

蓝莓叶多酚提取物结合冰温技术 对南美白对虾品质的影响

杨钟燕,李颖畅*,李孟瑶,闫露露,励建荣*

(渤海大学食品科学与工程学院,辽宁省食品安全重点实验室,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,辽宁锦州 121013)

摘要:为了更有效地控制南美白对虾的品质,本文研究蓝莓叶多酚提取物结合冰温技术对南美白对虾品质的影响。采用 4 mg/mL 蓝莓叶多酚浸泡对虾,以理化指标 pH、挥发性盐基氮(TVB-N)、硫代巴比妥酸值(TBA)、质构特性、微生物指标作为评价指标进行定期测定,结合感官评价,探究蓝莓叶多酚粗提取物对(-2±1)℃贮藏南美白对虾的保鲜效果。结果表明:随着贮藏时间的延长,对照组和蓝莓叶多酚处理组南美白对虾感官品质下降,菌落总数、pH、TBA 值、TVB-N 升高,硬度和弹性下降。但是蓝莓叶多酚处理组感官品质明显优于对照组;菌落总数、pH、TBA 值、TVB-N 值也显著($p < 0.05$)低于对照组;处理组硬度和弹性下降缓慢。相对只用冰温技术,可使南美白对虾货架期延长 5 d。

关键词:蓝莓叶多酚,南美白对虾,冰温,品质

Effect of blueberry leaf polyphenols combination with ice temperature on quality of *Penaeus vannamei*

YANG Zhong-yan, LI Ying-chang*, LI Meng-yao, YAN Lu-lu, LI Jian-rong*

(College of Food Science and Technology, Bohai University, Food Safety Key Laboratory of
Liaoning Province, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage,
Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, Jinzhou 121013, China)

Abstract: To establish an effective method for the quality control of Pacific white shrimp, the effects of blueberry leaf polyphenols combination with ice temperature on the quality of Pacific white shrimp were assessed during storage. The effect of blueberry leaf polyphenol of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as natural preservatives was studied at ice temperature condition. 4 mg/mL blueberry leaf polyphenols was used for the soaking of Pacific white shrimp. Physicochemical (pH value, TVB-N, TBA, TPA), total bacterial count and sensory attributes were periodically assessed. The results indicated that both the control and treatment group not only had lower values of sensory quality, hardness and springiness, but also higher values of total viable count (TVC), pH, TBA and TVB-N values with extended of storage time. But blueberry leaf polyphenol treatment could significantly ($p < 0.05$) decrease pH, TBA, TVB-N value, TVC and increase sensory scores and inhibit decline of hardness and springiness compared with the control. Blueberry leaf polyphenol treatment could prolong the shelf-life by 5 d compared with only ice temperature technology of the samples.

Key words: blueberry leaf polyphenols; *Penaeus vannamei*; ice temperature; quality

中图分类号:TS254.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2016)24-0336-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2016.24.057

南美白对虾(*Penaeus vannamei*)俗称白对虾,是全世界养殖最高的三大虾种之一,目前已成为中国养殖虾类的主要品种^[1],2014年南美白对虾海水养殖量和淡水养殖量分别达到470~875 t、423~701 t^[2],并且逐年递增。南美白对虾营养价值高,肉质鲜美,

深受广大消费者欢迎。然而南美白对虾易腐败变质,严重影响了产品的品质和经济价值,其保鲜问题亟待解决。

目前对水产品保鲜的技术有低温(冷藏和冷冻)保鲜、化学保鲜、超高压保鲜技术、辐射保鲜、气调保

收稿日期:2016-06-13

作者简介:杨钟燕(1992-),女,硕士研究生,研究方向:水产品贮藏与加工,E-mail:yang110rui@163.com。

* 通讯作者:李颖畅(1973-),女,博士,教授,研究方向:农、水产品贮藏与加工,E-mail:liyinchangsy@sina.com。

励建荣(1964-),男,博士,教授,研究方向:农、水产品贮藏与加工,E-mail:lijr6491@163.com。

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(31201308);“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD29B06)。

表1 感官评分标准
Table 1 Standard of sensory evaluation

类别	评分标准	评分上限(分)
肉质	肉质弹性好, 虾壳坚硬, 肉与壳连接紧密	3
	肉质较有弹性, 虾壳稍变软, 肉与壳连接较紧密	2
	肉质与虾壳较软, 肉与壳连接松弛	1
	肉质呈海绵状柔软, 肉与壳脱落	0
外观	体表纹理清晰, 虾肉较透明有光泽, 头与身连接紧密, 眼球饱满	3
	微红或黑色, 头尾部出现黑斑, 头与身连接较紧密, 眼球稍萎缩	2
	体表出现大面积黑斑, 头与身连接松弛, 眼球萎缩	1
	体表色泽灰暗, 头与身分离, 眼球脱落	0
气味	新鲜海虾固有的气味, 无任何异味	3
	有海虾固有气味, 略有异味	2
	腐败味较强, 固有海虾味较淡	1
	强烈腐败味, 仅有一点或没有海虾味	0

鲜^[3]和生物保鲜等^[4-6]。冷藏保鲜并没有完全抑制微生物和酶的活性, 水产品的腐败还在继续发生。冷冻保鲜可一定程度上保持对虾的贮藏品质, 但冷冻后会造成部分蛋白质变性、汁液流失以及对感官影响较大。低温保鲜除冷藏和冷冻外, 还有称之为中间温度带的保鲜, 包括冰温和微冻, 是以食品的冰点为中心温度的-4~0℃范围^[7]。中间温度带避免了冷藏和冷冻保鲜的劣势, 其具有抑制有害微生物的生长繁殖, 延缓脂肪氧化和部分蛋白质分解, 减少水产品的组织破坏和外界损伤等优点。气调保鲜、超高压保鲜和辐射保鲜技术等则需要特殊设备, 成本较高。生物保鲜剂包括化学保鲜剂和天然保鲜剂。化学保鲜剂保鲜效果较好, 但过量的使用和残留问题引发许多安全问题, 对人们的身体健康可能存在潜在的危害。随着人们安全、营养意识的提高, 化学保鲜剂的使用正逐渐减少, 而从植物中提取天然保鲜剂逐渐得到青睐。Basiri等^[8]将石榴皮提取物应用于对虾保鲜中, 可抑制对虾黑变, 取得良好的保鲜效果。Maneesin等^[9]研究表明大蒜油结合气调处理的保鲜效果比单一使用效果要明显, 可保持对虾的品质。

蓝莓叶多酚是蓝莓叶中的次生代谢产物。植物多酚也称单宁, 包括花色苷类、黄酮类、黄酮醇类、木质素类、酚酸等^[10], 具有强大的抑菌性和抑酶活性。目前对蓝莓叶多酚的研究主要集中在降血糖、降血脂、抗肿瘤、抗氧化、清除自由基等生物活性上^[11]。关于蓝莓叶多酚结合冰温技术对南美白对虾品质的影响还未见报道, 本文研究冰温条件下蓝莓叶多酚提取物对南美白对虾品质的影响, 为水产品保鲜提供新的方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

蓝莓叶 采自沈阳农业科技开发院蓝莓种植基地; AB-8 大孔吸附树脂 沧州宝恩吸附材料科技有限公司; 鲜活南美白对虾 锦州市林西路水产市场; 无水乙醇 分析纯, 天津市天力化学试剂有限公司; 硫代巴比妥酸(生化试剂)、氯化钠、高氯酸 国药集

团化学试剂有限公司; 平板计数营养琼脂 生物试剂, 北京奥博星生物技术有限责任公司。

LDZX-50FB 型立式压力蒸汽灭菌器 上海申安医疗器械厂; DK-8D 型电热恒温水浴锅、101B-2 型均质机 上海一恒科技有限公司; Free Zone2.5 真空冷冻干燥机 美国 Labcoanco 公司; L Biofuge stratos 台式高速离心机 美国 Thermo 公司; UV2550 型紫外分光光度计 日本岛津公司; Kjeltac™8400 型凯氏定氮仪 德国 FOSS 公司; JYSA800 型绞肉机 九阳股份有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 蓝莓叶多酚的制备 参照李颖畅等^[12]的方法, 采用 Folin-Ciocalteus 法^[13]测定蓝莓叶多酚提取物中总酚含量, 总酚含量为 71.60%。

1.2.2 南美白对虾的处理 用去离子水清洗南美白对虾, 挑选出肢体完整, 甲壳色泽较好, 大小(18.0 ± 2.0) g 的对虾, 冰水猝死, 随机分组。处理组用 4 mg/mL 蓝莓叶多酚浸泡 2 h, 虾和多酚溶液浸泡比例为 1:3, 对照组用去离子水浸泡 2 h, 无菌操作台通风沥干后装入蒸煮袋中, (-2 ± 1)℃ 贮藏, 分别在第 0、5、10、15、20、25 d 测定各鲜度指标, 每组样品至少有 3 个平行。

1.2.3 感官评定 参考 Nirmal 等^[14]和赵海鹏^[15]的方法。感官评定小组由 5 名感官敏锐并具有感官评定经验的人员组成, 分值在 9 分(极新鲜)和 0 分(完全腐败)之间, 对对虾从肉质、外观和气味等方面进行评分, 具体评分标准见表 1, 结果以 3 项总分记。

1.2.4 挥发性盐基氮(TVB-N 值)含量测定 参考 FOSS^[16]的方法, TVB-N 含量用 mg N/100 g 表示。

1.2.5 硫代巴比妥酸(TBA)的测定 参考 Barakat 等^[17]的方法, 稍作修改。称取 5 g(精确到 0.001 g)搅碎虾肉于烧杯中, 加入 20 mL 蒸馏水和 25 mL 20% 三氯乙酸(TCA)均质 1 min, 静止 60 min, 于 4℃ 下 4000 r/min 离心 10 min, 取 5 mL 上清液, 加 5 mL 0.02 mol/L 的 TBA 溶液, 混匀。在 80℃ 中水浴 40 min, 流水冷却至室温后, 于 532 nm 测定吸光度。TBA 值用丙二醛(MDA)的质量分数表示。

1.2.6 菌落总数的测定 参考 GB4789.2-2010^[18] 方法进行测定。

1.2.7 pH的测定 将对虾进行去头、拨壳处置,分别称取绞碎虾肉 5 g(精确到 0.001 g)于烧杯中,加入双蒸水 50 mL,均质 1 min,静置 30 min,用酸度计测定 pH。

1.2.8 质构特性的测定 选取大小均等的对虾,去头去壳,剪成大概长 2 cm、宽 1.5 cm、高 1.5 cm 的小块,采用模式 TPA 测定。测定指标包括硬度和弹性。测定参数设置参照杨钟燕^[19]的方法。

1.3 数据处理

数据处理采用 SPSS 19.0 统计分析软件,作图采用 Origin 9.0,结果均以平均值 \pm 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 感官评定

Li 等^[20]认为评分值低于 5 分时样品不可接受,即不可食用。南美白对虾经蓝莓叶多酚提取物处理的感官品质的变化情况如图 1 所示。新鲜南美白对虾具备海草味、有光泽、壳肉连接紧密。随着贮藏时间的延长,对照组和蓝莓叶多酚处理组的感官品质逐渐降低,在第 10 d 两组的感官评分分别降为 4.05、7.52。对照组在第 10 d 已经不可食用,蓝莓叶多酚组则是第 15 d 时感官上不被接受,其第 15 d 的分值为 4.96。总体来看,蓝莓叶多酚处理组的感官品质均优于对照组。蓝莓叶多酚具有一定的防腐保鲜效果^[13],减缓了南美白对虾感官品质的下降。

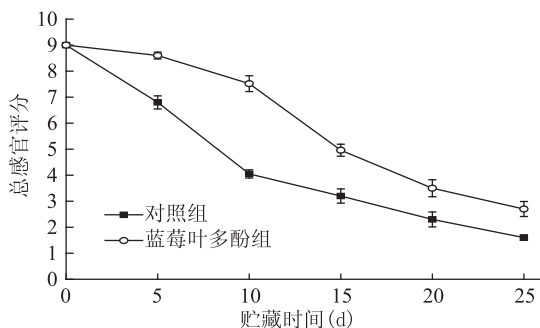


图1 南美白对虾在 $(-2 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏期间感官品质的变化

Fig.1 Changes in sensory scores of

Penaeus vannamei during storage at $(-2 \pm 1)^\circ\text{C}$

2.2 TVB-N 值的变化

挥发性盐基氮(TVB-N)是指动物性食品在微生物和酶的作用下,蛋白质被分解而产生的氨以及胺类等碱性含氮物质,可有效表征水产品的鲜度变化。Shamshad^[21]认为 30 mg N/100 g 是水产品质量可被消费者接受的 TVB-N 值的上限。如图 2 所示,随着贮藏时间的延长,对照组和蓝莓叶多酚组 TVB-N 值均呈上升趋势。第 10 d 之前,两组的 TVB-N 值差异不显著;在第 15 d,对照组 TVB-N 值为 30.13 mg N/100 g,已然超出消费者可接受范围,而此时蓝莓叶多酚组 TVB-N 值为 22.56 mg N/100 g。贮藏末期,对照组 TVB-N 值达到 50.05 mg N/100 g,蓝莓叶多酚组 TVB-N 值为 37.55 mg N/100 g,超出了被接受上限。说明适宜质量浓度的蓝莓叶多酚粗提物结

合低温贮藏可抑制微生物生长,降低微生物对蛋白质等的分解,达到减缓 TVB-N 含量上升的作用,延缓对虾的腐败。

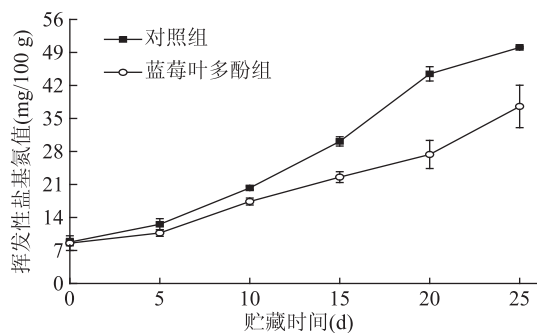


图2 在 $(-2 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏期间南美白对虾 TVB-N 值的变化

Fig.2 Changes in TVB-N values of

Penaeus vannamei during storage at $(-2 \pm 1)^\circ\text{C}$

2.3 硫代巴比妥酸(TBA)值的变化

TBA 值可作为反应水产品脂肪氧化程度的一个重要指标^[22]。食品中所含的不饱和脂肪酸与氧气反应致使酸败,产生一系列醛、酮、脂肪酸等具有不愉快气味的降解产物,主要产物是丙二醛(MDA)。MDA 与 TBA 可反应生成稳定的红色络合物。故可用 TBA 值的变化来判断南美白对虾的新鲜度。

MDA 含量越高说明对虾脂肪氧化程度越深,即酸败越严重。从图 3 可看出,TBA 值随贮藏期的延长而不断上升。对照组 TBA 值显著($p < 0.05$)高于蓝莓叶多酚组 TBA 值,对照组和蓝莓叶多酚组 TBA 值从初始 (0.07 ± 0.0055) mg MDA/kg 到最终测得最大的 TBA 值分别为 0.80、0.48 mg MDA/kg 左右,TBA 值分别增长了 10.25、6.80 倍。据国际推荐的 TBA 阈值为 1~2 mg MDA/kg,对照组和蓝莓叶多酚组 TBA 值都在范围内^[23]。表明蓝莓叶多酚粗提物有一定的抗氧化作用,再结合冰温技术,对对虾脂肪氧化酸败抑制作用显著。

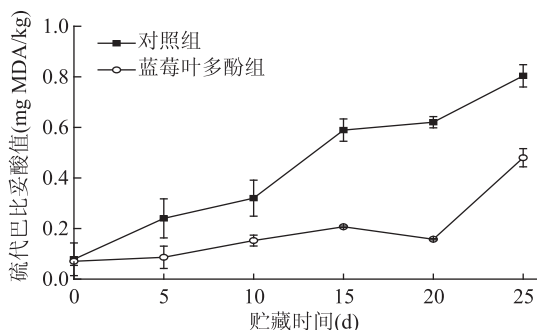


图3 在 $(-2 \pm 1)^\circ\text{C}$ 贮藏期间南美白对虾 TBA 值的变化

Fig.3 Changes in TBA values of

Penaeus vannamei during storage at $(-2 \pm 1)^\circ\text{C}$

2.4 菌落总数变化

环境温度、初始微生物污染程度以及微生物的增殖都是影响水产品货架期的重要因素^[24]。南美白对虾等水产品 在 储 运 过 程 极 易 受 细 菌 的 污 染 而 腐 败 变 质 和 黑 变,可 以 说,菌 落 总 数 是 反 映 南 美 白 对 虾 品

质变化情况的最直观的指标。Mosfer 等^[25]认为虾类的菌落总数 $\leq 5.0 \lg \text{CFU/g}$ 为一级鲜度; $5.0 \sim 5.7 \lg \text{CFU/g}$ 为二级鲜度。当对虾菌落总数超过 $6.0 \lg \text{CFU/g}$ 时,通常判定为不可食用。从图 4 看出,两组对虾菌落总数的变化呈现先降后升的趋势。贮藏初期菌落总数下降的原因可能是蓝莓叶多酚的广谱抑菌性或者是温度骤降导致虾体表面的嗜温微生物大量死亡。之后由于虾体腐败,嗜冷菌及大量微生物生长繁殖,因而导致菌落总数上升。这与凌萍华^[26]、曹荣^[27]、张珂^[28]的报道相一致。其中对照组第 15 d 菌落总数为 $6.07 \lg \text{CFU/g}$,已超出食用范围,蓝莓叶多酚组在贮藏末期菌落总数为 $5.69 \lg \text{CFU/g}$,还在二级鲜度范围内,表明冰温技术结合蓝莓叶多酚提取物对微生物的抑制效果显著。

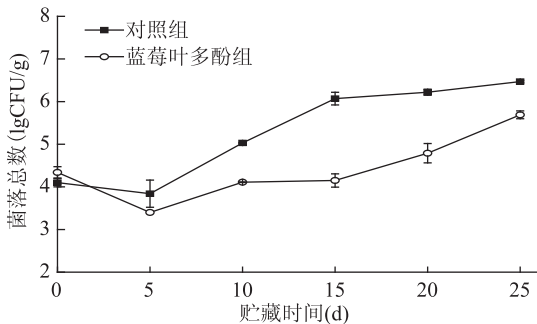


图 4 在 $(-2 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ 贮藏过程中南美白对虾菌落总数的变化

Fig.4 Changes in total number of colonies of *Penaeus vannamei* during storage at $(-2 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$

2.5 pH 的变化

新鲜南美白对虾死后由于体内糖原被降解,发生糖酵解作用,进而生成了 ATP、乳酸和琥珀酸等有机酸,酸性物质增加,致使 pH 下降,而随着贮藏时间的延长,由于内源酶和微生物的作用,蛋白质发生分解,生成各种碱性物质,又使 pH 上升^[29],因此在某些时段内的 pH 升高幅度可作为反映虾肉新鲜水平的指标。从图 5 可看出,两组 pH 均随着贮藏时间的延长而呈上升趋势,并未检测到 pH 下降的现象,这可能与测定时间有关。该结果和 Wu^[30]、熊青^[31]、Nirmal^[5]和李学鹏^[32]等测定对虾 pH 变化趋势一致。据研究报道称 pH7.8 是区分品质可否接受的关键点^[33]。与对照组相比,蓝莓叶多酚组对虾 pH 上升缓慢,在第 10 d 对照组 pH 达 7.79,判定对虾基本腐败,品质不可被接受,而此时蓝莓叶多酚组 pH 则为 7.42,到贮藏末期 pH 还在可接受范围。陈思名^[34]研究结果显示对虾在微冻贮藏第 10 d 时,pH 是 7.52,高于同时间蓝莓叶多酚组,故可表明蓝莓叶多酚有效抑制了蛋白质的分解,减少了胺类以及其他碱性小分子物质的生成,使 pH 增加缓慢。

2.6 质构特性分析

在贮藏过程中,虾的质构特征发生了变化,其中硬度和弹性能较好体现对虾肌肉组织的状况,该指标与虾的品质有较好的相关性^[35]。由图 6 可知,随着贮藏时间的延长,蓝莓叶多酚组和对照组的硬度和弹性均呈下降趋势,其原因可能是随着贮藏时间的延长,对虾肌肉在微生物和内源酶等的作用下,肌

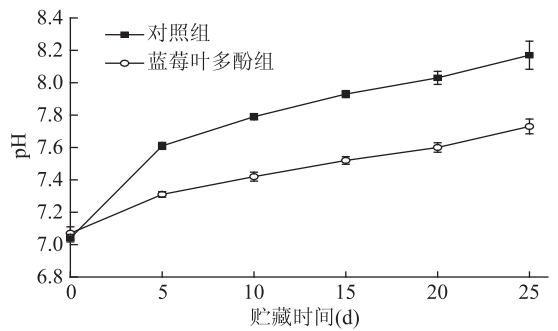


图 5 在 $(-2 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ 贮藏期间南美白对虾 pH 的变化

Fig.5 Changes in pH values of

Penaeus vannamei during storage at $(-2 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$

肉蛋白质发生降解、脂质氧化酸败、汁液流失增加致使对虾肌肉变软,从而导致对虾质构特性下降。从图 6(a)可看出,蓝莓叶多酚组硬度显著 ($p < 0.05$) 高于对照组。弹性反映的是在外力作用下样品形变及去力后的恢复程度。肌肉弹性与肌肉间的结合程度密切相关,肌肉间结合程度越大,弹性越大^[36]。从图 6(b)可看出,蓝莓叶多酚组和对照组贮藏初期弹性变化不显著,直到第 15 d 对照组弹性显著 ($p < 0.05$) 下降。随着贮藏时间的增加,对虾弹性降低,可能是由于肌肉中微生物大量繁殖,加上自溶等作用,对虾肌肉蛋白纤维间隙增大、结构疏松,从而导致对虾肌肉质地软化、弹性下降。蓝莓叶多酚有抑菌及抗氧化作用^[37],延缓了对虾肌肉的腐败变质,因此蓝莓叶多酚组对虾肌肉弹性好于对照组。

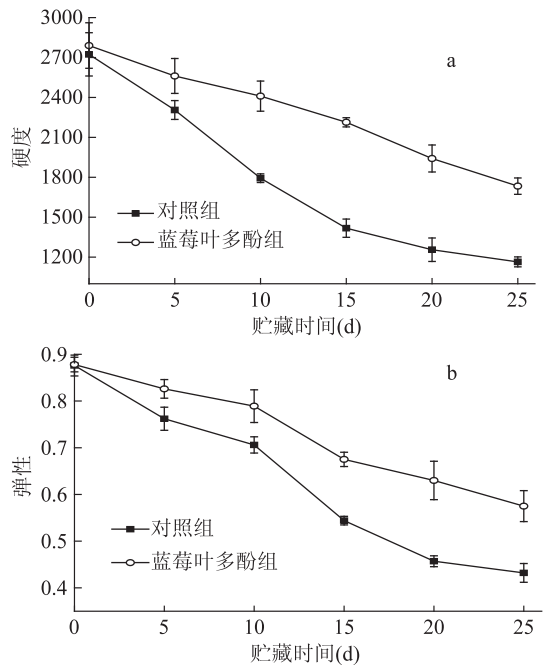


图 6 在 $(-2 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ 贮藏过程中南美白对虾的肌肉硬度和弹性的变化
Fig.6 Changes in Hardness and springiness of *Penaeus vannamei* during storage at $(-2 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$

3 结论

随着贮藏时间的延长,对照组和蓝莓叶多酚处理组南美白对虾感官品质下降,菌落总数、pH、TBA

值、TVB-N 升高,硬度和弹性下降。但是蓝莓叶多酚处理组感官品质明显优于对照组;菌落总数、pH、TBA 值、TVB-N 值也显著低于对照组;处理组硬度和弹性下降缓慢。相对只用冰温技术,可使南美白对虾货架期延长 5 d。说明蓝莓叶多酚结合冰温技术对南美白对虾的保鲜效果比直接冰温技术对对虾保鲜效果显著。蓝莓叶多酚可有效保持对虾贮藏期间的感官品质,显著抑制微生物的生长繁殖,延缓对虾肌肉脂质氧化和蛋白质分解,延长了对虾保鲜期,蓝莓叶多酚在南美白对虾等水产品的保鲜上具有很好的应用前景。

参考文献

- [1] 廖泽芳,宁凌.中国对虾产业分析[J].海洋开发与管理,2009,26(4):31-35.
- [2] 农业部渔业渔政管理局.2015 中国渔业统计年鉴[M].北京:中国农业出版社,2015:28-30.
- [3] Maneesin P, Chinnasri N, Vongsawasdi P, et al. Effect of Garlic Oil and Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Chilled Shrimp[J].Packaging Technology and Science,2014,27(5):376-383.
- [4] 车旭,王婷,杜若源,等.植物源生物保鲜剂在水产品保鲜中的研究进展[J].食品工业科技,2015,36(12):375-378.
- [5] Nirmal N P, Benjakul S. Inhibition of melanosis formation in Pacific white shrimp by the extract of lead (*Leucaena leucocephala*) seed[J].Food chemistry,2011,128(2):427-432.
- [6] Mu H, Chen H, Fang X, et al. Effect of cinnamaldehyde on melanosis and spoilage of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during storage[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,2012,92(10):2177-2182.
- [7] 杨茜,谢晶.中间温度带理论在海产品贮藏保鲜中的应用研究进展[J].食品与机械,2015(2):187-190.
- [8] Basiri S, Shekarforoush S S, Aminlari M, et al. The effect of pomegranate peel extract (PPE) on the polyphenol oxidase (PPO) and quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during refrigerated storage[J].LWT - Food Science and Technology,2015,60(2):1025-1033.
- [9] Maneesin P, Chinnasri N, Vongsawasdi P, et al. Effect of Garlic Oil and Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Chilled Shrimp[J].Packaging Technology and Science,2014,27(5):376-383.
- [10] 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.
- [11] 李颖畅,李冰心,吕艳芳,等.AB-8 型大孔树脂纯化蓝莓叶多酚的工艺研究[J].食品工业科技,2012,33(20):258-261.
- [12] 李颖畅,刘明爽,李乐,等.蓝莓叶多酚对冷藏鲈鱼品质的影响[J].中国食品学报,2015,15(2):120-125.
- [13] Singleton V L, Rossi J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents[J].American Journal of Enology and Viticulture,1965,16(3):144-158.
- [14] Nirmal N P, Benjakul S. Effect of green tea extract in combination with ascorbic acid on the retardation of melanosis and quality changes of pacific white shrimp during iced storage[J].Food and Bioprocess Technology,2012,5(8):2941-2951.
- [15] 赵海鹏.生物保鲜剂在南美白对虾保鲜中的应用及菌相研究[D].上海:上海海洋大学,2010:13.
- [16] FOSS. Determination of total volatile basic nitrogen of Fresh fish and frozen fish[J].Application Sub Note,2002(8):16.
- [17] Barakat S M, Yamazaki K, Miyashita K, et al. A new technology for fish preservation by combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds[J].Food Chemistry,2006,99(4):656-662.
- [18] GB4789.2-2010.食品微生物学检验-菌落总数测定[S].
- [19] 杨钟燕,李颖畅,王玉华,等.蓝莓叶多酚复合保鲜剂对冷藏南美白对虾品质的影响[J].食品与发酵工业,2016,42(2):200-205.
- [20] Li M, Wang W, Fang W, et al. Inhibitory effects of chitosan coating combined with organic acids on *Listeria monocytogenes* in refrigerated ready-to-eat shrimps[J].Journal of Food Protection,2013,76(8):1377-1383.
- [21] Shamshad S I, Riaz M, Zuberi R, et al. Shelf life of shrimp (*Penaeus merguensis*) stored at different temperatures[J].Journal of Food Science,1990,55(5):1201-1205.
- [22] 范文教,孙俊秀,陈云川,等.茶多酚对鲑鱼微冻冷藏保鲜的影响[J].农业工程学报,2009,25(2):294-297.
- [23] 路钰希,林玉海,李学英,等.冻藏温度对鱿鱼品质的影响[J].食品与发酵工业,2015,41(3):105-111.
- [24] Koutsoumanis K, Stamatiou A, Skandamis P, et al. Development of a microbial model for the combined effect of temperature and pH on spoilage of ground meat, and validation of the model under dynamic temperature conditions[J].Applied and Environmental Microbiology,2006,72(1):124-134.
- [25] Mosfer M, Bazaraa W A. Extension of shelf life of whole and peeled shrimp with organic acid salts and bifidobacteria[J].Journal of Food Protect,1999,62(1):51-56.
- [26] 凌萍华,谢晶.冰温技术结合保鲜剂对南美白对虾品质的影响[J].食品科学,2010(14):280-284.
- [27] 曹荣,薛长湖,刘洪,等.太平洋牡蛎在-3℃微冻贮藏过程中的品质和细菌菌相变化[J].南方水产科学,2010,6(1):49-53.
- [28] 张珂,关志强,李敏,等.茶多酚对罗非鱼微冻保鲜的影响[J].食品工业科技,2015,36(14):350-353.
- [29] López-Caballero M, Gonçalves A, Nunes M. Effect of CO₂/O₂ containing modified atmospheres on packed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) [J].European Food Research and Technology,2002,214(3):192-197.
- [30] Wu S. Effect of chitosan-based edible coating on preservation of white shrimp during partially frozen storage[J].International Journal of Biological Macromolecules,2014,65:325-328.
- [31] 熊青,谢晶,高志立,等.不同生物保鲜剂对冷藏南美白对虾的保鲜效果[J].食品工业科技,2014,35(1):270-274.
- [32] 李学鹏.中国对虾冷藏过程中品质评价及新鲜度指示蛋白研究[D].杭州:浙江工商大学,2011:44-46.
- [33] Sadok S, Abdelmoulah A, El Abed A. Combined effect of sepia soaking and temperature on the shelf life of peeled shrimp *Penaeus kerathurus*[J].Food Chemistry,2004,88(1):115-122.
- [34] 陈思名,郜佳雁,李宏吉,等.微冻保鲜对南美白对虾品质的影响研究[J].食品研究与开发,2014,35(3):100-103.

[35] 王伟, 柴春祥, 鲁晓翔, 等. 色差和质构评定南美白对虾的新鲜度[J]. 浙江农业学报, 2015, 27(2): 271-277.

[36] Zhang B, Deng S G, Lin H M. Changes in the physicochemical and volatile flavor characteristics of

Scomberomorus Niphonius during chilled and frozen storage[J]. Food Science and Technology Research, 2012, 18(5): 747-754.

[37] 李颖畅, 王亚丽. 蓝莓叶多酚研究进展及其在食品中的应用[J]. 食品与发酵科技, 2013, 49(6): 99-103.

(上接第 332 页)

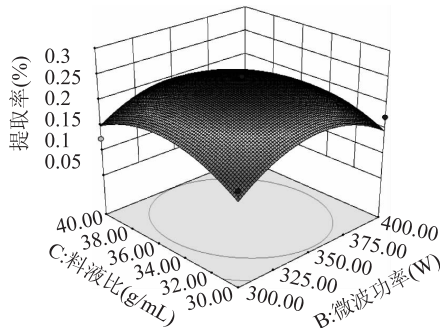


图 6 微波功率和料液比对提取率交互影响的三维曲面图
Fig.6 Response surface diagram and contour plot for yield of crude polysaccharides as a function of microwave power and solid/liquid ratio

因此, 采用响应曲面法优化得到的提取参数准确可靠, 具有实用价值。

2.3 水溶性紫萁多糖抑制癌细胞增殖

统计不同浓度紫萁水溶性多糖溶液培养下的癌细胞存活率及标准差, 随着多糖浓度的上升, 癌细胞的存活率迅速下降, 计算 IC_{50} 值为 0.474 mg/mL, 见图 7。多糖浓度为 0.001 mg/mL 时, 抑制率为 18.13%; 当浓度为 10 mg/mL 时, 对癌细胞的抑制率达到 72.65%。

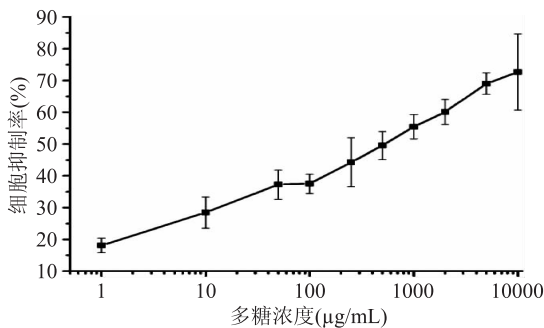


图 7 紫萁多糖对 HepG-2 细胞存活率的影响
Fig.7 The polysaccharides of *Osmunda japonica* on HepG-2 effect of cell survival

本实验初步证实紫萁中提取的水溶性多糖具有较强的抗癌活性, 但其抗癌作用的机制和免疫活性的机理有待进一步的探索。

3 结论

在单因素实验的基础上, 采用 Box-Behnken 实验, 优化得到紫萁水溶性多糖提取的最佳工艺: 提取时间 250 s、微波功率 353 W、料液比 1:35 (g/mL)。在此模型下, 理论提取率为 0.243%, 实测提取率为 0.236%。与理论预测值相比, 相对误差约为 0.004%。细胞毒性实验结果显示, 随着紫萁多糖浓度的上升, 癌细胞的存活率迅速下降, IC_{50} 值为

0.474 mg/mL。当多糖浓度为 0.001 mg/mL 时, 对 18.13% 的癌细胞有抑制能力; 当浓度为 10 mg/mL 时, 癌细胞的抑制率达到了 72.65%, 表明紫萁多糖具有较强的抗癌活性, 但其抗癌作用的机制和免疫活性的机理还需进一步的探究。

参考文献

[1] 李金昶, 王爱霞, 于爱群. 蕨芽干的营养成分[J]. 食品科学, 1992, 13(7): 36-38.

[2] 徐皓. 紫萁的药用及食用价值[J]. 亚热带植物学报, 2005, 34(3): 82-84.

[3] 何义发, 田国政, 刘芳. 蕨菜叶水溶性多糖提取工艺优化及体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(13): 193-196.

[4] 张泽宏, 何义发. 紫萁提取液抑菌实验的初步研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2008, 30(2): 95-98.

[5] 石倩茹, 陈盼盼, 田国政, 等. SephadexG-200 分离纯化蕨菜可溶性多糖的工艺优化[J]. 现代园艺, 2011, (15): 8-9.

[6] 罗娅君, 杨葵华. 药用蕨类植物多糖研究进展[J]. 绵阳师范学院学报, 2008, 27(11): 71-74.

[7] 林俊, 李萍, 陈靠山. 近 5 年多糖抗肿瘤活性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(8): 1116-1125.

[8] 戴金凤, 李磊. 紫萁多糖单糖组成及摩尔比 GC 分析[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(4): 492-494.

[9] 陶海南, 刘辉, 薛喜文, 等. 紫萁多糖抗菌活性初步研究[J]. 南昌大学学报: 理科版, 1996, 20(4): 16-18.

[10] 周仁超, 李淑彬. 蕨类植物抗菌作用的初步研究[J]. 天然产物研究与开发, 1999, 11(4): 53-56.

[11] 许文涛, 张方方, 黄昆仑, 等. 响应曲面法优化蕨菜水溶性多糖提取工艺的研究(英文)[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 122-126.

[12] Tsapalova I E, Plotnikova TV. Chemical composition of fresh and salted fern shoots [J]. Konservnaia Ovoshchesushilnaia Promyshlennost, 1981, 18(1): 76.

[13] 赵玉宏. 紫萁多糖提取工艺条件实验[J]. 湖北农业科学, 2008, 47(6): 699-701.

[14] 郭凤领, 李俊丽, 王运强, 等. 高山蕨菜中多糖提取条件优化[J]. 长江蔬菜, 2013(22): 75-77.

[15] 张钟, 李凤霞, 邱桂林. 蕨菜多糖的提取及纯化[J]. 中国林副特产, 2007, 5: 1-4.

[16] 刘全德, 唐仕荣, 王卫东, 等. 响应曲面法优化超声波-微波协同萃取生姜多糖工艺[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 124-128.

[17] 白红进, 汪河滨, 褚志强, 等. 不同方法提取黑果枸杞多糖的研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(03): 145-146.

[18] 厉博文, 张东, 杨岚, 等. 紫萁贯众中多糖的含量测定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(10): 41-43.