

超声波诱导下模型酒电导率的在线监测及其与 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 的变化关系

Correlation between $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ and conductivity monitored on-line in the model wine induced by ultrasound irradiation

颜艳英 王婷婷 付熙哲 卫晨曦 范学辉 张清安

YAN Yan-ying WANG Ting-ting FU Xi-zhe WEI Chen-xi FAN Xue-hui ZHANG Qing-an

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710119)

(School of Food Engineering and Nutrition Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

摘要:超声波在红酒催陈的过程中会引起电导率的显著变化,但确切的机制尚不明确。文章以乙醇、酒石酸和硫酸亚铁铵为基本组分构建模型酒,在线检测其在不同超声处理条件下电导率的变化情况,同时测定模型酒中二价铁离子的含量,探讨超声诱导下模型酒电导率与铁离子的变化关系。结果显示:超声处理过程及后期存放过程中酒液的电导率呈先快速上升后下降,后又缓慢上升最终稳定的变化趋势;模型酒中二价铁离子含量降低、三价铁离子含量增加,表明超声波对模型酒电导率影响可能与铁离子价态、含量有关。试验结果为探索超声诱导红酒电导率的变化机制提供有益借鉴和理论基础,也为电导率作为超声陈化红酒过程中的检测指标提供了理论依据。

关键词:超声波;电导率;亚铁离子;三价铁离子;离子强度

Abstract: Studies have shown that significant changes in electrical conductivity can be detected during the wine aging modified by ultrasound, but the mechanism of ultrasound-induced changes in electrical conductivity is unclear currently. The model wine based on ethanol, tartaric acid and ammonium ferrous sulfate has been built for on-line monitoring electrical conductivity in different ultrasonic conditions, determining the content of ferrous ion and analyzing the correlation between the changes of conductivity and ferrous ion. The results indicate that the electrical conductivity of the model wine increased firstly

and then decreased, next increased slowly and remained unchanged finally in the process of ultrasonic treatment and storage. Simultaneously, the content of ferric ion increased as the ferrous ion decreased, namely, the ionic strength was increased. According to these results, ultrasound has a definite effect on the conductivity of model wine, and it is related to the valence and content of iron. These studies will provide a useful reference and theoretical basis for exploring the influence mechanism of ultrasound to wine conductivity and for the electrical conductivity as a detection index during aging of wine modified by ultrasound.

Keywords: ultrasound; electrical conductivity; ferrous ion; ferric ion; ionic strength

电导率是指溶液传输电流能力强弱的一种测量值,其测量方式简单快速。目前,电导率已被应用到食品工业中用于监测糖类、盐类、灰分、冰点及乙醇含量,从而控制水果、蔬菜、肉类、牛奶等的质量^[1-2];还可用来判断葡萄酒中酒石酸的稳定性或监控酒类的发酵过程^[3-4]。冯晓霞^[5]提出将溶液的电导率应用在葡萄酒自动化监测中,从而测定 SO_2 的含量。Colombié 等^[6]研究发现,在红酒发酵初期电导率会下降,在发酵结束时有所增加,其原因可能是溶液中 H^+ 和 NH_4^+ 的变化所致。Zhang Qing-an 等^[7]使用连续法对超声过程中红酒电导率的变化进行了监测,发现超声开始时电导率会有一个跳跃式的上升,而在结束时突然下降,但其最终电导率仍高于未处理时的值,说明超声可以提高红酒的电导率。但是超声促使红酒电导率变化的原因或机制目前还不清楚。

一般情况下,电导率会受到温度、pH 值、离子(离子浓度、种类、强度、迁移速度)等多种因素的影响^[8-10]。在温度、pH 值保持不变的情况下,电导率主要取决于离子的情况。红酒在加工过程中由于受到葡萄原料、加工器具及添加物的

基金项目:陕西师范大学 2015 年研究生培养创新基金资助项目(编号:2015CXSS027);国家自然科学基金青年科学基金项目(编号:31101324);陕西省自然科学基金项目(编号:2015JM3097);西安市科技局技术转移促进工程项目[编号:XY1434(5)];中央高校基本科研业务费专项(编号:GK201404006)

作者简介:颜艳英,女,陕西师范大学在读硕士研究生。

通信作者:张清安(1976—),男,陕西师范大学副教授,博士后,硕导。

E-mail: qinganzhang@snnu.edu.cn

收稿日期:2016—10—30

影响,最终酒体中含有一定的金属离子、盐类或酸类等物质,如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 NH_4^+ 等阳离子和 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} 、 Cl^- 等无机阴离子,以及来自酒石酸、苹果酸、乙酸、乳酸等解离的有机阴离子。这些离子对酒的品质有着不同的作用和影响,尤其二价铁离子在微量氧气的作用下会发生Fenton反应转变为三价铁离子,同时产生羟基自由基从而引发连锁反应,导致红酒的陈化。而超声处理是否也会将红酒中二价铁离子转变成三价铁离子,从而引起其电导率的变化目前尚不得而知。

目前,关于超声诱导下模型酒的电导率与铁离子的变化关系还未见研究。鉴于此,本试验采用葡萄酒研究中常用的构建模型酒液(乙醇、酒石酸和硫酸亚铁铵为基本组分)法,然后连续检测超声作用下模型酒液的电导率,同时利用邻菲罗啉法测量二价铁离子的含量,探讨电导率与总铁、二价铁及三价铁离子含量的关系,进而分析超声导致模型酒液电导率变化的机制,旨在为探索超声诱导红酒电导率的变化机制提供有益借鉴和理论基础,也为电导率作为超声陈化红酒过程中的检测指标提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试剂

硫酸亚铁铵:分析纯,天津市盛奥化学试剂有限公司;

1,10-菲罗啉、盐酸羟胺:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;

乙酸钠:分析纯,西安化学试剂厂;

酒石酸:优级纯,天津市光复精细化工研究所;

氢氟酸:分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;

无水乙醇:分析纯,天津市天力化学试剂有限公司。

1.2 试验设备

紫外—可见分光光度计:TU-1810型,北京普析通用仪器有限公司;

台式电导率仪:DDSJ-308F型,上海仪电科学仪器股份有限公司;

超声波多频清洗机:SB-500DTY型,宁波新芝生物科技股份有限公司;

侵入式电导电极:DJS-1D型,上海仪电科学仪器股份有限公司;

低温冷却液循环泵:DLSB-5/20型,巩义市玉华仪器设备有限公司;

在线数据采集系统:REX 2.0型,上海仪电科学仪器股份有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 模型酒液的制备 配制浓度为12 mL/100 mL的乙醇溶液,用浓度为10 g/L的酒石酸将其pH值调整为3.80,然后添加硫酸亚铁铵至其浓度为100 $\mu\text{g}/\text{mL}$,随后再用酒石酸微调使其pH在3.6~3.9^[11]。

1.3.2 超声处理模型酒电导率的在线监测

(1)不同超声时间下电导率的在线监测:模型酒中电导率的监测参考张清安等^[7]测红酒电导率所用试验装置,并在

此基础上做出如下修改:取配制好的模型酒20 mL放入50 mL玻璃容器中,然后固定在超声波清洗池中,每次固定位置和高度相同^[12-13]。通过低温冷却液循环泵将温度控制在 $(20\pm 1)^\circ\text{C}$ 。固定超声功率、频率分别为400 W、25 kHz,利用电导率仪及数据收集器在线监测记录不同超声时间(5, 10, 20 min)及存放至100 min过程中的电导率。

(2)不同超声频率下电导率的在线监测:同1.3.2(1)将配置好的模型酒20 mL放入50 mL玻璃容器中,固定在超声池中,每次固定位置和高度相同。通过低温冷却液循环泵将温度控制在 $(20\pm 1)^\circ\text{C}$ 。固定超声功率、超声时间分别为400 W、5 min,利用电导率仪及数据收集器在线监测记录不同超声频率(25, 40, 59 kHz)及存放过程中的电导率。

(3)不同超声功率下电导率的在线监测:同1.3.2(1)将配置好的模型酒20 mL放入50 mL玻璃容器中,固定在超声池中,每次固定位置和高度相同。通过低温冷却液循环泵将温度控制在 $(20\pm 1)^\circ\text{C}$ 。固定超声频率、超声时间分别为25 kHz、5 min,利用电导率仪及数据收集器在线监测记录不同超声功率(200, 300, 400, 500 W)及存放过程中的电导率。

1.3.3 模型酒中铁离子含量的测定 二价铁离子用1,10-菲罗啉法测得^[14],模型酒中三价铁离子的含量通过已知总铁的含量减去测量得出的二价铁离子含量得出^[15-16]。

(1)测定波长的选择:用蒸馏水作为空白溶液调零(10 mm比色皿),对模型酒溶液在200~700 nm波长范围内进行光谱扫描,波长间隔为1 nm,结果显示其最大吸收波长为510 nm,因此下面测定时用该波长作为吸收波长。

(2)标曲的绘制:在7个10 mL的比色试管中均分别加入1 mol/L醋酸钠1 mL、10%氢氟酸1 mL、100 g/L盐酸羟胺200 μL 以及1,10-菲罗啉溶液400 μL ,然后再分别加入0.0, 0.4, 0.8, 1.0, 1.6, 2.0, 4.0 mL的硫酸亚铁铵(100 $\mu\text{g}/\text{mL}$),最后加蒸馏水至刻度线。以铁标液的浓度为横坐标,吸光度值A为纵坐标,绘制得标准曲线方程为 $y=0.0098x+0.0133$, R^2 为0.9994,说明可以用该方程计算二价铁离子的含量。

(3)模型酒样中铁离子含量的测定与计算:取10 mL的比色管,加入1 mol/L醋酸钠1 mL、10%的盐酸1 mL、10%氢氟酸1 mL以及1,10-菲罗啉溶液400 μL ,加入不同超声处理条件的模型酒样1.6 mL,最后加水定容至刻度线,在510 nm下分别测其吸光值。根据标曲计算亚铁含量,并通过总铁含量换算出三价铁的含量。最后将铁离子含量与对应电导率相比较探讨其机理。每个试验数据平行测定3次。

2 结果与讨论

2.1 超声波诱导下模型酒电导率变化的监测结果

由图1可知,自然氧化的电导率从开始就稳定上升,60 min后电导率基本保持稳定。而对于超声处理过的模型酒,超声开始时电导率迅速上升并达到最大值,而超声结束后电导率又急速下降,最后趋于平稳,但最后电导率值都大于自然氧化的电导率值及最初未处理时的值。说明超声波的确可以改变模型酒的电导率,这与本课题组^[7]前期研究超声波可以影响红酒的电导率结果一致。

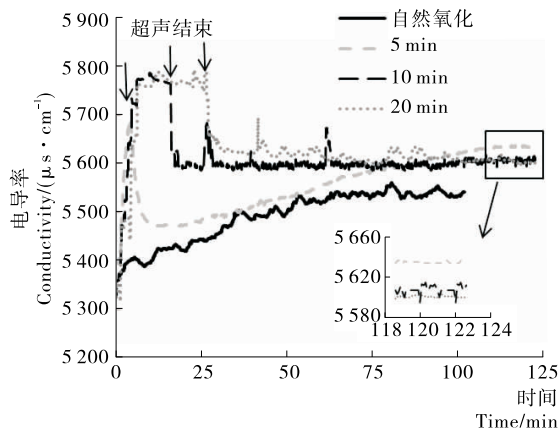


图 1 不同超声处理时间及存放过程中模型酒电导率在线监测图

Figure 1 Online monitoring conductivity of model wine under different ultrasonic time and natural oxidation process

超声波作为一种新型物理技术本身具有强化传质的作用,当作用于模型酒时,会迅速增加模型酒内微观粒子布朗运动的激烈程度^[17]。同时,由于超声空化效应导致的局部瞬时高温、高压也会影响电导率;因此,超声处理开始的瞬间,电导率呈现跳跃式上升,而当超声波停止时,又由于布朗运动及空化温度急速下降而接近恢复常态^[7,18]。但在监测 120 min 结束时电导率明显大于初始电导率值,而且超声处理过的电导率也明显高于模型酒自然氧化的电导率;其原因可能是超声改变了酒液体系物质的存在状态,如离子价态转变、物质解离等。

为研究超声对电导率的影响机理,针对模型酒中主要物质乙醇、酒石酸及亚铁离子开展了相关研究。由图 2 可知,在超声开始和结束时,电导率同样有急增急减的变化情况,但是在存放过程中电导率又恢复为原来的状态,电导率没有改变。这也证明了导致上述模型酒中最终电导率上升的原因不是乙醇和酒石酸。为了验证超声处理时模型酒中铁离子价态变化是否对其电导率有影响,针对亚铁及三价铁离子的含量进行了探讨。

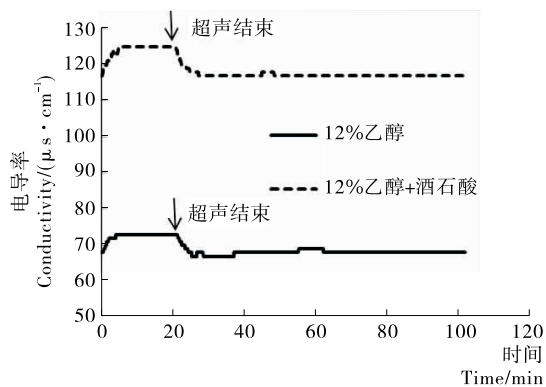


图 2 超声处理及存放对模型酒体系中电导率变化在线监测图

Figure 2 Online monitoring conductivity of ethanol, the mixture of ethanol and tartaric acid under different ultrasonic time and storage

2.2 超声时间及存放过程中电导率与三价铁离子的变化

按照 1.3.3 方法立即测定超声处理后模型酒中亚铁离子的含量,并根据模型酒中总铁的含量间接得出三价铁离子含量。由表 1 可知,超声后模型酒中三价铁离子的含量均比未超声的高,可能是超声诱导自由基将二价铁离子迅速氧化为三价铁离子,从而增加了模型酒的离子强度(溶液中离子浓度越大,带电量越多,离子强度就越大)^[19-20],最终体现在溶液电导率的变化方面。

表 1 自然氧化和不同超声处理时间下模型酒中三价铁离子的含量

Table 1 The content of ferric ion under different ultrasonic time and natural oxidation $\mu\text{g}/\text{mL}$

时间/min	自然氧化	5 min	10 min	20 min
0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.05	4.28	—	—
10	0.31	6.12	4.90	—
20	1.43	8.57	6.84	3.57
60	1.94	10.41	4.39	4.19
100	4.72	14.43	10.63	7.31
120	5.51	15.71	11.12	8.06

从图 1 还可以看出,不同超声时间的电导率也有很大差别,超声 10 min 和 20 min 模型酒的电导率在超声结束后已基本稳定,没有上升趋势;而超声 5 min 的模型酒在超声结束后仍有和自然氧化相似的上升趋势。值得注意的是,自然氧化模型酒的电导率在存放至 70 min 时已基本稳定,而超声处理 5 min 模型酒此时的电导率仍有上升趋势,并且一直持续到 120 min 时才稳定。自然氧化在稳定后的电导率为 $5\,542\ \mu\text{s}/\text{cm}$,而超声 5, 10, 20 min 后电导率分别升高到 $5\,635, 5\,613, 5\,603\ \mu\text{s}/\text{cm}$;超声 5 min 时并保存到 120 min 时电导率达到最大,比自然氧化增高 1.6% 左右。即随着超声时间的延长,电导率的增加量有所减少。从表 1 可以看出,超声 5, 10, 20 min 的模型酒在存放至 120 min 时三价铁离子含量分别为 $15.71, 11.12, 8.06\ \mu\text{g}/\text{mL}$,即超声处理时间越长,存放过程三价铁离子的增加量也越少;说明超声时间太长反而不利于亚铁离子的氧化,转化效率反而没有超声时间短的高。这与上述电导率的变化是一致的,进一步说明了超声结束后在存放过程中模型酒电导率的增加可能是三价铁离子含量的增加,从而使离子强度增大所致。

2.3 超声频率对模型酒电导率及三价铁离子含量的影响

由图 3 可知,超声处理开始时模型酒的电导率均瞬间急速增大、超声结束时又迅速下降的趋势。且超声频率越低电导率越大,其原因可能是超声频率增加,为超声空化气泡生长、爆破崩溃等空化过程所提供的过程就越短,因此,频率越低空化效应越强,在局部产生的瞬时高温、高压使溶液中离子运动剧烈,从而出现超声频率越低电导率越高的现象^[21]。而超声结束后存放过程中电导率仍有上升趋势,直到 110 min 左右才趋于稳定。当存放到 120 min 时,超声频率

为 25,40,59 kHz 模型酒的电导率分别达到了 5 635,5 589,5 558 $\mu\text{s}/\text{cm}$,即随着频率越高模型酒电导率越小。同样,超声结束后三价铁离子含量也持续升高,如表 2 所示,在存放至 120 min 时,超声频率为 25,40,59 kHz 模型酒中三价铁离子的增加量分别为 15.71,8.98,6.12 $\mu\text{g}/\text{mL}$,即频率越高三价铁离子的含量增加越少。说明导致超声结束后电导率继续上升的原因仍是亚铁离子在缓慢氧化,三价铁离子含量在不断增多,离子强度也仍在增加。

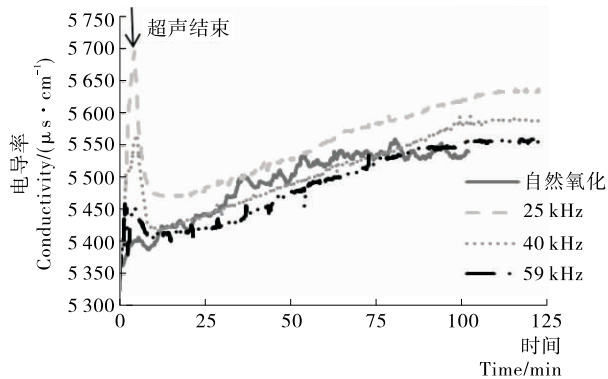


图3 不同超声频率处理及存放过程中模型酒电导率的在线监测图

Figure 3 Online monitoring conductivity of model wine under different ultrasonic frequency and storage

表2 不同超声频率下的三价铁离子的含量

Table 2 The content of ferric ion under different ultrasonic frequency $\mu\text{g}/\text{mL}$

时间/min	自然氧化	25 kHz	40 kHz	59 kHz
0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.05	4.28	1.73	1.12
10	0.31	6.12	2.55	1.63
20	1.43	8.57	4.18	2.76
60	1.94	10.41	5.00	3.37
100	4.72	14.43	8.17	5.32
120	5.51	15.71	8.98	6.12

2.4 超声功率对模型酒电导率及三价铁离子含量的影响

由图4可知,在超声开始时电导率急剧上升,结束时又急速下降,随后与自然氧化过程中电导率的变化一样呈上升趋势。但是自然氧化过程中电导率在70 min左右已趋于稳定,而超声处理的模型酒在整个存放过程中仍然呈上升趋势,且超声功率越大,电导率的上升越快。在400 W时达到最大值5 635 $\mu\text{s}/\text{cm}$,当超声功率继续增大时电导率反而减小。同时,随着超声功率的增加三价铁离子的增加量也逐渐增多(400 W时增量为15.71 $\mu\text{g}/\text{mL}$),但当功率达到500 W时三价铁离子的增加量反而减小,见表3。究其原因,可能是随着超声功率的增大,波密度增加声幅增大,从而空化效应增强,局部高温、高压导致游离的三价铁离子增多;而当超声功率继续增大,超声波密度达到一定值时,其振幅反而被限制。因而导致400 W时达到最大值的原因可能是此时超

声密

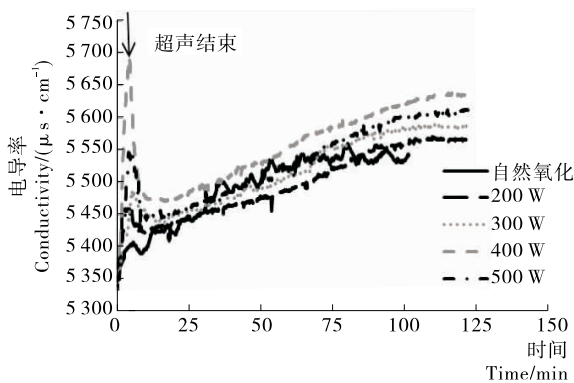


图4 不同超声功率及存放过程中模型酒电导率的在线监测图

Figure 4 Online monitoring conductivity of model wine under different ultrasonic powers and storage

表3 不同超声功率下的三价铁离子的含量

Table 3 The content of ferric ion under different ultrasonic power $\mu\text{g}/\text{mL}$

时间/min	自然氧化	200 W	300 W	400 W	500 W
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.05	0.71	1.12	4.28	1.22
10	0.31	1.33	1.94	6.12	1.84
20	1.43	2.45	3.27	8.57	3.88
60	1.94	2.96	3.98	10.41	4.59
100	4.72	5.64	7.21	14.43	7.11
120	5.51	6.32	8.06	15.71	7.66

度和振幅共同作用最强^[22]。

3 结论

本试验研究了超声诱导下模型酒电导率的在线监测及其与铁离子的变化关系。结果表明:超声可以诱导模型酒电导率产生明显的变化,即:超声开始时电导率迅速上升且快速达到最高点,当超声结束时电导率又迅速下降,但最终超声后的电导率普遍比未超声的要高。而三价铁离子的含量随着超声作用逐渐增多。当超声功率为400 W,频率为25 kHz,超声时间为5 min且存放至100 min时,模型酒电导率值及三价铁离子含量均达到最大。

从而可推知,超声后模型酒电导率值之所以高于初始值,是因为在超声波作用下促进了模型酒中亚铁离子的氧化,铁的总价态升高,在一定程度上增加了模型酒的离子强度,从而使得模型酒电导率升高。当然铁离子只是红酒中变价过渡金属离子中的一种,而电导率的变化是所有离子变化的综合结果,因此在今后的研究中,还可考虑其他离子(铜离子、有机酸阴离子及无机阴离子等)在超声诱导下与电导率的关系,超声诱导下红酒复杂体系电导率的变化机制也有待进一步研究。

参考文献

[1] 陈淑湘,宋丽荣,林向东.电导率测定食品冰点方法的研究

- [J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 66-68.
- [2] 杨玉娥. 通电加热中电场强度对猪肉电导率的影响[J]. 食品与机械, 2006, 22(6): 60-62.
- [3] 吕振荣, 王君勇. 电导率法检验葡萄酒的冷稳定性[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2008(6): 62-63.
- [4] 杨辉, 杨文英, 王正宇. 枣酒的澄清及酒体稳定性与电导率相关性研究[J]. 陕西科技大学学报: 自然科学版, 2016, 34(3): 121-125.
- [5] 冯晓霞. 溶液电导率在葡萄酒自动化检测中的应用[J]. 宁夏科技, 2002(1): 35-35.
- [6] SOPHIE Colombié, ERIC Latriille, JEAN Marie Sablayrolles. Interest of on-line monitoring electrical conductivity during wine fermentation [J]. European Food Research and Technology, 2007, 226(6): 1 553-1 557.
- [7] ZHANG Qing-an, SHEN Yuan, FAN Xue-hui, et al. Online monitoring of electrical conductivity of wine induced by ultrasound [J]. CyTA - Journal of Food, 2015, 14(3): 1-6.
- [8] ZHANG Bin, ZENG Xin-an, LIN Wei-tie, et al. Effects of electric field treatments on phenol compounds of brandy aging in oak barrels [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2013, 20(4): 106-114.
- [9] HALDEN K, De ALWIS A A P, FRYER P J. Changes in the electrical conductivity of foods during ohmic heating [J]. International Journal of Food Science Technology, 1990, 25(1): 9-25.
- [10] JULIE Paquet, CHRISTOPHE Lacroix, PIERRE Audet, et al. Electrical conductivity as a tool for analysing fermentation processes for production of cheese starters [J]. International Dairy Journal, 2000, 10(5/6): 391-399.
- [11] ZHANG Qing-an, SHEN Yuan, FAN Xue-hui, et al. Free radical generation induced by ultrasound in red wine and model wine: An EPR spin-trapping study [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2015, 27: 96-101.
- [12] MIRCEA Vinatoru. Ultrasonically assisted extraction (UAE) of natural products some guidelines for good practice and reporting [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2014, 25: 94-95.
- [13] VINAYAK S Sutkar, PARAG R Gogate. Design aspects of sonochemical reactors: Techniques for understanding cavitation activity distribution and effect of operating parameters [J]. Chemical Engineering Journal, 2009, 155(1/2): 26-36.
- [14] 张利平, 姚群峰. 分光光度法分析水中铁的价态[J]. 公共卫生与预防医学, 2006, 17(6): 65-65.
- [15] 刘球英, 骆艳娥. 改进 Ferrozine 法测定溶液中的二价铁、三价铁及总铁[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(10): 85-88.
- [16] AUBREY E Harvey, JOHN A Smart, EDWARD S Amis. Simultaneous Spectrophotometric Determination of Iron(II) and Total Iron with 1, 10-Phenanthroline [J]. Analytical Chemistry, 1955, 27(1): 26-29.
- [17] PETER R Birkin, SUSANA Silva-Martinez. A study of the effect of ultrasound on mass transport to a microelectrode [J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 1996, 416 (1/2): 127-138.
- [18] QIU Tai-qiu, HU Song-qing, XIE Xiong-fei, et al. Colloidal coagulation and precipitation promoted by ultrasound [J]. Applied Acoustics, 1998, 6(17): 32-44.
- [19] OWENS JD. Formulation of culture media for conductimetric assays: theoretical considerations [J]. Microbiology, 1985, 131 (11): 3 055-3 076.
- [20] SASTREDE V M E. The concept of ionic strength eighty year after its introduction in chemistry [J]. Journal of Chemical Education, 2004, 81(5): 750-753.
- [21] 冯若, 李华茂. 声化学及其应用[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1992: 245-246.
- [22] 申远. 超声对红酒理化指标影响及其机理初探[D]. 陕西: 陕西师范大学, 2015: 25-26.

信息窗

欧盟开发出创新型肉类产品保质保鲜技术

保持肉类产品的外观、口感、新鲜度和延长保质期, 欧盟肉类产品加工行业普遍使用无害的硝酸盐对其进行安全有效保护, 但近期欧洲媒体报道硝酸盐对肉类产品保质保鲜技术可能提高癌症的风险, 导致欧盟部分成员国肉类食品销售急剧萎缩或停滞。

欧盟第七研发框架计划为此提供 240 万欧元, 总研发投入 310 万欧元, 由荷兰、英国、意大利、比利时和希腊的 12 家肉类产品加工企业组成欧洲 PHYTOME 研发团队, 成功从植物广泛存在的自然化合物中低成本萃取出“生物活性成分”, 可显著降低肉类产品加工过程中硝酸盐的使用量。

研发团队已成功筛选出 6 种不同类型的“高效”植物天然化合物活性成分, 针对癌症标示物的研究均证实具有积极正面影响。研发团队还利用目前世界上最先进的肠道微生物遗传基因测序技术, 证实了植物化合物对肠道微生物种群无不良影响。研发团队在此基础上开发的系列不同肉质产品植物化合物添加剂配比技术, 尽可能最小化硝酸盐的使用。技术已完全成熟并申请欧洲发明专利, 无需增加肉类产品加工企业额外投资负担, 正在欧盟肉类加工业加速商业化推广应用。

(来源: www.foodmate.net)