

贮藏温度对中国毛虾(*Acetes chinensis*) 品质变化影响的研究*

刘 娜¹ 翁佩芳¹ 朱亚珠² 吴祖芳¹ 张 鑫¹

(1. 宁波大学 应用海洋生物技术教育部重点实验室 宁波 315211; 2. 浙江国际海运职业技术学院 舟山 316021)

摘要 为探究贮藏温度对中国毛虾品质的影响,通过感官评分、菌落总数和理化指标的测定,分析毛虾虾皮在不同贮藏温度下的品质变化。结果表明:25°C及37°C贮藏期间感官评分、亮度值(L^*)显著下降,红度值(a^*)、黄度值(b^*)、菌落总数显著增加($P < 0.05$),pH值先缓慢增加后趋于稳定,TVB-N和TBA值在贮藏前期均缓慢增加,后期增加显著。4°C贮藏下,感官评分缓慢下降,pH值、菌落总数基本不变,贮藏30 d后, L^* 、 a^* 、 b^* 、TVB-N及TBA值呈现显著变化($P < 0.05$)。综合分析,不同温度对毛虾虾皮贮藏期的色泽、感官评分、TVB-N、TBA、pH值及菌落总数变化均有显著影响;毛虾皮在25°C和37°C下分别贮藏至15 d及9 d时,已严重发黄并产生异味,菌落总数均大于 10^7 CFU/g,已腐败变质。4°C下贮藏至60 d时毛虾虾皮仍未失去食用价值,说明低温能显著延长毛虾虾皮的贮藏时间。

关键词 中国毛虾;贮藏温度;品质变化

中图分类号 TS254 doi: 10.11693/hyhz20150100025

中国毛虾(*Acetes chinensis*)属于甲壳纲(*Crustacea*)、十足目(*Decapoda*)、樱虾科(*Sergestidae*)、毛虾属(*Acetes*),全世界共有17种,分别分布于美洲大西洋浅海域、太平洋美洲沿岸及印度洋-西太平洋浅海域(Cao *et al.*, 2012; Rahouma *et al.*, 2013; Simões *et al.*, 2013)。中国毛虾(*Acetes chinensis*)是我国产量最大的海产虾类资源,年产量达 2×10^5 t,居世界之冠,在我国沿海浅海区均有分布,渤海沿岸数量最多(齐海明等, 2013; 徐兆礼等, 2013; 徐捷等, 2014)。新鲜毛虾壳薄、体小、肉少,不易长期保存,故市场上供应的传统毛虾产品主要为干制的毛虾虾皮。毛虾虾皮(以下简称虾皮)是中国毛虾经过煮熟、烘干等工序加工而成的半干制品,是高蛋白、低脂肪食品,富含碘、钙等营养元素,素有“钙源仓库”之称,深受广大消费者的喜爱。

虾皮是冬存夏销、周年销售的产品,目前虾皮生

产多为简单加工烘制而成,虾皮蒸煮时的中心温度一般为80—90°C,微生物不能被彻底杀灭,而且虾皮大都是水分含量较高的半干制品(水分含量高达40%左右),在贮藏、销售过程中很容易影响质量。同时,虾皮质量受温度影响较大,由于我国的冷链物流还不完善,虾皮产品经常脱离冷链温度导致品质下降。研究表明,不同温度对水产品品质变化及货架期的影响不同(Tingman *et al.*, 2010; Bozariis *et al.*, 2011; Margeirsson *et al.*, 2012),贮藏不当虾皮往往容易失去光泽、发黄,并产生腐败产物,对虾皮的食用安全带来隐患。

曾有学者探讨了气调包装技术、BOPP/BOPA组合成的薄膜材料对虾皮的保藏效果(Nirmal *et al.*, 2011; Bono *et al.*, 2012),但目前国内外对不同贮藏温度下虾皮品质变化的规律尚未进行系统的研究。本实验以感官评分、色度值、菌落总数、挥发性盐基氮

*浙江省自然科学基金面上项目, LY15C200015号; 舟山市科技局公益类科技项目, 2014C31052号; 宁波大学“水产”浙江省重中之重开放基金资助项目, XKZSC1534号。刘娜, E-mail: liunaNBU@163.com

通讯作者: 翁佩芳, 教授, E-mail: wengpf@hotmail.com

收稿日期: 2015-01-05, 收修改稿日期: 2015-02-28

(TVB-N)、硫代巴比妥酸(TBA)值及酸碱度(pH)为指标,对虾皮在低温(4°C)、室温(25°C)和高温(37°C)下贮藏期间的品质变化进行系统研究,明确不同贮藏温度下虾皮的品质变化规律,为虾皮及相关水产干制品的加工及贮藏保鲜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

虾皮采自浙江省舟山市六横镇某加工厂,新鲜加工后半干产品,含水率 40%左右,以 25g 每包封装到透明 PE 袋中,当天带回实验室于不同温度(4°C, 25°C, 37°C)下贮藏。

1.2 仪器设备

HR83 自动水分测定仪,瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司;UV-3200 扫描型紫外可见分光光度计,上海美谱达仪器有限公司;CR-400 色差仪,日本 KONICA MINOLTA 公司;D-37520 落地高速冷冻离心机,美国 Thermo Fisher Scientific 公司;SPX-128 智能生化培养箱,宁波江南仪器厂;FSH-2 可调高速匀浆机,江苏省金坛市环宇科学仪器厂;LDZX-50KBS 立式压力蒸汽灭菌器,上海申安医疗器械厂;PHS-3C 酸度计,上海精科仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 虾皮的主要组成成分测定 蛋白质,采用 GB5009.5-2010 中的凯氏定氮法测定;脂肪,采用 GB/T5009.6-2003 中索氏提取法测定;灰分,采用 GB5009.4-2010 中高温灼烧灰化法测定;水分,采用 GB5009.3-2010 中的直接干燥法测定。

1.3.2 贮藏试验 小包封装好的虾皮样品分别在 4°C、25°C 和 37°C 温度下贮藏。其中 4°C 贮藏的样品每隔 10 d 取样;25°C 和 37°C 贮藏的样品每隔 3 d 取样,分别测定其理化指标(色度值、TVB-N 值、TBA 值和 pH 值),同时进行感官评定和菌落总数检测,每个指标重复测定 3 次。

1.3.3 感官评定 由 7 位有感官评定经验的食品专家组成评定小组,对虾皮的色泽、组织和形态、滋味和气味、口感进行综合评分,评分分为 5(优)、4(良)、3(中)、2(差)、1(劣)五级,总分为 20 分。感官评定时先观察虾皮的色泽和组织形态,再对虾皮进行品尝,并评判其滋味及气味,当总分低于 6 分时,则认为该虾皮样品已经腐败不宜继续食用。

1.3.4 色差测定分析 采用 CR-400 型色差仪测定虾皮样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 值。其中 L^* 表示亮度, $L^*=0$

代表黑色, $L^*=100$ 代表白色; a^* 表示红色程度, $+a^*$ 表示红, $-a^*$ 表示绿; b^* 表示黄色程度, $+b^*$ 表示黄, $-b^*$ 表示蓝。每个样品平行测定 6 次。

1.3.5 菌落总数的测定 采用 GB 4789.2-2010 的方法测定。

1.3.6 pH 值的测定 取搅碎的虾皮样品 10.00 g,加入 100 mL 双蒸水,振摇 5 min,静置 30 min 后过滤,用 pH 计测定。

1.3.7 硫代巴比妥酸(TBA 值)的测定 参照 Mielnik 等(2006)的方法并稍作调整:取 10.00 g 虾皮样品绞碎,加 50 mL 含有 0.1%EDTA 的 7.5%(W/V)的三氯乙酸,10000 r/min 均质 0.5 min,然后用 Whatman No.1 滤纸过滤,取滤液 5 mL 于 25 mL 比色管内,加入 5 mL 0.02mol/L TBA 溶液,混匀后于 90°C 水浴 40 min,冷却至室温后,移入离心管 4500 r/min 离心 5 min,上清液倾入 25 mL 比色管内,加入 5 mL 氯仿,于 532 nm 处测定吸光度值,与 TBA 标准曲线对照得出 TBA 值,结果用 mg/kg 表示。

1.3.8 挥发性盐基氮(TVB-N 值)的测定 参照 SC/T3032-2007,按照半微量凯氏定氮法进行测定,结果用 mg/100g 表示。

1.3.9 数据分析 采用 Origin8.5 及 PASW statistics 18.0 软件对检测数据进行统计分析。数据差异性采用最小显著差异法(LSD)进行分析, $P<0.05$ 为显著。

2 结果与讨论

2.1 虾皮的主要组成成分

对虾皮的主要成分进行分析,得到结果为:蛋白质含量 42.50%,脂肪含量 3.30%,水分含量为 39.28%,灰分含量 12.22%(其中食盐含量为 6.73%)。由此可见,虾皮是高蛋白、低脂肪的食品,水分含量较高,容易受到微生物的入侵引起腐败变质。

2.2 不同贮藏温度下虾皮感官品质随时间的变化

按表 1 虾皮感官评分表评定虾皮的品质,得到不同贮藏温度下虾皮感官评分的变化图,由图 1 可知在不同贮藏温度下,虾皮感官评分均随贮藏时间的延长而减小,说明随着贮藏时间的延长虾皮的品质逐渐下降。其中 25°C 和 37°C 温度下感官评分下降较快,4°C 温度下感官评分下降缓慢,三种贮藏温度下感官评分差距显著($P<0.05$)。研究表明,由于微生物、物理及化学因素的影响,食品在贮藏期间的品质逐渐变差,当品质达到消费者能够承受的最低限度时,则

认为食品发生了腐败变质 (Giménez *et al*, 2012; Hough *et al*, 2012; Lorentzen *et al*, 2014)。虾皮在 25°C 和 37°C 温度下贮藏, 分别贮藏至 15 d 和 9 d 时, 产品完全失去原有光泽呈黄色、异味重、组织变得软烂, 感官评分接近 6 分, 达到消费者能够承受的最低限度, 已发生了腐败变质; 然而 4°C 温度下虾皮在贮藏至 60 d 时, 色泽略黄, 感官评分为 15.60 分, 仍可继续食用。

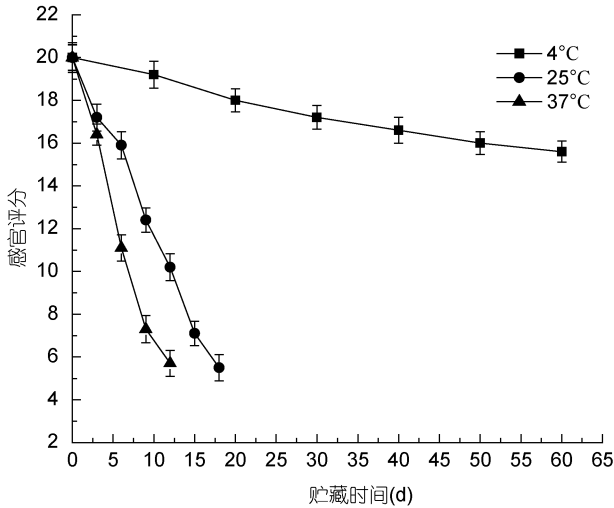


图 1 不同贮藏温度下虾皮感官评分的变化
Fig.1 Changes in sensory scores of dried *A. chinensis* at different temperatures

2.3 不同贮藏温度下虾皮色泽随时间的变化

利用色差仪分别测定不同贮藏温度下虾皮色泽变化的结果如表 2 和表 3 所示。由表 2 可知在 25°C 和 37°C 贮藏温度下, L^* 值随着贮藏时间的延长逐渐减小, a^* 及 b^* 值逐渐增大, 说明虾皮在贮藏过程中逐渐失去光泽, 红色及黄色逐渐加深, 这和感官评定结果一致。从表 2 可看出, 25°C 和 37°C 贮藏温度下不同贮藏期样品之间 L^* 、 a^* 及 b^* 值变化显著 ($P < 0.05$); 不同贮藏温度同一时期的样品之间 L^* 、 a^* 及 b^* 值有显著差异 ($P < 0.05$)。由表 3 可知, 4°C 贮藏条件下, 不同贮藏期样品贮藏 30d 内, L^* 、 a^* 及 b^* 值变化不显著, 贮藏后 30d 才有显著差异 ($P < 0.05$), 这表明低温有利于虾皮原有色泽的保持。红色程度的变化可能是虾皮在贮藏过程中虾青素与蛋白质形成了不同的复合物的缘故, 黄色程度的变化可能是由于虾本身脂肪氧化的作用, 变色机理有待进一步研究。

2.4 贮藏温度对虾皮菌落总数及 pH 值的影响

不同贮藏温度下虾皮菌落总数和 pH 值的变化如图 2 和图 3 所示。由图 2 可见, 25°C 和 37°C 温度下贮藏期间菌落总数变化较快, 整个贮藏期菌落总数增长显著 ($P < 0.05$)。虾皮在 25°C 贮藏至第 9 天和第 12 天菌落总数分别为 2.19×10^6 CFU/g、 1.02×10^7 CFU/g, 随着贮藏时间的延长, 微生物继续繁殖至第 15 天后

表 1 虾皮感官评分表

Tab.1 Sensory evaluation standard of dried *A. chinensis*

评定指标	感官评分(分)				
	5(优)	4(良)	3(中)	2(差)	1(劣)
色泽	透亮米白色,有光泽	透亮微带黄色,有光泽	微黄色,无光泽	黄色,无光泽	黄色,暗淡
组织及形态	组织坚实完整,富有弹性	组织紧密性欠佳,弹性较好	组织不够紧密,弹性稍差	组织部分疏松,弹性较差	组织疏松,无弹性
滋味及气味	有虾皮特有香鲜味,气味正常	香鲜味稍弱,稍有异味	香鲜味不明显,稍有氨味	无香鲜味,氨味较重	恶臭味
口感	口感绵弹,咀嚼性好	口感软绵,咀嚼性较好	口感稍粗糙,咀嚼性差	口感粗糙,咀嚼很差	口感很粗糙,无咀嚼性

表 2 虾皮在 25°C 和 37°C 贮藏下色泽的变化

Tab.2 Changes in the color of dried *A. chinensis* at 25°C and 37°C

色值	温度(°C)	贮藏时间(d)						
		0	3	6	9	12	15	18
L^*	25	77.64(1.68) ^a	75.54(1.32) ^{A, b}	74.76(1.58) ^{A, c}	71.34(1.90) ^{A, d}	65.22(1.41) ^{A, e}	64.11(1.50) ^f	62.90(1.20) ^g
	37	77.64(1.68) ^a	74.32(1.15) ^{B, b}	73.17(1.43) ^{B, c}	69.23(1.44) ^{B, d}	65.10(1.32) ^{A, e}	—	—
a^*	25	2.65(0.53) ^a	3.21(0.19) ^{A, b}	3.96(0.17) ^{A, b}	4.72(0.24) ^{A, d}	5.49(0.11) ^{A, e}	5.78(0.23) ^f	6.10(1.30) ^g
	37	2.65(0.53) ^a	3.69(0.14) ^{B, b}	4.12(0.18) ^{B, c}	5.15(0.33) ^{B, d}	5.57(0.18) ^{A, e}	—	—
b^*	25	12.34(1.03) ^a	13.26(1.03) ^{A, b}	15.19(1.06) ^{A, c}	18.36(1.25) ^{A, d}	21.11(1.17) ^{A, e}	24.46(0.14) ^f	26.51(1.40) ^g
	37	12.34(1.03) ^a	14.01(1.04) ^{B, b}	16.63(1.20) ^{B, c}	19.73(1.31) ^{B, d}	22.83(1.16) ^{A, e}	—	—

表中数据以平均值(标准误差)来表示, 尾注小写字母表示同一贮藏温度不同贮藏时间色值差异性, 大写字母表示同一贮藏时间不同贮藏温度色值的差异性 ($P < 0.05$)。“—”表示虾皮已达到感官承受的最低限, 无检测意义。表 3 同

表 3 虾皮在 4°C 贮藏下的色泽变化
Tab.3 Changes in the color of dried *A. chinensis* at 4°C

色值	贮藏时间/d						
	0	10	20	30	40	50	60
<i>L</i> *	77.6(2.68) ^a	77.23(2.55) ^a	76.21(2.61) ^a	75.10(1.81) ^{ab}	74.50(1.53) ^b	74.32(1.34) ^{bc}	74.29(1.23) ^c
<i>a</i> *	2.65(0.53) ^a	2.82(0.56) ^a	2.94(0.27) ^a	3.02(0.32) ^a	3.57(0.29) ^a	4.26(0.39) ^b	4.57(0.42) ^b
<i>b</i> *	12.34(1.03) ^a	12.44(1.14) ^a	12.88(0.139) ^a	13.56(1.31) ^{ab}	14.01(1.41) ^b	14.68(1.55) ^b	15.24(1.28) ^b

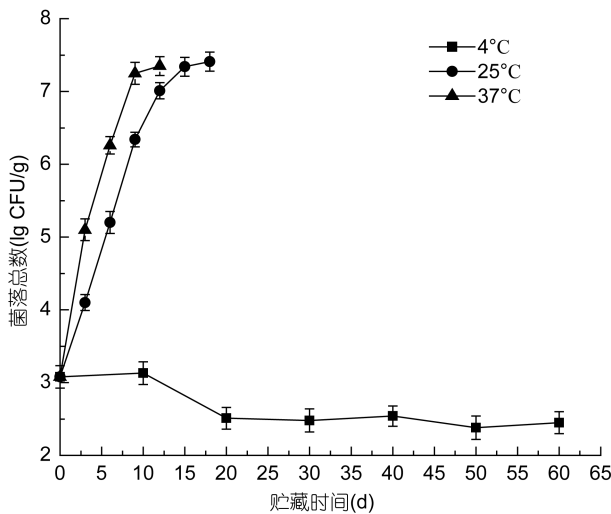


图 2 不同贮藏温度下虾皮菌落总数变化

Fig.2 Changes in total bacteria count of dried *A. chinensis* at different temperatures

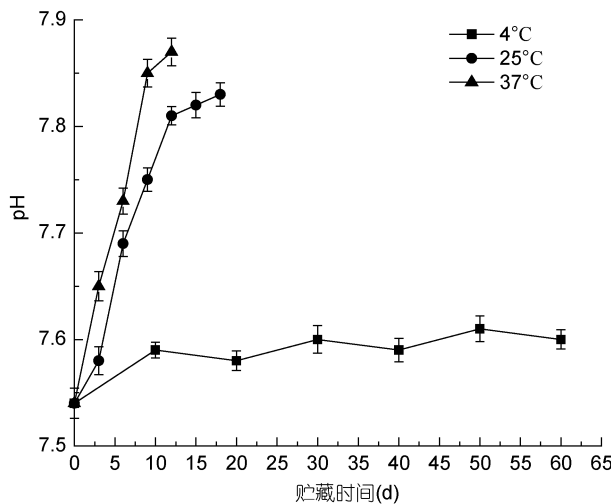


图 3 不同贮藏温度下虾皮 pH 值的变化

Fig.3 Changes in pH value of dried *A. chinensis* at different temperatures

趋于稳定, 菌落数达 4.60×10^7 CFU/g; 而在 37°C 贮藏至第 3 天和第 6 天菌落总数分别为 1.25×10^5 CFU/g、 1.82×10^6 CFU/g, 至第 9 天后趋于稳定, 菌落总数达 3.9×10^7 CFU/g。25°C 贮藏 3—12 d, 37°C 贮藏 2—9 d 期间菌落总数急剧上升, 说明此阶段为微生物的对

数生长期, 微生物利用虾皮的营养成分大量繁殖, 代谢产物逐渐积累, 随后微生物的增殖与营养基质之间达到平衡状态, 菌落总数保持稳定(Simsek *et al*, 2013; Dabadé *et al*, 2014)。4°C 贮藏下菌落总数在整个贮藏期间没有显著变化, 贮藏至第 60 d 时产品仍可继续食用。研究发现, 不同贮藏温度下同一贮藏时期的样品之间, 菌落总数有显著性差异($P < 0.05$), 表明贮藏温度对虾皮中腐败微生物的生长有显著影响, 低温可以抑制虾皮中微生物的繁殖, 有利于虾皮的保藏。

由图 3 可知, 虾皮在 25°C 和 37°C 贮藏温度下, 随着贮藏时间的延长, pH 值先缓慢上升, 后趋于稳定, 这与国外文献中冷藏肉制品的变化基本一致(Adeyemi *et al*, 2013; Li *et al*, 2014)。贮藏前期 pH 值上升, 可能是随着虾皮腐败菌数量的增多, 腐败菌逐渐将蛋白质降解成含氮的小分子碱性物质所致; 贮藏后期蛋白质等营养成分被消耗殆尽, 小分子碱性物质进一步降解致使 pH 值趋于稳定。4°C 贮藏期间, 在贮藏 60 d 内 pH 值基本无变化, 这与图 2 所示的微生物的变化趋势基本一致。25°C 和 37°C 贮藏下, 不同贮藏时期的样品之间 pH 值有显著差异($P < 0.05$), 4°C 贮藏下不同贮藏期的样品之间 pH 值变化不显著, 表明低温能够很好地抑制虾皮腐败菌降解蛋白质产生碱性物质的能力, 较好地保持新鲜度。

2.5 贮藏温度对虾皮 TVB-N 值的影响

虾皮不同贮藏温度下贮藏期间 TVB-N 值的变化如图 4 所示。TVB-N 值变化是因为在贮藏期间, 动物性食品受到腐败微生物产生的酶或者内源酶的作用, 蛋白质会随着贮藏时间的延长逐渐降解成小分子胺类物质及氨, 它是评价动物性食品鲜度指标之一, TVB-N 值越大表示动物性食品越不新鲜(Castro *et al*, 2006; Okpala *et al*, 2014)。

由图 4 可见, 虾皮在不同贮藏温度下 TVB-N 值呈上升趋势。37°C 贮藏下 TVB-N 值的变化与 25°C 贮藏下的 TVB-N 值的变化规律相似, 贮藏前期呈缓慢增加趋势, 分别贮藏至 9 d、15 d 时, TVB-N 值分别

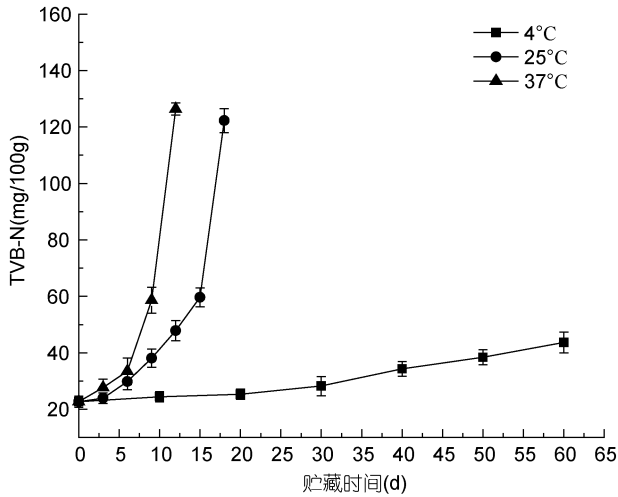


图4 不同贮藏温度下虾皮 TVB-N 值变化

Fig.4 Changes in TVB-N value of dried *A. chinensis* at different temperatures

从初始值 22.67 mg/100g 增加至 58.67 mg/100g、59.65 mg/100g, 随后则快速增加, 分别贮藏至 12 d、18 d 时, TVB-N 值分别高达 126.4 mg/100g、122.27 mg/100g。25°C、37°C 贮藏下 TVB-N 值的变化均是前期增加达一定值后则几乎呈垂直线上升, 这可能是因为贮藏初期主要是腺嘌呤核苷酸脱氨基产氨, 后期虾皮中优势腐败微生物开始利用营养成分大量繁殖产生大量有机酸、TMA、硫化物、醛酮类等腐败臭味和异味代谢产物, 导致 TVB-N 值快速上升(Pacquit *et al*, 2006; Massa *et al*, 2012), 虾皮腐败变质。4°C 贮藏下 TVB-N 值增加缓慢, 贮藏前 20 d 内无显著差异随后显著增加, 贮藏至第 60 d 时 TVB-N 值达 43.68 mg/100g。三种贮藏温度下同贮藏时期样品之间 TVB-N 值有明显的差异($P < 0.05$), 这是低温抑制了虾皮中特定腐败微生物代谢蛋白质、氨基酸等含氮物质能力的缘故。

2.6 贮藏温度对虾皮脂肪氧化程度的影响

虾皮的脂肪含量为 3.30%, 且饱和脂肪酸居多, 在贮藏期间易发生氧化产生酮、小分子醛类等腐败产物, 此类羰基化合物可能与蛋白质的降解产物相互作用, 使虾皮变色变味, 参与产品的劣变过程。脂质的氧化产物丙二醛与 TBA 反应生成在 532 nm 处有吸收峰的复合物, TBA 值的大小能说明脂肪的氧化程度(Alfaro *et al*, 2013; Cai *et al*, 2014; 刘卓然等, 2014)。经不同贮藏温度贮藏的虾皮脂肪氧化规律如图 5, 由图可见, 不同贮藏温度下 TBA 值在贮藏前期变化缓慢, 后期有显著增加($P < 0.05$)。表明贮藏期间 TBA 值的变化与 TVB-N 值的变化基本一致, 两者具有一定

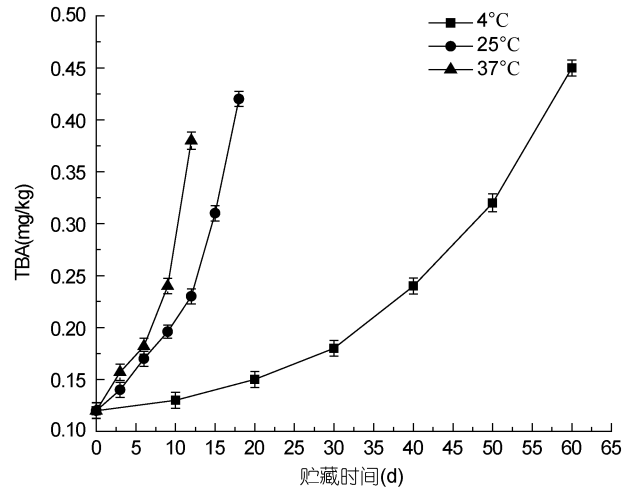


图5 不同贮藏温度下虾皮 TBA 值变化

Fig.5 Changes in TBA value of dried *A. chinensis* at different temperatures

的相关性, 这与虾皮中腐败微生物的生长繁殖从而导致蛋白质降解和脂肪氧化有一定关系。另外 4°C、25°C 和 37°C 条件下, 虾皮分别贮藏至 60 d、18 d 和 12 d 时, TBA 值分别从初始的 0.12 mg/kg 分别增加到 0.45、0.42 和 0.38 mg/kg, 表明不同贮藏温度下, TBA 值都随着贮藏时间的延长而增加, 且虾皮脂肪氧化速度显著不同($P < 0.05$), 低温能够减缓虾皮脂肪氧化的速度。

3 结论

以感官评分、菌落总数、色度、TVB-N、TBA 及 pH 值为指标, 分析了不同贮藏温度下虾皮的品质变化, 结果表明, 不同贮藏温度对虾皮贮藏期间的感官评分、色泽、TVB-N、TBA、pH 值及菌落总数均有显著影响($P < 0.05$)。与 25°C 和 37°C 贮藏温度相比, 4°C 能够明显抑制微生物的繁殖, 减缓 a^* 、 b^* 、pH、TVB-N 值以及脂肪氧化指标 TBA 值的增加和 L^* 值的降低。25°C 和 37°C 下分别贮藏至 15 d 及 9 d 时, 虾皮已严重发黄并产生异味, 已腐败变质。贮藏温度 4°C 时, 贮藏至 60 d 时仍可继续食用, 表明低温能够有效延长其货架期。

虾皮贮藏期间 TVB-N 与 TBA 值的变化规律具有相似性, 可能是蛋白质的降解产物与脂肪氧化产物之间具有一定的相互作用, 其机理还有待进一步研究。本研究明确了不同贮藏温度下虾皮的品质变化规律, 为虾皮生产、贮藏及销售过程中的品质控制和相关产品的进一步开发提供科学依据。

参 考 文 献

- 刘卓然, 翁佩芳, 敖雨燕等, 2014. 动力学模型预测泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*) 半干制品的货架期. 海洋与湖沼, 45(2): 383—386
- 齐海明, 孙 岳, 徐兆礼等, 2013. 椒江口海域春秋季虾类群落结构及其影响因素. 应用生态学报, 24(12): 3546—3552
- 徐 捷, 陈佳杰, 徐兆礼, 2014. 吕泗渔场沿岸海域春夏季虾类群落特征. 水产学报, 38(8): 1097—1105
- 徐兆礼, 孙 岳, 2013. 春夏季闽江口和兴化湾虾类数量特征. 生态学报, 33(22): 7157—7165
- Alfaro B, Hernández I, Baliño-Zuazo L *et al*, 2013. Quality changes of Atlantic horse mackerel fillets (*Trachurus trachurus*) packed in a modified atmosphere at different storage temperatures. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(9): 2179—2187
- Adeyemi O T, Osilesi O O, Onajobi F *et al*, 2013. Stability study of smoked fish, horse mackerel (*Trachurus trachurus*) by different methods and storage at room temperature. African Journal of Biochemistry Research, 7(6): 98—106
- Bono G, Badalucco C V, Cusumano S *et al*, 2012. Toward shrimp without chemical additives: A combined freezing-MAP approach. LWT-Food Science and Technology, 46(1): 274—279
- Boziaris I S, Kordila A, Neofitou C, 2011. Microbial spoilage analysis and its effect on chemical changes and shelf-life of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) stored in air at various temperatures. International Journal of Food Science & Technology, 46(4): 887—895
- Castro P, Padrón J C P, Cansino M J C *et al*, 2006. Total volatile base nitrogen and its use to assess freshness in European sea bass stored in ice. Food Control, 17(4): 245—248
- Cai L Y, Wu X S, Dong Z J *et al*, 2014. Physicochemical responses and quality changes of red sea bream (*Pagrosomus major*) to gum Arabic coating enriched with ergothioneine treatment during refrigerated storage. Food Chemistry, 160: 82—89
- Cao W H, Zhang C H, Ji H W *et al*, 2012. Optimization of peptic hydrolysis parameters for the production of angiotensin I-converting enzyme inhibitory hydrolysate from *Acetes chinensis* through Plackett-Burman and response surface methodological approaches. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(1): 42—48
- Dabadé D S, den Besten H M W, Azokpota P *et al*, 2014. Spoilage evaluation, shelf-life prediction, and potential spoilage organisms of tropical brackish water shrimp (*Penaeus notialis*) at different storage temperatures. Food Microbiology, 48: 8—16
- Giménez A, Ares F, Ares G, 2012. Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. Food Research International, 49(1): 311—325
- Hough G, Garitta L, 2012. Methodology for sensory shelf-life estimation: A review. Journal of Sensory Studies, 27(3): 137—147
- Li M, Lin H, Khan M N *et al*, 2014. Effects of bacteriophage on the quality and shelf life of *Paralichthys olivaceus* during chilled storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(8): 1657—1662
- Lorentzen G, Skuland A V, Sone I *et al*, 2014. Determination of the shelf life of cluster of the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) during chilled storage. Food Control, 42: 207—213
- Margeirsson B, Lauzon H L, Pálsson H *et al*, 2012. Temperature fluctuations and quality deterioration of chilled cod (*Gadus morhua*) fillets packaged in different boxes stored on pallets under dynamic temperature conditions. International Journal of Refrigeration, 35(1): 187—201
- Massa A E, Manca E, Yeannes M I, 2012. Development of Quality Index Method for anchovy (*Engraulis anchoita*) stored in ice: Assessment of its shelf-life by chemical and sensory methods. Food Science and Technology International, 18(4): 339—351
- Mielnik M B, Olsen E, Vogt G *et al*, 2006. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. LWT-Food Science and Technology, 39(3): 191—198
- Nirmal N P, Benjakul S, 2011. Retardation of quality changes of Pacific white shrimp by green tea extract treatment and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. International Journal of Food Microbiology, 149(3): 247—253
- Okpala C O R, Choo W S, Dykes G A, 2014. Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice. LWT-Food Science and Technology, 55(1): 110—116
- Pacquit A, Lau K T, McLaughlin H *et al*, 2006. Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage. Talanta, 69(2): 515—520
- Rahouma M, Shuhaimi-Othman M, Cob Z C, 2013. Assessment of selected heavy metals (Zn, Mn, Pb, Cd, Cr and Cu) in different species of *Acetes shrimp* from Malacca, Johor and Terengganu, Peninsular Malaysia. Journal of Environmental Science and Technology, 6(1): 50—56
- Simões S M, Castilho A L, Fransozo A *et al*, 2013. Distribution related to temperature and salinity of the shrimps *Acetes americanus* and *Peisos petrunkevitchi* (Crustacea: Sergestoidea) in the south-eastern Brazilian littoral zone. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 93(3): 753—759
- Simsek A, Kilic B, 2013. Quality characteristics of ready to eat salmon döner kebab during manufacture and storage. Food Science and Technology Research, 19(5): 739—747
- Tingman W, Jian Z, Xiaoshuan Z, 2010. Fish product quality evaluation based on temperature monitoring in cold chain. African Journal of Biotechnology, 9(37): 6146—6151

STUDY ON EFFECTS OF STORAGE TEMPERATURE ON QUALITY CHANGES OF *ACETES CHINENSIS*

LIU Na¹, WENG Pei-Fang¹, ZHU Ya-Zhu², WU Zu-Fang¹, ZHANG Xin¹

(1. Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology of Ministry of Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Zhejiang International Maritime College, Zhoushan 316021, China)

Abstract To explore the effects of storage temperatures on the quality of dried *Acetes chinensis*, the quality changes of dried *A. chinensis* stored under different temperatures were investigated using sensory evaluation, the total bacteria counts and physical and chemical indicators. It indicated that when stored at 25°C and 37°C, the sensory evaluation, lightness value (L^*), redness value (a^*), yellowness value (b^*) and total bacteria counts increased significantly ($P < 0.05$), pH value increased slowly in early stages and then stayed stable. TVB-N and TBA values increased slowly in the beginning and then increased significantly. When stored at 4°C, the sensory evaluation of the product decreased slowly, while pH value and total bacteria counts were stable, after stored for 30 d. L^* , a^* , b^* , TVB-N and TBA values changed significantly. It can be concluded that different temperatures have significant effect on color, sensory evaluation, TVB-N, TBA, pH values and total bacteria counts of dried *A. chinensis*. When stored at 25°C and 37°C, respectively, the product changed to yellow and smelly, and the total bacteria count reached 10^7 CFU/g, which have been deteriorated after stored for 15 d and 9 d respectively. When stored under 4°C, dried *A. chinensis* still have edible value and this result concluded that low temperature can significantly prolong the storage time of dried *A. chinensis*.

Key words *Acetes chinensis*; storage temperature; quality changes