

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.02.029

红酒提取物对南极磷虾贮藏过程中抗氧化效果的影响*

迟海¹ 李学英¹ 杨宪时¹ 杨峰² 涂敏建³

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; 2. 上海理工大学医疗器械与食品学院, 上海 200093;
3. 大连海洋大学食品科学与工程学院, 大连 116023)

摘要: 采用不同浓度的红酒提取物溶液(0.1、0.5、1.0、2.0 g/L)对南极磷虾进行预处理,并以PPO活力、TBARS值、色泽变化和感官评价为指标,对贮藏在一定温度条件下(2℃和25℃)的南极磷虾抗氧化效果进行了研究。实验结果显示,2℃和25℃条件下红酒提取物最适质量浓度分别为0.1 g/L和0.5 g/L,在此条件下南极磷虾PPO活性、TBARS值及防黑变效果优于其他浓度及空白对照组,可以有效地保持南极磷虾的品质及延长货架期;南极磷虾波长450 nm的吸光度 A_{450} 值变化和RGB值与贮藏时间呈良好的线性关系,可以考虑用作反映贮藏条件下南极磷虾抗氧化程度的指标。

关键词: 红酒提取物 南极磷虾 色泽 贮藏 抗氧化效果

中图分类号: TS254.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)02-0153-06

Influences of Wine Extracted on Antioxidant of Antarctic Krill during Storage

Chi Hai¹ Li Xueying¹ Yang Xianshi¹ Yang Feng² Tu Minjian³

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China

2. School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China

3. College of Food Science and Engineering, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

Abstract: Influences of antioxidant on Antarctic krill during storage at 2℃ and 25℃ were investigated after pretreatment by different wine extracted solutions (0.1, 0.5, 1.0 and 2.0 g/L) in the research by testing the indexes of PPO activity, TBARS, color changes and sensory evaluation. The results exhibited that the optimal solutions of wine extracted for antioxidant effectiveness at 2℃ and 25℃ were 0.1 g/L and 0.5 g/L, respectively. Under the situation, PPO activity, TBARS value and effects of blackening protection of Antarctic krill were better than any other solutions and control group, which could maintain the quality and extend shelf life for Antarctic krill effectively. Changes of A_{450} value and RGB value have significant correlation with storage time, therefore, those could be considered as the right indexes to reflect the degree of antioxidant.

Key words: Wine extracted *Euphausia superba* Color Storage Antioxidants

引言

作为当今世界资源量最大的单物种生物之一,南极磷虾(*Euphausia superba*)是南极食物链体系中

最重要的生产者,其巨大的潜在资源以及在南极的特殊地位日益受到人们的关注^[1]。据最新的统计数字显示,南极磷虾的捕捞量是世界现有渔业产量一倍以上,在世界渔业资源不断衰退的今天,开发和

收稿日期: 2012-02-08 修回日期: 2012-04-13

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2011AA090801)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(2011T05)和农业部南极海洋生物资源开发利用专项

作者简介: 迟海, 研究实习员, 主要从事食品质量安全控制研究, E-mail: andychihai@126.com

通讯作者: 杨宪时, 研究员, 主要从事水产品质量安全控制研究, E-mail: xianshiyang@126.com

利用南极磷虾资源是一个必然的趋势^[2]。

然而海捕虾由于酪氨酸及其衍生物等水溶性物质容易在多酚氧化酶(Polyphenol oxidase, PPO)的作用下氧化产生黑斑^[3],这种酶在冷冻、冷藏期间仍保持很高的活性,虽然虾体的黑斑不会对食用安全造成影响,但黑斑却制约着商品的价值^[4]。在捕虾渔船作业过程中,焦亚硫酸钠一般作为抑制剂处理虾体黑斑症状,然而处理过的虾体往往因为二氧化硫残留超标引发食用安全问题^[5]。南极磷虾自身个体较小,黑斑对其感官评价影响更大。同时,脂肪氧化也对南极磷虾贮藏过程中品质产生一定的影响,所以筛选无毒害残留的抗氧化抑制剂对南极磷虾提升自身价值有重要意义。

目前,各种天然物质提取物抗氧化性能已经得到了广泛的应用,不同预处理方式对食品抗氧化效果研究也较为广泛,然而对经红酒提取物预处理的南极磷虾在贮藏过程中抗氧化效果的研究未见报道^[6-10]。本研究将南极磷虾经不同浓度的红酒提取物处理后置于2℃和25℃条件下贮藏,分析其感官、色差、多酚氧化酶活力和硫代巴比妥酸反应物(Tiobarbituric acid reactive substances, TBARS)指标的变化,探讨红酒提取物对南极磷虾贮藏过程中抗氧化效果,旨在为南极磷虾远洋捕捞和后期贮藏加工提供基础参考数据。

1 材料与方法

1.1 材料与药品

南极磷虾于2011年2月南极FAO 48.1区捕捞,船上冻结后-23℃冻藏,-18℃集装箱于2011年6月运抵,-80℃贮藏备用。

红酒提取物由红酒酒浆经萃取、纯化、结晶和干

燥获得,提取物主要成分为红酒多酚30 g/(100 g)、白藜芦醇5 g/(100 g)、花青素2 g/(100 g),宁波德沃生物科技有限公司提供。三氯乙酸(TCA)、2-硫代巴比妥酸、脯氨酸、儿茶酚、磷酸氢二钠和磷酸二氢钠等药品均购于上海国药集团化学试剂有限公司,分析纯。

1.2 设备与仪器

HH-8型恒温水浴锅,常州国华电器有限公司;Centrifuge 5810R型离心机,德国Effendorf;721型可见分光光度计,上海菁华科技仪器有限公司;Basic Panoramic 2004/475型均质机,西班牙IUL公司;Sanyo MIR 153、253、553型高精度培养箱,日本三洋科研设备公司;Chroma Meter CR-400型色差仪,日本美能达公司;S560型便携式色差仪,美国MicOptix公司。

1.3 样品处理方法

按文献[11]方法将南极磷虾解冻,选取无黑头、无损伤的南极磷虾300 g左右,按料液比200 g/L将原料虾浸于事先保温(2℃和25℃)的红酒提取物溶液(质量浓度分别为0、0.1、0.5、1.0、2.0 g/L)中,10 min后捞出沥干,密封包装后分别置于高精度培养箱中,温度控制为(2±0.5)℃和(25±1.0)℃。每隔适当时间取出一定量的样品进行指标测定。

1.4 实验方法

1.4.1 感官检验

选择6名经过训练的评价员组成感官评价小组,参照文献[12]方法按表1的评分标准,采用现场打分的原则,以南极磷虾的体表、肌肉及气味为评价指标。各项指标满分2分,总分6分为最好品质,0分为最差品质,当感官总分低于2分时认定为感官拒绝。

表1 南极磷虾感官检验评分规则

Tab.1 Sensory evaluation rules on *Euphausia superba*

指标	2分	1分	0分
体表	个体清洁完整,甲壳、尾部无脱落,无黑头现象	个体较完整,少数出现黑头现象但不明显	个体不完整,甲壳、尾部脱落现象严重,黑头现象严重
肌肉	组织坚实,弹性好	组织稍有连接,较有弹性	手触弹性差,组织松弛
气味	虾体固有的香味	稍有香气,有较淡的腥味或氨味	有强烈的腥味和氨味

1.4.2 色差及颜色测定

使用色差仪对南极磷虾的肌肉直接进行测定。取5 g南极磷虾打碎后加入质量分数为7.5% TCA 25 mL,静置30 min后以2 000 r/min速度离心5 min,取上清液在波长为450 nm处进行比色测定。同时,将上清液通过便携式色差仪进行颜色(RGB)测定。

1.4.3 PPO活力测定

取整虾打碎后按料液比为0.1 g/L加入事先预冷到0℃的磷酸缓冲液(pH值为7.2),0℃条件下静置4 h后以11 000 r/min速度离心30 min,取上清液即为PPO粗酶。取0.2 mL PPO粗酶分别加入预冷的2.2 mL磷酸缓冲液(pH值为7.2),0.2 mL、0.5 mol/L儿茶酚和0.2 mL、0.5 mol/L脯氨酸,37℃

条件下水浴 10 min, 在波长为 530 nm 处比色。

酶活力定义: 在 37℃、pH 值 7.2、波长为 530 nm 条件下, 以吸光度每分钟改变 0.001 为一个酶活力单位^[13]。

1.4.4 TBARS 测定

参照马丽珍等的方法, 稍作修改^[14]。取南极磷虾在组织搅碎机内进行搅碎, 称取 10 g 虾肉于锥形瓶中, 加入质量分数为 7.5% 含有 0.1% EDTA 的 TCA 50 mL, 充分搅匀, 振荡 30 min, 用双层滤纸过滤 2 次。准确吸取上清液 5 mL 并加入 5 mL、0.02 mol/L 2-硫代巴比妥酸溶液, 沸水浴中保温 40 min, 取出后在冷水中冷却, 以 2 000 r/min 速度离心 5 min, 离心后取上清液, 分别在波长 532 nm 和 600 nm 处进行比色测定, 结果以每千克虾肉中丙二醛的毫克数表示 (mg/kg)。

1.5 数据分析与处理方法

实验数据用 Microsoft Excel 2003 进行回归分析, 每项测定数据至少采用 3 个平行。结果以平均值 ± 标准偏差表示, 用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行方差分析和 Duncan 方法分析, 显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果分析与讨论

2.1 感官评分

南极磷虾感官变化取决于多个方面, 首先多酚氧化酶氧化造成虾体黑变, 导致感官不能接受; 其次虾体脂类发生氧化, 组织劣化酸败, 色泽和气味影响严重; 最后是蛋白质分解变性, 汁液流失。图 1 为红酒提取物对南极磷虾感官评分的影响。由图可知, 南极磷虾感官初始点评分为 5.8, 随着时间的延长, 南极磷虾感官评分逐渐降低。2℃ 贮藏条件下对照组评分在 24 h 后为 1.5, 达到感官拒绝点, 然而实验组仍未达到感官拒绝点, 0.1 g/L 浓度条件下预处理的南极磷虾感官评分较其他几个浓度高, 达到 3.1。25℃ 贮藏条件下南极磷虾感官评分下降较快。在此条件下, 不同浓度红酒提取物对南极磷虾感官评分差异性不显著 ($P > 0.05$)。2.0 g/L 浓度条件下预处理南极磷虾感官评分较对照组评分低, 这可能是由于温度对南极磷虾品质有一定影响, 同时高浓度红酒提取物对其色泽有一定的影响从而使感官评分降低。温度对南极磷虾品质影响显著, 建议低温贮藏, 0℃ 和 20℃ 贮藏条件下的南极磷虾分别在 24 h 和 8 h 后感官不可接受^[10]。本研究贮藏过程中的南极磷虾通过不同浓度的红酒提取物预处理后感官品质有一定的延长, 两种温度条件下感官拒绝点分别为 30 h 和 12 h, 最适合的红酒提取物浓度分别为 0.1 g/L 和 0.5 g/L。

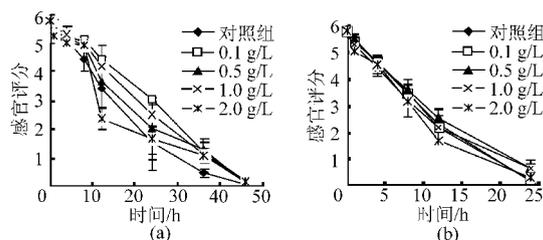


图 1 红酒提取物对南极磷虾感官评分的影响

Fig. 1 Effect of wine extracted on sensory score of Antarctic krill
(a) 2°C (b) 25°C

2.2 色泽

南极磷虾由于其自身多酚氧化酶作用, 容易产生黑斑, 加之脂肪氧化等因素影响, 从而引起虾体色泽变化, 因此可以利用色泽变化来评价南极磷虾氧化程度及品质变化。表 2 为 2 种温度条件下红酒提取物对南极磷虾色泽的影响。由表 2 可知, 2 种温度条件下红酒提取物对南极磷虾亮度 L^* 没有明显的差异性 ($P > 0.05$), 在感官不可接受时 2 种温度条件下南极磷虾的亮度与空白对照组变化不明显。在感官不可接受时 2℃ 条件下红酒提取物对南极磷虾红度 a^* 没有明显差异性 ($P > 0.05$)。这可能是由于高浓度红酒提取物色泽对南极磷虾有一定的影响, 2℃ 条件下南极磷虾 a^* 总体呈下降趋势; 25℃ 条件下高浓度 (> 0.5 g/L) 红酒提取物对南极磷虾 a^* 有一定的影响, 但影响不显著。2 种温度条件下红酒提取物对南极磷虾黄度 b^* 有明显差异性 ($P < 0.05$), 且 25℃ 条件下 b^* 变化较 2℃ 条件下明显。Jimenez-Escrig 等利用葡萄籽提取物对水产品贮藏过程中抗氧化性质进行研究, 并提出采用色泽方法评价水产品抗氧化效果^[15]。同时, 建议用 a^* 和 b^* 变化综合考察水产品氧化效果。唐琳等采用 b^* 变化对贮藏过程中脊尾白虾鲜度进行评价, 结果显示 b^* 与脊尾白虾鲜度具有良好的相关性。本实验中 2 种温度条件下南极磷虾 b^* 与感官评分呈良好的相关性, 这与唐琳等研究结果一致^[16]。

2.3 TBARS

南极磷虾脂肪含量较高, 使南极磷虾在加工和贮藏过程中容易发生氧化分解, 从而引起感官及其品质下降^[1]。由于 TBARS 与脂肪氧化程度有良好的相关性, 因此 TBARS 常被用作评价水产品品质变化的指标^[17]。图 2 为红酒提取物对南极磷虾 TBARS 的影响。由图可知, 2 种温度条件下南极磷虾 TBARS 呈上升趋势, 2℃ 条件下不同浓度红酒提取物对南极磷虾 TBARS 较空白对照组有明显的效果。在感官不可接受时, 浓度为 0.1 g/L 的红酒提取物对南极磷虾 TBARS 影响效果较其他浓度红酒

表2 2种贮藏温度条件下红酒提取物对南极磷虾色泽的影响

Tab.2 Effects of wine extracted on color of Antarctic krill during storage under two temperatures

贮藏温度 / $^{\circ}\text{C}$	红酒提取物浓度 / $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	颜色通道	时间/h							
			0	1	4	8	12	24	36	46
2	0	L^*	47.09	46.26	47.01	47.37	46.85	47.83	46.49	36.55
		a^*	5.47	5.48	2.85	2.61	2.15	2.03	0.89	-1.37
		b^*	8.28	6.33	6.36	6.80	7.95	8.51	11.67	14.63
	0.1	L^*	45.23	44.30	47.69	48.58	46.49	46.30	45.06	30.78
		a^*	5.86	3.69	3.56	3.02	2.31	1.60	1.19	-0.40
		b^*	7.94	2.47 ^a	5.93	5.92	7.03	7.76	8.64 ^a	10.66 ^a
	0.5	L^*	44.49	46.70	49.25	49.89	47.82	48.11	46.61	32.92
		a^*	5.52	4.52	3.09	2.76	2.37	2.37	0.43	-0.12
		b^*	8.02	3.35 ^a	3.94 ^a	5.75	7.67	8.05	8.91 ^a	11.66
	1.0	L^*	41.44	50.82 ^a	51.38 ^a	47.80	48.02	45.35	48.02	39.50
		a^*	5.79	3.63	2.05	1.89	1.54	1.30	0.55	1.19 ^a
		b^*	4.96 ^a	3.19 ^a	4.48	4.04 ^a	5.19 ^a	5.48 ^a	7.55 ^a	12.45
2.0	L^*	42.58	49.71 ^a	49.58	49.20	46.18	46.01	49.36 ^a	43.81	
	a^*	5.61	3.64	2.19	2.51	2.23	3.30	1.90 ^a	-0.37	
	b^*	3.36 ^a	2.49 ^a	4.28	4.22 ^a	4.94 ^a	5.67 ^a	9.02	12.22	
25	0	L^*	48.56	47.48	44.78	45.91	43.42	37.04	—	—
		a^*	5.18	1.22	1.58	2.10	2.01	1.90	—	—
		b^*	7.40	9.77	5.75	8.12	10.21	14.88	—	—
	0.1	L^*	46.41	46.15	40.46	45.33	46.12	49.48 ^a	—	—
		a^*	5.27	4.22 ^a	1.77	2.53	2.74	3.33	—	—
		b^*	7.26	3.62 ^a	5.28	7.99	10.15	12.95 ^a	—	—
	0.5	L^*	47.82	46.35	45.60	45.10	46.83	48.37 ^a	—	—
		a^*	5.31	2.41	3.09 ^a	2.91	3.11 ^a	3.67 ^a	—	—
		b^*	7.76	5.26 ^a	5.18	6.98 ^a	8.86 ^a	12.47 ^a	—	—
	1.0	L^*	45.06	47.32	41.52	43.15	42.09	45.92 ^a	—	—
		a^*	6.40 ^a	3.11 ^a	1.20	2.18	3.76 ^a	4.49 ^a	—	—
		b^*	8.14	5.18 ^a	5.99	9.87	9.98	14.60	—	—
2.0	L^*	47.76	46.62	42.92	44.32	44.45	46.14 ^a	—	—	
	a^*	5.81	2.58	2.46	3.41 ^a	2.91	3.45 ^a	—	—	
	b^*	8.03	2.51 ^a	4.72	9.52	10.31	13.59	—	—	

注:同一列标注字母表示存在差异性($P < 0.05$),没有标注字母表示没有显著差异($P > 0.05$);“—”表示未检测。

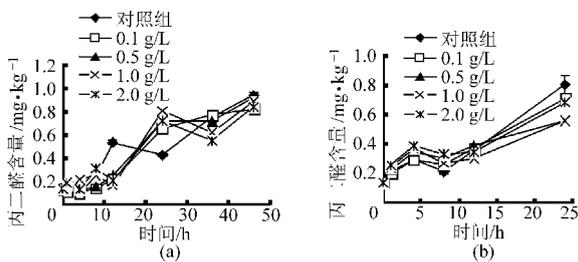


图2 红酒提取物对南极磷虾TBARS的影响

Fig.2 Effect of wine extracted on TBARS of Antarctic krill (a) 2 $^{\circ}\text{C}$ (b) 25 $^{\circ}\text{C}$

提取物效果好,丙二醛含量为0.66 mg/kg。25 $^{\circ}\text{C}$ 条件下红酒提取物对南极磷虾TBARS变化有一定影响,但作用效果不明显。感官不可接受时,浓度为0.5 g/L和1.0 g/L组效果最好,丙二醛含量均为0.56 mg/kg。目前,我国对水产品中TBARS限量标准没有明确规定,国外推荐的阈值为丙二醛含量1~

2 mg/kg,然而由于TBARS产生的机理还没有明确,脂肪氧化的二级产物可能对TBARS产生影响,从而造成TBARS上升或下降,所以有报道建议可食用水产品的丙二醛含量最高限量为8 mg/kg^[18]。实验数据显示,红酒提取物对南极磷虾脂肪氧化有一定的抑制作用,2种温度条件下红酒提取物最适浓度分别为0.1 g/L和0.5或1.0 g/L。

2.4 PPO活性

海捕虾黑变主要与其多酚氧化酶作用有关,其酶类以 O_2 为氢受体催化,氧化生成可溶性的黑色素,所以了解和掌握贮藏过程中PPO活性变化是有效抑制虾体黑变的途径。红酒提取物主要成分为红酒多酚和白藜芦醇,这两种物质均具有抗氧化的性质,多酚类物质显著的抗氧化效果早已得到广大学者的共识,保鲜方面的应用开发与研究工作较为广

泛^[15, 19~21]。图3为红酒提取物对南极磷虾PPO活性的影响。由图可知,2种贮藏温度条件下南极磷虾PPO活性呈上升趋势,相同浓度条件下的红酒提取物2℃时南极磷虾PPO活性较25℃时要低,相同温度条件下浓度为0.1 g/L和0.5 g/L的红酒提取物南极磷虾PPO活性较其他浓度低,但与空白对照组无明显差异($P > 0.05$)。在感官不可接受时,2℃条件下空白对照组南极磷虾PPO活性高于其他4种浓度红酒提取物,这说明红酒提取对南极磷虾PPO活性在2℃条件下有一定的抑制作用;25℃条件下浓度为1.0 g/L和2.0 g/L的红酒提取物预处理后的南极磷虾PPO活性高于空白对照组;0.1 g/L和0.5 g/L预处理后的南极磷虾PPO活性低于空白,这说明25℃条件下低浓度红酒提取物(0.1 g/L和0.5 g/L)对南极磷虾PPO活性有一定的抑制作用。

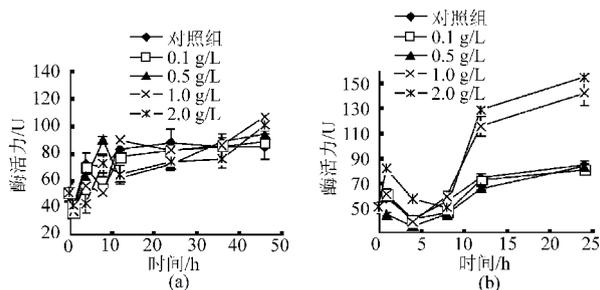


图3 红酒提取物对南极磷虾PPO的影响

Fig. 3 Effect of wine extracted on PPO of Antarctic krill

(a) 2°C (b) 25°C

2.5 南极磷虾抗氧化能力分析

目前,抗氧化能力评价的方法研究很广泛,但是迄今为止仍没有公认的标准方法,有学者建议通过添加物的活性来判断抗氧化效果^[22~23]。本实验主要基于色泽变化,并采用化学方法,结合感官评分对红酒提取物预处理后的南极磷虾贮藏过程中抗氧化能力进行评价分析。实验结果显示,红酒提取物对南极磷虾贮藏过程中的抗氧化有一定作用。2℃条件下作用效果较25℃条件下明显,2℃条件下浓度为0.1 g/L和25℃条件下浓度为0.5 g/L的红酒提取物对南极磷虾抗氧化效果明显。

甲壳类动物呼吸蛋白多属于血蓝蛋白。在一定条件下,血蓝蛋白可以表现出多酚氧化酶活性,并使酪氨酸及其衍生物通过 Cu^{2+} 与 Cu^+ 相互转化参与氧化还原反应,经催化后生成可溶性的黑色素^[24~26]。根据此原理,可以通过吸光度的变化及颜色变化来判断南极磷虾黑变情况。图4为经红酒提取物预处理后南极磷虾在波长为450 nm的吸光度 A_{450} 变化。由图可知,2种温度条件下 A_{450} 值呈上升趋势,在感官不能接受时经浓度为1.0 g/L和2.0 g/L红酒提取物处理后的南极磷虾 A_{450} 值迅速上

升,均高于空白对照组。有研究证实水产品贮藏过程中血组蛋白易与空气中的氧气反应,从而造成水产品色泽的下降^[27~29]。Hasham等通过对 a^* 和 b^* 变化重新对水果中的黑变指标及计算方式进行定义^[30]。本实验中 A_{450} 值变化作为南极磷虾黑变颜色变化的作用相似, A_{450} 值变化与南极磷虾 b^* 值变化呈良好的相关性,这说明 A_{450} 值可以反映南极磷虾色泽变化。

水产品肌肉颜色可以通过人对视觉感知特征联系起来。根据格拉斯曼定律,视觉对颜色的反应取决于红(R)、绿(G)、蓝(B)3种颜色。由于肉类的颜色主要是由血组蛋白产生,血组蛋白在贮藏过程中与氧气结合导致肌肉颜色发生变化,因此颜色变化也可以反映水产品品质变化。实验中,经便携式色差仪对上清液的RGB值进行分析,在箭头所示部分时,上清液R、G和B值分别约为102、151和8,经RGB标准对照表显示,该数据条件下南极磷虾黑变已经严重,这与感官评分结果相一致。贾渊等运用RGB值作为指标,并结合计算机技术对牛肉进行分级,通过颜色鉴别肉质等级及脂肪区别^[31]。本实验中,RGB值变化较好地说明了南极磷虾黑变颜色特征。同时, A_{450} 值变化与RGB值变化和贮藏时间呈良好的正向相关性, R^2 分别为0.9982和0.9916,这也使得 A_{450} 值和RGB值变化可以作为南极磷虾黑变的评价指标之一。

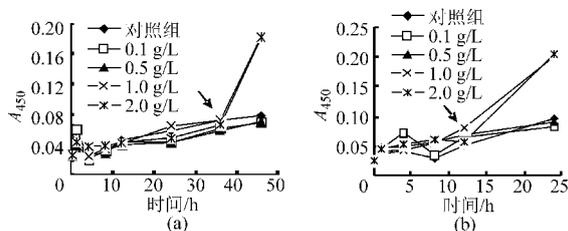


图4 红酒提取物预处理后南极磷虾 A_{450} 的变化

Fig. 4 Changes of A_{450} of Antarctic krill after handling

with wine extracted

(a) 2°C (b) 25°C

3 结论

(1)经红酒提取物预处理后的南极磷虾在贮藏过程中表现出良好的抗氧化性,2℃和25℃条件下红酒提取物最适处理浓度分别为0.1 g/L和0.5 g/L,在此条件下南极磷虾PPO活性、TBARS值及防黑变效果优于其他浓度及空白对照组。

(2)经测定 A_{450} 值变化,结合RGB值变化及感官评分,确定 A_{450} 值与RGB值及贮藏时间呈良好的相关性,可以考虑 A_{450} 值和RGB值变化作为南极磷虾黑变程度的指标。

参 考 文 献

- 1 迟海,李学英,杨宪时. 南极磷虾加工利用研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2011, 22(B08): 283~287.
Chi Hai, Li Xueying, Yang Xianshi. Research progress on process and utilization of Antarctic krill (*Euphausia superba*) [J]. Natural Product Research and Development, 2011, 22(B08): 283~287. (in Chinese)
- 2 陈雪忠,徐兆礼,黄洪亮. 南极磷虾资源利用现状与中国的开发策略分析[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 451~458.
Chen Xuezhong, Xu Zhaoli, Huang Hongling. Development strategy on Antarctic krill resource utilization in China[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(3): 451~458. (in Chinese)
- 3 Montero P, Avalos A, Perez-Mateos M. Characterization of polyphenoloxidase of prawns (*Penaeus japonicus*). Alternatives to inhibition: additives and high-pressure treatment[J]. Food Chemistry, 2001, 75(3): 317~324.
- 4 Mendes R, Pestana J. Changes in 4-Hexylresorcinol residues during processing of deepwater pink shrimp[J]. European Food Research and Technology, 2006, 223(4): 509~515.
- 5 郝云彬,郑斌,杨会成,等. 多酚氧化酶抑制剂在海捕虾防黑变中的应用[J]. 食品研究与开发,2011, 32(6): 133~136.
Hao Yunbin, Zheng Bin, Yang Huicheng, et al. Study of polyphenoloxidase inhibitors in melanosis inhibition of seawater shrimp (*Solenocera crassicornis*) [J]. Food Research and Development, 2011, 32(6): 133~136. (in Chinese)
- 6 江美都,应丽亚,施林巍. 竹叶抗氧化物在琥珀桃仁加工中的抗氧化效果研究[J]. 中国食品学报,2011, 11(6): 113~118.
Jiang Meidou, Ying Liya, Shi Linwei. Applied research of antioxidant of bamboo leaf (AOB) in amber peach kernel [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2011, 11(6): 113~118. (in Chinese)
- 7 肖浩,郑小江,朱玉婷. 藤茶多酚体外抗氧化作用[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(5): 679~682.
Xiao Hao, Zheng Xiaojiang, Zhu Yuting. Antioxidant effects of polyphenol from *Ampelopsis grossedentata* [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2011, 30(5): 679~682. (in Chinese)
- 8 穆宏磊,郜海燕,陈杭君,等. 肉桂醛复合保鲜剂对南美白对虾贮藏品质的影响[J]. 农业机械学报,2011, 42(6): 161~166.
Mu Honglei, Gao Haiyan, Chen Hangjun, et al. Effects of cinnamaldehyde-combined preservative on quality of pacific white shrimp during storage [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(6): 161~166. (in Chinese)
- 9 高海燕,张云华,王善广,等. 不同用量 SO₂ 处理对两类葡萄冷藏中抗氧化性能的影响[J]. 农业工程学报,2006, 22(9): 210~214.
Gao Haiyan, Zhang Yunhua, Wang Shanguang, et al. Effects of different SO₂ doses on the antioxidation of two kinds of grape during cold storage [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(9): 210~214. (in Chinese)
- 10 刘长虹,陆仙英,蔡路昀,等. 短波紫外线处理对采后番茄抗氧化活性的影响[J]. 农业机械学报, 2011, 42(4): 116~120.
Liu Changhong, Lu Xianying, Cai Luyun, et al. Effects of UV-C irradiation to antioxidants of postharvest tomato during storage [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(4): 116~120. (in Chinese)
- 11 迟海,李学英,杨宪时,等. 解冻方式和条件对南极磷虾品质的影响[J]. 食品与机械,2011, 27(1): 94~97.
Chi Hai, Li Xueying, Yang Xianshi, et al. Influence of thawing methods and factors on qualities of Antarctic krill (*Euphausia superba*) [J]. Food and Machinery, 2011, 27(1): 94~97. (in Chinese)
- 12 迟海,李学英,杨宪时,等. 南极大磷虾 0、5 和 20℃ 贮藏中的品质变化[J]. 海洋渔业,2010, 32(4): 447~452.
Chi Hai, Li Xueying, Yang Xianshi, et al. Sensory, microbiological and chemical changes of *Euphausia superba* during storage at 0, 5 and 20℃ [J]. Marine Fishery, 2010, 32(4): 447~452. (in Chinese)
- 13 陈庆森,闫亚丽,杨晓庆,等. 不同温度对刀额新对虾 PPO 活性、微生物指标及鲜度的影响[J]. 食品科学,2008, 29(10): 622~624.
Chen Qingsen, Yan Yali, Yang Xiaoqing, et al. Effects of different temperature on polyphenoloxidase activity, microbiological index and freshness of *Metapenaeus ensis* [J]. Food Science, 2008, 29(10): 622~624. (in Chinese)
- 14 马丽珍,南庆贤,戴瑞彤. 真空包装冷却猪肉低剂量辐照后的理化和感官特性变化[J]. 农业工程学报,2003, 19(4): 184~187.
Ma Lizhen, Nan Qingxian, Dai Ruitong. Changes in physicochemical and sensory characteristics of vacuum-packed chilled pork irradiated at low gamma ray [J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(4): 184~187. (in Chinese)
- 15 Sanchez-Alonso I, Jimenez-Escrig F, Saura-Calixto A, et al. Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage [J]. Food Science and Technology, 2008, 41(1): 42~50.
- 16 唐琳,屠康,潘磊庆,等. 基于气味与颜色的脊尾白虾新鲜度评价[J]. 农业工程学报,2011, 27(9): 344~348.
Tang Lin, Tu Kang, Pan Leiqing, et al. Evaluation of *E. carinicauda* freshness based on odor and color models [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(9): 344~348. (in Chinese)
- 17 Vareltzis K, Zetou F, Tsiaras I. Texture deterioration of chub mackerel (*Scomber japonicus collias*) and smooth hound (*Mustelus mustelus* L.) in frozen storage in relation to chemical parameter [J]. Food Science and Technology, 1988, 21(3): 206~211.
- 18 Ersoy B, Aksan E, Ozeren A. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla*) [J]. Food Chemistry, 2008, 111(2): 377~380.

- Mao Wenhua, Cao Jingjing, Jiang Honghua, et al. In-field weed detection method based on multi-features[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(11): 206 ~ 209. (in Chinese)
- 8 李先锋, 朱伟兴, 孔令东, 等. 基于 SVM 和 D-S 证据理论的多特征融合杂草识别方法[J]. 农业机械学报, 2011, 42(11): 164 ~ 168.
- Li Xianfeng, Zhu Weixing, Kong Lingdong, et al. Method of multi-feature fusion based on SVM and D-S evidence theory in weed recognition[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(11): 164 ~ 168. (in Chinese)
- 9 于昕, 韩崇昭. 一种基于 D-S 推理的异源信息目标识别方法[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(5): 788 ~ 790.
- Yu Xin, Han Chongzhao. Method based on evidence theory for multi-source target recognition[J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(5): 788 ~ 790. (in Chinese)
- 10 李焯, 蔡云泽, 尹汝波. 基于证据理论的多类分类支持向量机集成[J]. 计算机研究与发展, 2008, 45(4): 571 ~ 578.
- Li Ye, Cai Yunze, Yin Rupo. Support vector machine ensemble based on evidence theory for multi-class classification [J]. Journal of Computer Research and Development, 2008, 45(4): 571 ~ 578. (in Chinese)
- 11 吕俊伟, 马成林, 于永胜. 采用多光谱图像融合提高作物和杂草灰度比值[J]. 农业工程学报, 2005, 21(11): 99 ~ 102.
- Lü Junwei, Ma Chenglin, Yu Yongsheng. Multi-spectral image fusion to increase gray level ratio between crop and weeds in image [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(11): 99 ~ 102. (in Chinese)
- 12 李先锋, 朱伟兴, 纪滨, 等. 基于特征优化和 LS-SVM 的棉田杂草识别[J]. 农业机械学报, 2010, 41(11): 168 ~ 172.
- Li Xianfeng, Zhu Weixing, Ji Bin, et al. Weed identification based on features optimization and LS-SVM in the cotton field[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(11): 168 ~ 172. (in Chinese)
- 13 谢菲, 陈雷霆, 邱航. 基于纹理特征提取的图像分类方法研究及系统实现[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(7): 2767 ~ 2770.
- Xie Fei, Chen Leiting, Qiu Hang. Research of image classification method based on texture feature extraction and system to achieve[J]. Application Research of Computers, 2009, 26(7): 2767 ~ 2770. (in Chinese)
- 14 吴兰兰. 基于数字图像处理的玉米苗期田间杂草的识别研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- Wu Lanlan. Research on identification for in-field weed/corn seedlings by digital image processing [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010. (in Chinese)
- 15 Platt John C. Probabilistic output for support vector machine and comparisons to regularized likelihood methods[M]. Smola A J. Advances in Large Margin Classifiers, Cambridge, MA: MIT Press, 1999: 1 ~ 11.

(上接第 158 页)

- 19 Idolo T, Maria R, Paola R, et al. Antioxidant effect of red wine polyphenols on red blood cells[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2000, 11(2): 114 ~ 119.
- 20 Bravo L. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance [J]. Nutrition Review, 1998, 56(11): 317 ~ 333.
- 21 Manuel P, Ma Jesus G, Jose G, et al. Preservation of the endogenous antioxidant system of fish muscle by grape polyphenols during frozen storage[J]. European Food and Material Science, 2000, 220(5): 514 ~ 519.
- 22 Arias R, Lee T C, Longendral I, et al. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L^* , a^* , b^* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2000, 48(5): 1697 ~ 1702.
- 23 张清安, 范学辉. 多酚类物质抗氧化活性评价方法研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(11): 169 ~ 172.
- Zhang Qing'an, Fan Xuehui. Research progress of active evaluation methods of polyphenol antioxidants [J]. Food and Fermentation Industries, 2011, 37(11): 169 ~ 172. (in Chinese)
- 24 Decker H, Ryan M, Jaenicke E, et al. Tarantula hemocyanin shows phenoloxidase activity[J]. Journal of Biological Chemistry, 1998, 273(10): 25889 ~ 25892.
- 25 Nagai T, Kawabata S. A link between blood coagulation and prophenoloxidase activation in arthropod host defense[J]. Journal of Biological Chemistry, 2000, 275(7): 29264 ~ 29267.
- 26 Adachi K, Hirata T, Nishioka T, et al. Hemocyte components in crustaceans convert hemocyanin into a phenoloxidase-like enzyme[J]. Comparative Biochemistry and Physiology- Part B, 2003, 134(1): 135 ~ 141.
- 27 Chan M, Faustman C, Decker A. Oxymyoglobin oxidant as affected by oxidation products of phosphatidylcholine liposomes[J]. Journal of Food Science, 1997, 62(4): 709 ~ 712.
- 28 Chan M, Faustman C, Yin M, et al. Lipid oxidation induced by oxymyoglobin and metmyoglobin with involvement of H_2O_2 and superoxide anion[J]. Meat Science, 1997, 46(2): 181 ~ 190.
- 29 Baron P, Andersen J. Myoglobin-induced lipid oxidation: a review [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2002, 50(14): 3887 ~ 3897.
- 30 Hasham E, Azza Z. Quality and safety of halawa modified with mushroom[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006, 86(15): 2551 ~ 2559.
- 31 贾渊, 汤晓艳, 姬长英. 牛肉颜色的 RGB 特征[J]. 食品科学, 2004, 18(7): 86 ~ 89.
- Jia Yuan, Tang Xiaoyan, Ji Changying. The RGB color characteristics of beef[J]. Food Science, 2004, 18(7): 86 ~ 89. (in Chinese)