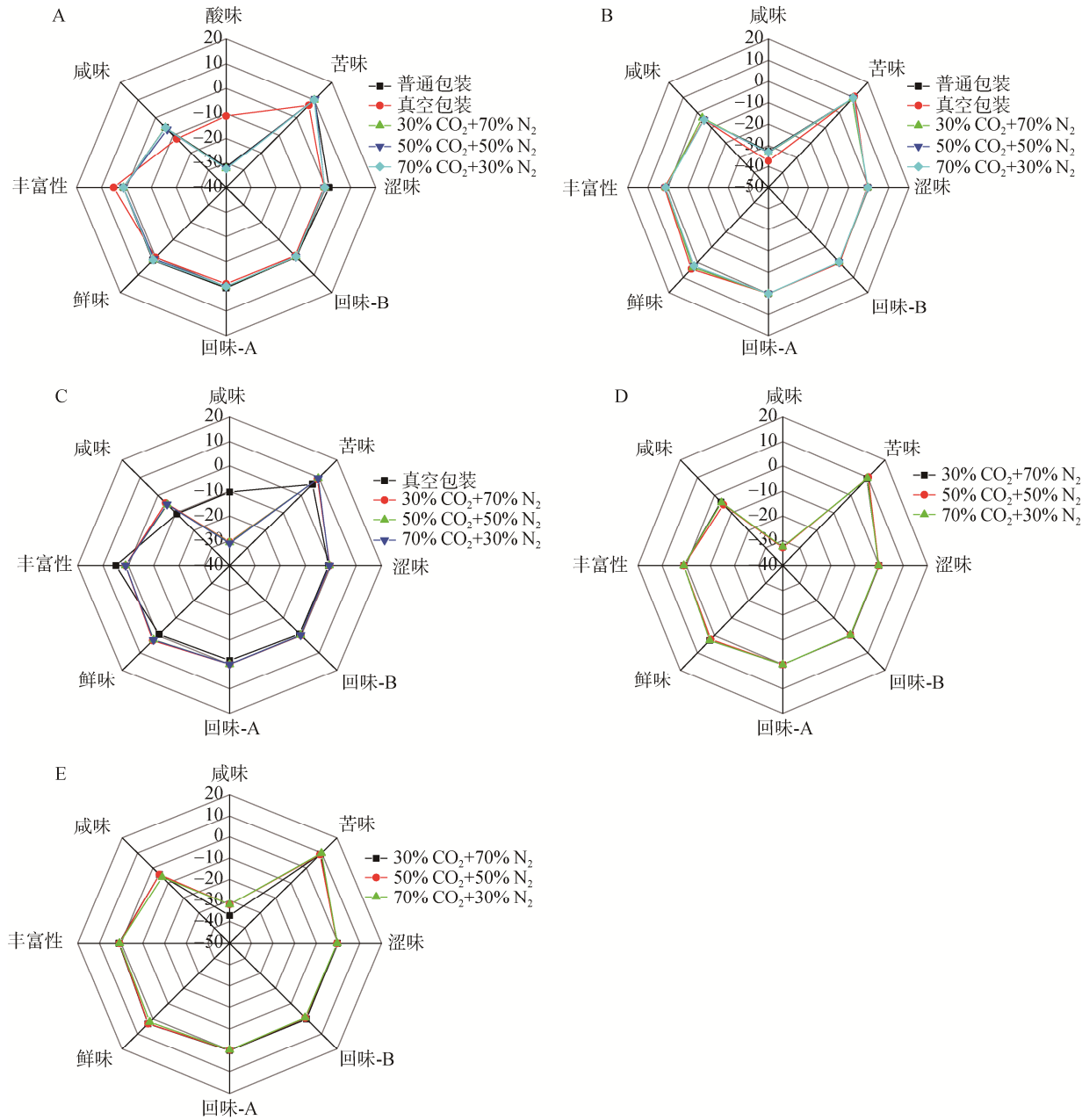
3.9 包装方式对产品贮藏过程中产品滋味特征的影响

贮藏期间不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品滋味特征的影响如图 9 所示。从图 9A 中可以看出, 与普通包装组相比, 0 d 时真空包装组的咸味值要小于普通包装组, 表明真空包装对样品的咸味起到一定消减作用^[30]。由图 9B 可知, 贮藏第 3 d 时, 3 种不同比例的气调包装组苦味的强度相对于其他 2 包装组的强度略低, 产生的原因可能是因

为气调包装中的 CO₂ 含量抑制了微生物的生长^[17], 导致生成的苦味物质减少。从图 9C 中可以看出, 贮藏第 6 d 时, 普通包装组已经发生腐败, 真空包装组的酸味含量要远高于其他 2 组。由 9D 图可知, 贮藏第 9 d 时, 50% CO₂+50% N₂ 气调包装组的酸味、涩味、鲜味强度都略低于其他 2 气调包装组, 这主要由于蛋白质分解减弱, 呈味物质较少导致, 表明 50% CO₂+50% N₂ 的气调包装组抑制好氧微生物生长的效果要优于其他 2 气调包装组。图 9E 显示, 在贮藏 12 d

时, 30% CO₂+70% N₂ 包装组的酸味值最低, 说明含氮有机物的含量较高, 表明这组样品中蛋白质的降解以及样品中

的含氮有机物高于其他 2 组, 导致样品的酸度降低, 这与在第 12 d 时菌落总数变化趋势一致。



注: A: 0 d; B: 3 d; C: 6 d; D: 9 d; E: 12 d

图 9 不同包装方式四角蛤蜊卤制风味产品贮藏期间电子舌信号雷达图

Fig.9 Electronic tongue signal radar map of marinated clams with different packaging methods during storage

4 结 论

普通包装组四角蛤蜊卤制风味产品在贮藏第 3 d 时已腐败变质, 真空包装组在第 6 d 时菌落总数超出安全限值; 而气调包装组的货架期可达 12 d 左右。气调包装对贮藏期间产品的硬度、弹性、咀嚼性等质构特性的保持显著优于真空包装组和普通包装组, 且对产品色泽变化的抑制作用

也优于真空包装组和普通包装组。贮藏第 12 d 的气调包装组样品感官评分优于贮藏第 6 d 的真空包装组样品, 说明气调包装的保鲜效果显著优于真空包装。5 种不同包装组样品的 TVB-N 值和 TBA 值均随贮藏时间的延长逐渐上升, pH 值表现为先下降后上升, 气调包装对 TVB-N 值、TBA 值、pH 值变化的延缓作用明显优于真空包装和普通包装。

真空包装和普通包装在风味方面差异较大, 气调包装组差异较小。可以看出, 不同包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品贮藏品质的保持能力依次为气调包装、真空包装、普通包装, 其中 50% CO₂+50% N₂ 气调包装保鲜效果最佳。

参考文献

- [1] 陆杰霖, 柴尧, 贾梦蛟, 等. 四角蛤蜊、菲律宾蛤仔及文蛤水提醇沉上清液中相关核苷类物质的含量测定[J]. 南京中医药大学学报, 2014, 30(1): 76–78.
- Lu JL, Chai Y, Jia MJ, *et al.* Content determination of major nucleosides in supernatant of *Macraa veneriformis*, *Ruditapes philippinarum*, and *Meretrix meretrix linnaeus* by ethanol subsiding method [J]. J Nanjing Univ Tradit Chin Med, 2014, 30(1): 76–78.
- [2] 李学鹏, 刘晏玮, 高郡煊, 等. 美拉德反应改良四角蛤蜊酶解液的风味[J]. 食品科学, 2018, 39(16): 82–89.
- Li XP, Liu YW, Gao JH, *et al.* Flavor improvement of enzymatic hydrolysate of *Macraa veneriformis* by Maillard reaction [J]. Food Sci, 2018, 39(16): 82–89.
- [3] 王彩理, 王滨亭, 王洪军, 等. 特色原味四角蛤蜊的加工工艺[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(6): 135–140.
- Wang CL, Wang BT, Wang HJ, *et al.* Study on the processing technology of original flavor *Macraa veneriformis* [J]. Fish Sci Prog, 2011, 32(6): 135–140.
- [4] 于笛, 郑杰, 陈冲, 等. 干燥方式对四角蛤蜊酶解物功能特性和抗氧化活性的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(8): 1834–1840.
- Yu D, Zheng J, Chen C, *et al.* Effects of different drying methods on the functional properties and antioxidant activities of *Macraa veneriformis* hydrolysates [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(8): 1834–1840.
- [5] 李海露, 李学鹏, 王金星, 等. 四角蛤蜊卤制风味产品加工工艺的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(5): 1452–1460.
- Li HL, Li XP, Wang JX, *et al.* Study on the processing technology of marinated *Macraa quadrangularis* [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(5): 1452–1460.
- [6] Stasiewicz M, Lipi NK, Cierach M. Quality of meat products packaged and stored under vacuum and modified atmosphere conditions [J]. J Food Sci Technol, 2014, 51(9): 1982–1989.
- [7] 尹磊, 谢晶. 水产品气调保鲜技术研究进展[J]. 广东农业科学, 2015, 42(5): 92–97.
- Yin L, Xie J. Progress on modified atmosphere technique for aquatic products [J]. Guangdong Agric Sci, 2015, 42(5): 92–97.
- [8] 裘迪红, 戴志远, 张芝芬. 国外水产品气调包装技术的研究现状及发展趋势[J]. 现代渔业信息, 2000, (2): 3–5.
- Qiu DH, Dai ZY, Zhang ZF. Research status and development trend of air-regulated packaging technology for aquatic products abroad [J]. Inform Mod Fish, 2000, (2): 3–5.
- [9] 李敬, 王小瑞, 刘红英, 等. 气调包装对大菱鲆的冷藏保鲜效果[J]. 食品科学, 2016, 37(22): 313–317.
- Li J, Wang XR, Liu HY, *et al.* Effect of modified atmosphere packaging on quality preservation of *Scophthalmus maximus* during cold storage [J]. Food Sci, 2016, 37(22): 313–317.
- [10] 齐凤生, 刘红英, 王颖. 复合生物保鲜剂结合气调包装对海湾扇贝柱冷藏保鲜效果的研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(7): 154–159.
- Qi FS, Liu HY, Wang J. Effects of compound biological preservative combined with modified atmosphere packaging on fresh-keeping of *Argopectens irradians* in cold storage [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(7): 154–159.
- [11] GB 4789. 2–2016 食品卫生微生物学检验菌落总数测定[S].
- GB 4789. 2–2016 Microbiological examination of food hygiene-Determination of total colony [S].
- [12] He Y, Huang H, Li L, *et al.* Freshness and shelf life of air packaged and modified atmosphere packaged fresh tilapia fillets during freezing-point storage [J]. J Nutr Food Sci, 2016, 6(6): 1–7.
- [13] GB 5009. 228–2016 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定[S].
- GB 5009. 228–2016 National food safety standard-Determination of volatile basic nitrogen in food [S].
- [14] Chaijan M, Panpipat W, Nisoa M. Chemical deterioration and discoloration of semi-dried tilapia processed by sun drying and microwave drying [J]. Drying Technol, 2016, 35(5): 642–649.
- [15] 李双艳, 邓力, 汪孝, 等. 基于电子鼻、电子舌比较分析冷藏方式对小香鸡风味的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(4): 50–55.
- Li SY, Deng L, Wang X, *et al.* Comparative analysis of the effect of different storage methods on the flavor of small fragrant chicken broth by electronic nose and electronic tongue [J]. Meat Res, 2017, 31(4): 50–55.
- [16] Gram L, Dalgaard P. Fish spoilage bacteria-problems and solutions [J]. Curr Opin Biotechnol, 2002, 13(3): 262–266.
- [17] 罗玉龙, 靳焜, 靳志敏, 等. 不同包装条件对羊肉发酵香肠品质特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(18): 252–256.
- Luo YL, Jin Y, Jin ZM, *et al.* Effects of different packaging methods on the quality characteristics of fermented mutton sausage [J]. Food Sci, 2015, 36(18): 252–256.
- [18] Yang JH, Park HJ, Jang HD, *et al.* Measurement of cooked rice stickiness with consideration of contact area in compression test [J]. Texture Stud, 2018, 49(6): 639–645.
- [19] 童光森, 欧阳灿. 包装方式对超市牦牛肉冷藏品质及烹饪效果的影响[J]. 食品工业, 2020, 41(3): 106–109.
- Tong GS, Ouyang C. The effect of packaging methods on the quality and cooking effect of supermarket yak meat [J]. Food Ind, 2020, 41(3): 106–109.
- [20] 王婷婷, 游金坤, 罗瑞, 等. 不同气调包装条件对金耳贮藏品质的影响[J]. 中国食用菌, 2019, 38(1): 72–75, 79.
- Wang TT, You JK, Luo R, *et al.* Effect of different modified atmosphere packaging conditions on the storage quality of *Tremella aurantialba* [J]. Edible Fung China, 2019, 38(1): 72–75, 79.
- [21] 李大宇. 不同杀菌工艺和包装技术对酱牛肉贮藏品质的影响试验研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- Li DY. Experimental study on the effects of different sterilization processes and packaging techniques on the storage quality of spiced beef [D]. Changchun: Jilin University, 2020.
- [22] Xia X, Kong B, Liu Q, *et al.* Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze-thaw cycles [J]. Meat Sci, 2009, 83(2): 239–245.

- [23] 刘文, 岳琪琪, 龚恒, 等. 包装调控方式对冷鲜鲟鱼肉微生物的抑制作用[J]. 包装工程, 2020, 41(9): 59–66.
Liu W, Yue QQ, Gong H, *et al.* Inhibition of microorganisms in chilled fresh sturgeon meat by packaging regulation [J]. Packaging Eng, 2020, 41(9): 59–66.
- [24] 陈淑湘. 不同冷藏条件对凡纳滨对虾品质的影响[D]. 海口: 海南大学, 2012.
Chen SX. Effects on *Penaeus vannamei* Boone quality in different cold storage conditions [D]. Haikou: HaiNan University, 2012.
- [25] 汤璐瑶, 黄子林, 黄林玉, 等. 不同气调包装对熟制蟹肉蟹黄贮藏品质的影响[J/OL]. 食品工业科技, 2020. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200715.0847.006.html>.
Tang LY, Huang ZL, Huang LY, *et al.* Effect of different modified atmosphere packaging on storage quality of cooked crab meat with crab roe [J/OL]. Food Ind Technol, 2020. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200715.0847.006.html>.
- [26] Cai J, Chen Q, Wan X, *et al.* Determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content and Warner-Bratzler shear force (WBSF) in pork using Fourier transform near infrared (FT-NIR) spectroscopy [J]. Food Chem, 2011, 126(3): 1354–1360.
- [27] Guo Y, Huang J, Sun X, *et al.* Effect of normal and modified atmosphere packaging on shelf life of roast chicken meat [J]. J Food Saf, 2018: e12493.
- [28] 张雪, 王钊, 侯银臣, 等. 包装方式对休闲调味卤豆干品质的影响[J]. 食品工业, 2019, 40(12): 173–176.
Zhang X, Wang Z, Hou YC, *et al.* Effects of packaging methods on the quality of dried bean curd [J]. Food Ind, 2019, 40(12): 173–176.
- [29] 徐嘉亿. 秘鲁鱿鱼肉制风味产品的加工工艺及贮藏品质研究[D]. 锦州: 渤海大学, 2019.
Xu JY. Study on the marinated processing of giant squid products and its quality changes during storage [D]. Jinzhou: Bohai University, 2019.
- [30] 董福凯. 调理牛排在冰温贮藏过程中品质变化规律研究[D]. 锦州: 锦州医科大学, 2019.
Dong FK. Study on the change law in the quality of conditioning steak during ice-temperature storage [D]. Jinzhou: Jinzhou Medical University, 2019.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



张 维, 硕士, 主要研究方向为食品加工与安全。

E-mail: zhangwei9121@163.com

王金厢, 硕士, 工程师, 主要研究方向为水产品贮藏加工。

E-mail: jinxiang1008@163.com