

冷鲜海鲈鱼新鲜度指示标签的制备及应用

Preparation and application of indicator label based on *Papaver rhoeas* L. for cold sea bass freshness

郑玉玺 江津津 贾强 董蕾 陈彩连

ZHENG Yu-xi JIANG Jin-jin JIA Qiang DONG Lei CHEN Cai-lian

(广州城市职业学院食品科学与美食养生学院, 广东 广州 510650)

(School of Food Science and Health Preserving, Guangzhou City Polytechnic,
Guangzhou, Guangdong 510650, China)

摘要:目的:研究一种可视化检测冷鲜海鲈鱼新鲜度的变色指示卡。方法:以质量分数 1% 的虞美人色素为指示剂,以甲基纤维素凝胶溶液为成膜基质制作指示标签,研究虞美人指示标签的色差 ΔE 对 pH 的响应关系;同时进行海鲈鱼 4 °C 冷藏保鲜,测定货架期内海鲈鱼挥发性盐基氮(TVB-N)含量、硫代巴比妥酸反应产物(TBARS)、pH 值、指示标签 ΔE ,并考察各指标与 ΔE 的相关性及稳定性。结果:虞美人指示标签在 pH 2.0~9.0 内有良好变色效果。海鲈鱼 TVB-N 含量与 ΔE 线性关系显著,在黄绿色时为优级品,黄棕色时为合格品,达到棕褐色时已基本不可食用,可肉眼明显区分。结论:虞美人色素指示标签可作为海鲈鱼新鲜度的指示标签使用。

关键词:海鲈鱼;指示标签;虞美人色素

Abstract: Objective: A color change indicator card for visual detection of fresh sea bass was studied. **Methods:** Using 1% *Papaver rhoeas* L. pigment as indicator and methyl cellulose gel as film-forming substrate, the label was made to study the color difference (ΔE) of the indicative label. The response of ΔE to pH was studied. Meanwhile, the content of TVB-N, TBARS, pH value, indicator label color and the linear relationship among these factors and ΔE under 4 °C sea bass preservation were determined. **Results:** The results showed that the indicator label had good discoloration effect in the range of pH 2.0~9.0. The TVB-N of sea bass and indicator ΔE were significant, and the color change was pink-purple-chartreuse-sepia. Chartreuse means superior, and yellowish brown means qualified. When the intelligent

label reached sepia, the sea bass was inedible. The color of indicator label could be clearly distinguished by naked eye. **Conclusion:** The results showed that the pigment indicator label could be used as the indicator label of sea bass freshness.

Keywords: sea bass; indicator label; *Papaver rhoeas* L. pigment

随着科学技术的发展,食品包装除了保护食品、安全运输等基础功能外,还具有食品品质指示、传感、记录等功能^[1-3],其中指示食品新鲜度的指示标签包装成为近年来的研究热点^[4-5]。研究者根据食品的不同指示特性进行指示标签的研发,如记录时间、温度变化的指示标签^[6]、指示氧气和二氧化碳浓度的指示标签^[7]或新鲜度^[8]及成熟度^[9]的指示标签。在指示肉类或水产品的指示标签中,Sliva-Pereira 等^[10]利用红甘蓝花青素作为比色剂用于指示鱼类的腐败;Zhang 等^[11]利用洛神花花青素和 PVA 制备指示猪肉新鲜度的指示标签;何华鹏等^[12]利用溴甲酚紫指示青鱼的新鲜度。

海鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)作为一种经济鱼类,因富含蛋白质^[13],极易在捕捞、运输、销售等各环节中发生腐败变质。传统水产品新鲜度检验方法存在易受主观因素影响、对样品造成破坏处理等问题^[14-15],而指示标签可实现海鲈鱼无损且直观可视地表征海鲈鱼新鲜程度的目的。虞美人色素作为一种植物色素,安全无毒且价格便宜^[16],王晓等^[17]研究了虞美人色素在不同 pH 下的变色情况。

研究拟以虞美人色素为指示剂,以甲基纤维素凝胶溶液为成膜基质,混合成膜后制成显色标签,研究其对 pH 的变色情况;并应用于 4 °C 海鲈鱼保鲜包装盒中,考察其对海鲈鱼新鲜度的指示效果,旨在为海鲈鱼冷链运输及售卖过程中品质的实时监测提供指导,也为变色指示标签的种类丰富提供理论依据。

基金项目:广东省科技创新战略专项资金(编号:pdjh2020a1148)

作者简介:郑玉玺,男,广州城市职业学院实验师,硕士。

通信作者:董蕾(1984—),女,广州城市职业学院助理研究员,博士。E-mail:icefox1984@aliyun.com

收稿日期:2021-05-25

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

海鲈鱼: 个体鲜活, 体长约 30 cm, 市售;

虞美人花: 花色为紫红色, 广州市林业和园林科学研究院;

乙酸、KOH、盐酸、亚甲基蓝、有机硅油、氧化镁、硼酸: 分析纯, 广州化学试剂厂;

无水乙醇、丙三醇、柠檬酸、三氯乙酸、硫代巴比妥酸: 分析纯, 广州市天河区鑫沐化工商行;

甲基纤维素: 分析纯, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司;

大孔吸附树脂: 科海思(北京)科技有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

台式 pH 酸度计: FE20 Plus 型, 梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司;

超净工作台: SW-CJ-1F 型, 苏州安泰空气技术有限公司;

色差仪: NH300 型, 深圳市三恩时科技有限公司;

电子天平: FA2204 型, 上海津平科学仪器有限公司;

半微量定氮蒸馏器: 1 000 mL, 重庆市科学实验仪器有限公司;

低温超声波萃取仪: L-2008 型, 上海寰熙医疗器械有限公司;

紫外分光光度计: UV1810S 型, 青岛聚创环保有限公司。

1.2 方法

1.2.1 虞美人指示标签制备 参照王晓等^[17]的方法提取虞美人色素, 而后进行指示标签制备: 50 ℃ 水浴条件下, 在超纯水中加入甲基纤维素, 剧烈搅拌使其形成质量分数为 1% 的甲基纤维素凝胶溶液。降至室温后, 以 0.5 mol/L 柠檬酸溶液调节 pH 为 6.0~6.5, 加入质量分数为 20% 的虞美人色素—乙醇溶液, 使虞美人色素质量分数为 1%。脱泡后, 将色素混合溶液流延至洁净玻璃板上, 无菌刮刀刮平表面, 使薄膜厚度为 0.1~0.2 cm, 冷冻干燥后揭下薄膜, 将薄膜裁剪成 1.0 cm×4.0 cm 的长条, 粘附于白色防水纸上, 4 ℃ 贮藏备用。

1.2.2 虞美人指示标签对 pH 的变色响应 利用乙酸和 KOH 配制 pH 值为 2.0~9.0 的标准溶液, 在指示标签薄膜上依次滴加标准液, 记录颜色变化, 利用色差仪测定指示标签的亮度 (L^*)、红绿度 (a^*)、黄蓝度 (b^*)。按式(1)计算 ΔE ^[18]。

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}, \quad (1)$$

式中:

ΔE ——测定时指示标签颜色与初始指示标签颜色的计算差值;

ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* ——初始指示标签颜色特征值差值。

1.2.3 虞美人指示标签对海鲈鱼新鲜度的指示效果及稳定性测试 取 8.0 cm×8.0 cm×4.0 cm 的塑料无菌保鲜盒, 每个盒盖中心用无菌胶布贴一块虞美人指示标签。取海鲈鱼样品放入无菌容器, 加入无菌冰处理致其休克, 无菌水洗净, 去除表面水分。去除头尾及内脏, 沿脊骨剖成两份, 切成 2.5 cm×2.5 cm×1.0 cm 的鱼块。称取 40 g 鱼块放入贴有指示标签的保鲜盒中, 4 ℃ 室内光(光照强度 2 500 Lux)保鲜 15 d。

1.2.4 指示标签颜色测定

(1) 挥发性盐基氮(TVB-N)含量: 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》。

(2) pH 值: 参照 Arashisar 等^[19]的方法。

(3) 硫代巴比妥酸反应产物(TBARS): 参照 Salih 等^[20]的方法并适当调整。称取 5 g 鱼肉置于 50 mL 离心管中, 加入 25 mL 质量分数为 20% 的三氯乙酸, 均质后静置过滤, 蒸馏水定容至 50 mL。取 5 mL 滤液加入 5 mL 浓度为 0.02 mol/L 硫代巴比妥酸, 沸水浴 20 min, 冷却, 1 600 r/min 离心 5 min, 测定 532 nm 处上清液的吸光值。按式(2)计算 TBARS 含量。

$$T = \frac{A_{532\text{ nm}} \times 7.8}{100}, \quad (2)$$

式中:

T ——TBARS 含量, mg/100 g。

1.2.5 指示标签的光稳定性测试 取 10 个粘附指示标签的保鲜盒, 盒内分别装有 40 g 鱼块, 4 ℃ 贮藏。其中 5 盒置于室内光下, 光照强度为 2 500 Lux; 另 5 盒置于日光下, 光照强度为 10 000 Lux。

1.2.6 数据统计分析 采用 Excel 对数据进行常规处理, 采用 SPSS 13.0 软件进行 Duncan 方差分析, 结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 虞美人色素对 pH 的变色响应

由表 1 可知, 当 pH 为 2.0~9.0 时, 虞美人色素有良好的变色效果。当 pH<7.0(酸性环境)时呈红色; pH 超过 7.0 后, 逐渐变为黄棕色, pH 为 9.0 时, 变成棕褐色, 与王晓等^[17,21]的结果类似。不同 pH 值下, 指示标签的颜色差异明显, 可进行肉眼直观观察, 具备指示不同 pH 的条件。

虞美人色素为花青素类, 在不同 pH 值下因自身结构的改变而呈不同颜色。当 pH<2.0 时, 溶液主要为黄洋盐离子, 呈红色; 当 pH 为 2.0~7.0 时, 溶液向假碱、醌型碱及查尔酮偏移, 红色逐渐变浅^[21]; 当 pH>7.0 时, 花青素为醌型碱至降解, 溶液呈黄绿色并随着 pH 值的增大而加深^[22]。

表 1 虞美人色素在不同 pH 下的颜色

Table 1 The color of *Papaver rhoeas* L. pigment at different pH

pH	颜色	L^*	a^*	b^*	ΔE
2.0	红色	54	81	70	110.17
3.0	浅红色	58	70	28	101.18
4.0	玫瑰红色	46	65	38	97.70
5.0	粉红色	98	25	3	74.35
6.0	紫红色	32	58	2	109.55
7.0	黄绿色	86	-29	59	8.25
8.0	黄棕色	69	-4	85	18.24
9.0	棕褐色	58	-13	68	28.23

2.2 虞美人指示标签的光稳定性

由图 1 可知,虞美人指示标签在两种不同光强下的指示效果无显著差异,均以红色—紫红色—黄绿色—棕褐色的变化规律进行。人眼无法明显辨别出太阳光照射下的指示标签褪色现象。从 ΔE 角度讲,光照导致了指示标签轻微泛白现象, L^* 变大,而 a^* 值和 b^* 值变小,最终出现数值上比室内光略小的现象,但通过数据统计分析可知,两种光照对虞美人指示标签的 ΔE 无显著影响,即一定的光照对虞美人指示标签对海鲈鱼新鲜度的指示效果不会造成影响。同时,海鲈鱼自捕捞后,保鲜运输及售卖过程基本在室内进行,不会有强光长期照射的过程。因此虞美人指示标签对海鲈鱼新鲜度的指示具有稳定性。

2.3 指示标签指示海鲈鱼新鲜度

2.3.1 TVB-N 含量 TVB-N 是表征水产品质量的重要指标^[23],GB/T 18108—2019《鲜海水鱼通则》中规定,海水鱼 TVB-N 含量不超过 15 mg/100 g 为优级品,不超过 30 mg/100 g 为合格品^[24]。故当 TVB-N 超过 30 mg/100 g 时,表明海鲈鱼已丧失食用价值。在 15 d 贮藏期内,初始海鲈鱼 TVB-N 为 (7.68 ± 1.92) mg/100 g,随后海鲈鱼的 TVB-N 含量逐渐上升。

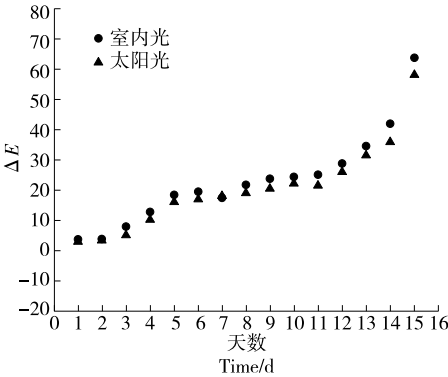


图 1 虞美人指示标签的光稳定性

Figure 1 Light stability of the indicator label

由图 2 可知,自贮藏期开始至第 3 天,指示标签呈黄绿色,TVB-N 含量提示此时海鲈鱼为优级品;贮藏第 4~11 天,海鲈鱼品质为合格品,指示标签呈黄棕色;贮藏第 12 天丧失食用价值 $[(31.105 \pm 28.600)$ mg/100 g],此时指示标签呈棕褐色,与黄星奕等^[25]、何华鹏等^[12]及王冰雪等^[26]的结果相似。这可能是由于鱼块虽经过表面清洗,但内部微生物不可清除,在贮藏过程中微生物和酶对蛋白质进行分解,导致 TVB-N 含量升高。综上,通过虞美人指示标签进行海鲈鱼新鲜度指示时,黄绿色为优级品,黄棕色为合格品,达到棕褐色时已不可食用。

2.3.2 TBARS 含量 鱼类产品由于贮藏初期产生乳酸导致 pH 值下降,随着贮藏时间延长,蛋白质分解为三甲胺等碱性物质导致 pH 值上升^[27]。TBARS 含量表征脂肪氧化程度,鱼肉中的不饱和脂肪酸发生酸败产生 TBARS,从而可以表征鱼肉新鲜程度^[28]。由图 3 可知,4℃贮藏下,海鲈鱼 TBARS 含量逐渐升高,pH 值则先下降后升高,两个指标的变化趋势与丁婷等^[29]、周强等^[30]的结果一致。

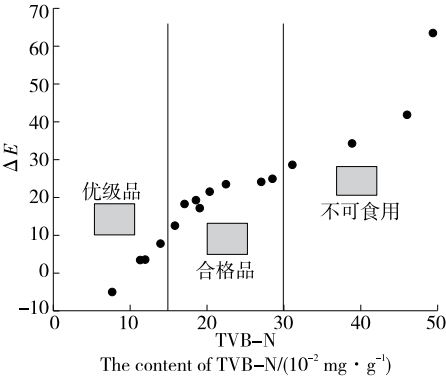


图 2 4℃贮藏下海鲈鱼 TVB-N 含量与指示标签在不同品质下的颜色指示

Figure 2 The linear relationship between TVB-N and ΔE under 4℃ sea bass preservation

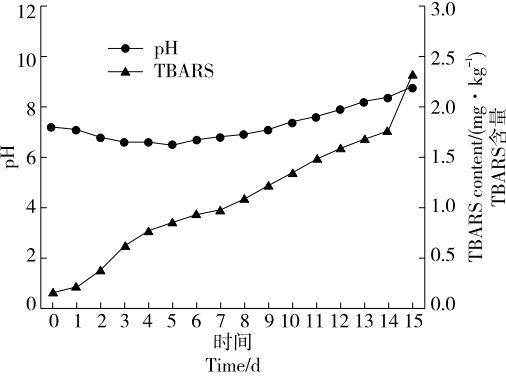


图 3 4℃贮藏下海鲈鱼 TBARS 含量和 pH 值变化

Figure 3 Changes of TBARS content and pH values of sea bass stored at 4℃

2.3.3 相关性分析 由表 2 可知,TVB-N、TBARS 含量均与 ΔE 呈显著线性相关;但 pH 值与 ΔE 无线性拟合关系。这可能是虞美人色素指示标签是因 pH 值的变化而发生颜色改变,但指示标签并未与鱼肉接触,因此鱼肉 pH 值无法与指示标签的变色产生相关性;而 TVB-N 为一系列具有挥发性的碱性物质,因此会引起环境 pH 值发生改变,从而导致指示标签颜色变化^[31]。

表 2 4℃贮藏下海鲈鱼 TVB-N、pH 和 TBARS 与 ΔE 的线性拟合关系

Table 2 The linear relationship among TVB-N, pH and TBARS and ΔE under 4℃ sea bass preservation

指标	拟合方程	R^2	P
TVB-N	$y=1.272\ 5x-9.015\ 2$	0.916\ 1	0.007\ 3
pH	$y=0.034\ 3x+6.560\ 3$	0.637\ 5	0.574\ 1
TBARS	$y=0.035\ 2x+0.338\ 3$	0.935\ 9	0.064\ 5

3 结论

传统海鲈鱼新鲜度检验方法存在不准确、破坏性取样等问题,而利用植物色素作为新鲜度指示剂,成本低廉、安全无毒且直观可视。不同 pH 下,虞美人色素指示标签具有良好的变色响应,且海鲈鱼的挥发性盐基氮含量与指示标签 ΔE 达显著线性拟合关系,当海鲈鱼处于不同新鲜度时,指示标签均有肉眼可分辨的颜色变化:黄绿色时指示为优级品、黄棕色时为合格品、棕褐色时为不可食用。虽然目前还未见相似报道利用虞美人色素制备食品新鲜度指示标签,进行水产品或肉类的新鲜度指示,但在前人利用红甘蓝花青素进行鱼肉新鲜度指示^[10]、桑葚花青素进行三文鱼新鲜度指示^[22]、溴甲酚紫进行猪肉新鲜度指示^[26]中均指出,作为食品新鲜度指示标签,必须具备指示不同新鲜程度时,其颜色差异可肉眼分辨。故此可推断,虞美人色素指示标签对海鲈鱼的新鲜度指示具有实用性。以此为研究基础,未来还可就指示标签对其他水产品及肉类的指示情况进行开发和利用,同时进行本产品商品化开发工作,从而实现其海鲈鱼新鲜度指示的市场化应用。

参考文献

[1] 刘言松, 曹巨江. 我国绿色包装研究进展[J]. 包装与食品机械, 2014, 32(2): 60-64.
LIU Yan-song, CAO Ju-jiang. The progress and trend of the green packaging researching in China[J]. Packaging and Food Machinery, 2014, 32(2): 60-64.
[2] 景全荣, 芦鑫, 明媚. 活性污泥降解植物纤维容器的研究[J]. 农产品加工·学刊, 2009(11): 33-34.

JING Quan-rong, LU Xin, MING Mei. Application activated sludge on degrading plant fiber[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2009(11): 33-34.
[3] 徐春蕾, 王佳, 李长洪, 等. 气调包装对混合鲜切果蔬保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(7): 131-135.
XU Chun-lei, WANG Jia, LI Chang-hong, et al. Effect of modified atmosphere packaging on fresh-keeping of mixed fresh-cut fruits and vegetables[J]. Food & Machinery, 2020, 36(7): 131-135.
[4] 孙媛媛. 食品新鲜度指示型智能包装的研究与应用[J]. 包装学报, 2012, 4(3): 16-20.
SUN Yuan-yuan. Research and application of freshness indicative smart packaging for food[J]. Packaging Journal, 2012, 4(3): 16-20.
[5] MATARAGAS M, BIKOULI V C, KORRE M, et al. Development of a microbial time temperature indicator for monitoring the shelf life of meat[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2019, 52: 89-99.
[6] VU C H, WON K. Leaching-resistant carageenana-based colorimetric oxygen indicator films for intelligent food packaging[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(29): 7 263-7 267.
[7] ZIYAINA M, RASCO B, COFFEY T, et al. Colorimetric detection of volatile organic compounds for shelf-life monitoring of milk[J]. Food Control, 2019, 100: 220-226.
[8] 齐亮, 赵婕, 赵茂程. 冷鲜猪肉的新鲜度无损检测技术现状及 THz 检测技术展望[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 219-224.
QI Liang, ZHAO Jie, ZHAO Mao-cheng. Status of nondestructive detection methods on chilled pork freshness and prospect of THz spectrum inspection technique[J]. Food & Machinery, 2016, 32(9): 219-224.
[9] MENG X, LEE K, KANG T Y, et al. An irreversible ripeness indicator to monitor the CO₂ concentration in the headspace of package kimchi during sotrage[J]. Food Science and Biotechnology, 2015, 24 (1): 91-97.
[10] SILVA-PEREIRA M C, TEIXEIR J A, PEREIRA V A, et al. Chitosan/corn starch blend films with extract from Brassica Oleraceae (red cabbage) as a visual indicator of fish deterioration[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 61(1): 258-262.
[11] ZHANG Jun-jun, ZOU Xiao-bo, ZHAI Xiao-dong, et al. Preparation of an intelligent pH film based on biodegradable polymers and roselle anthocyanins for monitoring pork freshness[J]. Food Chemistry, 2019, 272: 306-312.
[12] 何华鹏, 张慇, 陈慧芝, 等. 青鱼新鲜度指示标签的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(1): 100-106.
HE Hua-peng, ZHANG Min, CHEN Hui-zhi, et al. Study on the smart tags of freshness of black carp[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2019, 38(1): 100-106.
[13] MARTÍNEZ O, SALMERÓN J, EPELDE L, et al. Quality enhancement of somked sea bass (*Dicentrarchuslabrax*) fillets by adding resveratrol and coating with chitosan and alginate edible films[J]. Food Control, 2018, 85: 168-176.

- [14] CAI Jian-rong, CHEN Quan-sheng, WAN Xin-min, 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 Chemistry, 2011, 126(3): 1 354-1 360.
- [15] HUANG X, XIN J, ZHAO J. A novel technique for rapid evaluation of fish freshness using colorimetric sensor array[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(4): 632-637.
- [16] ZHAI Xiao-dong, SHI Ji-yong, ZOU Xiao-bo, et al. Novel colorimetric films based on starch/polyvinyl alcohol incorporated with roselle anthocyanins for fish freshness monitoring[J]. Food Hydrocolloids, 2017, 69: 308-317.
- [17] 王晓, 江婷, 刘建华, 等. 虞美人色素的提取及其稳定性的研究[J]. 化学世界, 2000(2): 95-98.
WANG Xiao, JIANG Ting, LIU Jian-hua, et al. Studies on the extraction and stability of red pigment from corn poppy[J]. Chemical World, 2000(2): 95-98.
- [18] KREYENSCHMIDT J, CHRISTIANSEN H, HÜBNER A, et al. A novel photochromic time-temperature indicator to support cold chain management[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45(2): 208-215.
- [19] ARASHISAR S, HISAR O, KAYA M, et al. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 97(2): 209-214.
- [20] SALIH A, SMITH D, PREEC J, et al. Modified extraction 22 thio-barbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry[J]. Poultry Science, 1987, 66: 1 483-1 488.
- [21] 胡金奎. 桑葚花色苷的分离制备、结构分析及其体外活性[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 1-10.
HU Jin-kui. Separation and preparation, structural analysis and in vitro activity of anthocyanins from mulberry fruits[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013: 1-10.
- [22] 邹小波, 薛瑾, 黄晓玮, 等. 一种双层智能膜的制备及在指示三文鱼新鲜度中的应用[J]. 食品科学, 2019, 40(23): 206-212.
ZOU Xiao-bo, XUE Jin, HUANG Xiao-wei, et al. Development and application of an intelligent biolayer packaging film as a freshness indicator for Salmon[J]. Food Science, 2019, 40(23): 206-212.
- [23] NIE Xiao-bo, WANG Li-hong, WANG Qi, et al. Effect of a sodium alginate coating infused with tea polyphenols on the quality of fresh Japanese sea bass(*Lateolabrax japonicas*) fillets[J]. Journal of Food Science, 2018, 83(6): 1 695-1 700.
- [24] 郭美娟, 柴春祥, 鲁晓翔, 等. 南美白对虾腐败过程中挥发性成分的测定[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 153-156, 165.
GUO Mei-juan, CHAI Chun-xiang, LU Xiao-xiang, et al. Determination of volatile componets of penaeus vanmamer during spoilage[J]. Food & Machinery, 2013, 29(4): 153-156, 165.
- [25] 黄星奕, 管超, 丁然, 等. 基于嗅觉可视化和近红外光谱融合技术的海鲈鱼新鲜度评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31(8): 277-282.
HUANG Xing-yi, GUAN Chao, DING Ran, et al. Freshness evaluation of sea bass using multi-sensor information fusion based on olfactory visualization and NIR spectroscopy technique[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(8): 277-282.
- [26] 王冰雪, 宋向颖, 张爱武, 等. 猪肉新鲜度溴甲酚紫基指示卡的研究[J]. 包装与食品机械, 2014, 32(6): 18-21, 14.
WANG Bing-xue, SONG Xiang-ying, ZHANG Ai-wu, et al. Development of indicating cards for freshness of pork based on bromocresol purple[J]. Packaging and Food Machinery, 2014, 32(6): 18-21, 14.
- [27] RODE T M, HOVDA M B. High pressure processing extend the shelf life of fresh salmon, cod and mackere[J]. Food Control, 2016, 70: 242-248.
- [28] 张新林, 谢晶, 郝楷, 等. 不同低温条件下三文鱼的品质变化[J]. 食品工业科技, 2016, 37(17): 316-321.
ZHANG Xin-lin, XIE Jing, HAO Kai, et al. Effects of different cold storage conditions on quality of salmon[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(17): 316-321.
- [29] 丁婷, 李婷婷, 励建荣. 0℃冷藏三文鱼片新鲜度综合评价[J]. 中国食品学报, 2014, 14(11): 252-259.
DING Ting, LI Ting-ting, LI Jian-rong. Comprehensive evaluation on freshness of salmon slices at 0℃ storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(11): 252-259.
- [30] 周强, 谢诚山, 刘孟佳, 等. 减菌化处理在草鱼冷藏保鲜中的应用研究[J]. 食品工业, 2017, 38(11): 103-107.
ZHOU Qiang, XIE Cheng-shan, LIU Meng-jia, et al. Application of bacteria number reducing treatment in grass carp quality[J]. Food Industry, 2017, 38(11): 103-107.
- [31] 赵亮, 马凌云. GC-MS 法分析南湾鲮鱼鱼肉挥发性成分的组成[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 80-82.
ZHAO Liang, MA Ling-yun. Investigation of chemical volatile compounds of southbay big head carp by GC/MS[J]. Food & Machinery, 2011, 27(6): 80-82.