

果醋功能性研究进展

向进乐¹, 罗磊¹, 郭香凤¹, 李志西^{2,*}

(1.河南科技大学食品与生物工程学院, 河南 洛阳 471023; 2.西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 果醋是以果品或其下脚料为主要原料, 通过微生物发酵而成的一种具有多种生理功能的液态食品。本文就果醋抑菌、缓解体力疲劳、抗氧化、干预酒精性肝损伤、预防饮食型肥胖和高脂血症等方面的功能特性和可能的作用机制进行综述, 以期为果醋的深度研究开发提供参考。

关键词: 果醋; 功能成分; 保健功能

Research Progress in Health Functions of Fruit Vinegar

XIANG Jin-le¹, LUO Lei¹, GUO Xiang-feng¹, LI Zhi-xi^{2,*}

(1. College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China;

2. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: Fruit vinegar is a liquid functional food produced from fruits or by-products through microorganism fermentation. The functions of preventing obesity and hyperlipidemia, alleviating sports fatigue, antioxidant activity and antibacterial properties, and the underlying mechanisms of fruit vinegar are reviewed in this paper, which will provide a reference for further study on fruit vinegar.

Key words: fruit vinegar; functional ingredient; health function

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)13-0356-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201313074

果醋是以果品(葡萄、苹果、柑橘、梨、山楂、菠萝、柿子、杏、猕猴桃、西瓜等)或果品加工下脚料为主要原料, 利用微生物发酵技术酿制的一种营养丰富、风味优良的酸性饮品或调味品^[1]。果醋具有悠久的加工和饮用历史。从17世纪开始, 欧洲各国结合各自的物产和饮食习惯生产不同品种的果醋, 形成了各自具有悠久历史和较强保健功能的世界名醋, 如意大利采用浓缩葡萄汁酿制的意大利香醋(balsamic vinegar)和传统香醋(traditional balsamic vinegar)、西班牙的雪利醋(Sherry vinegar)、法国的香槟醋(champagne vinegar)等^[2]。

进入20世纪90年代, 以水果为原料酿造果醋成为全球新的开发热点, 发达国家如美国和奥地利推出苹果醋(cider vinegar)、法国推出葡萄酒醋(grape vinegar)、英国则推出麦酒醋(malt vinegar)和啤酒醋(beer vinegar), 而德国的速酿醋也很有特点^[2]。日本人对果醋更是情有独钟, 推崇备至, 早在上世纪70年代末就将果醋纳入国家标准, 果醋生产规模很大。近年来, 我国也加大对果醋的生产和研发力度。目前, 国内关于果醋的加工工艺的研究报道很多, 而对其功能性和功能因子等方面的基础研究

尚处于起步阶段, 本文主要就果醋功能性及其可能的作用机理进行综述。

1 果醋主要营养成分

小分子有机酸是果醋重要的组分之一, 不仅起到调节风味作用, 也是果醋发挥生理功能的重要组分。果醋中的有机酸包括原料中固有有机酸, 如: 草酸、酒石酸、苹果酸、柠檬酸、莽草酸、抗坏血酸、富马酸、丁二酸等; 也有发酵过程产生的, 如: 乳酸、醋酸、甲酸、丙酮酸等。不同原料酿制的果醋有机酸组成和含量不同, 如: 葡萄醋中含有酒石酸、苹果酸、莽草酸、乳酸、醋酸、柠檬酸、富马酸、葡萄糖酸和琥珀酸等有机酸^[3-4]; 苹果醋中的定性定量的有机酸有草酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、醋酸、柠檬酸和琥珀酸^[5]; 柿果醋中有草酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸和丁二酸等有机酸^[6]。

果醋中的酚类物质是另一类重要活性成分, 包括花色素类、酚酸类、黄酮类等。近年来, 国外研究人员

收稿日期: 2012-05-06

基金项目: 河南科技大学校青年基金资助项目(2006QN062); 河南科技大学博士启动基金项目(09001661)

作者简介: 向进乐(1980—), 男, 讲师, 博士, 主要从事食品发酵与功能研究。E-mail: xiangjinlexinong@163.com

*通信作者: 李志西(1958—), 男, 教授, 博士, 主要从事粮食工程与发酵技术研究。E-mail: lizhixi@nwsuaf.edu.cn

对一些果醋中多酚物质含量和组成进行了较为系统的研究,主要集中在以葡萄和苹果为原料酿制的果醋。

Budak等^[7]分别采取静态表面发酵和液态深层发酵制得苹果醋,苹果醋中检出的主要酚类物质以绿原酸为主,还包括没食子酸、儿茶素、表儿茶素、咖啡酸和对香豆酸。Nakamura等^[8]对SOD苹果醋酚类物质进行鉴定,发现其中含有比普通苹果醋高得多的5-羟甲基糠醛、原儿茶酸、绿原酸、绿原酸异构体、对羟基苯甲酸、对香豆酰奎宁酸异构体、对香豆酸等。Shahidi等^[9]比较分析了7个不同果醋样品多酚组成和含量,7个果醋样本中多酚化合物包括苯甲酸衍生物:丁香酸和香草酸,肉桂酸衍生物:阿魏酸和香豆酸、3-葡萄糖苷矢车菊素、白藜芦醇、绿原酸;黄酮化合物包括黄酮醇:槲皮素和山奈酚,黄烷醇:儿茶素和表儿茶素;其中李子醋的总酚含量最高,但不含阿魏酸。

Cerezo等^[10]鉴定了西班牙卡百纳红葡萄醋中的主要酚类物质,其中非色素酚类物质有:咖啡酰酒石酸、没食子酸、丁香酸、儿茶素、咖啡酸、阿魏酸和对香豆酸;花色素包括:3-葡萄糖苷锦葵黄素、3-葡萄糖苷羧基吡喃锦葵黄素(Vitisin A)、3-葡萄糖苷,4-乙烯基锦葵黄素(Vitisin B)、乙烯基儿茶素3-葡萄糖苷锦葵黄素、乙酰-Vitisin A、乙酰-Vitisin B、3-葡萄糖苷,6-乙酰锦葵黄素、3-葡萄糖苷,6-乙酰芍药黄素、香豆酰-Vitisin B、3-葡萄糖苷(6-香豆酰-)锦葵黄素、3-葡萄糖苷苯吡喃锦葵黄素、3-葡萄糖苷(6-乙酰)苯吡喃锦葵黄素、3-葡萄糖苷(6-乙酰)愈创木吡喃锦葵黄素等。Budak等^[11]对表面静态发酵和液态深层发酵葡萄醋中的多酚物质进行定性和定量分析,发现其主要酚类物质包括没食子酸、儿茶素、表儿茶素、咖啡酸、绿原酸、丁香酸、对香豆酸和阿魏酸。液态深层发酵葡萄醋中儿茶素显著高于表面发酵,而绿原酸、丁香酸等在表面发酵葡萄醋中更高。经过陈酿,意大利香醋中多酚等小分子物质与美拉德反应产物逐渐聚合形成高分子黑色素蛋白复合物(类黑精),陈酿香醋抗氧化活性的增强与这些高分子类黑精的形成与增加有关^[12]。

2 果醋功能性

2.1 果醋抑菌、调节体内酸碱平衡和缓解体力疲劳

自古以来,食醋就被认为具有抗菌、消炎功效应用于日常生活和医药中。果醋和普通食醋一样含有丰富的以乙酸为主的有机酸。乙酸是一种有机弱酸,在水溶液中通常呈部分分子态和部分解离态。研究证实,含量0.1%未解离的乙酸即可抑制大多数产毒和产孢细菌的生长,含乙酸0.3%可抑制霉菌生长;乙酸比其他酸具有更强的抑菌性能,若酸性物质仅为乙酸时,pH值低于5.4即可抑制沙门氏菌生长,而盐酸只有pH值低于4.05时才能

达到基本等同的抑菌效果。乙酸抑菌生物学机制是由于非离子化的亲脂性分子渗入到微生物细胞膜内,破坏膜传递过程;并在细胞内解离而增加酸性,产生阳离子达到破坏微生物正常代谢和抑制微生物生长的效果^[13]。

果醋中含有的丰富有机酸有利于维持体内酸碱平衡,而且含有丰富钾、钙、锌、钠等矿物元素,在体内代谢成碱性物质,维持体液酸碱平衡^[1]。

果醋还有缓解体力疲劳的作用,张莉等^[14]采用小鼠负重游泳实验,证实了桑葚果醋缓解运动疲劳的作用。研究结果显示,相对空白对照组,灌胃桑葚果醋的实验小鼠游泳时间显著延长,说明桑葚果醋能在一定程度上增强小鼠运动能力、缓解小鼠体力疲劳。

机体的疲劳感是体液呈酸性化的反应。正常状态下,体液呈中性或弱碱性,pH7.2~7.5。当经过长时间劳动、剧烈运动或食用了大量的酸性食物后,体内容易积聚大量的乳酸。此时机体草酰乙酸的生成量不足以分解过多的乳酸,使得部分乳酸残留在血管或肌肉内造成体液呈酸性,陷入酸过多症状态,从而使人产生疲劳感。而醋酸可直接被小肠吸收进入血液循环,被送到各组织细胞,少量的醋酸可在肝脏中与辅酶A(CoA)结合生成乙酰CoA,大部分的醋酸与草酰乙酸反应合成柠檬酸,乙酰CoA和柠檬酸都是三羧酸循环(TCA)循环的底物,它们的增多可促进TCA循环的进行,减少乳酸和丙酮酸的积累,达到消除疲劳的作用^[15]。Fushimi等^[16]认为人体在摄取和吸收醋酸等有机酸后,醋酸在肝脏中通过抑制2,6-二磷酸果糖的合成而抑制糖酵解,促进糖原合成;醋酸还在骨骼肌中通过抑制磷酸果糖激酶-1的活动而抑制糖酵解,减少体内乳酸的积累,促进有氧代谢,从而起到缓解和消除疲劳的作用。

2.2 果醋抗氧化

食醋含有多酚类、黄酮类等抗氧化成分,具有较强的抗氧化能力。优质食醋如恒顺香醋还含有类黑精等,抗氧化能力很强^[17]。果醋除含有多酚和黄酮等抗氧化物质外,还含有果品原料中特有的抗氧化成分,如维生素类,果醋的抗氧化活性是其基本保健功能之一^[18]。国内外研究人员通过大量体外抗氧化实验和动物模型实验证实了果醋的抗氧化功能,并对其功能因子进行追踪。

金杰等^[19]通过测定桑葚果醋提取物对羟自由基清除率、脂质过氧化抑制率和总抗氧化能力验证了的桑葚果醋的抗氧化特性,认为甲醇是最能全面萃取桑葚果醋抗氧化物质的溶剂。张霁红等^[21]测定了苹果醋对DPPH自由基的清除能力,苹果醋清除DPPH自由基能力与其总酚、总黄酮含量均呈显著的相关性。樊艳丽等^[20]比较研究了仁用杏果醋、柿子醋、苹果醋的抗氧化活性,发现仁用杏果醋对DPPH自由基的清除能力和总抗氧化能力均高于柿子醋和苹果醋。罗杨合等^[22]以干燥的葶苈皮为原料

酿制荸荠皮果醋,测定荸荠皮果醋及其醋饮清除羟自由基、超氧阴离子自由基以及DPPH自由基的能力,发现荸荠皮果醋及其醋饮对3种自由基均有较强的清除能力,具有明显的量效关系。

Alonso等^[23]研究了不同雪利醋样本的抗氧化活性;与雪利酒一样,雪利醋同样具有很强的清除ABTS⁺·能力,雪利醋抗氧化能力与其总酚含量呈显著正相关。雪利醋中的主要抗氧化酚类成分有没食子酸、对香豆酸、对羟基苯甲酸、对羟基苯甲醛、咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、丁香酸、香草醛、原儿茶酸、酪醇等。Davalos等^[24]以清除氧自由基(ORAC)和荧光体系(FL)分别比较了5种红、白葡萄汁和葡萄醋的抗氧化能力,结果显示葡萄果汁和果醋都具有较强的抗氧化能力,红葡萄汁和醋比白葡萄汁和醋抗氧化能力更强,其抗氧化能力与总酚含量呈显著正相关,另外还与多酚组成有关。

意大利传统香醋是由葡萄汁经过加热浓缩、发酵和陈酿等工序制成一种世界名醋,具有极好的抗氧化能力,在一定程度上能预防和治疗机体氧化-还原失衡造成的疾病。Tagliazucchi等^[25]通过FRAP和ABTS体外抗氧化实验证实意大利传统香醋具有很强的抗氧化活性;通过活性追踪实验证实其45%的抗氧化能力来自于总酚物质,其中单宁部分体现出约50%抗氧化能力;剩余的抗氧化能力来源于加热和陈酿过程中通过Maillard反应形成的类黑精(约占45%)和一些低分子质量的Maillard反应产物。传统意大利香醋中黑色素蛋白最重要的组分(质量比)为葡萄糖(35%)、果糖(10%)、羟甲基糠醛(7.2%)、多酚(4.6%)以及蛋白质(1.2%);Verzelloni等^[26]通过体外抗氧化实验和体外模拟胃消化火鸡肉抗脂质过氧化实验,发现其黑色素蛋白的抗氧化是通过清除自由基和螯合Fe²⁺,而不是通过抑制胃蛋白酶能力来实现。由于富含多酚物质,意大利香醋能降低人单核细胞(THP-1)甘油三酯和总胆固醇水平;由于具有极强的清除自由基能力,意大利香醋能通过降低清道夫受体表达抑制低密度脂蛋白(LDL)氧化以及由氧化LDL诱导的泡沫细胞形成^[27]。Bastante等^[28]比较研究了雪利醋浸泡不同水果原料后的抗氧化能力和多酚含量。结果发现浸泡后雪利醋抗氧化能力显著升高,其中以浸泡柠檬皮的雪利醋清除超氧阴离子自由基能力最高;经过浸泡后的雪利醋抗氧化能力与总酚含量,特别是与柚皮苷、橙皮素、新橙皮苷和龙胆酸含量显著相关;而与VC含量的相关性不显著。

Sakanaka等^[29]以日本糙米醋、米醋和苹果醋为参照,研究了柿子醋的抗氧化活性,结果显示:包括目标果醋的5个样品醋都显示较强的体外抗氧化活性;柿子醋清除DPPH自由基、超氧阴离子自由基和羟自由基的能力比其他醋更强,与其总酚含量有显著相关性;柿子醋对金枪鱼糜脂质过氧化表现出更强的抑制作用,可以用于

抑制鱼及鱼产品风物裂变和延长货架期。Ubeda等^[30]比较了柿子醋与几种著名商品果醋的抗氧化能力和总酚含量,氧化自由基吸收能力(ORAC)强弱顺序为:意大利香醋(葡萄醋)>苹果醋>雪利醋>柿子醋>红葡萄醋>白葡萄醋;清除DPPH自由基能力和总酚含量顺序为:意大利香醋(葡萄醋)>雪利醋>苹果醋>柿子醋>红葡萄醋>白葡萄醋。Jeong等^[31]分别采用DPPH自由基和ABTS⁺·体系和FRAP还原能力体系,比较了韩国8种商品醋(苹果醋、蓝莓果醋、葡萄醋、柠檬果醋、仙人掌果醋、青梅果醋、柿子醋和米醋)的体外抗氧化能力。研究结果表明,葡萄醋、柿子醋和青梅醋的抗氧化能力显著强于其他果醋,与其总酚尤其是没食子酸和表没食子儿茶素含量高有关。

近年来,食醋被认为具有美容和延缓衰老作用,其作用机制主要与清除体内过多的自由基,增强机体抗氧化酶系统的活性,减少脂质过氧化等有关^[32]。归根到底,这种作用还是与体内抗氧化有关。果醋比普通食醋含有更多的酚类物质、维生素和矿物质等,也能在一定程度上起到美容与延缓衰老作用。另外,果醋可以平衡皮肤的pH值,控制油脂分泌;果醋对人体皮肤有柔和的刺激作用,能使血管扩张,加快血液循环,有利于消除色素沉着,使皮肤光滑^[1]。

2.3 果醋预防肥胖和高脂血症

果醋是一种良好的减肥食品,已被国内外研究人员通过动物实验或人体临床实验证实。笔者实验室研究人员以小鼠为动物模型证实,桑葚果醋^[33-34]、仁用杏果醋^[35]、枳椇果梗果醋和红枣醋^[36]等能显著降低高脂、高胆固醇饮食引起的小鼠体质量增加、腹部脂肪系数增大、血清甘油三酯(TG)和总胆固醇(TC)升高,显著升高血清高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平,降低动脉硬化指数(AI)。说明桑葚果醋、仁用杏果醋、枳椇果梗果醋以及红枣醋对高脂、高胆固醇饮食引起的肥胖和高脂血症具有一定的预防效果。

Kondo等^[37]通过双盲实验,研究了以醋酸为主要成分的醋饮对人体肥胖的治疗的效果。受试者每日食用一定剂量的醋饮,经过12周实验发现,醋饮能显著降低受试者体质量、体质指数、内脏脂肪面积、腰围和血清甘油三酯水平,说明日常饮醋能抑制代谢综合症,有减肥作用。Shishehbor等^[38]研究了苹果醋对正常和糖尿病大鼠空腹血糖值(FBG)、糖化血红蛋白(HbA1C)和血脂水平的影响,结果表明:苹果醋对糖尿病大鼠FBG无显著影响,但能显著降低HbA1C和血清TG,升高高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平;苹果醋能显著升高正常小鼠血清HDL-C水平,降低低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平。说明苹果醋是通过降低血清TG和LDL-C,升高HDL-C水平起到调节血脂的作用。

Moon等^[39]研究了柿子醋预防高脂饮食型肥胖的作用,结果显示:柿子醋能显著降低血清TG和TC;肝脏的TC和TG含量显著低于模型对照组;乙酰辅酶A羧化酶(ACC)mRNA水平也显著降低;高剂量柿子醋预防组小鼠的肝脏酸不溶性脂酰肉碱(AIAC)含量显著升高;说明柿子醋对高脂饮食引起的肥胖有一定的预防效果。Benhmad等^[40]研究了苹果醋对高脂饮食糖尿病大鼠模型脂肪轮廓的影响,结果显示以0.51mL/(kg·d)灌胃糖尿病大鼠12周,糖尿病大鼠血清HDL-C显著升高,血清TC、TG、LDL-C、AI、TC/HDL-C、TG/HDL-C和LDL-C/HDL-C比值均显著下降,说明苹果醋能改善高脂饮食糖尿病大鼠模型脂肪轮廓。

Budak等^[7]以静态表面发酵和液态深层发酵制得苹果醋,研究了不同方法酿制的苹果醋对高胆固醇饮食小鼠代谢失衡的调节作用,结果表明:两种方法酿制的苹果醋都能显著降低高胆固醇饮食小鼠血清中肝功能指示酶(ALT、AST和ALP)活性,降低血清TG和极低密度脂蛋白(VLDL)水平,升高高密度脂蛋白(HDL)水平,降低肝脏变性。

2.4 果醋干预酒精中毒引起的代谢失调

果醋对急性酒精中毒和慢性酒精肝损伤也有一定的预防作用。吴淑清等^[41]研究了沙棘米醋的醒酒效果,研究结果显示沙棘米醋能显著延长受试实验动物的醉酒潜伏时间,缩短醉酒睡眠时间。赵晓野等^[42]研究了枳椇果梗果醋预防和治疗急性酒精中毒的效果;一定剂量的枳椇果梗果醋能显著降低急性酒精中毒小鼠血清乙醇浓度,延长醉酒潜伏时间,缩短醉酒时间;说明枳椇果梗果醋对急性酒精中毒有良好的预防和一定的治疗效果。

笔者^[43]以枳椇果梗果汁为参照,研究枳椇果梗果醋对慢性酒精肝损伤的保护作用,结果表明:枳椇果梗果汁和果醋(10mL/(kg·d),以体质量计)均能显著降低慢性酒精中毒小鼠血清谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、 γ -谷氨酰转氨酶(γ -GT),降低血清和肝组织中TG和TC含量以及肝脏脂质过氧化水平(MDA),同时能显著减少慢性酒精中毒导致的肝组织还原型谷胱甘肽(GSH)水平的下降,提升肝脏超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和过氧化氢酶(CAT)活性。一定剂量的枳椇果梗果醋对慢性酒精中毒肝损伤具有显著的预防效果,作用机制可能与抑制机体脂质过氧化,提高肝脏酶和非酶抗氧化能力有关。

Moon等^[44]研究了柿子醋对慢性酒精中毒大鼠脂肪代谢和体内酒精代谢的干预作用,研究结果显示:柿子醋能显著抑制慢性酒精中毒引起的血清TG和TC以及肝脏TC水平的升高;显著降低肝脏乙酰辅酶A羧化酶(ACC)mRNA水平;提高非酯化肉毒碱水平;柿子醋能降低大鼠血乙醇浓度,灌胃剂量越大,效果越明显;肝脏肉毒

碱棕榈酰基转移酶-I mRNA水平也随柿子醋灌胃剂量的增加而显著升高;说明柿子醋对慢性酒精中毒引起的代谢失调具有良好的干预效果。

2.5 其他生理功能

食醋被认为具有降压效果。陈玉满等^[45]研究证实,红曲醋能显著降低自发性高血压大鼠的降压,表现出良好的降压效果。果醋及醋饮对高血压患者也有一定的降压作用^[46]。Sugiyama等^[47]以3mL/kg的剂量灌胃戊巴比妥麻醉大鼠引起的心血管功能障碍模型,研究了葡萄醋饮对心血管功能的保护效果;结果表明:葡萄醋饮能显著降低心率和血压;说明葡萄醋饮对焦虑引起的心悸和血压升高具有很好的治疗和预防作用,其作用机制可能与醋酸抑制肾素活性和多酚物质增加一氧化氮合成酶活性有关。Honsho等^[48]对葡萄醋饮的降压效果和作用机制进行了系统研究,葡萄醋(3mL/kg)饮能降低肾活素血管紧张素(RAS)水平,降血压机制可能还与其抑制血管紧张肽转化酶有一定的关系。

果醋对消化系统也有良好的保护作用。吴淑清等^[49]利用色素流动法研究了沙棘米醋对小鼠消化系统功能的影响,实验发现:沙棘米醋能加快肠道蠕动,能加速了粪便的排泄;这一结果也被唐敏等^[50]证实。Shin等^[51]研究了柿子醋提取物对绵阳食物摄入量、消化吸收率、体内氮平衡和瘤胃发酵特性的影响,结果表明:绵阳食物中补充柿子醋提取物能增加绵阳的摄食量、提高有机质(OM)和无氮抽提物(NFE)的消化性、提高氮代谢和瘤胃发酵指数。

另外,降低胃液pH值能降低食物过敏风险;食物烹饪与加工中,果醋具有降低由鸡蛋和豆类蛋白引起过敏的作用^[52]。此外,果醋还有预防肿瘤、增强药效、降低药物毒性等作用。

3 结 语

不同果品原料加工的果醋都兼有原料特有的活性成分和食醋的功能特性,果醋产品是果蔬液态发酵食品的重要组成部分。目前,国内外关于果醋的研究取得了很大进展,但相对其产量和开发力度来说,关于果醋功能性的基础研究略显不足。尤其对于我国,在充分利用本国特有果品开发果醋产品的基础上,更应该注重果醋功能性和作用机制的基础研究。另外,目前报道的果醋生理功能的主要活性成分尚不太明确。果醋功能因子的分离鉴定、在加工过程中的变化和控制技术也是果醋深入研究的方向。

参考文献:

- [1] 王同阳. 果醋的功能性[J]. 中国调味品, 2006, 31(6): 10-12.

- [2] 康明官. 中外著名发酵食品生产工艺手册[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [3] ROMERO E G, MUNOZ G S, ALVAREZ P J M, et al. Determination of organic acids in grape musts, wines and vinegars by high-performance liquid-chromatography[J]. *Journal of Chromatography A*, 1993, 655(1): 111-117.
- [4] 张颖, 张健. 利用HPLC和GC全面分析葡萄酒中有机酸[J]. *中国调味品*, 2006, 31(2): 49-52.
- [5] 陈义伦, 裴立群, 陈伟, 等. 原汁苹果醋中的有机酸[J]. *食品与发酵工业*, 2004, 30(8): 92-95.
- [6] 鲁周民, 刘月梅, 赵文红, 等. 工艺条件对柿果醋中主要有机酸含量的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(增刊1): 213-216.
- [7] BUDAK N H, DOGUC D K, SAVAS C M, et al. Effects of apple cider vinegars produced with different techniques on blood lipids in high-cholesterol-fed rats[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59(12): 6638-6644.
- [8] NAKAMURA K, OGASAWARA Y, ENDOU K, et al. Phenolic compounds responsible for the superoxide dismutase-like activity in high-Brix apple vinegar[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(18): 10124-10132.
- [9] SHAHIDI F, MCDONALD J, CHANDRASEKARA A, et al. Phytochemicals of foods, beverages and fruit vinegars: chemistry and health effects[J]. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 2008, 17(Suppl 1): 380-382.
- [10] CEREZO A B, CUEVAS E, WINTERHALTER P, et al. Anthocyanin composition in Cabernet Sauvignon red wine vinegar obtained by submerged acetification[J]. *Food Research International*, 2010, 43(6): 1577-1584.
- [11] BUDAK H N, GUZEL-SEYDIM Z B. Antioxidant activity and phenolic content of wine vinegars produced by two different techniques[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90(12): 2021-2026.
- [12] TAGLIAZUCCHI D, VERZELLONI E CONTE A. Contribution of melanoidins to the antioxidant activity of traditional balsamic vinegar during aging[J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2010, 34(5): 1061-1078.
- [13] 王亚利, 洪厚胜, 张庆文, 等. 酿造食醋在医药中的应用[J]. *时珍国医国药*, 2008, 19(7): 1778-1780.
- [14] 张莉, 李志西, 杜双奎, 等. 桑椹醋减肥与抗疲劳作用的动物试验[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2007, 35(7): 227-230.
- [15] 刘君雯, 龙芬. 食醋减控体重及抗疲劳功能研究综述[J]. *河北体育学院学报*, 2008, 22(3): 66-68.
- [16] FUSHIMI T, TAYAMA K, FUKAYA M, et al. Acetic acid feeding enhances glycogen repletion in liver and skeletal muscle of rats[J]. *Journal of Nutrition*, 2001, 131(7): 1973-1977.
- [17] XU Qingping, TAO Wenyi, AO Zhonghua. Antioxidant activity of vinegar melanoidins[J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(3): 841-849.
- [18] 张锋, 金杰, 刘春芬, 等. 果醋抗氧化作用研究进展[J]. *中国酿造*, 2008, 27(15): 8-11.
- [19] 金杰, 李志西, 张锋, 等. 桑椹醋提取物抗氧化性的研究[J]. *中国酿造*, 2005, 24(10): 20-22.
- [20] 樊艳丽, 刘耀玺, 李志西, 等. 仁用杏果醋的抗氧化性研究[J]. *中国酿造*, 2007, 26(11): 7-8.
- [21] 张荣红, 张永茂, 黄玉龙, 等. 苹果醋清除DPPH自由基活性成分的研究[J]. *甘肃农业大学学报*, 2011, 46(5): 124-127.
- [22] 罗杨合, 高志明, 陈振林. 荸荠皮果醋饮料抗氧化特性研究[J]. *中国调味品*, 2011, 36(7): 48-51.
- [23] ALONSO A M, CASTRO R, RODRIGUEZ M C, et al. Study of the antioxidant power of brandies and vinegars derived from Sherry wines and correlation with their content in polyphenols[J]. *Food Research International*, 2004, 37(7): 715-721.
- [24] DAVALOS A, BARTOLOME BGOMEZ-CORDOVES C. Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars[J]. *Food Chemistry*, 2005, 93(2): 325-330.
- [25] TAGLIAZUCCHI D, VERZELLONI E CONTE A. Antioxidant properties of traditional balsamic vinegar and boiled must model systems[J]. *European Food Research and Technology*, 2007, 227(3): 835-843.
- [26] VERZELLONI E, TAGLIAZUCCHI D CONTE A. From balsamic to healthy: traditional balsamic vinegar melanoidins inhibit lipid peroxidation during simulated gastric digestion of meat[J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, 48(8/9): 2097-2102.
- [27] IIZUKA M, TANI M, KISHIMOTO Y, et al. Inhibitory effects of balsamic vinegar on LDL oxidation and lipid accumulation in THP-1 macrophages[J]. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 2010, 56(6): 421-427.
- [28] BASTANTE M J C, GUERRERO E D, MEJIAS R C, et al. Study of the polyphenolic composition and antioxidant activity of new sherry vinegar-derived products by maceration with fruits[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(22): 11814-11820.
- [29] SAKANAKA S, ISHIHARA Y. Comparison of antioxidant properties of persimmon vinegar and some other commercial vinegars in radical-scavenging assays and on lipid oxidation in tuna homogenates[J]. *Food Chemistry*, 2008, 107(2): 739-744.
- [30] UBEDA C, HIDALGO C, TORIJA M J, et al. Evaluation of antioxidant activity and total phenols index in persimmon vinegars produced by different processes[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2011, 44(7): 1591-1596.
- [31] JEONG C H, CHOI G N, KIM J H, et al. *in vitro* antioxidant properties and phenolic composition of korean commercial vinegars[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2009, 18(5): 1258-1262.
- [32] 冯菲, 李忠海, 张帆, 等. 食醋的美容保健功效研究进展[J]. *食品与机械*, 2010, 26(2): 159-161.
- [33] 张学良, 张莉, 李志西, 等. 绿茶桑椹醋饮料对小白鼠的减肥降血脂作用[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2008, 36(9): 181-184.
- [34] 魏宗萍, 李志西, 于修焘, 等. 桑椹醋减肥作用的动物实验研究[J]. *中国酿造*, 2005, 24(12): 5-7.
- [35] 樊艳丽, 刘耀玺, 李志西, 等. 仁用杏醋的减肥降脂作用研究[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2008, 36(8): 209-212.
- [36] 李红蕊, 李志西, 赵晓野, 等. 红枣醋和枳椇醋减肥降血脂作用研究[J]. *西北农业学报*, 2009, 18(2): 257-260.
- [37] KONDO T, KISHI M, FUSHIMI T, et al. Vinegar intake reduces body weight, body fat mass, and serum triglyceride levels in obese Japanese subjects[J]. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 2009, 73(8): 1837-1843.
- [38] SHISHEHBOR F, MANSOORI A, SARKAKI A, et al. Apple cider vinegar attenuates lipid profile in normal and diabetic rats[J]. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2008, 11(23): 2634-2638.
- [39] MOON Y J, CHOI D S, OH S H, et al. Effects of persimmon-vinegar on lipid and carnitine profiles in mice[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2010, 19(2): 343-348.
- [40] BEN HMAD H, KHLIFI S, GARA S, et al. Protective effect of apple vinegar cider on lipid profile in diabetic rats fed high fat diet[J]. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, 2011, 25(Suppl 1): 5.
- [41] 吴淑清, 刘杰, 牟莉, 等. 沙棘米醋对酒麻过程的影响研究[J]. *吉林粮食高等专科学校学报*, 2005, 20(4): 8-12.
- [42] 赵晓野, 李志西, 李红蕊, 等. 枳椇醋对小鼠急性酒精中毒预防作用的研究[J]. *中国酿造*, 2009, 28(1): 74-76.
- [43] XIANG Jinle, ZHU Wenxue, LI Zhixi, et al. Effect of juice and fermented vinegar from *Hovenia dulcis* peduncles on chronically alcohol-induced liver damage in mice[J]. *Food & Function*, 2012, 3(6): 628-634.
- [44] MOON Y J, CHA Y S. Effects of persimmon-vinegar on lipid metabolism and alcohol clearance in chronic alcohol-fed rats[J]. *Journal of Medicinal Food*, 2008, 11(1): 38-45.
- [45] 陈玉满, 陈江, 宋燕华, 等. 红曲醋的毒性和降压作用研究[J]. *中国卫生检验杂志*, 2009, 19(3): 503-506.
- [46] 曹雪丹, 方修贵. 柑橘果醋研究进展[J]. *浙江柑桔*, 2009, 26(1): 32-35.
- [47] SUGIYAMA A, SAITOH M, TAKAHARA A, et al. Acute cardiovascular effects of a new beverage made of wine vinegar and grape juice, assessed using an *in vivo* rat[J]. *Nutrition Research*, 2003, 23(9): 1291-1296.
- [48] HONSHO S, SUGIYAMA A, TAKAHARA A, et al. A red wine vinegar beverage can inhibit the renin-angiotensin system: experimental evidence *in vivo*[J]. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 2005, 28(7): 1208-1210.
- [49] 吴淑清, 周鼎玲, 牟莉. 沙棘米醋对实验小鼠消化功能的影响[J]. *长春大学学报*, 2005, 15(4): 62-63.
- [50] 唐敏, 赵珏, 冯淑芬. 沙棘米醋对小白鼠小肠运动功能的影响实验[J]. *湖南环境生物职业技术学院学报*, 2006, 12(2): 133-134.
- [51] SHIN J H, KO Y D, KIM B W, et al. Effects of persimmon (*Diospros kaki* L.) vinegar as a dietary supplement on feed intake, digestibility, and ruminal fermentation indices in sheep[J]. *Asian-australasian Journal of Animal Sciences*, 2010, 23(12): 1578-1586.
- [52] ARMENTIA A, DUENAS-LAITA A, PINEDA F, et al. Vinegar decreases allergenic response in lentil and egg food allergy[J]. *Allergologia Et Immunopathologia*, 2010, 38(2): 74-77.