风干鲫鱼制品在加工过程中的品质研究

沈 钉，陶乐仁*

（上海理工大学 健康科学与工程学院，上海 200093）

摘要：为探究不同加工阶段风干鲫鱼制品的食品品质相关指标的变化，采用低盐腌制自然风干的加工工艺，测定加工过程中食盐质量分数、水分活度、失重率、pH 等品质指标变化，并辅以感官评价分析。结果表明，在加工过程中，风干鲫鱼制品的食盐质量分数逐渐上升，水分活度和失重率都呈下降的趋势；而 pH 在腌制阶段逐渐降低，在风干阶段开始回升；在风干第 4 天，感官评分获得了最高分，此时，鲫鱼制品的食盐质量分数为(3.720±0.079)%，水分活度为 0.67，失重率达到了 64.92%，pH 为 6.50。在相关性分析中，水分活度与食盐质量分数、失重率相关性显著。

关键词：鲫鱼；腌制；干燥；食品品质；感官评价

中图分类号：TS 254.4　**文章编号：**1673-1689(2023)05-0057-06　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2023.05.008

Study on Quality of Air-Dried Crucian Carp Products During Processing

SHEN Ding，*TAO Leren**

（School of Health Science and Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China）

Abstract: To explore the changes in food quality indicators of air-dried crucian carp products during different processing stages, a low-salt salting and natural air-drying process was adopted to determine quality indicators such as salt mass fraction, water activity, weight loss rate, pH, and more during the processing, supplemented by sensory evaluation. The results showed that during the processing, the salt mass fraction of the air-dried crucian carp products increased gradually, while water activity and weight loss rate showed a decreasing trend. Meanwhile, the pH value decreased gradually in the salting stage and began to rise again in the air-dried stage. On the fourth day of drying, the sensory score reached the highest point, with a salt mass fraction of (3.720±0.079)%, a water activity of 0.67, a weight loss rate of 64.92%, and a pH value of 6.50. In the correlation analysis, water activity was significantly correlated with salt mass fraction and weight loss rate.

Keywords: crucian carp, salting, drying, food quality, sensory evaluation

淡水鱼是我国水产品的主力军[1]，近年来，我国淡水鱼的养殖产量占世界养殖淡水鱼总产量的73%，总产值达 5 813.2 亿元[2]。而在淡水养殖中占重要地位的鲫鱼，因其鲜美的肉质、丰富的营养，深受广大消费者的喜爱[3]。但是，鲫鱼在我国主要以鲜销为主，与之而来的问题是若是销售不畅，容易导致产品积压[4]。因此，尝试新的食用和保存方式是目前所需的。

收稿日期：2021-12-30

* **通信作者：**陶乐仁(1962—)，男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事制冷及低温技术、食品冷冻冷藏研究。E-mail：cryo307@ usst.edu.cn

相比畜肉和禽肉,含有大量不饱和脂肪酸的鱼类更易氧化[5],同时微生物的生长以及活跃的内源性酶都会引起鱼肉蛋白质和脂质的分解,造成其变质腐败。因此,腌制风干这一传统加工手段就成了延长鱼类产品保质期、保证产品食用安全的绝好选择[6]。在腌制风干加工工艺中,主要包含腌制和风干两个阶段。腌制阶段是利用腌制液和鱼肉的渗透压不同,使得盐离子进入鱼肉中,同时鱼肉中的部分水流出。杨文鸽等在优化海鳗湿腌工艺的研究中发现,鳗鱼肉氯化钠含量及盐卤中蛋白质含量与腌制时间、腌制温度和盐水浓度呈正相关[6]。谭汝成等在对湿腌时鱼肉与盐卤成分变化的研究中发现,较低的腌制温度以及较短的腌制时间和较高的盐水浓度都可以获得一个较低的鱼肉盐含量,同时对肌肉中营养成分的析出也会有所控制[7]。风干阶段主要是水分的蒸发以及一系列复杂的生理生化反应,对于干制品的品质如色泽、风味、营养价值等都会产生或好或坏的影响[8],例如顾赛麒等在利用传统日晒法干制腊鱼时发现,在日晒过程中,腊鱼的颜色逐步发红和变黄,并形成特有的“干香”风味[9]。在经历两个阶段后的风干鱼肉制品,不仅可以获得独特的风味[10],同时也延长了鱼类产品的保质期[11]。

作者以新鲜鲫鱼为原料,探究不同加工阶段风干鲫鱼制品食用品质相关指标的变化,并辅以感官评价,为风干鲫鱼制品的实际生产与加工提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲫鱼:市售;食盐(精制盐):中盐上海市盐业有限公司产品;硝酸银标准滴定溶液、铬酸钾:广东和为医药科技有限公司产品。

1.2 仪器与设备

水分活度测定仪:斯戴普科技有限公司产品;HH-2 数显恒温水浴锅:上海梅香仪器有限公司产品;搅拌机:九阳股份有限公司产品;PHs-3C 型 pH 计:上海伟业仪器厂产品。

1.3 风干鲫鱼制品的制作方法

工艺流程:原料鱼→清洗→沥干→腌制→风干→成品。

选择新鲜鲫鱼为原料,宰杀去鳞,去头去尾以及去除内脏,洗净血迹和腹腔内的黑膜。清理干净后的鲫鱼分成每份 100 g,然后放入特定的盐腌制液,鱼与盐水的比例为 1 g:5 mL,腌制 24 h 后进行自然风干。

1.4 理化指标分析

1.4.1 感官评定 选择 5 名经过专业训练的人员构成一个小组,采用定量描述性分析方法(QDA)进行检验。将风干后的鱼肉用于感官评定,鱼片采用蒸 10 min 的方法熟制后切成 1 cm^3 左右方形小块,放在白色塑料盘子上。请评分小组成员对产品的色泽(20 分)、气味(20 分)、咸味(20 分)、滋味(20 分)、质地(20 分)5 个方面,进行规范评分,满分 100 分,删除明显错误的数值,取剩余数值的平均值,得到的平均值越大,表明样品的品质越好。打分标准如表 1 所示。

1.4.2 食盐质量分数的测定 参照 GB 5009.44—2016《食品中氯化物的测定》中的方法。

1.4.3 水分活度的测定 参照 GB 5009.238—2016《食品水分活度的测定》中的方法。

1.4.4 失重率的测定 采取称量法,称取洗净后的新鲜鲫鱼质量,随后称取各阶段鲫鱼质量,根据下式计算各加工阶段的失重率。

$$X_i=(m-m_i)/m\times100\%$$

式中:X_i 为各加工阶段的失重率,%;m 为新鲜鲫鱼质量,g;m_i 为各阶段鲫鱼质量,g。

表 1 感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standards

评分	色泽	气味	咸味	滋味	质地
20~16	色泽正常	鱼香味浓郁,无腥味	适合	口感细腻,鲜味浓郁	肉质紧密,软硬适宜
15~11	色泽较好	鱼香味一般,能感到腥味	稍重(轻)	口感较细腻,鲜味较轻	肉质较紧密,软硬一般
10~6	色泽一般	鱼香味较淡,腥味较明显	较重(轻)	口感一般,略有鲜味	肉质松散,较硬(软)
5~0	色泽度差	无鱼香味,腥味较重	重(轻)	口感粗糙,无鲜味	肉质松散,很硬(软)

1.4.5 pH 的测定 参照 GB 5009.237—2016《食品 pH 值的测定》中的方法。

1.5 数据处理

实验数据先经初步整理后,以平均值±标准差形式表示实验结果,并采用 Origin 9 对其进行绘图及分析,利用 SPSS 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 腌制食盐质量分数对鲫鱼制品感官评分的影响

把处理好的鱼肉分别放入食盐质量分数为3%、4%、5%、6%、7%的盐水中,完全浸没腌制 24 h,在常温下以自然风干燥 3 d 后,分别对加工完成的鱼肉进行感官评定,评分结果如图 1 所示。对腌制完成的鲫鱼进行 3 d 的自然风干后,不同的腌制食盐质量分数对风干鲫鱼制品的感官评分有显著的影响。风干鲫鱼制品的感官评分的总分随着腌制食盐质量分数的增加,呈现先上升后下降的趋势。其中,在腌制食盐质量分数为 5%时风干制品的感官评分总分达到最高值。盐能促进脂肪氧化作用[12],使得鱼肉产生令人愉悦的鱼香味,因此随着腌制食盐质量分数的逐渐增加,鲫鱼制品的气味、滋味等分值逐步上升,但是当腌制食盐质量分数太大时,反而会抑制脂肪分解[13],不利于鱼香味、鲜味的产生;当腌制食盐质量分数较低时,盐分渗入较慢[14],在同样的腌制时间内,鱼肉咸味较淡;当鱼肉中的食盐质量分数过高时,会使得产品脱水过多,从而导致产品的咸味过重、鱼肉质地变硬、口感变差。在合适的腌制食盐质量分数下才能在获得较好风味的鲫鱼制品的同时,延长其货架期。因此,选择腌制食盐质量分数为 5%作为最佳的腌制条件进行后续的实验。

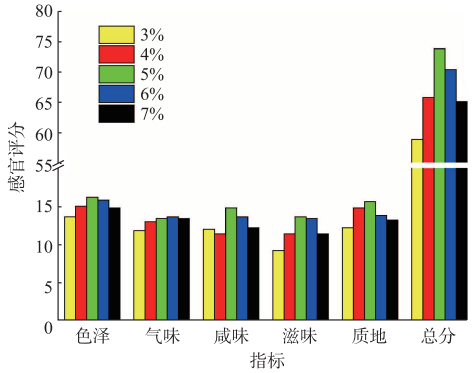


图 1 腌制食盐质量分数对风干鲫鱼制品感官评分的影响

Fig. 1 Effect of salt content on sensory evaluation of air-dried crucian carp products

2.2 加工过程中风干鲫鱼的品质变化

对处理好的新鲜鲫鱼用质量分数 5%的盐溶液腌制 24 h,随后进行自然风干。对未加工(原料)、腌制完成、风干 2 d、风干 3 d、风干 4 d、风干 5 d 等工艺点的鱼肉分别测定食盐质量分数、水分活度、失重率、pH,并进行感官评定。

2.2.1 加工过程中风干鲫鱼制品感官评分的变化 由图 2 可以看到,当风干时间为 4 d 时,风干鲫鱼制品的感官评分最高。风干时间从 2 d 增加至 4 d 时,其感官评分也随之增加。在较短风干时间下,鱼肉水分蒸发不足,水分质量分数较高,从而鱼肉的咸味较轻、肉质较散;同时,在较短的时间内,鱼肉中的生化反应也没有生成足够量的风味小分子来赋予鲫鱼制品特殊风味,因此色泽、气味不足。直到干燥至第 4 天,色泽、咸味都比较符合人们对于风干鱼的期望,口感细腻、软硬适宜。但是随着风干时间的持续增加,由于鱼肉水分质量分数的降低,不仅使得产品的咸味过重,也使产品肉质较硬,导致产品的感官评分逐渐下降。

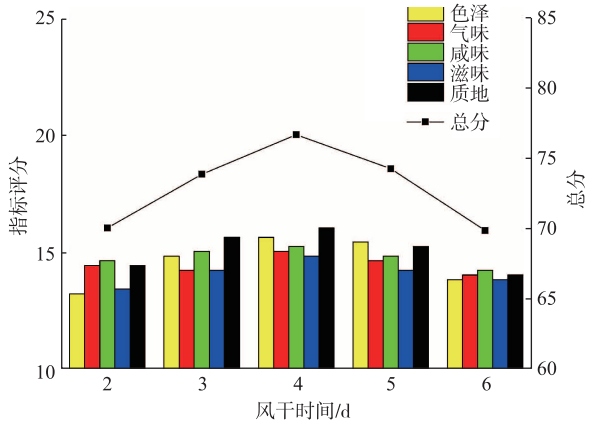


图 2 加工过程中风干鲫鱼制品感官评分的变化

Fig. 2 Changes of sensory score of air-dried crucian carp products during processing

2.2.2 加工过程中风干鲫鱼制品食盐质量分数的变化 未加工(原料)、在质量分数 5%的盐溶液腌制 24 h 后(腌制完成)及风干等加工过程中,鲫鱼鱼肉食盐质量分数的变化趋势如图 3 所示。从图中可以看到,从原料到成品,风干鲫鱼制品的食盐质量分数是一直呈上升趋势,直到风干 5 d 时,其食盐质量分数达到最高值(4.340±0.021)%。腌制阶段的食盐质量分数增加是由于鱼肉和腌制液的渗透压不同,腌制液中的钠离子、氯离子进入鱼肉中。而到了风干阶段,鲫鱼制品中水分的流失导致食盐质量分数

的增加。与图 2 进行对比可知,获得最佳感官评分时(风干4 d),风干鲫鱼制品的食盐质量分数为(3.720±0.079)%。

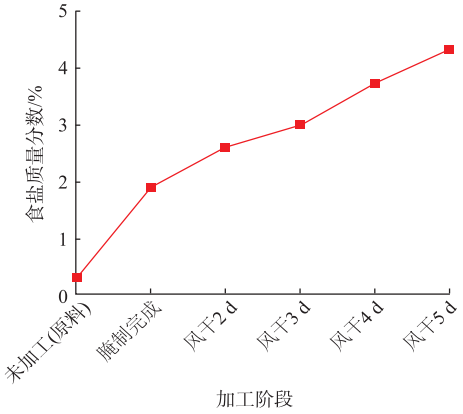


图 3 加工过程中风干鲫鱼制品食盐质量分数的变化

Fig. 3 Changes of salt content in air-dried crucian carp products during processing

2.2.3 加工过程中风干鲫鱼制品水分活度的变化

水分活度与风干鲫鱼制品的货架期及食用安全性有着重要的联系[15]。由图 4 可知,风干鲫鱼制品在加工过程中,其水分活度呈下降趋势,其中,在腌制完成后水分活度的下降主要是由于钠离子和氯离子能通过静电引力的作用,在其周围聚集一群水分子,形成水合离子,这些水分子也因此从自由态转变为结合态,降低了鱼肉的水分活度;而到了风干期间,水分的蒸发进一步降低了鲫鱼制品的水分活度。未加工的原料鱼与腌制完成后的鲫鱼制品的水分活度均在 0.90 以上,当鲫鱼制品风干 2 d 后,其水分活度降低至 0.78 左右,当水分活度低于 0.90 时,可有效抑制细菌的生长繁殖[16],从而达到食品保藏的目的。

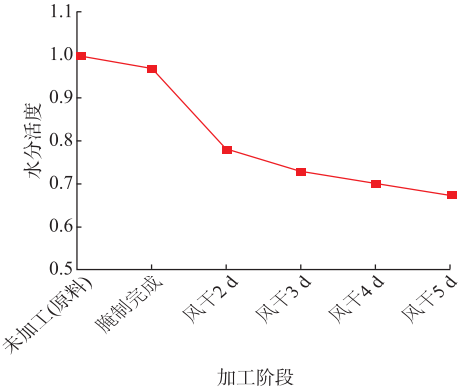


图 4 加工过程中风干鲫鱼制品水分活度的变化

Fig. 4 Changes of water activity of air-dried crucian carp products during processing

2.2.4 加工过程中风干鲫鱼制品失重率的变化

水产制品的水分含量与其硬度、咀嚼性和剪切力等呈极显著负相关[17],通过控制风干鲫鱼制品中水分质量分数可影响其食用品质,在风干阶段,鲫鱼制品的质量减少主要是由于水分的减少。由图 5 可知,在腌制完成时,鲫鱼制品的质量不减反增,这是由于在腌制过程中,盐的脱水作用并不显著,水分流失少,但由于渗透压的作用,腌制液中的氯离子、钠离子进入鱼肉中,增加了鲫鱼的质量。而在风干过程中,鲫鱼制品的失重率是上升的趋势,这是因为进入自然风干期后,空气流动导致水分的流失,使得鱼肉的肌纤维结构丧失完整性,减弱了对水的束缚能力[18],使风干鲫鱼制品质量下降。当风干进行 2 d 时,风干鲫鱼制品的质量减少了 64.47%,随着风干时间的不断增加,失重率的增加速度逐渐变缓,这是因为最先蒸发的是鱼体表面的自由水,蒸发速度较快,随后蒸发的是鱼体内部的水分,最终产品的失重率达到了 65.07%。

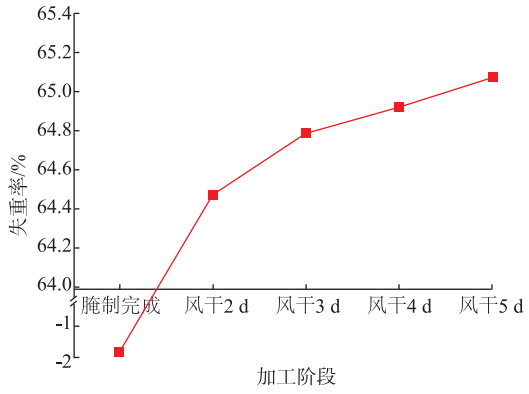


图 5 加工过程中风干鲫鱼制品失重率的变化

Fig. 5 Variation of weight loss rate of air-dried crucian carp products during processing

2.2.5 加工过程中风干鲫鱼制品 pH 的变化

附着于鱼体表面的细菌生长发育的最适 pH 在 6.50~7.50,由图 6 可知,腌制完成后,鲫鱼制品的 pH 从 7.25 下降至 6.45,这可能是鱼体死亡后发生糖降解[19]产生了乳酸以及乳酸菌快速繁殖产酸所导致,也有可能是脂质水解引起脂肪酸积累所导致[20],pH 的降低能在一定程度上降低微生物的活性。当鲫鱼制品进入风干阶段后,pH 又开始呈现上升的趋势,这可能是由于在风干过程中发生了蛋白质氧化分解,产生了氨及胺类等碱性物质,与酸性物质进行了中和反应[21]。但是随着风干时间的延长,风干鲫鱼制品的

食盐质量分数逐渐上升，当食盐质量分数较高时，会抑制内源酶的作用以及微生物的生长,从而抑制脂质和蛋白质的分解,表现为 pH 的降低。

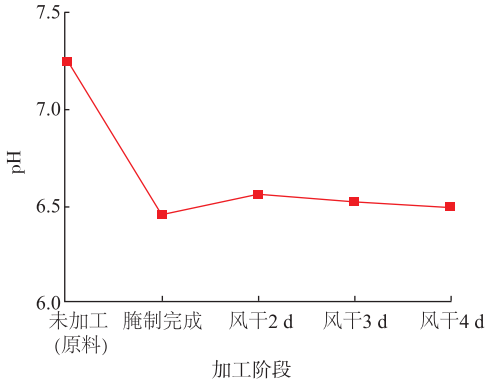


图 6　加工过程中风干鲫鱼制品 pH 的变化

Fig. 6　Changes of pH value of air-dried crucian carp products during processing

2.2.6　相关性分析　为了进一步研究风干鲫鱼制品在风干过程中各品质指标的相关性，对感官评分、水分活度、食盐质量分数、失重率及 pH 进行了两两相关性分析。由表 2 可知,感官评分与水分活度、pH 呈负相关,与食盐质量分数和失重率呈现正相关,但是仅与 pH 为显著相关,这可能是由于在风干过程中，感官评分的变化是先上升后下降的,而 pH 的变化是上下波动的,因此,两者的相关性程度会相对较高,也可能是因为 pH 的升高与下降,是脂质水解与蛋白质氧化分解导致的,而脂质水解与蛋白质氧化分解会影响产品的风味和口感。其次,水分活度、食盐质量分数、失重率三者之间均为显著相关,且水分活度与失重率的相关性达到了完全负相关,这也说明了,在干燥期间,鲫鱼制品质量的减少主要是水分的蒸发；随着鱼体水分含量的降低,其食盐质量分数也逐渐增加,越来越高的食盐质量分数可加速水分的渗出,同时,在加工过程中还伴随着脂肪、蛋白质等化学变化,因此食盐质量分数与失重率为显著的正相关。此外,由表 2 可以看到,pH 与水分活度、食盐质量分数、失重率之间的相关系数为 0.908、−0.790、−0.912,水分、食盐等都会对鱼体中微生物的生长代谢产生一定的影响,在风干过程中,水分质量分数降低、食盐质量分数上升,使得微生物的生长代谢比较弱,从而因微生物而发生的蛋白质水解等都会受到一定的抑制,碱性物质含量的减少表现为 pH 的降低。

表 2　风干鲫鱼制品加工过程中各品质指标相关性分析

Table 2　Correlation analysis of quality indexes in the processing of air-dried crucian carp products

	感官评分	水分活度	食盐质量分数	失重率	pH
感官评分	1.000				
水分活度	−0.814	1.000			
食盐质量分数	0.723	−0.954*	1.000		
失重率	0.821	−1.000**	0.954*	1.000	
pH	−0.969*	0.908	−0.790	−0.912	1.000

注:* 表示在 0.05 水平上显著相关,** 表示在 0.01 水平上显著相关。

3　结　语

作者比较了不同腌制食盐质量分数对于风干鲫鱼制品感官评价的影响,结果表明,在感官评价中，用质量分数 5%的盐溶液腌制的鲫鱼制品各方面表现优异,获得了感官评分最高分,因此在分析加工过程中风干鲫鱼制品的品质时,选择了质量分数为 5%的食盐进行腌制。

通过比较不同加工阶段下风干鲫鱼制品的感官评分、食盐质量分数、水分活度、失重率、pH 等食品评价指标的变化,可以发现,在风干鲫鱼制品的加工过程中,鲫鱼制品的食盐质量分数和失重率呈现上升的趋势,水分活度呈下降的趋势,pH 的变化则是先下降,后上升。在风干的第 4 天时,制品感官评分获得了最高分,风干时间过短或过长,都会降低其评分，此时，鲫鱼制品的食盐质量分数为(3.720±0.079)%，水分活度为 0.67，失重率达到了 64.92%,pH 为 6.50。

对风干过程中的感官评分、水分活度、食盐质量分数、失重率及 pH 等品质指标的相关性进行分析,结果表明,感官评分与 pH 相关性显著,这是由于脂质水解与蛋白质氧化分解表现为 pH 的变化,而两者会影响产品的风味和口味;此外,水分活度与失重率相关性极其显著,表明在风干过程中鲫鱼

制品质量的降低主要是水分的蒸发,也使得鱼体食　　盐质量分数相对增加。

参考文献:

[1] 胡文娟,李艳芳,甘江英. 国内鲫鱼产业发展现状与对策探讨[J]. 渔业致富指南,2017(10):9-11.
[2] 余静. 传统腌腊鱼加工工艺优化及其对产品特性的影响[D]. 成都:成都大学,2019.
[3] 郭雅,卞欢,江芸,等. 不同腌制方式对风干鳊鱼理化指标的影响[J]. 食品工业科技,2016,37(14):272-276.
[4] 闫瑾. 草鱼腌制、风干工艺及其加工过程中脂质氧化研究[D]. 咸阳:西北农林科技大学,2014.
[5] 周红雷,谢普杰,谢大波. 风味白姑鱼加工工艺优化研究[J]. 农产品加工,2020(5):34-35.
[6] 杨文鸽,谢果凰,颜伟华,等. 响应面分析法优化海鳗的湿腌工艺[J]. 中国食品学报,2010,10(1):133-139.
[7] 谭汝成,赵思明,熊善柏,等. 白鲢腌制过程中鱼肉与盐卤成分的变化[J]. 华中农业大学学报,2005,24(3):300-303.
[8] 陈迪丰. 带鱼联合干燥技术优化及货架期预测[D]. 舟山:浙江海洋大学,2018.
[9] 顾赛麒,唐锦晶,周绪霞,等. 腌腊鱼传统日晒干制过程中品质变化与香气形成[J]. 食品科学,2019,40(17):36-44.
[10] FELIX A T,PAUL G G,HENRY A,et al. Modern combined effect of concentration of common salt and liquid smoke on the microbial quality of solar dried tilapia[J]. **International Journal of Food Engineering and Technology**,2019,3(1):8-12.
[11] VITTORIO M M,MAURO V,FABIO C,et al. Fatty acid profiles and volatile compounds formation during processing and ripening of a traditional salted dry fish product[J]. **Journal of Food Processing and Preservatio**n,2017,41(5):1-12.
[12] JIANG Q Q,JIA R,NAHO N,et al. Changes in protein properties and tissue histology of tuna meat as affected by salting and subsequent freezing[J]. **Food Chemistry**,2019,271:550-570.
[13] 林剑军,赵文红,张琳,等.干腌马鲛鱼工艺和品质变化的研究[J]. 食品科技,2021,46(3):116-124.
[14] 刘然. 半干草鱼制品开发及其贮藏稳定性研究[D]. 杭州:浙江工业大学,2012.
[15] 蔡国华. 海鱼干的工艺优化及其加工过程中的品质变化[D]. 晋中:山西农业大学,2016.
[16] 吕丹丹,赵琪,曹天明,等. 盐渍和干制工艺中小黄花鱼脂质的变化[J]. 大连工业大学学报,2020,39(3):157-162.
[17] 叶路漫,岳大鹏,王然然,等. 腌制盐质量分数对风干金鲳鱼制品食用品质的影响[J]. 食品科技,2019,44(8):126-131.
[18] 余涛. 低钠复合盐对风干羊肉品质变化的影响研究[D]. 阿拉尔:塔里木大学,2021.
[19] 陈丽娇,郑明锋. 风味半干大黄鱼腌制工艺参数研究[J]. 中国食品学报,2005(3):38-42.
[20] 李颖. 大连传统晾晒鲅鱼品质分析及工艺改进[D]. 大连:大连工业大学,2019.
[21] 叶路漫. 加工工艺对风干金鲳鱼制品品质作用的研究[D]. 武汉:武汉轻工大学,2019.