

两种酸笋主要成分、挥发性成分及抗氧化活性对比

Comparison of the main components, volatile components, and antioxidant activity of two types of fermented bamboo shoots

廖安^{1,2,3} 杜海平¹ 程昊^{1,2} 刘天义^{4,5} 田艳^{1,2,4,5}

LIAO An^{1,2,3} DU Haiping¹ CHENG Hao^{1,2} LIU Tianyi^{4,5} TIAN Yan^{1,2,4,5}

(1. 广西科技大学, 广西 柳州 545006; 2. 广西柳州螺蛳粉工程技术研究中心, 广西 柳州

545006; 3. 宁乡市市场和质量监督检验检测中心, 湖南 宁乡 410600; 4. 广西金竹山食品科技

有限责任公司, 广西 柳州 545006; 5. 柳州市添翼种养专业合作社, 广西 柳州 545008)

(1. Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou, Guangxi 545006, China; 2. Guangxi Liuzhou Luosifen Engineering Technology Research Center, Liuzhou, Guangxi 545006, China; 3. Ningxiang City Market and Quality Supervision Inspection and Testing Center, Changsha, Hunan 410600, China; 4. Guangxi Jinzhushan Food Science and Technology Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi 545006, China; 5. Liuzhou Tianyi Breeding Professional Cooperative, Liuzhou, Guangxi 545008, China)

摘要:目的:研究两种酸笋的化学成分、挥发性成分和生物活性及酸笋的区域特性和风味形成机制。方法:采用理化试验分析酸笋及其提取物中的主要成分,利用顶空固相微萃取气相色谱—质谱联用仪(HS-SPME-GC-MS)对酸笋中的挥发性风味成分进行鉴定和分析,通过体外抗氧化活性方法(ABTS 自由基清除方法、DPPH 自由基清除方法和 FRAP 法)评估酸笋提取物的抗氧化活性。结果:GXLZTY 酸笋和 GDYBNX 酸笋在水分、pH、可溶性总糖、脂肪、氨基酸态氮和亚硝酸盐的含量上无明显差异。然而,氯化物、总酸、蛋白质、膳食纤维、总黄酮、总多酚和矿物质元素的含量在两者之间存在显著差异。GXLZTY 酸笋中的主要成分为对甲基苯酚、己酸、辛酸、2-乙基己醇和二氧化硫,而 GDYBNX 酸笋中的主要成分为对甲基苯酚、醋酸和丝氨酸。GXLZTY 酸笋提取物在清除 ABTS 自由基、DPPH 自由基和 FRAP 活性方面的表现均优于 GDYBNX 酸笋提取物。结论:GXLZTY 酸笋具有更高的营养价值和抗氧化活性。

关键词:酸笋;挥发性成分;抗氧化活性

Abstract: Objective: The primary objective of this study is to investigate the chemical composition, volatile components, and biological activity of pickled bamboo shoots in the Guangxi and Guangdong regions, as well as the regional characteristics and flavor formation mechanisms of these pickled bamboo shoots. **Methods:** Physical and chemical experiments were used to analyze the major components in fermented bamboo shoots and their extracts. The volatile flavor components in fermented bamboo shoots were identified and analyzed using headspace solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). The antioxidant activity of fermented bamboo shoot extracts was evaluated using in vitro antioxidant activity methods (ABTS free radical scavenging method, DPPH free radical scavenging method, and FRAP method). **Results:** There were no significant differences in moisture, pH, total soluble sugars, fats, amino acid nitrogen, and nitrite content between the pickled bamboo shoots from Guangxi Liuzhou Tianyi Agricultural Technology Co Ltd (hereinafter referred to as GXLZTY) and those from the Shaoguan Nanxiong Agricultural Trade Market in Northern Guangdong (hereinafter referred to as GDYBNX). However, there were significant differences between the two in terms of chloride, total acids, proteins, dietary fibers, total flavonoids, total polyphenols, and mineral element content. Analysis of volatile components indicated that the main constituents in GXLZTY fermented bamboo shoots were P-cresol, hexanoic acid, octanoic acid, 2-ethylhexanol, and sulfur dioxide, while the primary components in fermented

基金项目:广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(编号:2023KY0351);广西科技计划项目(编号:桂科AB220350613);广东省粤北食药资源利用与保护重点实验室开放基金课题资助项目(编号:FMR2022008Z)

作者简介:廖安,女,宁乡市市场和质量监督检验检测中心工程师,硕士。

通信作者:田艳(1988—),女,广西科技大学工程师,博士。

E-mail:Tianyan0329@126.com

杜海平(1989—),男,广西科技大学讲师,博士。

E-mail:haipingdu0822@126.com

收稿日期:2023-07-13 **改回日期:**2023-12-05

bamboo shoots from GDYBNX were p-cresol, acetic acid, and serinol. Antioxidant activity test results showed that the GXLZTY sour bamboo shoot extracts were superior in terms of clearing ABTS free radicals, DPPH free radicals, and FRAP activity compared to the extracts from GDYBNX. **Conclusion:** GXLZTY fermented bamboo shoots have higher nutritional value and antioxidant activity. These research results provide a theoretical basis for the fermentation process and industrial production of fermented bamboo shoots.

Keywords: fermented bamboo shoots; volatile components; antioxidant activity

酸笋是经发酵制成的特色食品,富含有机酸、膳食纤维、微量元素等^[1-2],而且糖类和脂肪含量低,广受两广地区的消费者喜爱。广西的酸笋原料为麻竹笋,广东的酸笋原料通常为毛竹笋。不同种类的竹笋、种植海拔高度以及在不同区域种植的竹笋的营养成分、食用价值、安全品质都有较大差别。

竹笋被传统医学视为治疗许多疾病的药物^[3-5],且具有抗氧化、抗癌、抗衰老、抗自由基、减肥、预防心血管疾病、促进消化等功效^[6-8]。随着竹笋生物活性功能的发现,一些研究者开始了发酵竹笋的功能研究。如冯翠萍等^[9]研究发现,含酸笋皮的饲料能显著提高小鼠高密度脂蛋白胆固醇含量,显著下降小鼠低密度脂蛋白胆固醇含量,说明酸笋皮有降血脂的功效。然而,对于酸笋的抗氧化活性、广东粤北和广西柳州地区酸笋成分含量的对比分析还未见报道。

研究拟对广西和广东地区酸笋中的各项成分进行比较,并采用体外抗氧化活性方法(ABTS 自由基、DPPH 自由基清除方法和 FRAP 法)对二者提取物的抗氧化活性进行测定,以期对酸笋的腌制工艺和工业生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

GDYBNX 酸笋、GXLZTY 酸笋:市售;

无水对氨基苯磺酸、N-(1-萘基)乙二胺盐酸盐:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

十水合四硼酸钠:分析纯,佛山西陇化工有限公司;

邻苯二甲酸氢钾、氯化钠:标准品,天津市科密欧化学试剂有限公司;

乙酸、二水合乙酸锌、氢氧化钠、硝酸、铬酸钾、亚硝酸钠、三水合六氰铁(II)酸钾、甲基红、过氧化氢:分析纯,四川西陇科学有限公司;

酚酞:分析纯,天津市大茂化学试剂厂;

无水乙醇、盐酸:分析纯,成都市科隆化学有限公司;

硝酸银:分析纯,天津市赢达稀贵化学试剂厂;

芦丁:优级纯,上海齐一生物科技有限公司;

没食子酸:标准品,上海纯优生物科技有限公司;

2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸(ABTS)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、抗坏血酸(V_C):优级纯,北京索莱宝科技有限公司。

1.2 仪器与设备

紫外可见分光光度计:UV-1601 型,北京瑞利分析仪器有限公司;

电热鼓风干燥箱:101-1AB 型,天津市泰斯特仪器有限公司;

pH 计:PHS-3C 型,上海仪电科学仪器股份有限公司;

电子天平:BL-220H 型,日本岛津有限公司;

电子天平:ME204E 型,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;

离心机:VCK-22R 型,湖南迈克实验仪器有限公司;

冷冻干燥机:Alpha 1-2 LDplus 型,德国 Christ 公司;

超声波清洗机:KM-500DV 型,昆山美超声仪器有限公司;

电感耦合等离子体质谱仪:7850 型,安捷伦科技有限公司;

赛默飞电感耦合等离子发射光谱仪:ICAP 7200 HS Duo 型,赛默飞世尔科技(中国)有限公司;

GC-MS 联用仪:7000D 型,安捷伦科技有限公司;

弹性石英毛细管柱(60 m×250 μm×0.25 μm):TG-5 SILMS 型,赛默飞世尔科技(中国)有限公司;

固相微萃取装置:SPME-GC 型,美国 Supelco 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 酸笋提取物制备 GXLZTY 酸笋和 GDYBNX 酸笋,晾干,真空冷冻干燥后粉碎,分别与体积分数 70% 的乙醇溶液以 1:25 (g/mL) 的比例混合,在 70 °C 恒温水浴中提取 30 min,然后在 4 000 ×g 离心 10 min。收集上清液,用旋转蒸发器浓缩至一定体积,真空冻干得到待测样品。

1.3.2 主要成分测定

(1) 水分:按 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法执行。重复检测 3 次,结果取平均值。

(2) 氯化物:按 GB 5009.44—2016《食品安全国家标准 食品中氯化物的测定》中的直接滴定法执行。重复检测 3 次,结果取平均值。

(3) pH:酸笋试样用研钵研磨粉碎,按 $m_{\text{酸笋}}:V_{\text{水}}$ 为 1:1 (g/mL) 加水混合成匀浆后,使用精密 pH 计进行测

定。重复检测 3 次,结果取平均值。

(4) 总酸:按 GB 12456—2021《食品安全国家标准 食品中总酸的测定》中的酸碱指示剂滴定法执行。重复检测 3 次,结果取平均值。

(5) 可溶性总糖:根据 NY/T 1278—2007《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 铜还原碘量法》执行。重复检测 3 次,结果取平均值。

(6) 脂肪:按 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法执行。重复检测 3 次,结果取平均值。

(7) 蛋白质:根据 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法执行。重复检测 3 次,结果取平均值。

(8) 氨基态氮:根据 GB 5009.235—2016《食品安全国家标准 食品中氨基态氮的测定》中的酸度计法执行。重复检测 3 次,结果取平均值。

(9) 膳食纤维:按 GB 5009.88—2016《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》执行。

(10) 亚硝酸盐:按 GB 5009.33—2016《食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》中的盐酸萘乙二胺法执行。

(11) 总黄酮:参考文献[10]。

(12) 总多酚:参考文献[11]。

(13) 矿物质:按 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》执行。

(14) 二氧化硫(SO₂):按 GB 5009.34—2022《食品安全国家标准 食品中二氧化硫的测定》的酸碱滴定法执行。

1.3.3 挥发性成分测定 参考文献[12—13]。

(1) 样品前处理和萃取:在 15 mL 顶空样品瓶中加入 1.2 g NaCl、磁力转子和 3 g 已捣碎的酸笋并加入相同体积的超纯水混匀,在磁力搅拌转速为 300 r/min 的 50 ℃水浴中加热 30 min,然后在 50 ℃下使用老化后的萃取头 65 μm PDMS/DVB(聚二甲硅氧烷/二乙烯基苯,中性)萃取 30 min。气相色谱柱进样口作为萃取头的老化装置,老化时间及温度按照设备的推荐条件进行(萃取头于 250 ℃老化 0.5 h),采用氮气吹扫来维持环境惰性,保持样品更纯净。萃取完成后以手动方式进样,在 250 ℃下解吸 5 min,通过 GC-MS 测定结果。

(2) GC 条件:进样器温度 250 ℃,色谱柱为 TG-5 SILMS(60 m×250 μm×0.25 μm)型,柱箱升温程序:在 40 ℃下停留 5 min,以 8 ℃/min 上升至 80 ℃,保持 0 min,以 1 ℃/min 上升至 90 ℃,保持 0 min,以 5 ℃/min 上升到 160 ℃,保持 1 min,以 20 ℃/min 上升至 250 ℃,保持 15 min。

(3) MS 条件:传输线温度 230 ℃,离子能级 70 eV,

采用正常扫描模式,扫描质荷比范围为 45~500。

1.3.4 抗氧化活性测定

(1) ABTS 自由基清除能力:参考文献[14]修改如下:将 5 mL 的 ABTS 溶液(7.4 mmol/L)和 88 μL 的过氧化二硫酸钾(2.6 mmol/L)混合,反应 12 h 得到 ABTS 自由基溶液。0.1 mL 不同质量浓度(50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 μg/μL 酸笋提取物)的样品溶液中分别加入 ABTS 自由基溶液(5 mL),在黑暗中反应 6 min。在 734 nm 处测定吸光度(用 A₁表示),重复 3 次。空白组用去离子水代替作为空白对照(用 A₀表示),以 V_C为阳性对照组。按式(1)计算 ABTS 自由基清除率。

$$R_1 = \left(1 - \frac{A_1}{A_0}\right) \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R₁——自由基清除率, %;

A₁——空白对照吸光度;

A₀——阳性对照吸光度。

(2) DPPH 自由基清除能力:参考文献[14]修改如下:0.1 mmol/L DPPH 溶液用无水乙醇制备,2 mL DPPH 溶液与 2 mL 不同质量浓度(50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 μg/μL 酸笋提取物)的样品溶液混合,在室温黑暗中反应 30 min。在 520 nm 处测定吸光度(A₁表示),重复 3 次,空白组用去离子水代替作为空白对照(A₀表示),以 V_C为阳性对照组。按式(1)计算 DPPH 自由基清除率。

(3) 铁(III)离子还原能力(FRAP):参考文献[14]修改如下:将醋酸缓冲液(0.03 mol/L), pH 3.6)、TPTZ(0.01 mol/L)和铁(III)六水合物(0.02 mol/L)以 10 : 1 : 1 的体积比混合均匀,得到反应混合物。取 0.1 mL 不同质量浓度(0, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 μg/μL 酸笋提取物)的样品中分别加入 2.4 mL 的反应混合物。以 V_C为阳性对照组,在 593 nm 处测定吸光度,重复 3 次。以硫酸亚铁的浓度为横坐标,相应的吸光度为纵坐标,绘制铁(II)FRAP 活性(mg 硫酸亚铁当量/g)标准曲线,根据标准曲线计算样品的铁(II)FRAP 活性(mg 硫酸亚铁当量/g)。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 制作图表,试验数据采用 Origin 2018 软件进行统计学处理。挥发性成分对照质谱库 NIST 11 Library 进行物质分析定性,采用积分法计算绝对峰面积,并通过峰面积归一化法计算各组分相对含量。

2 结果与分析

2.1 不同地区酸笋及其提取物主要成分分析

2.1.1 酸笋主要成分 由表 1 可知, GXLZTY 酸笋和 GDYBNX 酸笋中水分、pH、可溶性总糖、脂肪、氨基酸态

表 1 酸笋的主要成分含量(湿基)[†]

Table 1 Contents of the main components in fermented bamboo shoots (wet basis)

检测指标	单位	GXLZTY 酸笋	GDYBNX 酸笋	检测指标	单位	GXLZTY 酸笋	GDYBNX 酸笋
水分	g/100 g	94.60±0.420	95.00±0.380	Cu	mg/kg	7.80±0.050 ^b	2.10±0.030 ^a
氯化物	mg/kg	69.00±0.000 ^a	ND ^b	Zn	mg/kg	26.20±0.080 ^b	16.95±0.080 ^a
pH		2.81±0.020	3.00±0.020	Ni	mg/kg	2.18±0.030 ^b	0.80±0.002 ^a
总酸	g/kg	42.35±0.120 ^a	47.65±0.180 ^b	Mn	mg/kg	82.32±0.090 ^b	7.07±0.040 ^a
可溶性总糖	g/100 g	0.05±0.002	0.03±0.001	Sn	mg/kg	1.66±0.010	1.46±0.010
脂肪	g/100 g	0.11±0.010	0.09±0.005	Cr	mg/kg	0.52±0.030 ^b	4.63±0.020 ^a
蛋白质	g/100 g	1.91±0.010 ^a	2.32±0.030 ^b	Al	mg/kg	680.76±1.910 ^b	58.82±0.890 ^a
氨基酸态氮	g/100 g	0.09±0.003	0.12±0.010	Ba	mg/kg	12.26±0.510 ^b	1.21±0.010 ^a
膳食纤维	g/100 g	3.00±0.030 ^a	3.80±0.040 ^b	Ti	mg/kg	13.51±0.050 ^b	3.49±0.070 ^a
亚硝酸盐	mg/kg	0.70±0.001	0.82±0.001	TI	mg/kg	187.00±0.150 ^b	26.55±0.110 ^a
总黄酮	mg RE/g	0.25±0.002 ^a	0.11±0.001 ^b	Sr	mg/kg	9.56±0.610 ^b	0.43±0.001 ^a
总多酚	mg GAE/g	0.45±0.003 ^a	0.33±0.002 ^b	Rb	mg/kg	161.43±0.150 ^b	10.86±0.720 ^a
SO ₂	mg/kg	3.34±0.020 ^a	ND ^b	W	mg/kg	ND ^b	2.51±0.210 ^a
Na	mg/kg	77.76±0.510 ^b	55.18±0.380 ^a	Li	mg/kg	0.72±0.010 ^b	ND ^a
Ca	mg/kg	769.64±1.990 ^b	57.13±0.470 ^a	Mo	mg/kg	0.52±0.010 ^b	ND ^a
K	mg/kg	19.95±0.130 ^b	1.74±0.010 ^a	Sc	mg/kg	5 821.20±1.110 ^b	ND ^a
Mg	mg/kg	1 266.84±2.470 ^b	176.18±0.910 ^a	Si	mg/kg	9 500.62±2.550 ^b	ND ^a
P	mg/kg	15 011.53±5.970 ^b	ND ^a	B	mg/kg	9.45±0.320 ^b	ND ^a
S	mg/kg	102.49±0.710 ^b	ND ^a	Zr	mg/kg	9 252.00±1.220 ^b	ND ^a
Fe	mg/kg	60.81±0.680 ^b	37.48±0.210 ^a				

[†] ND 表示未检出;同行小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

氮和亚硝酸盐的含量无较大差异,而氯化物、总酸、蛋白质、膳食纤维、总黄酮、总多酚以及所有的矿物质元素的含量有显著性差异,除总酸、蛋白质、膳食纤维以及元素 Cr、W 外,GXLZTY 酸笋中氯化物、总黄酮、总多酚以及矿物质元素 Na、Ca、K、Mg、P、S、Fe、Cu、Zn、Ni、Mn、Sn、Al、Ba、Ti、TI、Sr、Rb、Li、Mo、Sc、Si、B、Zr 的含量显著高于 GDYBNX 酸笋($P<0.05$)。据报道^[15],鲜竹笋含蛋白质 3.28 g/100 g,碳水化合物 4.47 g/100 g,纤维素 0.90 g/100 g,脂肪 0.13 g/100 g,钙 22.0 mg/100 g,磷 56.0 mg/100 g,铁 0.1 mg/100 g,而表 1 中酸笋的蛋白质、钙、铁含量都远高于文献[15]报道的。黄酮是一种很强的抗氧化剂,其含量的增加可提高酸笋的抗氧化能力。许志美等^[16]发现,自然发酵 2~8 d 的芦笋的总黄酮含量为 3.668 mg/100 g,较试验中的两种酸笋的高。不同地区、不同品种的酸笋主要成分上的差异,可能受到竹笋原料地理位置、土壤条件、气候环境及加工方式等因素的影响。

2.1.2 酸笋提取物主要成分 由表 2 可知,GXLZTY 酸笋和 GDYBNX 酸笋提取物中可溶性总糖和脂肪的含量无较大差异,而二氧化硫、总黄酮和总多酚的含量有显著性差异,且 GXLZTY 酸笋的含量显著高于 GDYBNX 酸

表 2 酸笋提取物主要成分含量(干基)[†]

Table 2 The content of main components in fermented bamboo extract (dry basis)

检测指标	单位	GXLZTY 酸笋	GDYBNX 酸笋
可溶性总糖	g/100 g	1.50±0.02	1.65±0.01
脂肪	g/100 g	2.13±0.01	2.35±0.02
蛋白质	g/100 g	3.51±0.02 ^a	2.25±0.04 ^b
氨基酸态氮	g/100 g	0.23±0.01 ^a	0.18±0.01 ^b
总黄酮	mg RE/g	3.75±0.05	1.98±0.04
总多酚	mg GAE/g	6.75±0.03 ^a	4.91±0.05 ^b

[†] 同一行小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

笋($P<0.05$)。与表 1 中结果相反,GDYBNX 酸笋提取物中蛋白质和氨基酸态氮的含量显著高于 GXLZTY 酸笋提取物($P<0.05$),这种情况可能是由于:① 蛋白质的亲和性差异。麻竹笋和毛竹笋的蛋白质可能具有不同的亲和性,即在提取过程中与不同化学物质相互作用的能力。麻竹笋中的蛋白质可能更容易被提取剂捕获。② 蛋白质的结构差异。麻竹笋和毛竹笋的蛋白质可能在结构上存在差异,这可能导致它们在提取和分析过程中的行为不同。例如,某些蛋白质可能具有更紧密的结构,更难以在提取过程中解离出来,因此在提取物中的含量较低。

2.2 不同地区酸笋挥发性成分分析

采用 GC-MS 技术对广东 GDYBNX 和 GXLZTY 酸笋中挥发性成分进行鉴定,两种酸笋挥发性成分 GC-MS 分析的总离子流色谱图见图 1、图 2。对照谱库, GDYBNX 酸笋挥发性成分分析如表 3 所示,GXLZTY 酸笋挥发性成分分析如表 4 所示。GXLZTY 酸笋中共鉴定出 5 种主要的挥发性成分,包括对甲基苯酚相对含量为 95.19%,己酸相对含量为 1.14%,辛酸相对含量为 0.47%,2-乙基己醇相对含量为 0.14%,二氧化硫相对含量为 0.08%。GDYBNX 酸笋中共鉴定出 3 种主要的挥发性成分,包括对甲基苯酚相对含量为 99.5%,醋酸相对含量为 0.35%,丝氨酸相对含量为 0.18%。

GDYBNX 酸笋中对甲基苯酚的相对含量较高,达到 99.5%,可能是其具有鲜明香气的原因。同时,含有 0.35% 的醋酸使其具有一定的酸味。相较之下,GXLZTY 酸笋中对甲基苯酚相对含量为 95.19%,己酸和辛酸分别

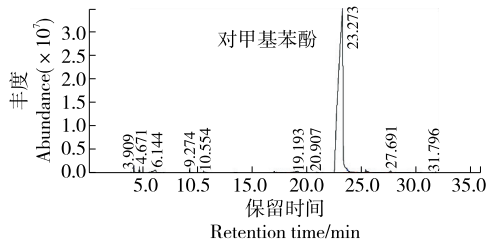


图 1 GXLZTY 酸笋挥发性成分的总离子流色谱图

Figure 1 Total ion chromatogram of volatile components from GXLZTY fermented bamboo shoots

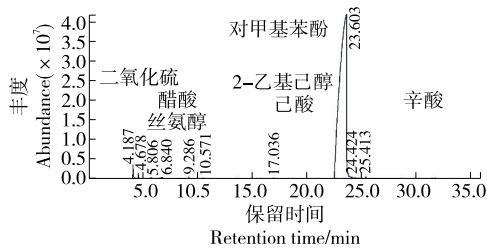


图 2 GDYBNX 酸笋挥发性成分的总离子流色谱图

Figure 2 Total ion chromatogram of volatile components from GDYBNX fermented bamboo shoots

表 3 GXLZTY 酸笋主要挥发性成分

Table 3 Major volatile components of Liuzhou fermented bamboo shoots

组分名称	保留时间/min	相对含量/%	作用
二氧化硫	3.910	0.08	防腐剂
己酸	19.190	1.14	食用香料
2-乙基己醇	20.904	0.14	食用香料
对甲基苯酚	23.274	95.19	食用香料
辛酸	27.693	0.47	食用香料

表 4 GDYBNX 酸笋主要挥发性成分

Table 4 Major volatile components of Yuebei fermented bamboo shoots

组分名称	保留时间/min	相对含量/%	作用
丝氨酸	5.807	0.18	食用香料
醋酸	6.840	0.35	食用香料
对甲基苯酚	23.274	99.50	食用香料

占 1.14% 和 0.47%, 可能是其具有独特风味的原因。对甲基苯酚是一种挥发性有机化合物,对酸笋的风味和品质具有重要作用。对甲基苯酚的气味具有一定的刺激性,能为酸笋带来独特的香气,使其具有辨识度和吸引力。而且对甲基苯酚具有一定的抗氧化性和抗菌作用,有助于保持酸笋的品质稳定,延长保质期。同时,对甲基苯酚的阈值比较低,只有 55 $\mu\text{g}/\text{kg}$,对最终风味有决定性影响,与田玉峰等^[17]的研究结果一致。其他风味物质如醋酸、己酸、辛酸等与对甲基苯酚共同作用,形成酸笋独特的风味组合。

GDYBNX 酸笋中含有 0.18% 的丝氨酸,使其口感较为柔和。而 GXLZTY 酸笋中含有 0.14% 的 2-乙基己醇,使其具有一定的涩味。GXLZTY 酸笋中含有 0.08% 的二氧化硫,其在一定程度上具有抗氧化和防腐作用,能延长酸笋的保质期。而 GDYBNX 酸笋中未检出二氧化硫。虽然挥发性成分的对酸笋的营养价值影响不大,但不同的挥发性成分可能会影响消费者对酸笋的喜好程度。例如,对甲基苯酚含量较高的 GDYBNX 酸笋可能更受喜欢浓郁香气的消费者的青睐,而含有己酸和辛酸的 GXLZTY 酸笋可能更适合喜欢独特风味的消费者。

2.3 不同地区酸笋的抗氧化活性

由图 3(a)可知,随着酸笋提取物质量浓度的增加,两种提取物对 ABTS 自由基的清除活性逐渐增加。在提取物质量浓度 $< 300 \mu\text{g}/\mu\text{L}$ 时,GXLZTY 酸笋提取物对 ABTS 自由基的清除活性为 75%,显著高于 GDYBNX 酸笋提取物 ($P < 0.05$)。提取物质量浓度为 $300 \sim 600 \mu\text{g}/\mu\text{L}$ 时,两种提取物的活性均无明显变化。综上,GXLZTY 酸笋提取物对自由基的清除能力更高。

由图 3(b)可知,随着酸笋提取物质量浓度的增加,两种提取物对 DPPH 自由基的清除能力逐渐增强,当提取物质量浓度为 $400 \mu\text{g}/\text{mL}$ 时,两种提取物均表现出最大的清除能力。在此浓度下,GXLZTY 酸笋提取物清除了 37% 的 DPPH 自由基,而 GDYBNX 酸笋提取物清除了 32% 的 DPPH 自由基,再次表明 GXLZTY 酸笋提取物的活性高于 GDYBNX 酸笋提取物 ($P < 0.05$)。

由图 3(c)可知,两种提取物的抗氧化活性均随其质量浓度的增加而增加,在 $400 \mu\text{g}/\mu\text{L}$ 质量浓度下,

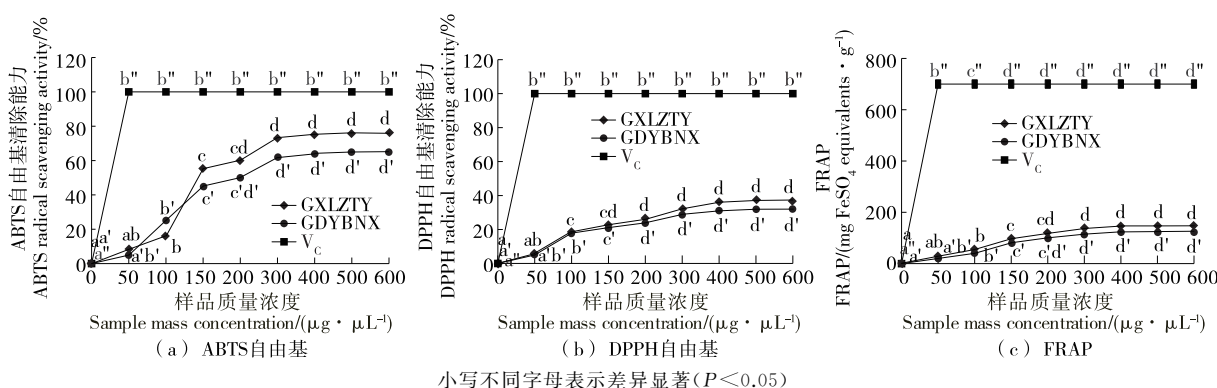


图 3 酸笋的自由基清除能力

Figure 3 Free radical scavenging capacity of bamboo shoots

GXLZTY 酸笋和 GDYBNX 酸笋的 FRAP 活性分别为 146, 122 $\text{mg FeSO}_4/\text{g}$ 。与清除 ABTS 自由基和 DPPH 自由基一样, GXLZTY 酸笋提取物的抗氧化活性略高 ($P < 0.05$)。因此, GXLZTY 酸笋提取物具有更高的抗氧化和自由基清除活性。

有研究^[18-21]表明, 黄酮、多酚、对甲基苯酚和二氧化硫能够通过中和及清除自由基, 阻止自由基引起的氧化反应。GXLZTY 酸笋中黄酮、多酚、对甲基苯酚和 SO_2 的含量均显著高于 GDYBNX 酸笋的, 因此推测 GXLZTY 酸笋有更高的抗氧化能力与以上成分有关。

3 结论

GXLZTY 酸笋相比 GDYBNX 酸笋含有更高的氯化物、总黄酮、总多酚和矿物质元素 (Na、Ca、K、Mg、P、S、Fe、Cu、Zn、Ni、Mn、Sn、Al、Ba、Ti、Ti、Sr、Rb、Li、Mo、Sc、Si、B、Zr), 而 GDYBNX 酸笋在总酸、蛋白质、膳食纤维和元素 Cr、W 方面稍高。GXLZTY 酸笋中主要挥发性成分为对甲基苯酚, 而 GDYBNX 酸笋中主要挥发性成分为对甲基苯酚和醋酸。不同地区来源的酸笋在主要营养成分上存在差异, 可能受到竹笋原料地理位置、土壤条件、气候环境和发酵加工方式等因素的影响。此外, GXLZTY 酸笋提取物表现出更高的抗氧化活性和自由基清除能力, 对 ABTS 自由基和 DPPH 自由基的清除能力以及 FRAP 活性均高于 GDYBNX 酸笋提取物。后续将对 GXLZTY 酸笋和 GDYBNX 酸笋中的黄酮、多酚和对甲基苯酚含量进行更详细的测定, 以确定它们与抗氧化活性的确切关系。此外, 还需要进一步探讨影响这些化合物含量的因素, 以便更好地利用这些具有抗氧化活性的自然资源。

参考文献

[1] BASUMATARY A, MIDDHA S K, USHA T, et al. Bamboo shoots as a nutritive boon for Northeast India: An overview[J]. Biotech, 2017, 7(3): 169-174.

[2] LI Y, LI W, LUO Q. Study on the flavor components of sour bamboo shoots[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(2): 96-102.

[3] MILANI G, CURCI F, CAVALLUZZI M M, et al. Optimization of microwave: assisted extraction of antioxidants from bamboo shoots of phyllostachys pubescens[J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2020, 25(1): 358-369.

[4] KUMAR V, NAIK B, SHARMA S, et al. Molecular diversity of microbes associated with fermented bamboo shoots[J]. Trop Life Sci Res, 2022, 33(3): 151-164.

[5] BEHERA P, BALAJI S. Health benefits of fermented bamboo shoots: The twenty-first century green gold of Northeast India[J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2021, 193(6): 1-13.

[6] 汤娇娇, 李珂, 张智鑫, 等. 竹笋加工副产物功能成分研究进展[J]. 食品与机械, 2021, 37(7): 233-240.

TANG J J, LI K, ZHANG Z X, et al. Progress on utilization of bamboo shoot by-products and functional components[J]. Food & Machinery, 2021, 37(7): 233-240.

[7] 李莹, 董浩, 白卫东, 等. 麻竹笋营养成分、风味物质和功能组分的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(13): 1-7.

LI Y, DONG H, BAI W D, et al. Progress in the study of the nutritional composition, flavouring substances and functional components of dendrocalamus latiflorus munro[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2023, 14(13): 1-7.

[8] 郑洪梨, 刘俊辰, 徐巧玲, 等. 竹笋膳食纤维提取、功能特性及应用研究进展[J]. 食品工业, 2022, 43(10): 239-244.

ZHENG H L, LIU J C, XU Q L, et al. Research progress on the extraction, functional properties and application of bamboo shoots dietary fiber[J]. Food Industry, 2022, 43(10): 239-244.

[9] 冯翠萍, 程俊丽, 周玉龙, 等. 芦笋皮提取物抗氧化性研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2011, 31(1): 57-60.

FENG C P, CHENG J L, ZHOU Y L, et al. Study on the bioactivities of extracts from asparagus peel[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2011, 31(1): 57-60.

[10] 严成, 黄桦, 黄蓓, 等. 溪边凤尾蕨总黄酮含量测定方法的建

- 立及提取工艺研究[J]. 贵州中医药大学学报, 2023, 45(2): 31-35.
- YAN C, HUANG H, HUANG B, et al. Establishment of a determination method for total flavonoid content in *Dryopteris crassirhizoma* and study on its extraction process[J]. Journal of Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, 2023, 45(2): 31-35.
- [11] 马江红, 王荣, 杜兴, 等. 槟榔多酚提取物中总多酚和儿茶素类的含量测定[J]. 药学实践杂志, 2022, 40(3): 243-247.
- MA J H, WANG R, DU X, et al. Determination of total polyphenols and catechins in betel nut polyphenol extract [J]. Journal of Pharmaceutical Practice, 2022, 40(3): 243-247.
- [12] 蔡玥, 杨潇然, 杜玫, 等. 盐水浓度对甜竹笋发酵过程挥发性风味物质的影响[J]. 食品科技, 2020, 45(12): 59-66.
- CAI Y, YANG X R, DU M, et al. Effect of brine concentration on volatile flavor compounds in bamboo shoots during fermentation [J]. Food Science and Technology, 2020, 45(12): 59-66.
- [13] 蔡玥, 贾利蓉, 杜玫, 等. 广西酸笋挥发性风味物质分析[J]. 中国调味品, 2021, 46(11): 142-145.
- CAI Y, JIA L R, DU M, et al. Analysis of volatile flavor components of Guangxi sour bamboo shoots [J]. Chinese Condiment, 2021, 46(11): 142-145.
- [14] OH S K, SUKAMOTO C T, KIM K, et al. Investigation of glucosinolates, and the antioxidant activity of Dolsan leaf mustard kimchi extract using HPLC and LC-PDA-MS/MS[J]. Journal of Food Biochemistry, 2017, 41(3): 1-10.
- [15] 李笑怡. 酸笋自然发酵中微生物菌群及主要成分变化的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2020: 1, 22-28.
- LI X Y. Study on the variation law of microbial community and main components in natural fermentation of sour bamboo shoots [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2020: 1, 22-28.
- [16] 许志美, 马雁, 印伯星, 等. 乳酸菌及其组合发酵芦笋的条件优化[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 23-28.
- XU Z M, MA Y, YIN B X, et al. Optimization of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) fermented by lactobacillus and their mixed strains[J]. Food Research and Development, 2019, 40(5): 23-28.
- [17] 田玉峰, 孙明浩, 许家敏, 等. 广西酸笋特征风味化合物的研究[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(23): 299-306.
- TIAN Y F, SUN M H, XU J M, et al. Characterization of key aroma compounds in Guangxi fermented bamboo shoots[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(23): 299-306.
- [18] 曾令琴, 郭江涛, 刘杰, 等. 芦荟炒制品中总黄酮提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2023, 39(10): 175-183.
- ZENG L Q, GUO J T, LIU J, et al. Optimization of extraction process and antioxidant activity of total flavonoids from aloe vera stir-fry products[J]. Food & Machinery, 2023, 39(10): 175-183.
- [19] 杭书扬, 杨林霄, 郭建行, 等. 山药皮中黄酮、多酚提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(20): 122-127.
- HANG S Y, YANG L X, GUO J X, et al. Optimization of extraction technology and antioxidant activity of flavonoids and polyphenols from yam skin [J]. Food Research and Development, 2023, 44(20): 122-127.
- [20] 彭瑾, 王红, 周茜, 等. 气相色谱法检测食用油中的抗氧化剂叔丁基对羟基茴香醚、2,6-二叔丁基对甲基苯酚和叔丁基对苯二酚[J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32(4): 399-401.
- PENG J, WANG H, ZHOU Q, et al. Detection of antioxidants, butylated hydroxyanisole, 2, 6-di-tert-butyl-p-methyl phenol and tertiary butylhydroquinone in edible oil by gas chromatography[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2022, 32(4): 399-401.
- [21] 汪荷澄, 蒲云峰. 二氧化硫抗氧化能力及其在干果中的含量分析[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(2): 22-26.
- WANG H C, PU Y F. Analysis the antioxidant activities of sulfur dioxide and its content of dried fruits [J]. Food Research and Development, 2019, 40(2): 22-26.

信息窗

乌克兰发布果酱果冻相关规定

2024年1月11日,乌克兰农业政策和粮食部发布关于果酱、果冻、非柑橘类果酱和甜栗子泥的相关规定,自发布6个月后生效。主要内容:

(1) 各种产品的术语和定义。

(2) 标签食品名称按使用水果的质量分数从高到低依次标明所用水果的名称;使用由3种或以上水果,则名称可由“水果混合物”等取代,水果含量以“每100 g食品由水果制成(以克计)”表示,总糖含量以“每100 g总糖含量(以克计)”表示。

(3) 生产每1 000 g不同品质级数果酱时的水果用

量要求(如普通品质:腰果160 g、百香果60 g;特级:腰果230 g、百香果80 g等。

(4) 生产普通品质果酱、果冻、非柑橘类果酱、甜栗子泥时,水果、果肉、果泥等可进行加热、冷却、冻干干燥、使用二氧化硫等加工处理,可加入蜂蜜酒类香料等成分。

(5) 其他各类水果在生产时的规定(如柑橘类果皮、天竺葵叶可用于生产果冻,生产草莓、覆盆子、醋栗、红醋栗和李子果酱果冻时,可以添加甜菜根汁等)。

(来源: <http://news.foodmate.net>)