青梅腌制加工副产物梅卤化学组成及利用技术研究进展

刘学铭[1]，陈智毅[1]，林耀盛[1]，罗镇波[2]，陈常涛[3]

（1.广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所，农业部功能食品重点实验室，广东省农产品加工重点实验室，广东广州 510610）（2.陆河县伟能食品有限公司，广东陆河 516722）（3.普宁市东昱食品有限公司，广东普宁 515300）

摘要：本文总结了梅卤的来源、化学成分、生物活性和开发利用进展，对其未来产业化开发模式进行了展望。梅卤是青梅盐渍后产生的汁液，是梅坯生产过程中的副产物，每吨青梅经食盐腌制产生约0.5吨梅卤。梅卤含有大量的水和食盐，还含有从青梅中浸出的有机酸、糖、酚类物质和矿物质等成分，其中主要的有机酸为柠檬酸和苹果酸，主要的酚酸类物质为新绿原酸、绿原酸和隐绿原酸，具有抗氧化和抑菌等生物活性。目前梅卤主要用于腌制类风味食品、调味品和饮料等产品开发，也有探索将其用于功能食品开发。未来可能将逐渐改变青梅腌制方式，将食盐腌制改为蔗糖腌制，并开发青梅汁饮料，不再产生梅卤；传统梅卤在调味品和功能性饮料加工方面具有较好的产业化前景。

关键词：青梅；梅卤；成分；生物活性；利用

文章篇号：1673-9078(2017)8-313-318 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.8.045

Research Progress on the Chemical Composition and Utilization of Pickling Liquid from *Prunus mume*

LIU Xue-ming[1], CHEN Zhi-yi[1], LIN Yao-sheng[1], LUO Zhen-bo[2], CHEN Chang-tao[3]

(1.Sericultural and Agri-Food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture, Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China) (2.Luhe Weineng Food Company Ltd, Luhe 516722, China) (3.Puning Dongyu Food Company Ltd, Puning 515300, China)

Abstract: The source, chemical components, biological activities, and utilization of pickling liquid from *Prunus mume* are summarized in this paper, and prospects for the development of future industrialization are also analyzed. Pickling liquid from *Prunus mume* is a by-product generated from the pickling of *Prunus mume* with salt. One ton of fresh *Prunus mume* fruit can produce approximately 0.5 tons of pickling liquid after the pickling process using salt is complete. This liquid contains a large amount of water, salt, and components from *Prunus mume*, including organic acids, soluble carbohydrates, phenolic compounds, and minerals, and possesses antioxidant activity, antimicrobial activity, and other biological activities. The main organic acids are citric acid and malic acid, while the dominant phenolic compounds are neochlorogenic, chlorogenic, and cryptochlorogenic acids. At present, pickling liquid from *Prunus mume* has been mainly used in the development of pickled flavored foods, seasoning products, drinks, and functional foods. In the future, the traditional pickling method for *Prunus mume* will be gradually shifted from pickling with salt to sugar, *Prunus mume* juice and drinks will be developed, and no more pickling liquid will be produced. Conventional salt pickling liquid from *Prunus mume* has good industrialization prospects in the production of seasoning products and functional drinks.

Key words: *Prunus mume*; pickling liquid; chemical component; biological activity; utilization

青梅（*Prunus mume*）又称为酸梅、果梅，为蔷薇科杏属乔木的果实，主要分布于长江流域及华南、西南地区。青梅富含有机酸、膳食纤维、矿物质、酚类物质等营养和活性物质，是常用中药乌梅的原料，为药食两用资源。青梅低糖高酸，不宜鲜食，是典型的加工型水果。尽管近年来青梅的现代加工技术取得

收稿日期：2017-01-07

基金项目：广东省产学研项目（2013B090600093）；广东省促进科技服务业发展计划项目（2014B040404059）

作者简介：刘学铭（1967-），男，博士，研究员，研究方向：农产品加工

了很多进展，也开发了青梅汁饮料和发酵青梅酒等深加工产品，但其传统加工仍然占 90%以上。青梅传统加工产品基本上都是基于盐腌梅坯原料，因此首先必须将新鲜青梅通过食盐腌制加工。在青梅传统盐腌加工中，产生鲜果重量 50%左右的腌制液，因其含有很高浓度的食盐，称为梅卤。长期以来，青梅传统加工的这种副产物都没有得到利用，直接向环境中排放，给当地环境造成一定的污染。随着社会对保护环境和节约资源的高度重视，广大科研工作者对梅卤的性质和利用开展了诸多研究，取得了一定的进展。本文对梅卤的加工利用研究成果进行总结，并进行评述，为解决梅卤污染问题提供新思路。

1 梅卤来源及青梅腌制过程中成分变化

梅卤是青梅盐渍后产生的汁液，是梅坯生产过程中的副产物。在盐渍期间，由于食盐的高渗作用，使鲜梅果中的水分渗透出来，同时青梅中有机酸、糖、氨基酸、维生素、微量元素和一些生物活性物质等可溶性成分也被浸出，形成了青梅盐渍液即梅卤。在梅坯生产过程中，每吨鲜果添加 0.25~0.30 t 食盐进行腌制，产生高达 0.50 t 左右的梅卤。

章铁[1]曾研究了青梅盐渍期间 pH、水分、盐分、柠檬酸和果胶等成分的变化，发现青梅果实在食盐的渗透压下进行脱水，脱水速度与食盐添加量呈正比，约 60 d 左右趋于平衡，脱水量约占鲜果重 10%~20%，并伴以有机酸等水溶性物质的渗出。孙世鑫等[2]也观察了青梅腌制过程中主要成分的变化规律，发现腌渍前后，低等成熟度与中等和高等成熟度青梅在主要成分的含量上均存在显著性差异，实际生产中宜选用中等和高等成熟度的梅果进行混合腌渍；腌渍结束后，有约 46%左右的还原糖和有机酸进入到腌渍液中，与液液出汁率大致相等，糖酸比基本不变，表明梅卤具有很大的利用价值。

林耀盛等[3]研究了青梅腌制过程中主要成分和有机酸谱变化规律，发现青梅腌制过程中，盐分不断向青梅组织中渗透，而青梅中水分、糖和酸等成分不断向外渗透，直至动态平衡。在每吨鲜梅一次性加入 300 kg 食盐进行腌制时，在腌制的第 20 d 左右盐分、总酸和还原糖在果肉与梅卤中基本趋于平衡，此时果肉盐分为 24.42%、总酸为 5.18%、总还原糖为 5.31%；梅卤中相应参数分别为 27.06%，4.91%和 4.79%。

2 梅卤主要化学成分

2.1 一般成分

梅卤实为青梅汁液与食盐的混合物，除水、食盐以外，主要含有从青梅中浸出的可溶性物质。陈智毅等[4]报道梅卤含可溶性固形物 27.2%，总酸 5.17%，还原糖 6.46%。我们分析了来自福建和广东两省 5 个工厂的梅卤，发现其含固形物 31.4%~34.5%，食盐 20.4%~22.0%，总酸 4.55%~5.43%，还原糖 5.18%~8.56%，总酚 250.8~300.8 mg/L（待发表数据）。由此可见，梅卤中的主要成分就是食盐、有机酸和还原糖，以及少量的酚类等生物活性物质。

Kubo 等[5]分析发现，梅卤中含有 15%~20%左右的食盐，其化学需氧量(COD)高达 120000 mg/L(有报道梅卤 COD_{Cr} 为 10000 mg/L[6])，pH 为 2.5 以下，是典型的高盐、高酸、高 COD 废水，直接向环境中排放，可导致局部环境盐化和酸化，破坏环境生态系统。

2.2 有机酸

有机酸是青梅最富于特征的成分，其总酸可达鲜果重量的 5%以上。翟焕趁等[7]利用 HPLC 法检测了青梅中的柠檬酸、苹果酸、草酸、酒石酸、乳酸、乙酸及琥珀酸等 7 种有机酸，发现含柠檬酸 4.5%~4.8%，苹果酸 0.24%~0.67%，其它有机酸含量较少。潘惠慧[8]从青梅果汁中检出了 9 种有机酸成分，总量为 44.84 g/L，也主要是柠檬酸(25.81 g/L)和苹果酸(16.28 g/L)。

有机酸也是梅卤最主要的有机成分。林耀盛等[3]分析了青梅腌制过程中有机酸谱的变化，主要有机酸为柠檬酸，其次是苹果酸和草酸，还含少量的酒石酸、乳酸、乙酸和琥珀酸，腌制到第 20 d 左右时，青梅果和腌制液中的有机酸基本达到平衡。从腌制第 21 d 的梅卤中也检测到 7 种有机酸，其中柠檬酸 3.94%，苹果酸 1.23%，琥珀酸 0.27%。我们检测了来自福建和广东两省 5 个工厂梅卤的柠檬酸和苹果酸含量，分别达到 44.24~51.50 g/L 和 17.92~22.03 g/L(待发表数据)。

2.3 酚类物质

新鲜青梅果肉总酚含量可达到 15.40 mg/g（以没食子酸计）[9]，充分成熟青梅果肉的酚类物质含量可占干物质的 1%[10]。青梅中的酚类物质与其色泽、收敛性和苦味有关[11]。在单体酚方面，夏道宗[12]从青梅中检测到 3 个绿原酸异构体，分别是绿原酸、新绿原酸和隐绿原酸，其中绿原酸含量最高，首次从梅果中检出新绿原酸和隐绿原酸两种绿原酸同系物。Mitani 等[10]也从青梅果肉中分离到新绿原酸和绿原酸，从碱水解物中检测到四种主要的酚酸，即咖啡酸、阿魏酸、顺式和反式香豆酸。表明青梅中主要的酚类物质是羟基肉桂酸衍生物。Yan 等[13]在生物活性跟踪指导下，

从青梅中分离到 7 种黄酮类物质，分别是 2*β*,3*β*-环氧-5,7,4'-三羟基黄烷-(4*α*→8)-表儿茶素、2*β*,3*β*-环氧-5,7,3',4'-四羟基黄烷-(4*α*→8)-表儿茶素、异槲皮苷、芦丁、槲皮素-3-O-新橘皮苷和(-)-表儿茶素，其中第一个化合物是新发现的黄烷二聚体。

我们检测了来自福建和广东两省 5 个工厂梅卤的主要酚类物质，发现其含新绿原酸 106.6~163.4 mg/L，绿原酸 21.9~50.8 mg/L，隐绿原酸 36.2~45.8 mg/L，咖啡酸 2.0~7.0 mg/L，对香豆酸 9.3~15.8 mg/L（待发表数据）。从这些数据看出，梅卤的酚类物质组成与青梅果基本一致，有些酚类物质发生了水解，使一些酚酸游离出来。陈智毅等[14]测定了梅卤的抗氧化功能成分 Lyoniresinol，用乙酸乙酯萃取梅卤，然后过 HPD-100 大孔吸附树脂柱，再用 20%乙醇洗脱，HPLC 法测定的 Lyoniresinol 含量为 1.75 mg/L。

2.4 风味成分

Chen 等[15]分析了盐腌梅坯的挥发性成分，GC 分析得到 181 种化合物，通过质谱鉴定了 92 种，pH 2.5 时主要化合物是芳香类化合物、单萜、单萜醇、酸、一些脂肪醛和醇，pH 7.0 时测定的大多数成分含量小于 pH 2.5。林耀盛等[16]分析了腌制过程中青梅果肉风味成分变化，共检测出 50 种挥发性成分，主要是醛类、醇类、酯类、酸类、酮类、烷烃类和其他杂环类物质。赵笑梅等[17]采用气质联用技术对青梅在梅坯制作过程中香气成分的变化进行了分析，从新鲜青梅、咸水梅、梅坯和腌渍液中分别检测出 26、20、27、12 种香气成分，各占总峰面积的 87.23%、81.65%、79.81%和 90.16%。香气成分主要为醛类、醇类、酯类、呋喃类、酸类、酮类、酚类和碳氢化合物，其中醛类占 67.99~78.61%，醇类占 5.12~10.81%，酯类占 0.20~12.94%。青梅在梅坯制作过程中，醛类的含量基本保持不变，醇类的含量略有增加，酯类的含量大幅度减少。由于青梅风味成分都属于有机物，部分脂溶性较强，不会渗透到梅卤中，因此梅卤中风味物质含量和种类均少于梅果。

2.5 矿物质

尚未看到分析梅卤矿物质的研究报告。但 Furuichi 等[18]研究了成熟青梅腌制加工过程中梅果的矿物质成分变化，钙和镁增加或保持不变，钾下降，铁显著增加，与腌制盐成分有关。由于腌制过程中食盐的溶解和梅果可溶性成分的外渗，可以推测梅卤中钠、钾、镁、铁等矿物质均是不断增加的，直到最终的平衡状态。但具体矿物质含量还有待进一步分析。

2.6 苦杏仁苷

苦杏仁苷(Amygdalin)广泛地存在于蔷薇科植物的种子中，苦杏仁苷遇水在苦杏仁苷酶的酶解或在酸性条件下会分解成氢氰酸和苯甲醛。分析表明，干燥青梅核果仁中含有约 2%苦杏仁苷[19]。青梅腌制液酸度高，其中的苦杏仁苷可发生水解，产生氢氰酸，具有较大的毒性，甚至有报道由于青梅腌制池中挥发性氰化物导致清洁工人死亡事件。陈强等[20]研究发现，苦杏仁苷完全水解的条件为 pH 小于 2.0，腌制 180 d 的青梅腌制废液中苦杏仁苷基本水解完全，氢氰酸质量浓度可达 83.3 mg/L。我们对梅卤进行了苦杏仁苷的多次检测，均未检出。

3 生物活性

关于梅卤的生物活性，除抗氧化活性外，直接以梅卤为对象的活性研究很少。但根据生物活性的物质基础推断，青梅具有的许多其他活性，梅卤也应具备，因为梅卤含有青梅的许多生物活性物质。

3.1 抗氧化

Mitani 等[10]分析了青梅的抗氧化活性，其 ORAC 值依照成熟度的不同为 150~320 μmol/g。陈智毅等[14]测定了梅卤的抗氧化作用，发现梅卤对 DPPH 自由基清除能力(IC_{50})为 0.02 mL，1 mL 梅卤相当于 0.69 mg TBHQ 对 DPPH 自由基的清除能力，其总抗氧化能力为(13.95±0.14) mmol/L (FARP 法)。

3.2 抑菌

除抗氧化活性外，梅卤的抑菌活性也是非常明确的，体现在无需任何处理，梅卤经久不腐。清代顾仲《养小录》记载“腌青梅卤汁至妙，凡糖制各果，入汁少许，则果不坏，而色鲜不退。代醋拌蔬，更佳。”梅卤除含有很高的食盐外，还含有青梅的主要有效成分，如有机酸和酚类物质，具有广谱抗菌作用，对肠道致病菌、百日咳杆菌和伤寒杆菌等均有抑制作用。民间传统有以梅卤作梅醋调配夏季消暑止渴饮料及治疗口腔、咽喉疾病的习惯，现代研究也发现青梅提取物具有抗口腔病原微生物的作用[21]。陈虹等[22]研究了青梅的抑菌作用及其可能的成分，发现青梅汁对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和枯草芽孢杆菌等 3 种细菌均有抑制作用，其抑菌成分可能是顺丁烯二酸类和糠醛类物质，梅卤中也存在这些成分。

3.3 其他活性

除抗氧化和抑菌活性外，对梅卤其他生物活性的直接研究极少，下面仅根据对青梅的生物活性及对应的物质基础研究结果进行推测，为今后开展相关研究提供方向。

抗泌尿系结石作用。潘惠慧[8]发现青梅有机酸具有抑制体外草酸钙晶核形成和抑制晶体生长的作用，随着样品浓度的增加，抑制晶体成核和抑制晶体生长的能力都同步升高。梅卤含有青梅同样的有机酸组成，理论上对梅卤的有机酸等生物活性成分进行回收和精制，应具有类似的活性。

防治骨质疏松作用。有学者发现青梅水提取物可以刺激成骨细胞 MC_2T_3-E_1 的增殖和分化，具有防治骨质疏松作用[23,24]，青梅水提取物主要含有柠檬酸、苹果酸、绿原酸和 5-羟甲基糠醛。除食盐以外，梅卤中的主要有机物与此青梅水提取物一致，因此可以推测，通过脱盐、富集活性物质后，也可以制备出具有同等作用的产物。

抗糖尿病作用。Shin 等[25]采用体内和体外方式研究了青梅 70%乙醇提取物的抗糖尿病作用，发现其增加了 C_2C_{12} 肌管的葡萄糖吸收，增加了 PPAR-c 活性或者 PPAR-c mRNA 的表达。动物实验发现，5%青梅乙醇提取物减弱了高脂膳食诱导的体重增加和脂肪积累，改善了削弱的饥饿血糖水平和葡萄糖耐受性，表明青梅乙醇提取物具有抗糖尿病作用，其作用机制之一是激活 PPAR-c。HPLC 分析发现，该提取物含有绿原酸、咖啡酸、芦丁、木犀草素-7-葡萄糖苷、柚皮苷、芹菜素-7-葡萄糖苷和橙皮苷。青梅乙醇提取物提取的主要是青梅中的可溶性成分，而梅卤中含有的也是青梅可溶性成分，主要酚类物质种类相同，而且青梅酚类物质在高酸性条件下结构稳定，有理由相信梅卤经过处理富集其有机成分，将具有类似的抗糖尿病作用。

4 开发利用

梅卤是很好的调味品，在日本和我国台湾地区，梅卤用于开发梅醋等产品，受到消费者的欢迎。近十多年来，围绕梅卤的开发利用，学者进行了广泛的研究，并取得系列成果。梅卤被用于制作风味食品、梅醋、运动饮料和功能食品等产品，显示出良好的应用前景。

4.1 制作风味食品

利用梅卤含有高浓度食盐和有机酸等风味物质的特点，有将其用于制作梅香萝卜干、梅香咸菜、梅汁泡白菜、梅汁泡萝卜、梅汁泡黄瓜、梅卤白菜、脆梅萝卜、梅香佛手瓜和梅香豇豆等泡菜的专利，还将其用于休闲肉脯的开发[26]。

也有厂家将梅卤浓缩脱盐后回用于青梅蜜饯的加工，开发出富含有机酸青梅蜜饯[27]。

4.2 制作调味品

在日本和我国台湾地区，一些梅卤被用于调味品的开发，名为梅醋（Ume plum vinegar）。在日本，在梅醋制作过程中通常还加入紫苏调色。梅醋，因其高食盐含量，也被称为液体梅盐，可以用于凉拌、烹调等多个方面。但是，我国大陆地区还没有梅醋产品销售的报道。

本课题组将梅卤与鱼露和草菇调味品结合，研发梅卤鱼露[28]和梅卤草菇调味品[29]，还将其用于酸梅酱和酸辣酱的开发。

4.3 制作梅汁和饮料

自俊青和黄毕生申请了“梅卤脱盐制取梅汁的方法”专利[30]，以梅卤为原料，经过常压蒸馏，得分馏物和稠状残留物，将稠状残留物与食用酒精混合后，40~60 ℃萃取，冷却，过滤得滤液和食盐，将所得滤液进行蒸馏，回收酒精后得液体；将所得分馏物与液体合并后，即得脱盐后的梅汁，梅汁经稀释后可直接配制成梅子饮料。为实现梅卤的不间断浓缩除盐，本课题组发明了一种梅卤浓缩设备[31]。该浓缩设备在工作过程中可将析出的食盐贮存于与锥形底相连的圆柱形小罐体，两者之间有球阀相连，当圆柱形储罐装满食盐时，可关闭球阀，取出食盐，不影响浓缩的进行。

滕建文[32]以罗汉果和脱盐后的梅卤（梅醋）为主要原料，配以蜂蜜，开发出风味良好、具有保健作用的罗汉果醋饮料。陈智毅等[33]以梅卤浓缩液、白砂糖、柠檬酸和 β-胡萝卜素等组为原料，研制出梅卤保健饮料，具有典型的青梅果实的滋味，酸中带甜，略有咸味，口感清爽，可以快速补充电解质。

4.4 研制功能食品配料

利用梅卤富含有机酸和酚类物质等生物活性物质的特点，本课题组申请了以梅卤为原料生产一种富含酚类物质和有机酸的梅卤精华素功能食品的专利[34]。分别利用阴离子交换树脂和大孔吸附树脂制取有机酸组分和酚类物质组分，再进行组合，制成以有机酸和酚类物质为主要功能组分的功能食品，具有抗氧化、降血脂和降血糖等功能。

5 展望

5.1 随着人们文化素质和生活水平的提高，对环境保

护的力度将不断加强，更加重视资源的节约、食品的营养和健康，这些因素都将影响食品加工业的发展。具体对青梅腌制加工产业来说，将呈现以下发展趋势。

5.2 利用高浓度食盐腌制青梅的方式，必将产生大量的高盐、高酸副产物梅卤。由于青梅具有低糖高酸的特点，而果汁饮料要求有合适的糖酸比，以青梅为原料研发果汁饮料时需要添加大量的蔗糖等配料。因此目前已经有研究将青梅的腌制由盐腌改为糖腌，利用蔗糖的高渗作用将青梅的有机酸、酚类物质和矿物质等可溶性成分取出，得到青梅糖腌液，然后直接将糖腌液调配成青梅汁饮料，这样就完全利用了青梅的腌制液。糖腌后的青梅果可进一步加工为新型蜜饯，也可以加工成青梅果酱等产品，从而实现青梅可食部分的全利用。Chung 等[35]研究了冷冻处理对青梅蔗糖腌制取汁效率的影响。青梅先被冷冻在-20 ℃或者-50 ℃，解冻后与蔗糖混合，不冷冻青梅为对照。-50 ℃滴水损失比-20 ℃大，澄清度高于对照组，褐变指数低于对照组，葡萄糖、果糖、柠檬酸、酒石酸、苹果酸和绿原酸含量在各组间顺序是-20 ℃>-50 ℃>对照组，表明冷冻预处理影响果汁质量，慢速冷冻是较好的一种渗透取汁方法。

5.3 如前所述，目前已经开发出梅卤的多种利用方法，但大多还处在实验室或者中试阶段，尚未实现产业化。由于梅卤主要含食盐和有机酸，本身价值不太高，如果要投入大量的资源和能源去实现其资源化利用，将打消企业的积极性，因此节能高效的利用方式将具有更好的产业化前景。笔者认为，目前调味品行业已经得到很大的发展，形成了很大的产业，而梅卤的食盐和有机酸都是调味品生产中的重要原料，因此未来梅卤用于调味品的生产可能将得到优先发展。

参考文献

[1] 章铁.梅果腌渍期间的成分变化[J].中国果品研究,1997,2: 31-32
ZHANG Tie. Changes of components in *Prunus mume* during pickling [J]. Chinese Journal of Fruits, 1997, 2: 31-32

[2] 孙世鑫,李汴生,杨艺.青梅腌渍过程中主要成分的变化规律[J].现代食品科技,2009,25(10):1149-1153
SUN Shi-xin, LI Bian-sheng, YANG Yi. Content changes of main components of greengage in pickling process [J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(10): 1149-1153

[3] 林耀盛,刘学铭,钟炜雄,等.青梅腌制过程中主要成分和有机酸谱变化[J].食品科学技术学报,2013,31(4):42-47
LIN Yao-sheng, LIU Xue-ming, ZHONG Wei-xiong, et al. Changes of dominant composition and organic acid profile of *Prunus mume* during pickling process [J]. Journal of Food Science and Technology, 2013, 31(4): 42-47

[4] 陈智毅,刘学铭,吴继军,等.青梅加工副产物的成分分析[J].食品与机械,2009,25(2):86-88
CHEN Zhi-yi, LIU Xue-ming, WU Ji-jun, et al. Study on physical and chemical properties of by-products in sour plum processing [J]. Food & Machinery, 2009, 25(2): 86-88

[5] Kubo M, Hiroe J, Murakami M, et al. Treatment of hypersaline-containing wastewater with salt-tolerant microorganisms [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2001, 91(2): 222-224

[6] 黄德民.梅卤无害化处理技术研究[D].重庆:西南大学,2006
HUANG De-min. Studies on innocuity disposal technique of greengage bittern [D]. Chongqing: Southwest University, 2006

[7] 翟焕趁,史怀,宋亚娜,等.反相 HPLC 同时测定青梅中的 7 种有机酸[J].福建农业学报,2007,22(4):414-417
ZHAI Huan-chen, SHI Huai, SONG Ya-na, et al. Determination of seven organic acids in *Prunus mume* by RP-HPLC [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2007, 22(4): 414-417

[8] 潘惠慧.青梅有机酸组份及其抗结石功能研究[D].杭州:浙江大学,2007
PAN Hui-hui. Organic acid profile of *Prunus mume* and its inhibition effect on urinary stone [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007

[9] 韩明.青梅果多酚提取及其与抗氧化相关性研究[J].食品研究与开发,2007,28(6):31-34
HAN Ming. Study on the extraction and antioxidation of polyphenol in plum [J]. Food Research and Development, 2007, 28(6): 31-34

[10] Mitani T, Horinishi A, Kishida K, et al. Phenolics profile of mume, Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) fruit [J]. Bioscience Biotechnology Biochemistry, 2013, 77(8): 1623-1627

[11] LI Y, LIU Q. *Prunus mume*: history and culture in China [J]. Chronica, 2011, 51(3): 28-35

[12] Xia D Z, Wu X Q, Shi J Y, et al. Phenolic compounds from the edible seeds extract of Chinese Mei (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) and their antimicrobial activity [J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44: 347-349

[13] Yan X T, Li W, Sun Y N, et al. Identification and biological evaluation of flavonoids from the fruits of *Prunus mume* [J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 2014, 24(5):

1397-1402

[14] 陈智毅,徐杰,李升锋,等.梅卤的抗氧化作用及其Lyoniresinol含量的测定[J].中国食品学报,2008,8(2):65-69
CHEN Zhi-yi, XU Jie, LI Sheng-feng, et al. The antioxidant effect of plum bittern and determination of lyoniresinol content [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2008, 8(2): 65-69

[15] Chen C C, Kuo M C, Liu S E, et al. Volatile components of salted and pickled prunes (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1986, 34(1): 140-144

[16] 林耀盛,刘学铭,李升锋,等.青梅腌制过程中的风味物质变化[J].热带作物学报,2015,36(8):1530-1535
LIN Yao-sheng, LIU Xue-ming, LI Sheng-feng, et al. Changes of volatile flavor compounds of *Prunus mume* during pickling [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2015, 36(8): 1530-1535

[17] 赵笑梅,吴青,陈宇,等.青梅在梅坯制作过程中的香气成分变化[J].现代食品科技,2013,29(4):885-889
ZHAO Xiao-mei, WU Qing, CHEN Yu, et al. Changes of aromatic components of greengage during salted plum processing [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(4): 885-889

[18] Furuichi Y, Mizuno T, Yamashita Y, et al. Changes in mineral component of Wakayama 'Nanko' mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) fruit duirng the process of umeboshi [J]. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology, 2005, 52(10): 472-478

[19] 陈强,张兰,边归国.高效液相色谱法测定青梅核仁中苦杏仁甙的含量[J].海峡科学,2007,6:112-113
CHEN Qiang, ZHANG Lan, BIAN Gui-guo. Determination of amygdalin in *Prunus mume* seeds by HPLC [J]. Straits Science, 2007, 6: 112-113

[20] 陈强,张兰,边归国.青梅核仁中苦杏仁甙的水解研究[J].福建林业科技,2009,36(3):73-75
CHEN Qiang, ZHANG Lan, BIAN Gui-guo. Study on hydrolysis of amygdalin in *Prunus mume* seeds [J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2009, 36(3): 73-75

[21] Seneviratne C J, Wong R W K, Hägg U, et al. *Prunus mume* extract exhibits antimicrobial activity against pathogenic oral bacteria [J]. International Journal of Paediatric Dentistry, 2011, 21(4): 299-305

[22] 陈虹,王晓芳,陈鑫,等.青梅抑菌作用及其抑菌成分的分离鉴定[J].食品科技,2008,33(12):223-228
CHEN Hong, WANG Xiao-fang, CHEN Xin, et al. Study on antibacterial activity of greengage juice, separation and identification of its effective components [J]. Food Science and Technology, 2008, 33(12): 223-228

[23] Kono R, Okuno Y, Inada K, et al. A *Prunus mume* extract stimulated the proliferation and differentiation of osteoblastic MC2T3-E1 cells [J]. Bioscience Bio. Chem., 2011, 75(10): 1907-1911

[24] Yan X T, Lee S H, Li W, et al. Evaluation of the antioxidant and anti-osteoporosis activities of chemical constituents of the fruits of *Prunus mume* [J]. Food Chemistry, 2014, 156(5): 408-415

[25] Shin E J, Hur H J, Sung M J, et al. Ethanol extract of the *Prunus mume* fruits stimulates glucose uptake by regulating PPAR-c in C2C12 myotubes and ameliorates glucose intolerance and fat accumulation in mice fed a high-fat diet [J]. Food Chemistry, 2013, 141(4): 4115-4121

[26] 程镜蓉,刘学铭,陈智毅,等.一种保健型梅香休闲肉脯及其制备方法:中国专利,201610238391.X[P]2016-8-17
CHENG Jing-rong, LIU Xue-ming, CHEN Zhi-yi, et al. A health dried meat slice with greengage and its preparation: Chinese patent, 201610238391.X [P] 2016-8-17

[27] 林海滨,谢桂勉,杨培新.一种富有机酸青梅蜜饯的制备方法:中国专利,201510105015.9[P]2015-5-27
LIN Hai-bin, XIE Gui-mian, YANG Pei-xin. Preparation method of preserved greengage rich in organic acids: Chinese patent, 201510105015.9 [P] 2015-5-27

[28] 陈之瑶.一种梅卤鱼露及其制备方法:中国专利,201510321195.4[P]2015-2-3
CHEN Zhi-yao. A fish sauce with greengage bittern and its preparation method: Chinese patent, 201510321195.4 [P] 2015-2-3

[29] 刘学铭,陈智毅,杨荣玲,等.一种梅卤草菇调味品的生产方法:中国专利,201310004941.8[P]2014-7-9
LIU Xue-ming, CHEN Zhi-yi, YANG Rong-ling, et al. A preparation method of straw mushroom seasoning with greengage bittern: Chinese patent, 201310004941.8 [P] 2014-7-9

[30] 自俊青,黄毕生.梅卤脱盐制取梅汁的方法:中国专利,201010227224.8[P]2010-12-8
ZI Jun-qing, HUANG Bi-sheng. A preparation of juice with greengage bittern by desalination: Chinese patent, 201010227224.8 [P] 2010-12-8

[31] 刘学铭,吴继军,陈智毅,等.一种梅卤浓缩设备:中国专利,201520558410.8[P].2016-4-2
LIU Xue-ming, WU Ji-jun, CHEN Zhi-yi, et al. Equipment

for concentration of greengage bittern: Chinese patent, 201520558410.8 [P] 2016-4-2

[32] 郝永明.罗汉果醋的制备方法:中国专利: 201310718481.5 [P]2015-6-24

HAO Yongmin. Preparation method of *Momordica grosvenori* vinegar: Chinese patent, 201310718481.5 [P] 2015-6-24

[33] 陈智毅,李升锋,吴继军,等.一种梅卤保健饮料及其制备方法:中国专利,200710033012.4[P]2008-7-9

CHEN Zhi-yi, LI Sheng-feng, WU Ji-jun, et al. A health drinks with greengage bittern and its production method: Chinese patent, 200710033012.4 [P] 2008-7-9

[34] 刘学铭,程镜蓉,陈智毅,等.一种富含酚类物质和有机酸的梅卤精华素功能食品及其制备方法:中国专利,201510821422.X[P]2016-2-17

LIU Xue-ming, CHENG Jing-rong, CHEN Zhi-yi, et al. A greengage bittern health food rich in phenolic compounds and organic acids and its preparation method: Chinese patent, 201510821422.X [P] 2016-2-17

[35] Chung H S, Kim D S, Kim H S, et al. Effect of freezing pretreatment on the quality of juice extracted from Prunus mume fruit by osmosis with sucrose [J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 54: 30-34

现代食品科技