

# 苹果醋发展现状及研究进展

李明泽, 张霁红, 宋娟, 张蕊, 王彦淳

(甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 分析了苹果醋的现状。对苹果醋发酵菌种筛选、风味物质分析鉴定、生产工艺优化、产品开发、生理功能等方面的研究进展进行了综述。

**关键词:** 苹果醋; 发酵; 风味物质; 工艺优化; 保健功能

**中图分类号:** S377 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)07-0083-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.07.026

数千年前, 人们就知道如何使用食醋<sup>[1-2]</sup>。公元6世纪, 巴比伦人学会了在生产的醋中添加各种水果、蜂蜜以及麦芽等风味物质。一千年前法国人已开始大量酿制葡萄醋, 18世纪时, 欧洲大陆很多国家已经开始生产各种类型的果醋。1960年后日本的苹果醋行业迈进了工业化生产, 20世纪70年代时生产工艺实现了自动化、大型化, 规模逐步扩大, 随后也制定了国家标准, 目前日本研发的各类醋产品达上百种。在我国, 食醋也有3000多年的制作历史, 但产品较为单一, 研究重点多集中在工艺改良优化方面。

中国的苹果种植面积和产量占据世界半数, 苹果年产量约为4388万t, 在世界苹果贸易中占有重要地位。我国生产的苹果多用于鲜食, 且国内每年苹果需求量少于3000万t, 供大于求, 苹果深加工产品相对单一<sup>[3]</sup>, 主要加工途径为将苹果浓缩为苹果汁, 经济附加值相对较小。我国传统粮食醋乳酸含量高, 产出投入比较小, 据统计, 每年要消耗的粮食占全国总产量10%左右。如果采用苹果作为发酵原料大规模生产苹果醋, 不但可以作为食用调味醋的一种替代品, 减少粮食消耗, 也可以开发多种苹果醋饮料, 提高产品附加值, 同时解决苹果产能过剩的问题。

## 1 市售苹果醋的现状

苹果醋被誉为“第四代饮料”<sup>[4]</sup>。发达国家的

苹果醋研究与产业化发展较为迅速, 在欧美等发达的工业国家, 人们对醋类产品的年人均消费量为2L(醋酸含量为5%)<sup>[5-6]</sup>。而我国苹果醋产业起步较晚, 研究多集中于菌种筛选、成分鉴定、工艺优化方面, 在产品开发方面还有很多工作要做。目前我国市售苹果醋及其醋饮料口味过于单一, 无法满足多类型人群及多消费层次人群的需求。苹果醋及其醋饮料的功能性宣传也存在被误解及过分夸大现象, 导致消费者对其保健作用产生了质疑, 每年醋类人均消费量不足0.2kg。2011年, 我国发布了有关苹果醋饮料的国标《发酵型苹果醋饮料》, 对原料的选用及游离矿酸的含量提出了明确的规定, 为我国苹果醋饮料生产标准化提供了依据<sup>[7]</sup>。

## 2 研究进展

### 2.1 发酵菌种筛选

以往进行果醋发酵生产, 发酵菌株多采用粮食醋发酵的恶臭醋酸杆菌(*Acetobacter roncens*) AS1.41和巴氏醋杆菌(*Acetobacter pasdeuriurr* L)沪酿1.01, 试验工艺优化方面也多为正交试验, 发酵所得果醋酸度一般为6.0g/100mL左右, 果醋浓度偏低, 不利于产品的运输和保藏<sup>[8]</sup>。目前常用的发酵菌种主要为醋杆菌属(*Acetobacter*)和葡糖醋杆菌属(*Gluconocodobocder*)<sup>[9]</sup>。近年来研究多以通过对苹果醋发酵菌种的筛选改良及提高发酵后

收稿日期: 2018-05-02

基金项目: 国家自然科学基金地区基金(31460449)。

作者简介: 李明泽(1986—), 男, 甘肃兰州人, 研究实习员, 硕士, 主要从事果蔬加工工作。Email: 96716477@qq.com。

策[J]. 经济研究参考, 2007(6): 13.

[17] 孙宏进, 张志锋. 放心畜产品生产配套技术[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2004.

[18] K N BHILEGAONKAR, S RAWAT, P. et al. Food

animal husbandry practice[J]. Encyclopedia of Food Safety, 2014(4): 168-173.

(本文责编: 陈伟)

醋的酸度、提高产量、缩短发酵周期为主。卢怡等<sup>[10]</sup>采用云南传统老醋生产所用的混合菌种酿造苹果醋,发现采用多菌种发酵可以简化工艺,缩短发酵周期,从而降低生产成本。李杏等<sup>[11]</sup>在酿制苹果醋时,选用高活性酿酒干酵母和醋酸菌为菌种,原料采用浓缩苹果汁,经发酵酿制后得到的苹果醋通过感官评定调配得到口感清新、酸甜协调的苹果醋饮料,得到的苹果醋酸度为5%。李欢<sup>[12]</sup>以产酸能力和耐酒精能力为指标进行筛选,得到1株高产乳酸且耐酒精的植物乳杆菌14-2-1,从醋酸发酵液中分离筛选得到1株高产醋酸的巴氏醋杆菌CYD 159,优化工艺后发酵可得到总酸含量120 g/L左右的高酸度苹果醋,是单批发酵苹果醋总酸的2倍,极大地提高了苹果原醋的总酸含量。史碧波等<sup>[13]</sup>采用安琪活性葡萄酒干酵母,与产醋酵母AS2.300以1:2的比例混合种进行发酵,接种量为8%,初始糖度为16%,发酵温度为28℃,5 d发酵完全,生产出酸度达到5.2 g/100 mL的苹果醋。张霁红等<sup>[14]</sup>采用混菌发酵及曲面响应法优化苹果醋发酵工艺,发酵得到的苹果醋醋酸含量达54.9 g/L。傅亮等<sup>[15]</sup>采用双菌种发酵法进行苹果醋发酵试验,通过比对分步发酵和同步发酵2种方法,研究不同工艺对发酵时间、苹果醋酸度和感官评定上有何影响。结果发现同步发酵法可以缩短发酵时间2 d,且发酵得到的苹果醋风味更加馥郁。

## 2.2 风味物质分析鉴定

苹果醋中的挥发性成分是赋予苹果醋特有口感的关键物质,对其进行分析可以帮助确定通常采用的发酵工艺参数与特征物质之间的关系,以此作为生产苹果醋的理论指导,有助于提升苹果醋的品质。果醋中的风味物质主要为呈酸物质和芳香物质,还包括醇类、酯类、醛类、酚类和内酯,这些物质互相作用、协调,赋予苹果醋风味品质特征,这些特点也可以作为检测产品是否掺假的重要指标。

果醋中有机酸的检测方法有酸碱滴定法、分光光度法、酶法、薄层色谱法、气相色谱法、液相色谱法、气相色谱-质谱联用法等<sup>[16]</sup>,其中酸碱滴定法、分光光度法、酶法、薄层色谱法在检测准确性和重现性方面较差,且检测范围较小,因此通常不采用以上方法进行检测。刘瑞山等<sup>[17]</sup>利用反相高效液相色谱法同时测定了苹果醋中5种有机酸(石酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸);赵芳等<sup>[18]</sup>也利用反相高效液相色谱法测定了苹果

醋中的有机酸。魏晋梅等<sup>[19]</sup>对4种市售苹果醋饮料进行分析,通过GC-MS对苹果醋的挥发性风味物质进行检测,共分离鉴定100余种化合物,酯类、醛类、醇类和其他杂环类化合物为其中相对含量较高的物质。张霁红等<sup>[20]</sup>将经过鲜榨后过滤得到的苹果汁进行发酵,利用SPME与GC-MS联用仪对得到的苹果醋产品进行挥发性成分分析,共分离鉴定出33种化合物,其中乙酸相对含量较高(30%以上),可作为该工艺发酵苹果醋的风味特征物质进一步研究。陈义伦<sup>[21]</sup>采用色谱-质谱联合对苹果醋进行挥发性成分鉴定,结果发现在检测出的50种以上的风味物质中可计算出其含量的有20余种,主要为酸类、酯类、醇类、酮类等物质。李子文<sup>[22]</sup>用近红外光谱法对苹果醋进行分析,参考指标为酿造过程中原料选取、苹果原醋酿造过程中关键环节的主要成分,经过快速定量检测,其试验结果为苹果醋酿制环节关键节点提供了指导,也对产品质量检测提供了技术参考。赵晓娟等<sup>[23]</sup>用Folin-Ciocalteu法对苹果醋饮料的总多酚含量进行测定。李晓娇等<sup>[24]</sup>通过HPLC检测猕猴桃醋、柿子醋和苹果醋,以没食子酸等16种单体酚作为标准品,得出苹果醋中绿原酸(6.56 mg/L)、咖啡酸(3.03 mg/L)和根皮苷(1.76 mg/L)含量较高,是苹果醋的特征物质,占可定量单体酚总含量的86.7%。

## 2.3 生产工艺优化

不少学者研究了如何才能在提高发酵苹果醋酸度的同时获得更适宜于大众口感的产品,高酸度苹果醋不但有利于贮藏,更有利于产品的调配,主要工艺优化方式为改变发酵条件。梁利和<sup>[25]</sup>将HAC-CP管理体系用于苹果醋饮料的冷灌装生产中,为提高苹果醋的生产标准提供了一定的理论参考。熊贤平<sup>[26]</sup>通过分割补料发酵工艺方法,将饮料用苹果醋的总酸(以乙酸计)含量从4.6~5.2 g/100 mL提高到大于7.0 g/100 mL。李晓楼<sup>[27]</sup>研究改造了苹果醋的酿制工艺,对酿制过程中的关键技术和发酵条件进行了工艺优化,通过改变等相同质量的苹果汁和大米糖化液的总糖浓度,最终确定为13°Bx,生产出的酒精液酒精度为8.0%。醋酸发酵初始酒精度最好控制在5.5%,接种量为7%,采用了果粮混合发酵和双菌共酵,增加了原料选取来源,在节约生产成本的同时保证了苹果醋风味及营养。国东<sup>[28]</sup>选用苹果加工副产物苹果渣为原料,以单因素和正交试验进行工艺优化,通过改变原始发酵工艺中糖度、发酵菌种接种量、发酵

时间得到的发酵醪液中醋酸含量为 5.10 g/100 mL。薛媛媛<sup>[29]</sup>对苹果醋发酵过程中的动力学进行了研究,并采用响应面法对发酵工艺进行了优化,发现苹果醋发酵的最适宜发酵条件是温度 31 ℃、摇床转速为 204 r/min、营养剂添加量为 11.12 mL/L,此条件下酿造的苹果醋总酸含量达 4.45 g/100 mL,橙黄透亮,具有淡淡的苹果香味。苹果醋发酵过程中要通入空气,往往会造成一部分活性物质被氧化。在醋酸发酵过程中如何尽量减少氧化的发生,对苹果醋的品质产生较小的影响,是苹果醋生产中的关键问题。有文献报道,采用固态发酵法或者固液混合发酵法有一定的保护作用<sup>[30]</sup>。

#### 2.4 产品开发

近年来,我国对苹果醋产品的开发研究越来越重视。张福元等<sup>[31]</sup>通过制备的双歧杆菌发酵液与经粗滤后的苹果醋、桃汁、白砂糖及槐树蜜等进行调配,制成一种新型的复合饮料。赵敏等<sup>[32]</sup>以新鲜苹果为原料,采用液态深层发酵法制备苹果醋,试验了不同调味剂配比,得到酸甜适口的苹果醋饮料。另外如高膳食纤维苹果醋、芹菜苹果醋、苹果金丝枣醋、芦荟苹果保健醋以及苹果山楂枸杞醋等多种复合型苹果醋饮料及牡蛎多糖苹果果醋、富含  $\gamma$ -氨基丁酸苹果醋等具有保健功效的苹果醋也相继上市<sup>[33-39]</sup>。苹果醋生产和贮藏过程中往往会产生一定的沉淀,现有澄清方法众多,通常采用硅藻土、明胶、琼脂、壳聚糖或用以上澄清剂 2 种复配进行澄清。史碧波等<sup>[13]</sup>选用皂土、单宁—明胶、果胶酶、壳聚糖 4 种澄清剂对苹果醋进行澄清试验,发现 0.03% 的壳聚糖澄清效果最好,果醋产品澄清透明,口感好。梁利和<sup>[40]</sup>在对苹果醋进行澄清处理时,单独使用 TYP 澄清剂的添加量为 0.300%,先下胶再添加 TYP 澄清剂处理的添加量为鞣酸 0.144%、明胶 0.180%,TYP 澄清剂为 0.09%。李明泽等<sup>[41]</sup>采用 5 种澄清剂对半固态发酵苹果醋进行了澄清试验,综合考虑成本因素,认为 0.4 g/L 的硅藻土澄清效果最好,适宜采用。

#### 2.5 生理功能

果醋是继食醋之后的新一代调味品,含有丰富的钾、锌等微量元素和维生素、多种有机酸以及人体所需的氨基酸,具有调节酸碱平衡、降低血脂和胆固醇、增强免疫力、促进血液循环、抑制血糖升高、增强消化功能、保护肝脏、减肥等生理功能。发酵果醋具有较高的营养价值,且有一定的保健食疗作用<sup>[42]</sup>。张霁红等<sup>[43]</sup>

对苹果进行发酵,菌种采用酵母菌和醋酸菌,测定苹果醋样品的抗氧化能力和其对 DPPH 自由基清除率,结果表明苹果醋的抗氧化能力较高。赵力<sup>[44]</sup>研究发现,苹果汁发酵醋比冰醋酸对自由基离子有更强的清除能力。有研究发现,酿制而成的苹果醋比之传统食醋拥有更高的营养价值且有一定的水果风味,其中所含的特征物质对减缓疲劳度、疾病预防、降低血脂和增加钙吸收有一定的促进作用<sup>[45]</sup>。苹果中含有多种酚类物质,通过让高胆固醇大鼠摄入苹果多酚可以有效地降低大鼠的血清指标及肝酯指标<sup>[46]</sup>。Cheuk Kai Lam 等<sup>[47]</sup>对金黄地鼠也做过类似试验,结果表明苹果多酚可在基因水平调控试验对象的胆固醇调控酶。Yamato Ogino 等<sup>[48]</sup>发现,给受试对象摄入富含多酚的苹果提取物可以减轻改善其脂质代谢。冯涛等<sup>[49]</sup>发现苹果醋中的苹果多酚对脂质过氧化物产生的超氧阴离子自由基具有较强的抑制作用。Bouderbala 等<sup>[50]</sup>研究认为苹果醋具有调节血压,增强消化功能和减肥的作用。Pourmozaffar 等<sup>[51]</sup>发现,日常摄入苹果醋可以软化血管,改善消化系统内环境并增强免疫能力。李明星<sup>[52]</sup>在对小鼠灌胃苹果醋 30 d 后进行负重游泳试验,发现小鼠的负重游泳能力显著增强,且小鼠的灌胃苹果醋剂量与小鼠的血液乳酸值下降程度呈正相关。Safari 等<sup>[53]</sup>发现苹果醋有加速糖类代谢的能力,可促使三羧酸循环提高,改善有氧代谢,减缓人在运动后因肌肉分解出的疲劳物质(乙酸、丙酮等)产生的疲劳感。

#### 3 展望

我国苹果种植面积已超过 233.3 万  $\text{hm}^2$ ,年产苹果 4 000 多万 t,大量苹果无法消耗,供大于求,甚至出现了大面积果园的苹果自然成熟掉落腐败,不但造成了极大的经济损失还在一定程度上污染了环境。大力发展苹果醋产业不但可以消耗掉剩余产能,加大水果深加工和综合利用,提升转化能力,还能为人们日常生活中提供一种健康且具有独特风味的新一代保健饮料和调味品,提升生活品质、改善人体体质。开发多种苹果和其他水果的复合醋饮料,丰富口味,满足各类型消费者的需求,极有市场前景,亦可带动经济发展,促进加工型企业发展转型。

#### 参考文献:

- [1] JOHNSTON C S, GAAS C A. Vinegar: medicinal uses and antiglycemic effect[J]. Medscape General Medicine, 2006, 8(2): 61.

- [2] TAN S C. Vinegar fermentation[M]. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.
- [3] BOUDERBALA H, KADDOURI H, KHEROUA O, *et al.* Anti-obesogenic effect of apple cider vinegar in rats selected to a high fat diet[J]. *Annales de Cardiologie et d'Angiologie*, 2016, 65(3): 208-213.
- [4] AKASAKA N, HIGASHIKUBO H, ISHII U, *et al.* Polyamines in brown rice vinegar function as potent attractants for the spotted wing drosophila[J]. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2017, 123(1): 78-83.
- [5] 杨林娥, 李 婷. 中国食醋的历史、现状与对策[J]. *中国调味品*, 2013, 38(12): 114-117.
- [6] GALLETTON L, ROSSETTO L. A hedonic analysis of retail Italian vinegars[J]. *Wine Economic and Policy*, 2015, 4: 60-68.
- [7] 梁旭华. 首个苹果醋饮料国标落地: 苹果醋不得勾兑[EB/OL].(2011-02-23)[2018-03-12]http://news.hexun.com/2011-02-23/127496552.html.
- [8] 霍 川, 刘肯肯. 我国果醋的研究现状与发展前景[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(29): 170-172.
- [9] GONZA LEZ-SA IZ JM, GARRIDO-VIDAL D, PIZARRO C. Modelling the industrial production of vinegar in aerated-stirred fermentors in terms of process variables[J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 91(2): 183-196.
- [10] 卢 怡, 苏有勇. 多菌混合发酵酿造苹果醋的工艺研究[J]. *中国调味品*, 2011(3): 84-86.
- [11] 李 杏, 孟岳成, 陈 杰, 等. 发酵型苹果醋饮料的开发及其感官评价[J]. *中国调味品*, 2012(6): 76-81.
- [12] 李 欢. 富含乳酸苹果原醋酿造工艺的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017.
- [13] 史碧波, 张 忠, 罗晓妙, 等. 混合菌种发酵苹果醋的酿造工艺研究[J]. *西昌学院学报(自然科学版)*, 2011, 25(4): 54-57.
- [14] 张雾红, 张永茂, 韩舜愈, 等. 混菌发酵及曲面响应法优化苹果醋发酵工艺[J]. *酿酒科技*, 2011, 6: 38-41.
- [15] 傅 亮, 彭 英, 陈宇哲, 等. 双菌种发酵法制备苹果醋的研究[J]. *中国调味品*, 2014, 39(2): 72-74.
- [16] 张雾红, 张永茂, 康三江, 等. 果醋中主要风味物质的研究进展[J]. *农产品加工*, 2012(11): 47-51.
- [17] 刘瑞山, 尹海丽, 梁治军. 反相高效液相色谱法测定苹果醋中5种有机酸[J]. *食品工业*, 2014, 35(6): 254-256.
- [18] 赵 芳, 孙国伟, 郭志伟. 反相高效液相色谱法测定苹果醋中的有机酸[J]. *广州化工*, 2012, 40(18): 92-93; 145.
- [19] 魏晋梅, 李彩云, 张 丽, 等. 4种市售苹果醋饮料的挥发性风味物质分析[J]. *中国调味品*, 2017, 42(12): 147-151.
- [20] 张雾红, 张永茂, 曾朝珍, 等. 发酵苹果醋挥发性成分的GC/MS分析[J]. *酿酒科技*, 2013(5): 94-96.
- [21] 陈义伦. 优质苹果醋酿造技术及主要风味物质研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2002.
- [22] 李子文. 苹果醋酿造过程中关键参数的近红外快速检测方法研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2016.
- [23] 赵晓娟, 李敏仪, 黄桂颖, 等. Folin-Ciocalteu法测定苹果醋饮料的总多酚含量[J]. *食品科学*, 2013, 34(8): 31-35.
- [24] 李晓娇, 王晓宇, 袁 静, 等. 苹果醋、柿子醋、猕猴桃醋中酚类物质测定与比较[J]. *食品与发酵工业*, 2013, 6(38): 186-189.
- [25] 梁利和. HACCP在冷灌装生产苹果醋饮料中的应用[J]. *中国酿造*, 2013, 32(3): 126-130.
- [26] 熊贤平. 高酸度苹果醋发酵关键技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.
- [27] 李晓楼. 果米双菌共酵制造苹果醋的工艺研究[J]. *湖北大学学报(自然科学版)*, 2010, 32(1): 93-97.
- [28] 国 东. 利用苹果渣生产苹果醋的工艺研究[D]. 济南: 山东轻工学院, 2012.
- [29] 薛媛媛. 苹果醋发酵过程及其动力学研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2017.
- [30] 曹 铭. 苹果酒和苹果醋在发酵过程中品质特性变化的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [31] 张福元, 杨大蔚, 杨翔华, 等. 利用苹果醋双歧杆菌发酵液制活性饮料的研究[J]. *食品科技*, 2010, 35(7): 135-137.
- [32] 赵 敏, 窦冰然, 骆海燕, 等. 苹果醋发酵工艺及醋饮料的研究[J]. *食品工业*, 2016, 37(4): 27-29.
- [33] 郭俊花, 许先猛, 成少宁, 等. 高膳食纤维苹果醋饮料的研制[J]. *食品与发酵科技*, 2016, 52(2): 106-110.
- [34] 信维平. 芹菜苹果醋饮料抗氧化功能的研究[J]. *中国调味品*, 2013, 38(4): 48-50.
- [35] 苏 伟, 赵 利, 袁美兰, 等. 金丝枣汁苹果醋复合饮料研制[J]. *食品科学*, 2011, 32(24): 320-323.
- [36] 杜国丰, 朱宝伟, 吴美毅. 芦荟苹果保健醋饮料的研制[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(31): 196-199.
- [37] 冀 鹏. 苹果山楂枸杞复合型果醋生产工艺研究[D]. 晋中: 山西农业大学, 2014.
- [38] 蔡成呈. 牡蛎多糖苹果果醋的制备及其生物活性的研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2016.
- [39] 周艳华, 李 涛, 胡元斌. 富含 $\gamma$ -氨基丁酸苹果醋饮料的研制[J]. *粮食与饲料工业*, 2013(12): 25-28.
- [40] 梁利和. 苹果原醋的澄清和去除发酵杂味的技术研究[J]. *山东食品发酵*, 2013(3): 8-12.
- [41] 李明泽, 张雾红, 宋 娟, 等. 5种澄清剂对半固态发酵苹果醋的澄清效果[J]. *甘肃农业科技*, 2018(2): 13-17.
- [42] MARIA JCSUS CCJUDO-BASTANTC, ENRIQUC DURAN, RCMCDIOS CASTRO, *et al.* Study of the

# 甘肃青稞宽幅匀播绿色高产栽培技术规程

刘广才<sup>1</sup>, 马彦<sup>2</sup>, 张忠贤<sup>3</sup>, 夏晓梅<sup>3</sup>, 李城德<sup>1</sup>, 尤艳荣<sup>1</sup>, 周德录<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 卓尼县种子管理站, 甘肃 卓尼 747600)

**摘要:** 从范围、规范性引用文件、术语和定义、产地环境、播前准备、播种、田间管理、病虫害防治、收获与晾晒脱粒等方面规范了甘肃省青稞宽幅匀播绿色高产栽培技术。

**关键词:** 青稞; 宽幅匀播; 栽培技术; 规程

**中图分类号:** S512.3 **文献标志码:** B

**文章编号:** 1001-1463(2018)07-0087-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.07.027

青稞即裸大麦, 又称米大麦或元麦<sup>[1-2]</sup>, 具有食用、饲用、酿造及药用等多种用途, 是藏区的优势作物、藏族农牧民的传统主粮和酿造青稞酒、青稞啤酒的主要原料<sup>[3]</sup>。甘肃青稞主要分布在甘南和武威等地, 常年播种面积 1.6 万 hm<sup>2</sup> 左

右<sup>[4]</sup>。仅甘南州每年需 4 万 t 青稞以满足农牧民群众的口粮, 而目前年生产青稞仅 3 万 t 左右; 同时, 随着旅游业和加工业的发展, 青稞需求正逐年增加, 供需矛盾加剧, 市场潜力巨大<sup>[5]</sup>。然而, 甘肃青稞产区大部分土地贫瘠, 低温、冻害、干

**收稿日期:** 2018-03-19

**基金项目:** 甘肃省科技重大专项计划项目“宽幅匀播技术系列农机具研制与应用”(GNKJ-2014-12)、“密植作物宽幅匀播绿色高产栽培集成技术与示范推广”(GNKJ-2017-05)。

**作者简介:** 刘广才(1966—), 男, 甘肃镇原人, 推广研究员, 博士, 主要从事早作农业、耕作栽培及植物营养等方面研究。Email: lgc633@163.com。

volatile composition and sensory characteristics of new Sherry vinegar-derived products by maceration with fruits[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2013, 50: 469-479.

[43] 张霁红, 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.

[44] 赵力. 苹果汁发酵醋肽饮料的研制及抗氧化性研究[D]. 青岛: 青岛科技大学. 2015.

[45] 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.

[46] KYOICHI OSADA, TAKASHI SUZUKI, YUKI KAWAKAMI, *et al.* Dose-dependent hypocholesterolemic actions of dietary apple polyphenol in rats fed cholesterol[J]. *Lipids*, 2006, 51(2): 133-139.

[47] CHEUK KAI LAM, ZCSHCNG ZHANG, HONGJIAN YU, *et al.* Apple polyphenols inhibit plasma CETP activity and reduce the ratio of non-HDL to HDL. Cholesterol[J]. *Mol. Nutr. Food. Res.*, 2008, 52(8): 950-958.

[48] YAMATOOGINO, KYOICHI OSADA, SHINGONAKAMURA, *et al.* Absorption of dietary cholesterol oxida-

tion products and their downstream metabolic effects are reduced by dietary apple polyphenols[J]. *Lipids*, 2007, 42(2): 151-161.

[49] 冯涛, 杨容, 李越敏. 苹果多酚提取物抗氧化活性研究[J]. *食品研究与开发*, 2008, 29(12): 189-192.

[50] BOUDERBALA H, KADDOURI H, MAHARRAR M, *et al.* P2-11: Anti-obesogenic effects rats subjected to a high fat diet[J]. *Annales de Cardiologie et d'Angiologie*, 2015, 64(1): 527.

[51] POURMOZAFFAR S, HAJIMORADLOO A, MIANDAREA H K. Dietary effect of apple cider vinegar and propionic acid on immune related transcriptional responses and growth performance in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*[J]. *Fish and Shellfish Immunology*, 2017, 60(1): 65-71.

[52] 李明星. 苹果醋生产工艺优化及其抗运动疲劳功能研究[J]. *粮食与油脂*, 2018, 31(3): 59-64.

[53] SAFARI R, HOSEINIFAR S H, NEJADMOGHAD-DAM S, *et al.* Apple cider vinegar boosted immunomodulatory and health promoting effects of *Lactobacillus casei* in common carp (*Cyprinus carpio*)[J]. *Fish and Shellfish Immunology*, 2017, 67(8): 441-448.

(本文责编: 陈伟)