

热加工方式对雪花梨汤品质的影响

杨 壮^{1,2}, 赵江丽², 滑竺青¹, 易岸威¹, 王永霞^{1,*}, 关军锋^{2,*}

(1. 河北工程大学生命科学与食品工程学院, 河北 邯郸 056000;

2. 河北省农林科学院生物技术与食品科学研究所, 河北 石家庄 050051)

摘要:比较两种热加工方式制备的雪花梨汤营养品质和挥发性物质的差异。以雪花梨为材料,采用炖制和烤制两种方式制备雪花梨汤,分析其感官品质、理化特性、抗氧化能力和挥发性物质成分。结果表明,烤制梨汤得率为67.24%,感官评分、固酸比和羟自由基清除率较高,褐变度和浊度较小;炖制梨汤得率为74.41%,色泽鲜亮, L^* 值和 a^* 值较高;两种梨汤的可溶性糖组分、总酚、总黄酮含量和1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除率无显著性差异。电子鼻检测结果显示,两种梨汤的气味能完全分离;电子舌检测结果显示,酸味、苦味、涩味、咸味和甜味对滋味的区分起主要作用;两种梨汤中共检测到挥发性成分52种,包括酯类8种、醛类11种、醇类9种、烷烃类19种、酮类2种、其他类物质2种及 α -法尼烯,其中烤制梨汤挥发性物质种类较多(43种),总含量较高(38.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$)。两种热加工方式制备梨汤的感官品质、理化特性、功能性及活性成分均有一定差异,且风味特征和挥发性成分明显不同。

关键词:梨汤;热加工;理化性质;风味;挥发性物质

Effect of Thermal Processing Methods on the Quality of Xuehua Pear Decoction

YANG Zhuang^{1,2}, ZHAO Jiangli², HUA Zhuqing¹, YI Anwei¹, WANG Yongxia^{1,*}, GUAN Junfeng^{2,*}

(1. College of Life Science and Food Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056000, China;

2. Institute of Biotechnology and Food Science, Hebei Academy of Agriculture and Forestry, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: In order to compare the differences in nutritional quality and volatiles of Xuehua pear decoction prepared by two thermal processing technology. The decoction was prepared from Xuehua pear using two thermal processing methods, namely stewed and roasted, and the sensory quality, physicochemical properties, antioxidant capacity, and volatile composition of the decoction were analyzed. The results showed that roasted pear decoction with a yield of 67.24% had higher sensory score, solid-acid ratio and higher hydroxyl radical scavenging ratio, and lower browning and turbidity values; stewed pear decoction with a yield of 74.41% had bright color and larger L^* and a^* value. There was no significant differences between the two pear decoctions in soluble sugars components, total phenols, total flavonoids content and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging ratio. Electronic nose test results showed that the odor of two types of pear decoction could be completely separated. Elec-

基金项目:国家现代农业产业(梨)技术体系项目(CARS-28-23)

作者简介:杨 壮(1997—),男,汉族,硕士在读,研究方向为食品加工与安全。

*通信作者:王永霞,硕士,教授,研究方向为功能性食品研究与开发。

关军锋,博士,研究员,研究方向为果实品质与贮藏加工技术。

tronic tongue test showed that the acidity, bitterness, astringency, saltiness, and sweetness played a major role in the distinction of the taste. A total of 52 volatiles were detected in the two pear decoctions, including 8 esters, 11 aldehydes, 9 alcohols, 19 alkanes, 2 ketones, two other types of substances and α -farnesenes, among which, the roasted pear decoction possessed the more varieties of volatiles (43) and higher total contents (38.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$). There were some differences in the sensory quality, physicochemical properties, functional and active components of pear decoction prepared with two thermal processing method, and the flavor characteristics and volatile components were obviously different.

Key words: decoction; thermal processing; physicochemical property; flavor; volatile substance

中图分类号:TS255.4

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2024.07.005

雪花梨(*Pyrus nivalis* Jv.)为蔷薇科梨属植物,是我国著名白梨品种,含有糖^[1]、有机酸^[2]、酚酸^[3]、黄酮类物质^[4]和多种维生素^[5],酸甜可口,具有生津止渴、开胃消食和消痰祛风等保健功能。梨汤是梨果传统加工产品之一。民间常将雪花梨与话梅、枸杞、银耳和冰糖等材料共同熬制,用于保健及咳嗽、哮喘等疾病的治疗。临床资料显示,梨汤还可用于辅助治疗肝炎、肝硬化、高血压、冠心病等疾病^[6]。

在生产中,常见汤汁类产品的热加工方式主要有炖制(热蒸汽加热)、烤制(热空气烤制)和煮制(直接热水煮)等^[7],不同热加工方式所制得产品的感官品质、理化特性各有特点。王楠^[8]发现热加工方式对葡萄浓缩汁褐变度和5-羟甲基糠醛含量有影响。徐映雨等^[9]发现微波加热水煮牛肉的失水率低于沸水煮和低温慢煮。郭磊等^[10]发现传统煮制牛肝菌汤的游离氨基酸含量高于微波加热和高压加热。吴秀秀等^[11]发现,泡、煮和煮后焖3种泡法对茶汤香气物质含量影响较大,煮法茶汤中 β -罗勒烯、环氧- β -紫罗兰酮、水杨酸甲酯和吡嗪等香气组分的含量较低。

目前市场上常见的梨汤产品有小吊梨汤、冰糖雪梨汤等,但尚未见有关梨汤制备工艺和品质的研究报告。本文采用炖制和烤制两种热加工方式制备雪花梨汤,对其感官品质、理化特性、抗氧化活性成分和功能以及挥发性成分进行对比分析,以期对梨加工产品研发提供研究基础和技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

雪花梨,于2022年10月初购于河北省石家庄市赵县。

福林酚,北京博奥拓达科技有限公司;无水碳酸钠、亚硫酸铁、无水乙醇、氢氧化钠、亚硝酸钠、氯化

钠,天津永大化学试剂有限公司;没食子酸,中国食品药品检定研究院;硝酸铝化合物、水杨酸,上海麦克林生化科技有限公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH),美国阿法埃莎化学有限公司;果糖、D-无水葡萄糖、蔗糖和山梨醇标准品,北京索莱宝生物科技有限公司;乙腈,德国默克股份有限公司;芦丁、交联聚乙烷基吡咯烷酮(Polyvinylpolypyrrolidone, PVPP),生物工程(上海)股份有限公司;3-壬酮(色谱纯),梯希爱(上海)化工工业发展有限公司。

1.1.2 仪器与设备

DDZ-C25X6型陶瓷炖盅,广东小熊股份有限公司;X1-00型电烤炉,广东飞老鼠机械设备有限公司;PAL-1型数显糖度计,日本Atago公司;OHAUS Starter 3100型pH计,梅特勒托利多科技(中国)有限公司;CR-400色差仪,日本Konica Minolta公司;SA402B电子舌味觉分析系统,日本Insent公司;PEN3便携型电子鼻,德国Airsense公司;GCMS-TQ8040气相色谱质谱联用仪,UV-2600紫外分光光度计,日本岛津公司;HITACHIL-2000高效液相色谱仪,日本日立公司。

1.2 方法

1.2.1 梨汤样品的制备

将雪花梨(鲜梨可溶性固形物含量(Soluble solid content, SSC)12.1%,可滴定酸含量为0.45%)洗净去核,切成1 cm大小的果块。参考陈丽兰等^[12]的方法并稍作修改:取果块100 g于加热容器中,加纯净水300 g,盖上盖子加热处理1 h。滤除果块,取汤称质量(g),并计算梨汤得率:

$$\text{梨汤得率}(\%) = \frac{\text{梨汤质量}}{400} \times 100$$

炖制:将装好果块(100 g)和纯净水(300 g)的密闭炖盅放入炖锅内,炖锅加纯净水至刻度线,采用“精炖”模式,加热时间1 h。

烤制:将装好果块(100 g)和纯净水(300 g)的密闭烤杯放入烤箱内,烤箱温度设置为 200 ℃,加热时间 1 h。

1.2.2 理化指标的测定

pH 值:使用 pH 计测定;可溶性固形物含量:使用糖度计测定;可滴定酸含量:采用酸碱滴定法^[13]测定,以苹果酸计;褐变度:参照赵欣等^[14]的方法测定;浊度:参照赵光远等^[15]的方法测定;色度:使用 CR-400 色差仪测定。固酸比为 SSC 与可滴定酸含量之比。

1.2.3 糖含量的测定

根据袁晖等^[16]的方法并修改如下:采用高效液相色谱(HPLC)法测定果糖、山梨醇、葡萄糖以及蔗糖的含量并计算梨汤甜度值^[17],蔗糖的甜度值为 1.00,果糖为 1.75,葡萄糖为 0.70,山梨醇为 0.40,梨汤的甜度值=蔗糖含量×1.00+果糖含量×1.75+葡萄糖含量×0.70+山梨醇含量×0.40。取梨汤样品 5 mL,加入 0.2 g 交联聚乙烯基吡咯烷酮,涡旋 30 s,8 000 r/min 离心 10 min,取 1 mL 上清液并加入 4 mL 乙腈,混匀,于 4 ℃ 静置 4 h。取上清液,经 0.45 μm 滤膜过滤,取滤液注入液相色谱仪进行分析。以葡萄糖、山梨醇、果糖和蔗糖标准品制备标准曲线,由此计算梨汤中糖分含量。

色谱条件:色谱柱为 Agilent UG80(4.6 mm × 250 mm,5 μm),流动相为 85%乙腈-水溶液,等度洗脱,流速为 1.0 mL/min,柱温 35 ℃,进样量 20 μL。

1.2.4 总黄酮含量的测定

根据杨彩媚等^[18]的方法并修改如下:吸取不同浓度的芦丁标准液各 0.3 mL 分别置于不同试管中,依次加入 0.3 mL 的 5%亚硝酸钠溶液,0.3 mL 的 10%硝酸铝溶液,4 mL 浓度为 1 mol/L 的 NaOH 溶液,摇匀,静置 10 min,以 70%的乙醇为空白样,测定 510 nm 处的吸光度值,绘制标准曲线。取梨汤样品 0.3 mL,按照上述操作处理,根据标准曲线,计算出梨汤的总黄酮含量。

1.2.5 总酚含量测定

根据胡瑞云等^[19]的方法并修改如下:分别吸取不同浓度的没食子酸标准溶液各 0.5 mL,分别置于不同试管中,依次加入 0.5 mL 浓度为 1 mol/L 的福林酚试剂,1 mL 的 7%碳酸钠溶液,去离子水定容至 25 mL,摇匀,避光反应 1 h,以去离子水为空白样,测定 765 nm 处的吸光度值,绘制标准曲线。取梨汤样品 0.5 mL,按照上述相同操作进行显色反应,根据标准曲线,计算出梨汤的总酚含量。

1.2.6 抗氧化能力的测定

DPPH 自由基清除能力:参考 Yokozawa 等^[20]的方

法,于 2 mL 的 DPPH-乙醇溶液(0.02 mg/mL)中加入梨汤样品 2 mL,混匀。置于暗环境中反应 30 min,以无水乙醇为参比,测定 517 nm 处的吸光度值。

羟基自由基清除能力:参考马晓华等^[21]的方法,将 2 mL 梨汤样品加入到 1 mL 浓度为 8.8 mmol/L 的 H₂O₂ 中,加入 1 mL 浓度为 9 mmol/L 的水杨酸-乙醇溶液和 1 mL 浓度为 9 mmol/L 的 FeSO₄ 溶液,置于暗环境中反应 30 min。以去离子水为参比,测定 510 nm 处的吸光度值。

DPPH 自由基和羟基自由基清除率计算公式为:

$$\text{清除率}(\%) = \frac{A_0 - (A_x - A_{x_0})}{A_0} \times 100$$

式中:A_x 为添加样品的吸光度值;A_{x0} 为本底吸光度值;A₀ 为空白组吸光度值。

1.2.7 感官评价

由 5 位经过培训的人员组成感官评价小组,分别从色泽、香气、口感、澄清度 4 个方面对雪花梨汤的感官品质进行评价,感官评分标准^[22]详见表 1。

表 1 雪花梨汤感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of Xuehua pear decoction

指标	评分标准	评分/分
色泽 (2分)	颜色呈黄白色,色泽均匀	1.6~2.0
	颜色呈黄白色,色泽较均匀	1.1~1.5
	颜色呈淡黄色,色泽均匀或不均匀	0.5~1.0
	颜色呈褐色或偏深,色泽不均匀	0~0.4
香气 (2分)	具有浓郁梨汤特殊的甜香气味,无异香	1.6~2.0
	具有正常梨汤特殊甜香气味,无异香	1.1~1.5
	具有清淡梨汤特殊甜香气味,有轻微异香	0.5~1.0
口感 (3分)	无梨汤特殊香甜气味,有异香	0~0.4
	酸甜可口,口感清新,无异味	2.1~3.0
	酸甜适中,口感较为清新,无异味	1.1~2.0
	酸甜适中,口感略微清新,稍有异味	0.5~1.0
澄清度 (3分)	酸甜失调,无清新感,有异味	0~0.4
	澄清透明,无沉淀	2.1~3.0
	微浑浊,略有沉淀	1.1~2.0
	较浑浊,有少量沉淀	0.5~1.0
	严重浑浊,沉淀较多	0~0.4

1.2.8 电子鼻检测

参考岳盈肖等^[23]的方法检测。

1.2.9 电子舌检测

参考王明雪等^[24]的方法检测。

1.2.10 挥发性成分分析

参考岳盈肖等^[25]的方法并修改如下:利用气相色谱-质谱(Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)联用仪对梨汤的挥发性物质组成进行检测。取梨

汤 6 mL 置于 15 mL 顶空瓶中,依次加入氯化钠 3 g、3-壬酮内标液(1 $\mu\text{g}/\text{mL}$)200 μL 做为待测样品。

1.2.11 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 软件对数据进行计算,结果以 $\bar{x}\pm s$ 表示;采用 SPSS 21.0 软件进行统计分析,以 Microsoft Word 2010 和 Origin 2022 软件绘图, $P<0.05$ 代表差异显著具有统计学意义。电子鼻结果采用自带的 Winmuster 软件进行主成分分析(Principal component analysis, PCA)和载荷>Loading)分析及绘图。

2 结果与分析

2.1 感官品质评价结果

烤制梨汤色泽黄白、均匀,酸甜可口、口感清新,具有雪花梨特有的气味和梨汤甜香,汤体澄清透明,感官评分为(8.60 \pm 0.12)分。炖制梨汤呈黄白色,色泽均匀,口感酸甜、较为清新,具有梨汤的甜香气味,汤体澄清、无浑浊,感官评分为(8.10 \pm 0.09)分。

2.2 不同热加工方式下雪花梨汤理化指标的对比分析

由表 2 可知,烤制雪花梨汤可滴定酸含量和浊度较低,pH 和固酸比较高($P<0.05$);炖制梨汤得率、可滴定酸含量和浊度较高,固酸比较小($P<0.05$)。两种梨汤的 SSC 和 L^* 值均无显著性差异;色泽方面,炖制梨汤色泽较为鲜亮,烤制梨汤的褐变度和 a^* 值较小。

表 2 雪花梨汤的理化指标

Table 2 Physicochemical indexes of Xuehua pear decoction

指标	炖制梨汤	烤制梨汤
得率/%	74.41 \pm 0.05 a	67.24 \pm 0.05 b
pH	5.17 \pm 0.02 b	5.28 \pm 0.01 a
SSC/%	2.73 \pm 0.03 a	2.80 \pm 0.00 a
可滴定酸含量/%	0.48 \pm 0.02 a	0.35 \pm 0.01 b
固酸比	5.70 \pm 0.28 b	8.10 \pm 0.24 a
褐变度($OD_{420\text{nm}}$)	0.25 \pm 0.01 a	0.22 \pm 0.01 b
浊度($OD_{660\text{nm}}$)	0.13 \pm 0.01 a	0.10 \pm 0.01 b
L^* 值	50.37 \pm 0.04 a	50.32 \pm 0.04 a
a^* 值	0.20 \pm 0.01 a	0.16 \pm 0.01 b
b^* 值	-0.07 \pm 0.04 b	0.06 \pm 0.01 a

注:同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),表 3 和表 5 同。

2.3 不同热加工方式下雪花梨汤糖组分的对比分析

由表 3 可以看出,梨汤中检出了果糖、山梨醇、葡萄糖和蔗糖,其含量均无显著性差异。炖制梨汤的得率(74.41%)显著高于烤制梨汤(67.24%),糖组分总量和甜度值均表现为烤制梨汤>炖制梨汤。在两种梨汤中蔗糖含量均较低,而果糖和葡萄糖含量较高,可能是由于温度升高有利于蔗糖降解形成葡萄糖和果糖^[26]。

表 3 雪花梨汤的可溶性糖含量

Table 3 Soluble sugar content of Xuehua pear decoction

指标	炖制梨汤	烤制梨汤
果糖含量/($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	12.67 \pm 0.28 a	13.37 \pm 0.22 a
山梨醇含量/($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	8.51 \pm 0.21 a	8.34 \pm 0.15 a
葡萄糖含量/($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	5.00 \pm 0.13 a	5.41 \pm 0.13 a
蔗糖含量/($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	0.35 \pm 0.05 a	0.35 \pm 0.02 a
总量/($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	26.53 \pm 0.59 a	27.47 \pm 0.50 a
甜度值	29.42 \pm 0.63 a	30.87 \pm 0.54 a

2.4 不同热加工方式下雪花梨汤抗氧化能力和活性成分含量对比分析

对两种热加工方式制得雪花梨汤的抗氧化活性成分及抗氧化能力进行比较分析,结果如表 4 所示。炖制和烤制梨汤中总酚、总黄酮含量和对 DPPH 自由基清除率无明显差异,但烤制梨汤对羟基自由基清除率显著高于炖制($P<0.05$)。

表 4 雪花梨汤的抗氧化活性和功能成分

Table 4 Antioxidant active and functional component of Xuehua pear decoction

样品	总酚含量/ ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	总黄酮含量/ ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	DPPH 自由 基清除率/%	羟基自由 基清除率/%
炖制梨汤	0.16 \pm 0.01 a	0.17 \pm 0.01 a	82.25 \pm 0.45 a	21.94 \pm 1.28 b
烤制梨汤	0.17 \pm 0.01 a	0.17 \pm 0.01 a	82.48 \pm 0.47 a	25.15 \pm 1.12 a

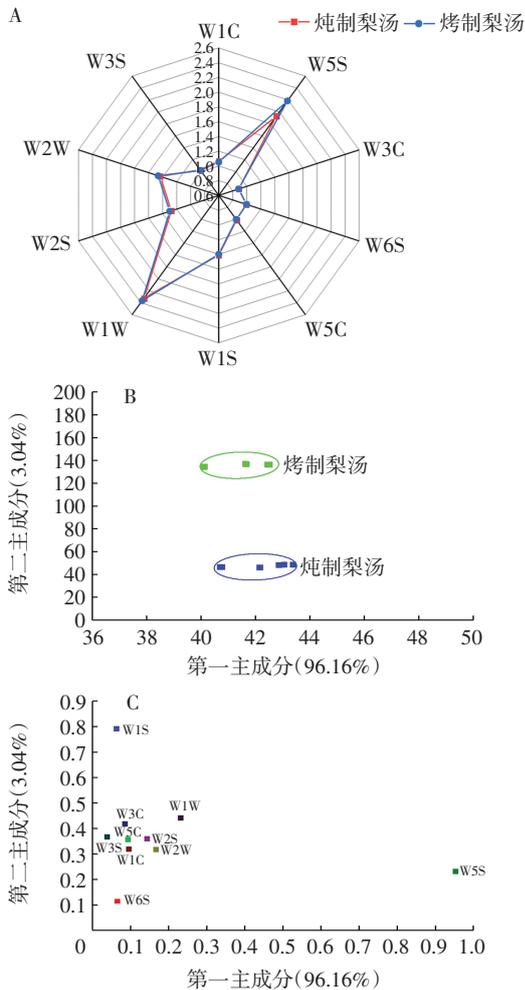
注:同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.5 电子鼻分析结果

由图 1A 可知,两种梨汤在 10 种传感器上的响应各异,在 W5S、W1W 和 W2W 传感器上的响应值较大。由图 1B 的 PCA 结果显示,第一主成分(PC1)和第二主成分(PC2)的贡献率分别为 96.16%和 3.04%,总贡献率为 99.20%,充分涵盖了两种梨汤样品的主要信息,炖制梨汤和烤制梨汤能够完全分离,说明其气味具有明显差异。Loading 分析可用于判断各传感器对样品的区分能力,各传感器在某主成分轴上的特征向量绝对值越大,表示该传感器对此主成分贡献率越大。由图 1C 可知,传感器 W5S 对样品区分能力最佳,其次为 W1W、W2W、W1S 和 W2S,其中 W5S 对第一主成分贡献率最大,W1S 对第二主成分贡献率最大。

2.6 电子舌分析结果

滋味是评价食品品质的重要指标,感官评价存在结果重复性差、个人主观性强等缺点。电子舌操作简单、灵敏度高,更加客观^[27-28]。采用电子舌对两种梨汤的滋味进行分析,图 2 结果显示,两种梨汤在酸味、苦味、涩味、咸味和甜味差别明显;苦味回味、涩味回味、鲜味和丰富度无明显差异。



注:A. 雷达图;B. PCA 图;C. Loading 图。

图 1 雪花梨汤电子鼻检测结果

Fig.1 Electronic nose test results of Xuehua pear decoction

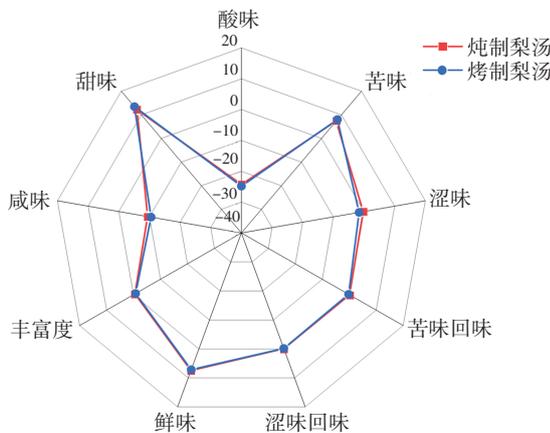


图 2 雪花梨汤电子舌检测结果

Fig.2 Electronic tongue test results of Xuehua pear decoction

2.7 GC-MS 分析结果

由表 5 可见,雪花梨汤中检出挥发性成分共 52 种,其中酯类 8 种、醛类 11 种、醇类 9 种、烷烃类 19 种、酮类 2 种、其他类 2 种及 α -法呢烯。炖制梨汤共检测出挥发性物质 42 种,总含量为 32.88 $\mu\text{g}/\text{mL}$;烤

制梨汤共检出挥发性物质 43 种,总含量 38.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$,其中炖制梨汤和烤制梨汤共有物质 33 种。烤制梨汤中挥发性物质种类和含量较高,与电子鼻 PCA 检测结果一致。

与王明雪^[29]和苏菲烟^[30]的检测结果相比,梨汤挥发性成分中的二甲酯类、支链醇类、支链烷烃可能与热处理有关。 α -法呢烯是烤制梨汤特有物质,同时也是烤制梨汤中关键的赋香物质,其香味阈值对烤制梨汤的风味形成贡献很大^[31]。两种梨汤均检测出微量的 2,6-二叔丁基苯醌,该物质对眼、黏膜、皮肤有刺激毒性^[32],值得进一步关注。

表 5 雪花梨汤挥发性成分比较

Table 5 Comparison of volatile components of Xuehua pear decoction 单位: $\mu\text{g}/\text{mL}$

分类	名称	炖制梨汤	烤制梨汤	
酯类	丁酸甲酯	0.74±0.03 a	0.84±0.13 a	
	2-甲基丁酸甲酯	1.10±0.04 a	1.41±0.15 a	
	乙酸乙酯	0.05±0.01	—	
	丁二酸二甲酯	0.10±0.01 a	0.06±0.04 a	
	戊二酸二甲酯	0.11±0.01	—	
	环丁酸壬酯	0.14±0.01 a	0.08±0.04 b	
	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯	0.30±0.21 a	0.30±0.23 a	
	棕榈酸甲酯	—	0.05±0.01	
	小计	2.54±0.29 a	2.73±0.58 a	
	醛类	己醛	0.20±0.02	—
		苯乙醛	0.05±0.01 a	0.06±0.02 a
		反式-2-壬烯醛	0.10±0.01 a	0.05±0.01 b
壬醛		5.14±0.18 a	4.31±0.14 b	
三癸醛		—	0.10±0.03	
癸醛		1.66±0.17 a	1.24±0.12 b	
(E)-2-庚烯醛		—	0.03±0.01	
十一醛		0.13±0.09	—	
反式-2,4-癸二烯醛		0.08±0.01	—	
十二醛		0.09±0.02 a	0.07±0.01 a	
十四醛		—	0.06±0.01	
小计	7.44±0.50 a	5.93±0.33 b		
醇类	4-甲基-2-戊醇	0.34±0.03	—	
	2,4-二甲基-2-戊醇	0.05±0.01	—	
	1,2-二甲基-3-环戊醇	0.11±0.01	—	
	2-乙基己醇	0.35±0.05 a	0.27±0.04 a	
	正辛醇	0.27±0.02 a	0.08±0.03 b	
	3-乙基-3-辛醇	0.33±0.01 a	0.24±0.01 a	
	3-甲基-3-壬醇	0.19±0.01 a	0.14±0.01 a	
	1,5-己二烯醇	—	2.02±0.05	
Z- α -反式-佛手柑醇	—	0.03±0.01		
小计	1.63±0.13 b	2.78±0.15 a		

续表5 雪花梨汤挥发性成分比较

Continue table 5 Comparison of volatile components of Xuehua pear decoction		单位: $\mu\text{g}/\text{mL}$	
分类	名称	炖制梨汤	烤制梨汤
烷烃类	2-甲氧基-己烷	0.35±0.01 b	0.48±0.02 a
	1-甲氧基-己烷	0.11±0.03 a	0.13±0.03 a
	壬烷	3.15±0.23 a	3.10±0.10 a
	2,5-二甲基辛烷	0.24±0.03 a	0.26±0.02 a
	5-甲基壬烷	0.04±0.01 a	0.04±0.01 a
	4-甲基壬烷	0.22±0.03 b	0.28±0.01 a
	3-甲基壬烷	0.49±0.05 a	0.57±0.01 a
	2-甲基壬烷	0.34±0.04 a	0.37±0.01 a
	癸烷	11.91±0.89 b	16.56±0.89 a
	5-甲基癸烷	0.18±0.02 a	0.22±0.01 a
	4-甲基癸烷	0.14±0.01 b	0.20±0.01 a
	3-甲基癸烷	0.33±0.03 b	0.48±0.01 a
	2-甲基癸烷	0.24±0.03 b	0.36±0.01 a
	十一烷	0.51±0.05 b	0.80±0.01 a
	十四烷	0.05±0.01 b	0.09±0.02 a
	十五烷	—	0.19±0.06
	十六烷	—	0.06±0.02
十七烷	0.61±0.50	—	
	(1S)-1,1-7,7-二甲基-2-双环庚烷	—	0.04±0.01
小计		18.91±1.95 b	24.23±1.24 a
酮类	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.54±0.03 a	0.20±0.05 b
	香叶基丙酮	0.13±0.01 a	0.04±0.01 b
小计		0.67±0.05 a	0.25±0.05 b
其他类	2-氧代辛酸	1.69±0.04 a	1.45±0.06 b
	2,6-二叔丁基苯醌	0.68±0.08 a	0.44±0.03 b
小计		2.37±0.12 a	1.89±0.09 b
萜烯	α -法呢烯	—	0.63±0.01
合计		32.88±2.95 b	38.00±2.43 a

注:—表示未检出。

3 结论

综上所述,炖制和烤制雪花梨汤在感官品质、理化特性、气味、滋味和挥发性物质组成均有差异,在SSC、 L^* 值、 b^* 值和可溶性糖含量上无显著性差异,电子鼻可以准确区分两种不同热加工方式的雪花梨汤,电子舌可以区分两种梨汤滋味上的差异。烤制梨汤的挥发性物质种类和总含量均高于炖制梨汤。但热加工过程中梨汤的成分变化规律、导致差异的关键成分及其形成机理有待深入研究。

参考文献:

[1] AKAGIĆ A, ORAS A, GAŠI F, et al. A comparative study of

ten pear (*Pyrus communis* L.) cultivars in relation to the content of sugars, organic acids, and polyphenol compounds [J/OL]. Foods, 2022, 11(19)[2023-10-10]. <https://doi.org/10.3390/foods11193031>. DOI: 10.3390/foods11193031.

- [2] WOJDYŁ O, NOWICKA P, TURKIEWICZ I P, et al. Comparison of bioactive compounds and health promoting properties of fruits and leaves of apple, pear and quince[J/OL]. Scientific Reports, 2021, 11(1)[2023-10-10]. <https://www.nature.com/articles/s41598-021-99293-x>. DOI: 10.1038/s41598-021-99293-x.
- [3] ZHANG X Y, LI Y M, LI Y, et al. Changes of bioactive components and antioxidant capacity of pear ferment in simulated gastrointestinal digestion in vitro[J/OL]. Foods, 2023, 12(6)[2023-10-10]. <https://doi.org/10.3390/foods12061211>. DOI: 10.3390/foods12061211.
- [4] 张笑莹,赵江丽,李月,等.雪花梨酵素两步发酵工艺优化[J].现代食品科技,2023,39(7):32-41. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.7.0950.
- [5] 李丽梅,冯云霄,何近刚,等.不同部位“雪花”梨所酿梨酒中酚类物质的分析和抗氧化能力比较[J].食品研究与开发,2019,40(7):74-78. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2019.07.013.
- [6] 曹刘荻,赖象权,何本求,等.复方藤梨汤对结肠直肠癌术后化疗患者生存质量及免疫功能的影响[J].中华肿瘤防治杂志,2020,27(S1):104-105.
- [7] 林瑞榕,袁红飞,钟小清,等.不同熬制工艺对“佛跳墙”营养成分及风味物质的影响[J].食品科学,2023,44(4):240-246. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20220420-252.
- [8] 王楠.不同加热方式对三种葡萄浓缩汁品质变化的影响[D].塔里木:塔里木大学,2019.
- [9] 徐映雨,赵溢智,吴明洪,等.不同烹饪方式对水煮牛肉品质的影响[J].现代食品,2023,29(5):72-76. DOI:10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2023.05.019.
- [10] 郭磊,郭娟,范方宇,等.不同熬制工艺对美味牛肝菌汤中氨基酸成分的影响[J].食品工业,2017,38(2):17-19.
- [11] 吴秀秀,周雅贞,李鑫磊,等.政和白茶不同泡法对其茶汤香气、糖类组分影响研究[J].茶叶学报,2023,64(1):38-45. DOI: 10.20045/j.cnki.issn.2096-0220.2023.01.005.
- [12] 陈丽兰,陈祖明,袁灿.基于万能蒸烤箱的鸡汤炖制工艺分析[J].现代食品科技,2023,39(1):262-269. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.1.0262.
- [13] 赵婉彤,薛杨,孙珍珠,等.宽皮柑桔可滴定酸检测方法的对比研究[J].中国南方果树,2022,51(2):40-44. DOI:10.13938/j.issn.1007-1431.20210457.
- [14] 赵欣,梁克红,朱宏.不同品种梨营养品质及风味物质比较研究[J].食品安全质量检测报,2020,11(21):7797-7805. DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2020.21.026.
- [15] 赵光远,荆利强,张雪莹,等.储藏温度和时间对混浊苹果汁混浊稳定性的影响[J].食品与机械,2012,28(5):159-162. DOI:10.3969/j.issn.1003-5788.2012.05.043.
- [16] 袁晖,韦云,李馨玥,等.‘南果梨’及其芽变‘南红梨’果实中

- 糖分积累与相关基因表达差异分析[J]. 果树学报, 2017, 34(5): 534-540. DOI: 10.13925/j.cnki.gsx.20160305.
- [17] 姚改芳, 张绍铃, 曹玉芬, 等. 不同栽培种梨果实中可溶性糖组分及含量特征[J]. 中国农业科学, 2010, 43(20): 4229-4237. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2010.20.014.
- [18] 杨彩媚, 林泽燕, 邹毅辉. 风柜斗草发酵液总黄酮含量与抗氧化活性研究[J]. 包头医学院学报, 2018, 34(12): 72-74. DOI: 10.16833/j.cnki.jbmc.2018.12.033.
- [19] 胡瑞云, 沈石妍, 王智能, 等. 甘蔗果酒多酚含量测定的不同方法对比研究[J]. 中国糖料, 2018, 40(3): 22-25. DOI: 10.13570/j.cnki.scc.2018.03.006.
- [20] YOKOZAWA T, DONG E, NAKAGAWA T, et al. *In vitro* and *in vivo* studies on the radical-scavenging activity of tea[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(6): 2143-2150.
- [21] 马晓华, 连宾. 几种常见食用菌清除羟基自由基能力的研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(10): 25-28. DOI: 10.3321/j.issn:0253-990X.2005.10.007.
- [22] 谢三都, 陈惠卿, 庄培荣, 等. 冲泡型灵芝白茶的制备及其茶汤的抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(3): 135-142. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025099.
- [23] 岳盈肖, 闫子茹, 赵江丽, 等. 利用电子鼻解析采后深州蜜桃品质变化[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(8): 101-108. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2021.08.016.
- [24] 王明雪, 赵江丽, 程玉豆, 等. 雪花梨汁超高压处理工艺参数优化[J]. 现代食品科技, 2022, 38(3): 203-210. DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.3.0645.
- [25] 岳盈肖, 何近刚, 赵江丽, 等. 窖藏和冷藏条件下鸭梨挥发性物质及其相关基因表达分析[J]. 中国农业科学, 2021, 54(21): 4635-4649. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2021.21.013.
- [26] 王金虎, 唐欣, 王文, 等. 精确探究温度变化对蔗糖水解反应速率常数的影响[J]. 山东化工, 2021, 50(4): 125-127. DOI: 10.3969/j.issn.1008-021X.2021.04.043.
- [27] TIAN X, LI Z J, CHAO Y Z, et al. Evaluation by electronic tongue and headspace-GC-IMS analyses of the flavor compounds in dry-cured pork with different salt content [J/OL]. Food Research International, 2020[2023-10-10]. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109456>. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109456.
- [28] WEI Z B, YANG Y N, ZHU L Y, et al. Application of novel nanocomposite-modified electrodes for identifying rice wines of different brands[J]. RSC Advances, 2018, 8(24): 13333-13343. DOI: 10.1039/c8ra00164b.
- [29] 王明雪. 雪花梨汁超高压处理工艺优化及其贮藏期的品质变化[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2021. DOI: 10.27104/d.cnki.ghbjy.2021.000488.
- [30] 苏菲烟. 澄清雪梨汁加工关键技术研究[D]. 成都: 西华大学, 2020. DOI: 10.27411/d.cnki.gsegc.2020.000389.
- [31] 吴晴阳, 周子维, 武清扬, 等. 乌龙茶加工过程中 α -法呢烯的形成关键调控基因的筛选与表达分析[J]. 食品工业科技, 2020, 41(15): 135-142. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.15.022.
- [32] 李丽娟. 2,6-二叔丁基对苯醌合成工艺研究[J]. 河北化工, 2001(4): 24-25.

收稿日期: 2023-12-20