

苦竹叶提取物对萝卜泡菜品质的影响

陈露, 杜科黎, 朱文优, 张超, 胡连清, 刘雯雯, 张永光, 李陈红, 尹礼国*

(宜宾学院 农林与食品工程学部, 四川 宜宾 644000)

摘要:为考察苦竹叶提取物对萝卜泡菜品质改良及亚硝酸盐清除效果,该研究以传统自然发酵萝卜泡菜为研究对象,探究苦竹叶提取物添加量(0、0.005%、0.01%、0.02%、0.03%和0.04%)对发酵过程中萝卜泡菜颜色参数、硬度、pH值、亚硝酸盐含量及感官品质的影响。结果表明,与未添加苦竹叶提取物的对照组相比,当苦竹叶提取物添加量为0.02%,发酵时间为7 d时,萝卜泡菜的品质较优,其 L^* 值为56.10,硬度为58.26, pH值为3.22,亚硝酸盐含量为0.28 mg/kg,感官评分为92.80,具有发酵萝卜特有的香味,酸咸协调、口感适宜。

关键词:苦竹叶提取物;萝卜泡菜;发酵;理化指标;感官品质

中图分类号:TS255.7

文章编号:0254-5071(2023)08-0186-05

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2023.08.030

引文格式:陈露,杜科黎,朱文优,等.苦竹叶提取物对萝卜泡菜品质的影响[J].中国酿造,2023,42(8):186-190.

Effects of extract from *Pleiblastus amarus* leaves on the quality of radish pickle

CHEN Lu, DU Keli, ZHU Wenyong, ZHANG Chao, HU Lianqing, LIU Wenwen, ZHANG Yongguang, LI Chenhong, YIN Liguang*

(Faculty of Agriculture, Forestry and Food Engineering, Yibin University, Yibin 644000, China)

Abstract: In order to investigate the effect of extract from *Pleiblastus amarus* leaves on quality improving and nitrite removal of radish pickle, using traditional naturally fermented radish pickle as the research object, the effects of *P. amarus* leaves extract addition (0, 0.005%, 0.01%, 0.02%, 0.03% and 0.04%) on color parameters, hardness, pH, nitrite content and sensory quality of radish pickle during fermentation process were investigated. The results showed that compared with the control group without *P. amarus* leaves extract addition, the quality of radish pickle was better when the *P. amarus* leaves extract addition was 0.02%, and the fermentation time was 7 d. The L^* value, hardness, pH, nitrite content and sensory score were 56.10, 58.26, 3.22, 0.28 mg/kg, and 92.80, respectively, with special flavor of fermented radish, salty and sour coordination, and suitable taste.

Key words: extract from *Pleiblastus amarus* leaves; radish pickle; fermentation; physicochemical indexes; sensory quality

竹子是属于禾本科(Poaceae)竹亚科(Bambusoideae)的一种热带和亚热带植物,具有很高的经济和食用价值^[1]。我国素有“竹王国”之称,是世界上最大的食用竹生产国^[2-3]。苦竹叶,即来自苦竹(*Pleiblastus amarus*)的嫩叶。研究表明,自然环境条件下,苦竹叶无毒副作用^[4-5],苦竹叶提取物主要指从苦竹的干叶或青叶中提取出的一类物质,这类物质具有竹叶的天然清香和高稳定性^[6-7]。研究表明,苦竹叶提取物中含有黄酮类化合物、内酯、酚酸、多糖和氨基酸等多种对人体有益的物质^[8-10],具有抗氧化、抑菌、抗衰老、抗肿瘤、增强免疫力、调节血脂和血糖等多种生物活性^[11-13]。研究表明,竹叶提取物在油炸食品、焙烤食品和发酵食品中的应用较多^[14-16]。潘晶晶等^[17]研究了不同黄酮含量(0.05%~0.20%)的竹叶提取物对腌制猪肉的影响。结果表明,亚硝酸盐向有害物质亚硝胺的转化受到抑制。楼鼎鼎等^[18]在中式发酵香肠中添加了0.01%竹叶提取物后,香肠中亚硝酸盐含量降低,香肠的风味也有所提升。梁艳等^[19]将竹叶提取物添加到中式发酵香肠中,研究发现,添加竹

叶黄酮含量为0.01%的竹叶提取物能够抑制香肠中亚硝酸盐的产生(最高抑制率达99.50%)。

泡菜由蔬菜发酵而来,富含维生素和氨基酸等多种营养物质,口感爽脆清香^[20]。即食型四川泡菜作为我国极具代表性的传统发酵蔬菜之一,享有“川菜之骨”的美誉^[21],具有抗氧化、抗诱变、抗炎、抗衰老以及抗癌等多种功能活性^[22]。但传统自然发酵生产的泡菜常出现原料质量不稳定,质地和风味等品质较差以及亚硝酸盐含量过高等问题^[22-23]。目前,已有部分关于利用植物天然成分提高泡菜品质的相关研究^[24-25],但竹叶提取物在萝卜泡菜中的应用研究未见报道。

本研究以传统自然发酵的萝卜泡菜为研究对象,研究了添加量为0.005%、0.01%、0.02%、0.03%和0.04%的苦竹叶提取物对萝卜泡菜颜色参数、硬度、pH值、亚硝酸盐含量和感官品质的影响,旨在为传统自然发酵萝卜泡菜品质改良提供参考,并进一步拓宽和提升竹资源的应用领域和开发价值。

收稿日期:2022-12-13

修回日期:2023-03-11

基金项目:宜宾学院2021年校级培育项目(2021PY06)

作者简介:陈露(1994-),女,助教,硕士,研究方向为食品安全与质量控制。

*通讯作者:尹礼国(1979-),男,教授,博士,研究方向为食品发酵技术。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

苦竹叶提取物(具竹叶清香的棕黄色粉末状固体,水溶液弱酸性):宁夏香草生物技术有限公司;新鲜白萝卜:市售;食盐、白砂糖、干辣椒:宜宾丰源盐业有限公司;芦丁:上海源叶生物科技有限公司;对氨基苯磺酸、乙酸锌、硝酸铝、氢氧化钠、亚铁氰化钾、硼砂:天津市北辰方正试剂厂;盐酸萘乙二胺、盐酸、亚硝酸钠,无水乙醇:成都科隆化学用品有限公司。所用试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

KQ-50超声波清洗机:昆山市超声仪器有限公司;YB-250粉碎机:永康市速锋工贸有限公司;DW-30L278FL型冰箱:深圳市科力易翔仪器设备有限公司;UV-2450紫外分光光度计:日本岛津公司;SHP-250恒温生化培养箱:上海鸿都电子科技有限公司;TMS-Pilot食物物性分析仪:美国FTC公司;HP-2132便携式精密色差计:上海锦锚工业科技有限公司;PHS-3C型pH计:上海仪电科学仪器股份有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 萝卜泡菜加工工艺流程及操作要点^[26]

原料预处理→盐水配制→沥干→入坛→密封→发酵→萝卜泡菜成品

操作要点:

原料预处理:选取新鲜、完整的萝卜,对其整理、清洗。

盐水配制:为避免杂菌污染,应该用煮沸并冷却至室温的冷开水配制。其中,盐的含量为5%。

沥干、入坛:萝卜、泡菜坛子沥干后,将萝卜切成6 cm×2 cm×0.6 cm(长×宽×高)的长块状,然后装入坛内,随即注入所配制的盐水,至盐水能将蔬菜淹没。

密封、发酵:将坛口用坛盖钵覆盖,并在水槽中加注清水(保证水槽中接近水满状态)。将坛置于培养箱中于25℃条件下发酵15 d,即得萝卜泡菜成品。

1.3.2 苦竹叶提取物添加量对萝卜泡菜理化指标的影响

以不添加苦竹叶提取物萝卜泡菜为对照,以分别加入0.005%、0.01%、0.02%、0.03%和0.04%的苦竹叶提取物(以萝卜质量计)的泡菜为实验组。从泡制的第1天开始,共计15 d,每隔1 d进行取样,对泡菜的颜色参数、硬度、pH值和亚硝酸盐含量进行检测,每次取样过程中,样品的取样时长控制在5 s以内,每个组别重复3次。

1.3.3 颜色参数的测定

采用便携式色差计测量萝卜泡菜的颜色参数^[27]。记录测得的 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值,其中 L^* 值为亮度值,其值由小到大代表颜色为由黑变白; a^* 为红绿值,其值由小到大代表颜色为由绿变红, $-a^*$ 值表示绿色, $+a^*$ 值表示红色; b^* 值为黄蓝值,其值由小到大代表颜色由蓝变黄, $-b^*$ 值表示蓝色, $+b^*$ 值表示黄色。

1.3.4 硬度的测定

采用“单次挤压-可编辑压缩百分比”程序,通过P/36R探头对萝卜泡菜的硬度进行测定。其中,测试前、测试中和测试后速度均为30 mm/min,形变量为15%,触发力为0.375 N,探头回升高度为32 mm。

1.3.5 pH值的测定

参照朴永革等^[28]的方法,测定萝卜泡菜pH值,每份样品平行测定3次。

1.3.6 亚硝酸盐含量的测定

亚硝酸盐含量的检测方法参考PATARATA L等^[29]的方法并作适当修改,每份样品平行测定3次。

1.3.7 感官评价

参照范龙泉等^[29]的方法制定萝卜泡菜感官评价标准。选择具备食品专业背景且经过一定培训的非本项目组成员12人,从色泽、香味、滋味、质地和整体口感5个方面,对萝卜泡菜的感官品质进行评价,满分为100分。萝卜泡菜的感官评价标准见表1。

表1 萝卜泡菜的感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation standards of radish pickle

项目	评价标准	感官评分/分
色泽 (20分)	液汁清亮,无肉眼可见外来杂质,色泽较为澄清透明	14~20
	液汁较清亮,有些许杂质,色泽不良	7~13
	液汁微浊无光,杂质明显,色泽浑浊,有霉斑	0~6
香味 (20分)	香味浓郁、协调柔和、无异味,具有萝卜特有的清香	14~20
	香气不足,酸甜味较淡	7~13
	香气偏淡或有异味	0~6
滋味 (20分)	滋味可口、酸咸协调、无异味、爽口	14~20
	稍酸或酸味寡淡、较咸	7~13
	酸味较浓、苦涩、有异味	0~6
质地 (20分)	形态大小一致,组织紧密、质地脆嫩	14~20
	形态大小基本一致,组织较紧密、质地较脆嫩	7~13
	形态大小发生变化,组织松散、质地松软	0~6
整体 口感 (20分)	滋味可口、酸咸协调,质地爽脆可口	14~20
	酸咸味较协调,脆度与口感一般,有少许腐败味	7~13
	滋味不协调、过酸、质地偏软,有腐败味	0~6

1.3.8 数据分析

采用Microsoft Excel 2019和IBM SPSS Statistics 22.0软件进行数据处理和显著性分析, $P<0.05$ 表示差异显著。数据结果以“平均值±标准差”的形式表示,采用Origin 2020和Adobe Photoshop CS 5.1绘制图形。

2 结果与分析

2.1 苦竹叶提取物添加量对萝卜泡菜颜色参数的影响

由图1A可知,随着发酵时间的延长,不同处理组萝卜泡菜中的 L^* 值均呈先增加后下降的趋势。在相同发酵时间下,苦竹叶提取物添加量 $\geq 0.01\%$,萝卜泡菜 L^* 值始终大于对照组,说明苦竹叶提取物能提升萝卜泡菜的颜色,且稳定

性较好。这主要是由于苦竹叶提取物能够抑制有害菌及其代谢产物的产生,从而提升了萝卜泡菜亮度^[30]。由图1B可知,对于所有的发酵萝卜泡菜样品, a^* 值均为负值,说明萝卜泡菜总体偏绿而非红色。随着发酵时间增加,不同处理组萝卜泡菜绿值整体均呈先增加后下降的趋势。与对照组相比,在相同发酵时间下,当苦竹叶提取物添加量 $\geq 0.02\%$ 时,萝卜泡菜的绿值整体略有下降,可能是由于苦竹叶提取物的添加使萝卜泡菜体系中营养物质更丰富,有利于微生物的生长,这些微生物产生的代谢产物对泡菜的红绿值

产生了一定影响^[26]。由图1C可知,对于所有发酵萝卜泡菜样品, b^* 值均为正值,说明发酵萝卜泡菜总体略偏黄而非偏蓝,这主要由于萝卜原料在发酵过程中受微生物的影响所致。在相同发酵时间下,与对照组相比,添加不同含量的苦竹叶提取物之后,萝卜泡菜的黄值增加,苦竹叶提取物添加量 $\geq 0.02\%$ 时,黄值较高。由于亮度是反映萝卜泡菜颜色的重要指标,亮度越高,萝卜泡菜受消费者接受度也越高,因此,可通过添加0.01%或0.05%的苦竹叶提取物提升泡菜的亮度。

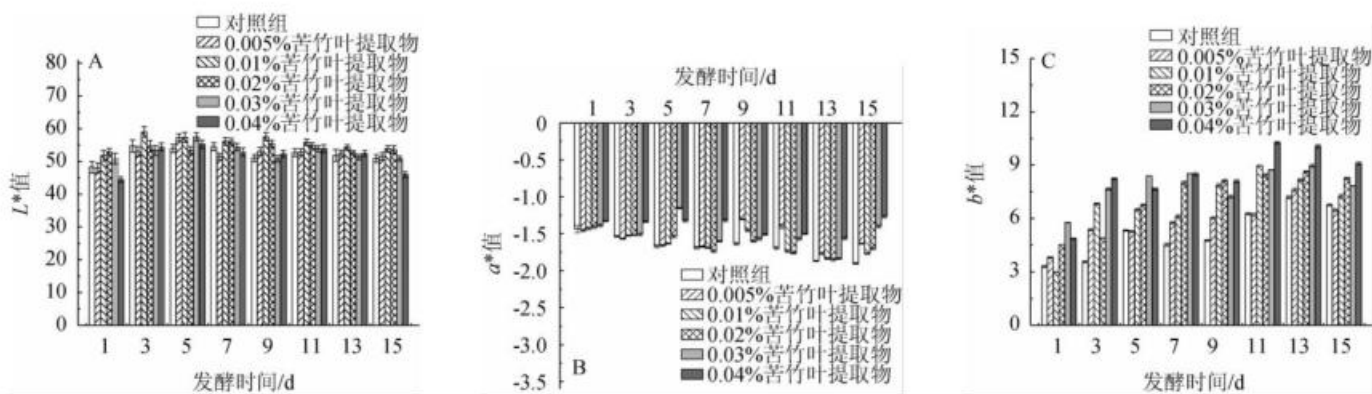


图1 苦竹叶提取物添加量对发酵过程中萝卜泡菜颜色参数的影响

Fig. 1 Effect of extract from *Pleioblastus amarus* leaves addition on the color parameters of radish pickle during fermentation process

2.2 苦竹叶提取物添加量对萝卜泡菜硬度的影响

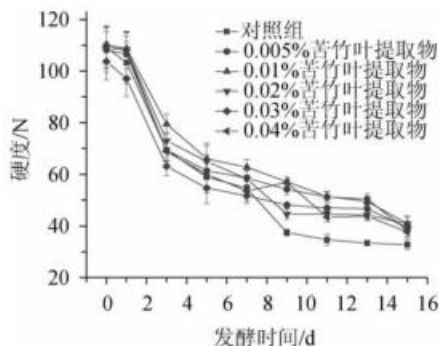


图2 苦竹叶提取物添加量对发酵过程中萝卜泡菜硬度的影响

Fig. 2 Effect of extract from *Pleioblastus amarus* leaves addition on the hardness of radish pickle during fermentation process

由图2可知,发酵时间为0~5 d内,萝卜泡菜样品的硬度均呈迅速降低的趋势,发酵时间为5~9 d,硬度缓慢降低,发酵时间 > 9 d之后,硬度趋于稳定。在萝卜泡菜发酵过程中,乳酸菌发酵产酸,萝卜中含有的果胶与纤维素分离,萝卜组织之间的黏结作用也会受到破坏,导致质地变软,硬度降低^[31]。此外,泡菜发酵过程因受到污染而产生的腐败菌也会导致泡菜腐败变软^[31]。与对照组相比,发酵时间 > 3 d之后,添加0.01%和0.02%的苦竹叶提取物之后,萝卜泡菜硬度有明显增加,尤以0.01%的苦竹叶提取物的效果最好。

当发酵结束时,添加0.01%的苦竹叶提取物,萝卜泡菜的硬度为40.83。发酵时间15 d时,所有实验组和对照组萝卜泡菜的硬度无明显差异,可能是由于随着发酵时间进一步增加,萝卜泡菜体系中的乳酸菌快速繁殖并产酸,导致泡菜组织总体变软^[32-33]。因此,添加0.01%或0.02%的苦竹叶提取物有助于延缓泡菜变软。

2.3 苦竹叶提取物添加量对萝卜泡菜pH值的影响

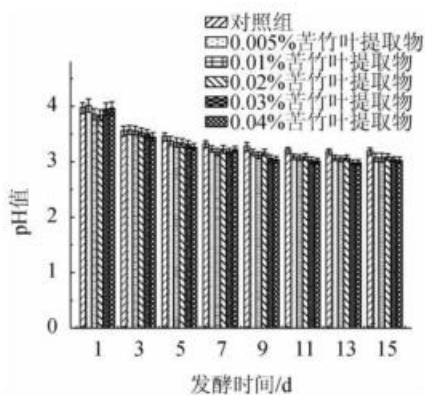


图3 苦竹叶提取物添加量对发酵过程中萝卜泡菜pH值的影响

Fig. 3 Effect of extract from *Pleioblastus amarus* leaves addition on the pH of radish pickle during fermentation process

由图3可知,发酵时间为1~3 d时,所有处理组萝卜泡菜样品pH值明显降低,且pH值 < 4.5 ;发酵时间 > 3 d之后,

萝卜泡菜的pH值缓缓降低并趋于稳定(3.02~3.19)。与对照组相比,发酵时间为1~3 d时,添加苦竹叶提取物的实验组萝卜泡菜pH值无显著差异($P>0.05$)。发酵时间>3 d之后,随着发酵时间的增加,添加苦竹叶提取物实验组的萝卜泡菜pH值均低于对照组,且在较高苦竹叶提取物添加量下,萝卜泡菜pH值降低更快。当苦竹叶添加量为0.04%时,萝卜泡菜样品的pH值最低,说明高含量的苦竹叶提取物促进乳酸菌发酵产酸的作用更强,到发酵时间为15 d时,实验组和对照组萝卜泡菜的pH值无显著差异($P>0.05$)。已有研究表明,萝卜泡菜中主要菌群的变化会导致其pH值的变化。泡菜发酵初期,主要以好氧菌和酵母菌发酵为主,泡菜发酵中后期,主要以乳酸菌发酵为主^[34-35]。乳酸菌发酵产生的乳酸和醋酸会引起pH值降低,并抑制杂菌生长^[36]。由此说明,苦竹叶提取物可为乳酸菌提供较好的生长环境,促进乳酸菌发酵产酸,从而导致泡菜的pH值降低。因此,添加以利于发酵的苦竹叶提取物能够为泡菜发酵提供适宜的酸性环境。

2.4 苦竹叶提取物添加量对发酵过程中萝卜泡菜亚硝酸盐含量的影响

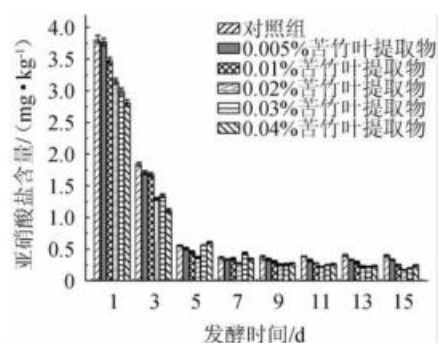


图4 苦竹叶提取物添加量对发酵过程中萝卜泡菜亚硝酸盐含量的影响
Fig. 4 Effect of extract from *Pleioblastus amarus* leaves addition on the nitrite content of radish pickle during fermentation process

由图4可知,当发酵时间为1~3 d时,发酵泡菜样品的亚硝酸盐含量快速下降;当发酵时间为3~5 d时,发酵萝卜泡菜样品的亚硝酸盐含量缓慢下降;发酵时间>5 d之后,萝卜泡菜样品中的亚硝酸盐含量趋于稳定。与对照组相比,在相同发酵时间条件下,添加苦竹叶提取物之后,萝卜泡菜亚硝酸盐含量均有所降低。当发酵时间>3 d之后,在相同发酵时间下,苦竹叶提取物添加量为0.02%时,萝卜泡菜中亚硝酸盐含量最低。当苦竹叶提取物添加量<0.02%时,亚硝酸盐含量降低不够明显,可能是由于较低含量苦竹叶提取物抑菌活性不明显。当苦竹叶提取物添加量>0.02%时,亚硝酸盐含量未出现明显降低,可能是因为苦竹叶提取物能够为某些具有亚硝酸盐还原酶活性的微生物(如明串珠菌、大肠杆菌等)提供营养,从而延长了其在

泡菜体系的生长和繁殖时间,从而导致亚硝酸盐含量未出现明显降低^[31,37]。因此,可通过向萝卜泡菜中添加0.02%苦竹叶提取物来降低亚硝酸盐含量。

2.5 苦竹叶提取物添加量对萝卜泡菜感官品质的影响

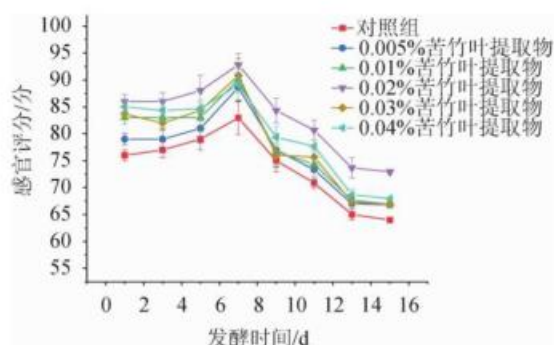


图5 苦竹叶提取物添加量对萝卜泡菜感官品质的影响
Fig. 5 Effect of extracts from *Pleioblastus amarus* leaves addition on sensory quality of radish pickle

由图5可知,在整个发酵期间内,所有处理组样品的感官评分趋势一致。与对照组相比,在相同发酵时间下,添加不同含量苦竹叶提取物的泡菜感官评分均高于对照。随着发酵时间在1~7 d的延长,萝卜泡菜样品的感官评分均呈逐渐升高的趋势;发酵时间为7 d时,感官评分最高,其中,当苦竹叶提取物的添加量为0.02%时,泡菜的感官总分最高,为92.80分;当发酵时间>7 d之后,感官评分呈下降趋势,对照组泡菜样品中泡菜水开始变得浑浊且有少许生花现象。添加不同含量苦竹叶提取物的萝卜泡菜色泽、香味和质地有一定程度的降低,萝卜泡菜逐渐变软,但在整个发酵过程中,泡菜表面均未出现浮膜现象。研究表明,明串珠菌、毕赤酵母等杂菌会使泡菜的品质降低^[10,12]。本研究添加苦竹叶提取物之后,萝卜泡菜表面的白膜减少甚至并无白膜出现,表明苦竹叶提取物可能对萝卜泡菜中的杂菌有一定抑制作用。结合泡菜颜色参数、硬度、pH值、亚硝酸盐含量及感官评分,确定苦竹叶提取物的添加量为0.02%,发酵时间为7 d。

3 结论

本研究考察了苦竹叶提取物对萝卜泡菜的理化指标(色泽、硬度、pH和亚硝酸盐)和感官品质的影响。研究发现,苦竹叶提取物添加量为0.02%,发酵时间为7 d时,萝卜泡菜的整体感官品质最好,具有发酵萝卜特有的香味、无异味和馊臭味,酸咸协调、口感适宜。在此条件下,萝卜泡菜的亮度从54.50增至56.10,硬度从54.61增至58.26, pH值由3.32降至3.22,亚硝酸盐含量从0.36 mg/kg降低到0.28 mg/kg。因此,在实际生产生活中,可添加一定量的苦竹叶提取物来提升萝卜泡菜的感官品质并控制亚硝酸盐的产生。

参考文献:

- [1] WANG L L, BAI M G, QIN Y C, et al. Application of ionic liquid-based ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from bamboo leaves[J]. *Molecules*, 2018, 23(9): E2309.
- [2] LU B Y, WU X Q, TIE X W, et al. Toxicology and safety of anti-oxidant of bamboo leaves. Part 1: Acute and subchronic toxicity studies on anti-oxidant of bamboo leaves[J]. *Food Chem Toxicol*, 2005, 43(5): 783-792.
- [3] ZHU D Y, WANG C H, ZHANG Y S, et al. Insight into solvent effects on phenolic content and antioxidant activity of bamboo leaves extracts by HPLC analysis[J]. *J Food Meas Charact*, 2018, 12(3): 2240-2246.
- [4] CHEN X Y, JIA W, WANG Q, et al. Protective effect of a dietary flavonoid-rich antioxidant from bamboo leaves against internal exposure to acrylamide and glycidamide in humans[J]. *Food Funct*, 2020, 11(8): 7000-7011.
- [5] YE S H, PAN F P, YAO L N, et al. Isolation, characterization of bamboo leaf flavonoids by size exclusion chromatography and their antioxidant properties[J]. *Chem Biodivers*, 2022, 19(9): e202200506.
- [6] NIRMALA C, BISHT M S, BAJWA H K, et al. Bamboo: a rich source of natural antioxidants and its applications in the food and pharmaceutical industry[J]. *Trend Food Sci Tech*, 2018, 77(8): 91-99.
- [7] REN Y, MA Y S, ZHANG Z D, et al. Total alkaloids from bamboo shoots and bamboo shoot shells of *Pleuroblastus amarus* (Keng) Keng f. and their anti-inflammatory activities[J]. *Molecules*, 2019, 24(15): 2699.
- [8] MA N H, GUO J, XU C S H, et al. Antioxidant and compositional HPLC analysis of three common bamboo leaves[J]. *Molecules*, 2020, 25(2): 409.
- [9] MA Y L, ZHU D Y, WANG C H, et al. Simultaneous and fast separation of three chlorogenic acids and two flavonoids from bamboo leaves extracts using zirconia[J]. *Food Chem Toxicol*, 2018, 119: 375-379.
- [10] YANG J H, CHOI M H, YANG S H, et al. Potent anti-inflammatory and antiadipogenic properties of bamboo (*Sasa coreana* Nakai) leaves extract and its major constituent flavonoids[J]. *J Agr Food Chem*, 2017, 65(31): 6665-6673.
- [11] 周亚军, 李文龙, 陈艳, 等. 竹叶提取物对低硝西式熏煮火腿品质及亚硝酸盐的影响[J]. *食品科学*, 2020, 41(24): 9-15.
- [12] GU Y P, XUE F, XIAO H R, et al. Bamboo leaf flavonoids suppress oxidative stress-induced senescence of HaCaT cells and UVB-induced photoaging of mice through p38 MAPK and autophagy signaling[J]. *Nutrients*, 2022, 14(4): 793.
- [13] SHU G, KONG F L, XU D, et al. Bamboo leaf flavone changed the community of cecum microbiota and improved the immune function in broilers[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 12324.
- [14] ZHANG Y, ZHANG Y. Study on reduction of acrylamide in fried bread sticks by addition of antioxidant of bamboo leaves and extract of green tea[J]. *Asia Pac J Clin Nutr*, 2007, 16(S1): 131-136.
- [15] 钱雪洁. 竹叶黄酮对焙烤和油炸食品中丙烯酰胺生成的抑制性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [16] 李栋. 竹取物在食品品质改良及风险控制中的应用基础研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [17] 潘晶晶, 余晓燕, 胡林福, 等. 竹叶提取物在腌制食品中的应用研究[J]. *竹子学报*, 2019, 38(2): 57-61.
- [18] 楼鼎鼎, 梁燕, 张英, 等. 竹叶抗氧化物在中式香肠中的应用研究[J]. *食品科学*, 2004, 25(11): 189-191.
- [19] 梁艳, 童军峰, 李倩, 等. 一种含有竹叶黄酮的复配型肉类食品添加剂的开发[J]. *竹子研究汇刊*, 2004(4): 46-50.
- [20] PARK Y K, LEE J H, MAH J H. Occurrence and reduction of biogenic amines in kimchi and korean fermented seafood products[J]. *Foods*, 2019, 8(11): 547-551.
- [21] CHEN A, LUO W, PENG Y T, et al. Quality and microbial flora changes of radish paocai during multiple fermentation rounds[J]. *Food Control*, 2019, 106: 106733.
- [22] RAO Y, QIAN Y, TAO Y F, et al. Characterization of the microbial communities and their correlations with chemical profiles in assorted vegetable Sichuan pickles[J]. *Food Control*, 2020, 113: 107174.
- [23] ŞANLIER N, GÖKCEN B B, SEZGIN A C. Health benefits of fermented foods[J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2019, 59(3): 506-527.
- [24] KIM S Y, KIM H E, KIM Y S. The potentials of *Bacillus licheniformis* strains for inhibition of *B. cereus* growth and reduction of biogenic amines in cheonggukjang (Korean fermented unsalted soybean paste)[J]. *Food Control*, 2017, 79: 87-93.
- [25] 李浪, 高宏, 张泽俊, 等. 薄荷提取物对泡菜中亚硝酸盐含量的影响研究[J]. *农产品加工*, 2022(15): 1-5.
- [26] 范龙泉, 黄琼, 王燕飞. 黄芩提取液对低盐自然发酵泡菜理化特性、微生物菌群和感官品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2022, 48(18): 213-218.
- [27] LIN D R, ZHOU W, YANG Z F, et al. Study on physicochemical properties, digestive properties and application of acetylated starch in noodles[J]. *Int J Biol Macromol*, 2019, 128: 948-956.
- [28] 朴永革, 张贾宝, 崔成哲, 等. 烟草非挥发性有机酸、pH测定及其相关性分析[J]. *食品与机械*, 2022, 38(2): 32-39.
- [29] PATARATA L, CARVALHO F, FRAQUEZA M J. Nitrite-free implications on consumer acceptance and the behavior of pathogens in cured pork loins[J]. *Foods*, 2022, 11(6): 796-809.
- [30] 栗明月, 焦梦荷, 蒋林树, 等. 竹叶黄酮的生理功能及其应用前景[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(32): 144-149.
- [31] SONG H S, WHON T W, KIM J, et al. Microbial niches in raw ingredients determine microbial community assembly during kimchi fermentation[J]. *Food Chem*, 2020, 318: 126481.
- [32] 汪莉莎, 陈光静, 郑炯, 等. 大叶麻竹笋腌制过程中品质变化规律[J]. *食品与发酵工业*, 2013, 39(10): 73-77.
- [33] 陈露, 尹礼国, 朱文优, 等. 泡菜中生物胺污染及控制方法研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2022, 48(11): 303-309, 323.
- [34] YANG X Z, HU W Z, XIU Z L, et al. Microbial dynamics and volatile profiles during the fermentation of Chinese northeast sauerkraut by *Leuconostoc mesenteroides* ORC 2 and *Lactobacillus plantarum* HBUAS 51041 under different salt concentrations[J]. *Food Res Int*, 2020, 130: 108926.
- [35] GUAN Q Q, ZHENG W D, HUANG T, et al. Comparison of microbial communities and physicochemical characteristics of two traditionally fermented vegetables[J]. *Food Res Int*, 2020, 128: 108755.
- [36] 汪冬冬, 唐垚, 伍亚龙, 等. 泡菜细菌多样性和风味成分研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(21): 296-302.
- [37] 迟雪梅, 张庆芳, 迟乃玉. 发酵蔬菜安全性的研究进展[J]. *中国酿造*, 2018, 37(8): 5-8.