

# 不同抗脂氧化处理薏仁露饮料品质风味分析

许培振, 丁筑红\*, 王倩倩, 林梓, 孟满

(贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州省农畜产品贮藏与加工重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 在(37.0±0.5)℃贮藏条件下, 研究不同组合抗氧化剂对薏仁露饮料贮藏过程中脂肪氧化和风味品质的影响, 确定其适宜的抗氧化条件, 为含脂肪饮料的抗氧化技术的开发提供理论指导。以薏仁露饮料为原料, 分别添加不同质量分数VE、茶多酚、迷迭香3种抗氧化剂以及复合抗氧化剂, 通过测定硫代巴比妥酸值和采用感官评定及电子舌技术测试薏仁露饮料在贮藏过程中风味品质变化。结果表明: 复合抗氧化剂处理(0.01% VC+0.01%迷迭香、0.01% VC+0.01%茶多酚、0.01% VC+0.01% VE)可有效抑制薏仁露饮料脂氧化(P<0.05)和风味劣变, 其最佳抗氧化处理方案为同时添加质量分数0.01% VC和0.01%迷迭香, 该方法处理的薏仁露饮料, 硫代巴比妥酸值最小、感官评定效果好, 经电子舌检测在COO(苦味)传感器上的响应值最小。

**关键词:** 抗氧化剂; 薏仁露饮料; 脂氧化; 硫代巴比妥酸; 电子舌

## Flavor Quality of Adlay Seed Beverage with Different Anti-Lipid Oxidation Treatments

XU Peizhen, DING Zhuhong\*, WANG Qianqian, LIN Zi, MENG Man

(Guizhou Province Key Laboratory of Agricultural and Animal Products Processing and Storage,  
School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** This research was conducted to study the effect of different combinations of antioxidants on lipid oxidation and flavor quality of adlay seed (*Coix lacryma-jobi* L.) beverage during storage at (37.0 ± 0.5) °C. The best antioxidant treatment was selected. Our aim was to provide a theoretical guidance for the development of antioxidants for use in fat-containing beverage. Adlay seed beverage was added with different levels of vitamin E, tea polyphenols, rosemary or their combinations and flavor changes during subsequent storage were evaluated by measurement of thiobarbituric acid (TBA) value, sensory evaluation and electronic tongue. The results showed that composite antioxidant treatments (0.01% VC + 0.01% rosemary, 0.01% VC + 0.01% tea polyphenols, and 0.01% VC + 0.01% VE) could significantly inhibit lipid peroxidation in adlay beverage (P < 0.05) and flavor deterioration. Simultaneous addition of 0.01% VC and 0.01% rosemary was found to be the best antioxidant treatment to obtain minimum TBA value, good sensory quality and minimum response of bitter taste sensor on the electronic tongue.

**Keywords:** antioxidant; adlay seed beverage; lipid oxidation; thiobarbituric acid; electronic tongue

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201805010

中图分类号: TS275.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2018)05-0066-05

引文格式:

许培振, 丁筑红, 王倩倩, 等. 不同抗脂氧化处理薏仁露饮料品质风味分析[J]. 食品科学, 2018, 39(5): 66-70.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201805010. <http://www.spkx.net.cn>

XU Peizhen, DING Zhuhong, WANG Qianqian, et al. Flavor quality of adlay seed beverage with different anti-lipid oxidation treatments[J]. Food Science, 2018, 39(5): 66-70. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201805010. <http://www.spkx.net.cn>

薏仁露饮料是以薏仁(*Coix lacryma-jobi* L.)为原料制得的一种饮料。研究表明, 薏仁中含有丰富的油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸<sup>[1]</sup>, 它们是薏仁露饮料中的主要功

能成分之一, 在抑制癌细胞生长等方面具有重要价值<sup>[2]</sup>, 薏仁脂中的不饱和脂肪酸含有双键, 在日常贮存条件下易发生自动氧化, 是脂肪氧化变质的主要因素<sup>[3]</sup>。薏仁露

收稿日期: 2016-10-31

基金项目: 贵州省重大科技专项(黔科合重大专项字[2014]6023); 贵州省教育厅自然科学研究项目(黔教合KY字[2015]366)

第一作者简介: 许培振(1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品营养与安全。E-mail: hezexpz@126.com

\*通信作者简介: 丁筑红(1966—), 女, 教授, 本科, 研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: gzdxzdh@163.com

饮料中的脂肪发生氧化分解,使其原有风味口感完全丧失,营养成分被破坏,甚至产生有毒的醛类和酮类化合物<sup>[4]</sup>,导致酸败并产生“苦哈味”<sup>[5]</sup>。因此抑制含脂类食品的氧化对于食品工业的发展意义重大。

一般通过添加抗氧化剂抑制含脂食品脂肪酸的氧化,随着近年来人们对食品安全的关注不断增强,化学合成抗氧化剂的安全性受到越来越多的质疑,因此具有安全性高、抗氧化能力强等特点的天然食品抗氧化剂日益受到重视。常见的天然抗氧化剂包括VE<sup>[6]</sup>、VC、茶多酚<sup>[7]</sup>、迷迭香<sup>[8]</sup>等。目前,薏仁产品的研究主要集中在薏仁饮料<sup>[9]</sup>、薏仁醋<sup>[10]</sup>、薏米酒<sup>[11]</sup>、薏仁化妆品<sup>[12]</sup>等工艺开发,关于薏仁饮料脂氧化的研究较少<sup>[13-16]</sup>。本研究采用不同天然抗氧化剂处理薏仁露饮料,通过硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)实验、感官评定和电子舌技术对抗氧化效果进行评价,以获得有效的抗氧化方法,为薏仁产品的开发改进提供理论依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

薏仁米由贵州鑫龙食品开发有限公司提供,在贵州省农畜产品贮藏与amp;加工重点实验室加工制得薏仁露饮料。

VE 浙江医药股份有限公司新昌制药厂;茶多酚 郑州凌德化工产品有限公司;迷迭香(水溶性) 河南豫中生物科技有限责任公司;VC 石药集团维生药业(石家庄)有限公司;TBA 国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

Insent SA402B型味觉感应系统 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;TU-1810PC紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司;TGL20M台式高速冷冻离心机 长沙迈佳森仪器设备有限公司;AE100S电子天平 瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司;XMTD-204型数显恒温水浴锅 上海梅香仪器有限公司;XHF-DY高速分散器 宁波新芝生物科技股份有限公司;GJJ实验型高压均质机 上海诺尼轻工机械有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 薏仁露饮料的制备及贮藏实验

将采集的薏仁米经粉碎、过筛(200目),以料液比1:5(m/V)混合,调浆过胶体磨处理,经3层纱布过滤去除固体残留物,并获得粗浆。乳化稳定剂先与蔗糖混匀,在70℃加热搅拌溶解后和粗浆充分混合(质量分数20%粗浆、5%蔗糖、0.07%黄原胶、0.2%单硬脂酸甘油酯、0.05%阿拉伯胶和74.68%去离子水),制得薏仁露饮料<sup>[17]</sup>。

VE、茶多酚、迷迭香的使用参考GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》<sup>[18]</sup>,各分别

以质量分数0.005 0%、0.007 5%、0.010 0%的量加入薏仁露饮料,对照组不加抗氧化剂,每组重复3次。迷迭香、茶多酚直接加入薏仁露饮料中。VE按照一定的比例溶于乙醇,配成母液(VE与乙醇质量体积比为1:10),再按所需浓度添加到薏仁露饮料中。所得到的薏仁露饮料先经高速分散器10 000 r/min预乳化3 min,再经高压均质机在30 MPa、60℃条件下均质3次,转入棕色蓝盖瓶,于100℃水浴条件下灭菌15 min,冷却至室温<sup>[16]</sup>。

将各组实验样品置于(37.0±0.5)℃的恒温电热培养箱中贮藏35 d,每隔7 d测定薏仁露饮料脂氧化程度。确定各组最优添加量后,分别以质量分数0.01%的VC作为增效剂<sup>[19]</sup>,协同各组最优添加量抗氧化剂直接加入饮料,重复贮藏实验。

#### 1.3.2 TBA值的测定

采用TBA值评价脂氧化程度<sup>[20-22]</sup>。量取18 mL薏仁露样品置于具塞比色管中,加热到30℃,然后向具塞比色管中加入1.0 mL的三氯乙酸溶液(1 g/mL),接着加入2 mL体积分数95%的乙醇,塞上塞子,漩涡振荡15 s,静置10 min,然后用滤纸将上述溶液过滤。量取4.0 mL的过滤液,加入1.0 mL TBA溶液,塞好塞子,放入80℃的水浴锅中加热60 min后取出冷却,测定在532 nm波长处的吸光度以表征TBA值。实验用蒸馏水作为对照样品。

TBA溶液的配制:将1.4 g 2-TBA置于25 mL的烧杯中,加体积分数95%的乙醇溶解,转移到100 mL容量瓶,定容至100 mL。

#### 1.3.3 感官评定

对添加了复合抗氧化剂的薏仁露进行感官评定。感官评定人员的筛选遵循GB/T 16291.1—2012《感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部分:优选评价员》<sup>[23]</sup>,挑选贵州大学酿酒与食品工程学院食品专业老师及研究生,对其进行专业培训,最终选择10人组成感官评定队伍。感官评定在贵州大学感官评定实验室进行,按照表1对样品的色泽、状态、气味和滋味4个指标进行评分。薏仁露饮料贮藏35 d后,按照感官评定标准(表1),10名感官评定人员对组合抗氧化剂处理组和对照组薏仁露饮料进行感官评定,采用模糊数学方法对结果进行评价。

表1 薏仁露饮料苦涩味感官评定标准  
Table 1 Criteria for sensory evaluation of adlay seed beverage

指标(权重)	优(90分)	良(75分)	一般(60分)	差(45分)
色泽(0.25)	色泽好 呈乳白色	色泽较好 略带黄色	色泽一般 有轻微褐变	色泽差 褐变严重
状态(0.15)	均匀 无沉淀	较均匀 略有沉淀	不均匀 沉淀较明显	沉淀明显
气味(0.25)	无异味	略有异味	异味较明显	异味明显
滋味(0.35)	口感好 无哈散味	口感较好 无哈散味	口感一般 略带哈散味	口感差 哈散味明显

建立模糊数学法模型:确定因素集、评语集、权重集。因素集 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\} = \{\text{色泽, 状态, 气味, 滋味}\}$ ;评语集 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\} = \{\text{优, 良, 一}$

般,差};采用模糊数学法进行食品感官质量评判时,权重分配方案的合理与否直接影响到评价结果的正确性。本实验采用强制决定法确定薏仁露饮料各感官指标的权重。权重集 $R=\{R_1, R_2, R_3, R_4\}=\{0.25, 0.15, 0.25, 0.35\}$ ,即色泽占0.25,状态占0.15,气味占0.25,滋味占0.35<sup>[24]</sup>。模糊数学评判集:模糊数学综合评定集 $Y=R \cdot X$ ,其中 $R$ 为权重集, $X$ 为模糊数学矩阵。

### 1.3.4 电子舌分析

电子舌分析<sup>[25]</sup>将100 mL加复合抗氧化剂的薏仁露样品分别装入电子舌样品池中,置于自动进样分析装置上。样品采集时间为120 s,每秒采集一次数据,以最后30 s数据的平均值作为样品检测1次的数据。每个样品测量前电子舌系统均需完成自检、初始化、校正等环节,测量后传感器清洗时间为300 s。每个样品重复测定7次,取后3次数据作为1次数据平均值,平行测3次,取最终平均值,采用电子舌自带软件进行分析。AAE、CTO、CAO、COO、AE1 5个传感器分别检测鲜味、咸味、酸味、苦味和涩味。

### 1.4 数据处理

采用Excel 2010软件对实验数据制图,用SPSS 20.0软件,采用Duncan's极差法对实验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 单一抗氧化剂对薏仁露饮料TBA值的影响

VE具有抗氧化性,在抑制脂氧化过程中能够释放自身羟基上的活泼氢,捕获自由基,从而阻断羟自由基的链式反应<sup>[26]</sup>。茶多酚类化合物在结构上具有连(邻)苯酚基,可使脂肪酸自由基转化为惰性化合物,终止其自由基的连锁反应<sup>[27]</sup>。迷迭香提取物无毒、耐高温,能高效清除氧自由基,切断类脂自动氧化的连锁反应,并能螯合金属离子与有机酸协同增加抗氧化作用,从而达到抗氧化的目的<sup>[28]</sup>。

从图1A~C可知,3种抗氧化剂均可显著抑制薏仁露饮料贮藏期间TBA值的上升,其中抗氧化剂的种类、添加量会影响其作用,贮藏35 d后,对于质量分数0.01%的不同抗氧化剂处理组,迷迭香处理组的TBA值最小,其次是茶多酚处理组,VE处理组最大。由图1A可知,添加VE的薏仁露饮料,在贮藏期间TBA值整体呈上升趋势,贮藏14 d后,VE处理组TBA值显著低于对照组( $P<0.05$ )。图1B中,质量分数0.010 0%茶多酚处理组的抗氧化能力明显优于其他添加量的2组。整个贮藏期间,添加质量分数0.005 0%和0.007 5%茶多酚处理组的TBA值差异不明显。图1C中,随迷迭香添加量不断增加,薏仁露饮料抗氧化能力不断增加,且各添加组抗氧化能力有明显差异( $P<0.05$ )。贮藏35 d后,添加质量

分数0.010 0%的迷迭香的薏仁露饮料的TBA值为0.578,低于添加相同质量分数的茶多酚处理组(0.621)和VE处理组(0.634);这是因为迷迭香具有良好的热稳定性,迷迭香含有的迷迭香二酚等酚类物质之间以加合作用来提高整体的抗氧化性<sup>[28]</sup>。由分析可知,添加质量分数0.01%的迷迭香、0.01%茶多酚、0.01%VE的薏仁露饮料的抗氧化能力较好,优于对照组。

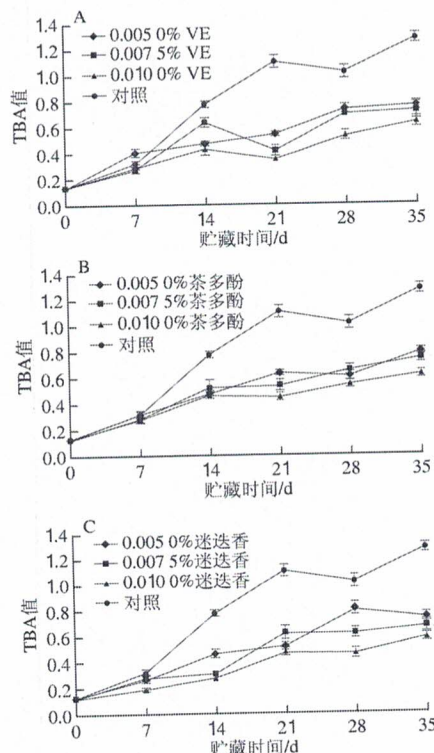


图1 VE (A)、茶多酚 (B)、迷迭香 (C) 对薏仁露饮料 TBA 值的影响

Fig. 1 Effect of VE (A), tea polyphenols (B) and rosemary (C) treatment on TBA value of adlay seed beverage during storage

### 2.2 复合抗氧化剂处理对薏仁露饮料TBA值的影响

赵声兰等<sup>[19]</sup>研究发现,柠檬酸、VC均为油脂抗氧化剂的增效剂,可显著提高抗氧化剂的抗氧化效果。由于VC的增效作用高于柠檬酸,且柠檬酸对薏仁露饮料风味影响较大,故选择质量分数0.01%的VC作为增效剂进行实验,以期有更好的抗氧化效果。

按最优添加量的方法组合,则VC与最优组组合为:0.01% VC+0.01%迷迭香、0.01% VC+0.01%茶多酚、0.01% VC+0.01% VE。结合图1、2可知,在相同的贮藏条件下,添加0.01%的VC增效剂后,各组的抗氧化能力强于单一抗氧化剂。在贮藏的第35天,添加增效剂后的迷迭香组、茶多酚组、VE组的TBA值分别为0.485、0.517、0.582,分别是VC单一使用组的84%、83%、92%。

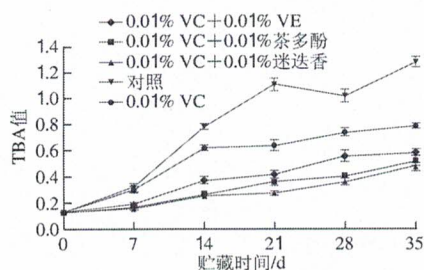


图2 不同复合抗氧化剂对薏仁露饮料TBA值的影响

Fig. 2 Effect of composite antioxidant treatment on TBA value of adlay seed beverage during storage

2.3 复合抗氧化剂组合处理对薏仁露饮料感官风味的影响

表2 4种不同复合抗氧化剂处理薏仁露饮料感官评定结果  
Table 2 Sensory evaluation of adlay seed beverage with four different composite antioxidant treatments

样品编号	因素	人数			
		优	良	一般	差
1	色泽	8	2	0	0
	状态	4	5	1	0
	气味	6	3	1	0
	滋味	0	3	6	1
2	色泽	7	2	1	0
	状态	6	4	0	0
	气味	5	4	1	0
	滋味	1	7	2	0
3	色泽	8	2	0	0
	状态	4	5	1	0
	气味	4	5	1	0
	滋味	0	4	6	0
4	色泽	0	7	2	1
	状态	2	7	1	0
	气味	1	7	2	0
	滋味	0	3	6	1

注: 1号. 0.01% VC+0.01%茶多酚处理组; 2号. 0.01% VC+0.01%迷迭香处理组; 3号. 0.01% VC+0.01% VE处理组; 4号. 对照组。

由表2知, 4个样品的模糊矩阵分别为 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 。

$$X_1 = \begin{pmatrix} 0.80 & 0.20 & 0.00 & 0.00 \\ 0.40 & 0.50 & 0.10 & 0.00 \\ 0.60 & 0.30 & 0.10 & 0.00 \\ 0.00 & 0.30 & 0.60 & 0.10 \end{pmatrix} \quad X_2 = \begin{pmatrix} 0.70 & 0.20 & 0.10 & 0.00 \\ 0.60 & 0.40 & 0.00 & 0.00 \\ 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0.00 \\ 0.10 & 0.70 & 0.20 & 0.00 \end{pmatrix}$$

$$X_3 = \begin{pmatrix} 0.80 & 0.20 & 0.00 & 0.00 \\ 0.40 & 0.50 & 0.10 & 0.00 \\ 0.40 & 0.50 & 0.10 & 0.00 \\ 0.00 & 0.40 & 0.60 & 0.10 \end{pmatrix} \quad X_4 = \begin{pmatrix} 0.00 & 0.70 & 0.20 & 0.10 \\ 0.20 & 0.70 & 0.10 & 0.00 \\ 0.10 & 0.70 & 0.20 & 0.00 \\ 0.00 & 0.30 & 0.60 & 0.10 \end{pmatrix}$$

模糊数学综合评价法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价, 得到的结果清晰, 能较好地解决模糊的、难以量化的问题, 适应于解决各种非确定性问题。将评分结果进行处理, 得到模糊数学综合分析结果 $Y$ ,  $Y$ 是模糊向量 $R$ 和模糊矩阵 $X$ 的合成 $Y_1=R \cdot X_1$ 。

$$Y_1 = (0.25, 0.15, 0.25, 0.35) \begin{pmatrix} 0.80 & 0.20 & 0.00 & 0.00 \\ 0.40 & 0.50 & 0.10 & 0.00 \\ 0.40 & 0.30 & 0.10 & 0.00 \\ 0.00 & 0.30 & 0.60 & 0.10 \end{pmatrix}$$

其中,  $Y_{11}=0.410$ ,  $Y_{12}=0.300$ ,  $Y_{13}=0.250$ ,  $Y_{14}=0.035$ , 即 $Y_1=(0.410, 0.300, 0.250, 0.035)$ , 为了明确地显示综合评判的结果, 进行归一化处理, 归一化后的模糊变换结果为:  $Y_1=(0.412, 0.302, 0.251, 0.035)$ 。同理, 可得到其他组样品的模糊评判结果。然后以评语集 $V=\{V_1, V_2, V_3, V_4\}=\{\text{优, 良, 一般, 差}\}$ 。将表3中综合评价结果的各个量分别乘以其对应的分值(优、良、一般、差依次赋予分值90、75、60、45分), 并进行加和, 最后可得出每个样品的最后总得分(表3)。

表3 薏仁露饮料的综合评判结果  
Table 3 Comprehensive sensory evaluation of adlay seed beverage

样品编号	$Y$ 评判结果集	综合评分
1	$Y_1=(0.412, 0.302, 0.251, 0.035)$	76.365
2	$Y_2=(0.425, 0.455, 0.120, 0.000)$	79.575
3	$Y_3=(0.332, 0.406, 0.230, 0.035)$	75.705
4	$Y_4=(0.055, 0.560, 0.325, 0.060)$	69.150

综合分析可得, 4个薏仁露饮料的评定级别从高到低为: 2号>1号>3号>4号, 即经0.01% VC+0.01%迷迭香处理的薏仁露饮料的感官评定结果最好, 其次是0.01% VC+0.01%茶多酚处理组, 再次是0.01% VC+0.01% VE处理组, 对照组感官效果最差。可知, 复合抗氧化剂可增强薏仁露饮料的脂稳定性, 有效抑制饮料“苦哈味”的产生。

添加复合抗氧化剂的薏仁露饮料的电子舌分析结果如表4所示。

表4 添加复合抗氧化剂的薏仁饮料电子舌分析响应值  
Table 4 Electronic tongue response values of adlay seed beverage with composite antioxidant treatment

组别	CAO	COO	AEI	AAE	CTO
对照组	-15.26±0.38 <sup>a</sup>	12.49±0.22 <sup>a</sup>	2.69±0.29 <sup>a</sup>	8.20±0.30 <sup>a</sup>	5.22±0.27 <sup>a</sup>
VC+迷迭香	-11.87±0.43 <sup>b</sup>	0.57±0.15 <sup>b</sup>	1.07±0.33 <sup>b</sup>	6.37±0.24 <sup>b</sup>	6.90±0.19 <sup>b</sup>
VC+茶多酚	-13.97±0.29 <sup>c</sup>	1.10±0.13 <sup>c</sup>	1.75±0.25 <sup>b</sup>	7.12±0.28 <sup>b</sup>	3.44±0.49 <sup>c</sup>
VC+VE	-18.00±0.24 <sup>d</sup>	1.83±0.16 <sup>d</sup>	3.87±0.45 <sup>c</sup>	8.61±0.39 <sup>b</sup>	6.91±0.37 <sup>b</sup>

注: CAO.酸味; COO.苦味; AEI.涩味; AAE.鲜味; CTO.咸味; 同列肩标字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

电子舌技术可根据味感物质的浓度来计算相应的响应值, 反应灵敏, 可检测出评定人员无法区分样品间的细小差异<sup>[29]</sup>; 因此, 将电子舌技术结合感官评定方法综合分析, 可得到更为可靠的风味分析结果。不同的检测样品在电子舌传感器响应值上存在差异, 传感器的响应值可代表其对应味觉的强弱, 响应值大, 对应的味觉强, 反之则味觉弱。由表4可知, 各组样品在各传感器的响应值都存在差异, 说明电子舌可区分不同组合抗氧化剂处理的薏仁露饮料; 不同处理对薏仁露饮料的五味

均有一定影响,其中对苦味(COO)影响最大;从代表苦味的传感器COO的响应值看,3组不同复合抗氧化剂处理均能除去薏仁露饮料的苦味,且各处理组与对照组间差异显著( $P < 0.05$ ),说明添加抗氧化剂可明显抑制薏仁露饮料“苦哈味”的产生。4组样品的苦味按从小到大分别为:0.01% VC+0.01%迷迭香处理组 $< 0.01\%$  VC+0.01%茶多酚处理组 $< 0.01\%$  VC+0.01% VE处理组 $<$ 对照组,0.01% VC+0.01%迷迭香对去除薏仁露饮料苦味的作用效果最好。而不同处理薏仁露饮料的酸味(CAO)、鲜味(AAE)和涩味(AE1)的响应值与对照组之间差异不大。

综合氧化指标的测定、感官评定和电子舌分析,其中0.01% VC+0.01%迷迭香组合处理组的抗氧化能力最强,且风味品质最好。

### 3 结论

薏仁露饮料在贮藏过程中,脂肪酸易发生氧化而引起饮料风味劣变、品质下降。添加迷迭香、茶多酚、VE、VC后可明显增强薏仁露饮料的抗氧化能力,其中复合抗氧化剂(0.01% VC+0.01%迷迭香、0.01% VC+0.01%茶多酚、0.01% VC+0.01% VE)抗氧化效果明显优于单一抗氧化剂。采用氧化指标的跟踪测定、感官评定和电子舌分析3种方法对不同处理的薏仁露饮料进行分析,结果表明:相对其他处理组,0.01% VC+0.01%迷迭香处理组的薏仁露饮料TBA值变化最小,感官评定结果最佳,苦味响应值最小。

### 参考文献:

- [1] 回瑞华,侯冬岩,郭华,等. 薏米中营养成分的分析[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 375-377. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2005.08.098.
- [2] 包永睿,王帅,孟宪生,等. 薏苡仁脂肪酸类成分对人对肝癌细胞株 SMMC-7721 细胞周期及细胞凋亡的影响[J]. 中成药, 2014, 36(2): 235-239. DOI:10.3969/j.issn.1001-1528.2014.02.004.
- [3] CHOE E, MIN D B. Mechanisms and factors for edible oil oxidation[J]. Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety, 2006, 5(4): 169-186. DOI:10.1111/j.1541-4337.2006.00009.
- [4] 王健. 彻底消除含油脂食品饮料的油脂氧化[J]. 饮料工业, 2008, 11(5): 14-15. DOI:10.3969/j.issn.1007-7871.2008.05.005.
- [5] 李颜丽,陆佳平,刘宝朋. 典型软包材透氧率对乳饮料脂氧化的影响[J]. 食品工业科技, 2010, 31(11): 307-308.
- [6] 马娜,朱胜华,胡春梅,等. VE复合抗氧化剂在鸡油中的抗氧化性能研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(8): 48-51. DOI:10.3969/j.issn.1003-0174.2012.08.011.
- [7] 李敏,关志强,李鹏鹏. 复合抗氧化剂浸渍处理提升冻藏罗非鱼片品质[J]. 农业工程学报, 2016, 32(9): 291-298. DOI:10.11975/j.issn.1002-6819.2016.09.041.
- [8] 吕军伟,杨贤庆,林婉玲,等. 迷迭香的抗氧化活性及对藻油氧化稳定性影响的研究[J]. 中国油脂, 2015, 40(4): 79-83.
- [9] 李淑怡,顾采琴,周雪娥,等. 茯苓薏仁爽的研制[J]. 现代食品科技, 2013, 29(6): 1328-1332.
- [10] 王颖,阙建全,余义筠,等. 薏苡仁醋的醋酸发酵工艺条件响应面法优化[J]. 食品科学, 2013, 34(21): 292-296. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201321058.
- [11] 郭克娜,姜璐璐,阙建全. 薏米酒发酵前淀粉液化及糖化条件的优化[J]. 食品科学, 2013, 34(5): 197-201. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20130504.
- [12] 吴映梅. 薏苡仁饮料及面膜的研究与开发[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015: 55-66.
- [13] 吴克刚,安斌,黄通旺,等. 微胶囊海藻油饮料悬浮稳定性及氧化稳定性的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(6): 91-94.
- [14] 阮美娟,李小华. 榛子饮料浓缩液脂肪氧化动力学与贮存期预测[J]. 天津科技大学学报, 2004, 19(3): 20-23. DOI:10.3969/j.issn.1672-6510.2004.03.006.
- [15] ROMEU-NADAL M, CHÁVEZ-SERVÍN L J, CASTELLOTE A I, et al. Oxidation stability of the lipid fraction in milk powder formulas[J]. Food Chemistry, 2007, 100(2): 756-763. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.10.037.
- [16] LIU S, LIU F G, XUE Y H, et al. Evaluation on oxidative stability of walnut beverage emulsions[J]. Food Chemistry, 2016, 203: 409-416. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.02.037.
- [17] 丁筑红,柳飞,高燕霞,等. 一种复合谷物饮料及其加工工艺: CN104544447A[P]. 2015-04-29.
- [18] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准: GB 2760-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014: 7-91.
- [19] 赵声兰,李涛,蔡绍芬,等. 几种抗氧化剂对核桃油抗氧化性能的研究[J]. 食品科学, 2002, 23(2): 135-138. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2002.02.042.
- [20] JANERO D R. Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury[J]. Free Radical Biology & Medicine, 1990, 9(6): 515-540. DOI:10.1016/0891-5849(90)90131-2.
- [21] 李颜丽,陆佳平. 温度对乳饮料脂氧化特性及其包装保质期的影响[J]. 包装工程, 2009(8): 25-27.
- [22] SERRA M, TRUJILLO A J, PEREDA J, et al. Quantification of lipolysis and lipid oxidation during cold storage of yogurts produced from milk treated by ultra-high pressure homogenization[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 89(1): 99-104. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2008.04.010.
- [23] 国家质量监督检验检疫总局. 感官分析 选拔、培训与管理评价员一般守则 第1部分: 优选评价员: GB/T 16291.1—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012: 1-18.
- [24] 高丽娇,刘佳霖,程尚,等. 基于模糊评判的蜂蜜感官评价及阈值分析[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 190-193. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201422036.
- [25] 张瑜,罗昱,刘芳舒,等. 不同脱苦涩处理刺梨果汁风味品质分析[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 115-119. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201604021.
- [26] 刘成梅,冯妹元,刘伟,等. 天然维生素E及其抗氧化机理[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(6): 205-208. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2005.06.065.
- [27] 曹平. 天然抗氧化剂抑制油脂氧化的研究进展[J]. 中国油脂, 2005, 30(7): 49-53. DOI:10.3321/j.issn:1003-7969.2005.07.014.
- [28] 邵金良,董宝生,黎其万,等. 迷迭香在油香椿制品储藏过程中的抗氧化效果研究[J]. 中国食品添加剂, 2009(4): 86-88. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2009.04.017.
- [29] 高瑞萍,刘辉. 电子鼻和电子舌在食品分析中的应用[J]. 肉类研究, 2010, 24(12): 61-67. DOI:10.3969/j.issn.1001-8123.2010.12.014.